

**UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA  
INSTITUTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO**

**JOCIELY PARRILHA MOTA**

**CLASSIFICAÇÃO DE FOTOTIPOS DE PELE:  
ANÁLISE FOTOACÚSTICA *versus* ANÁLISE CLÍNICA**

São José dos Campos, SP

2006

JOCIELY PARRILHA MOTA

**Classificação de fototipos de pele: Análise fotoacústica *versus*  
análise clínica**

Dissertação apresentada no Programa de Pós-graduação em Bioengenharia, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Roxo Barja.

São José dos Campos, SP

2006

M871c

Mota, Jociely Parrilha

Classificação de fototipos de pele: Análise fotoacústica  
*versus* análise clínica./ Jociely Parrilha Mota. São José dos  
Campos: UniVap, 2006.

1 Disco laser. Color

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação  
em Bioengenharia do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da  
Universidade do Vale do Paraíba, 2006

1.Peles 2.Fotoacústica 3.Análise clínica. Barja, Paulo  
Roxo, Orient. II. Título

CDU:612.79

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a  
reprodução total ou parcial desta dissertação, por processo fotocopiadores ou  
transmissão eletrônica, desde que citada a fonte.

Aluna:



Data: 12 de dezembro de 2006

“CLASSIFICAÇÃO DOS FOTOTIPOS DE PELE: ANÁLISE FOTOACÚSTICA VERSUS  
ANÁLISE CLÍNICA”

Jociely Parrilha Mota

Banca Examinadora:

Prof. Dr. MAIRA REGINA RODRIGUES MAGINI (UNIVAP) Maira Regina Magini

Prof. Dr. PAULO ROXO BARJA (UNIVAP) Paulo Roxo Barja

Prof. Dr. MARIA BEATRIZ PUZZI (UNICAMP) Maria Beatriz Puzzi

Prof. Dr. Marcos Tadeu Tavares Pacheco

Diretor do IP&D – UniVap

Dedico este trabalho a minha família, por todo amor, apoio, incentivo e esforços realizados para que eu pudesse alcançar esta meta tão importante e desejada e por estar ao meu lado em todos os momentos de minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus por proporcionar o milagre da existência e iluminar o meu caminho, dando forças para superar todos os obstáculos.

Agradeço aos meus pais por me mostrarem a importância do respeito ao próximo, por me darem o incentivo à perseverança em superar todos os obstáculos.

Ao meu namorado, Primo Furlan, pela paciência e compreensão dedicados.

Especialmente ao meu Orientador, Prof Dr. Paulo Roxo Barja, por não medir esforços durante a realização desse trabalho, pela confiança, amizade, incentivo, compreensão, esclarecimentos e grandiosos ensinamentos.

A minha irmã Giovana, pelo apoio e companheirismo em momentos de necessidade.

Aos meus padrinhos por toda força e amparo na minha vida. E aos meus tios por todo carinho.

A Universidade do Vale do Paraíba, por me proporcionar grandes conhecimentos.

As funcionárias da Universidade, Ivone, Cláudia, Valéria e Rúbia por não medirem esforços em nos ajudar, pela eterna dedicação.

Ao Diretor do programa de Mestrado, Prof. Dr. Marcos Tadeu Pacheco, pelo acolhimento e dedicação.

A todos os professores amigos, por toda dedicação e direcionamento do caminho.

Agradeço aos amigos da turma, pela força, pelas viagens, pelas partilhas, pelo companheirismo e de maneira especial Cláudia, Cristiane, Débora, Julia, Marcelo e Rafael.

Agradeço as amigas de trabalho, porque não dizer do coração, em especial Carolina, Elaine, Márcia, Carmen e Christina, Nájia pelo apoio e compreensão nas horas mais difíceis.

## **Classificação de fototipos de pele: Análise fotoacústica *versus* análise clínica**

### **RESUMO**

Em função de características físicas e respostas da pele à radiação solar, em 1976 Fitzpatrick propôs uma classificação dos tipos de pele em categorias, que vão desde o tipo de pele extremamente sensível ao sol, até tipos de pele que apresentam grande tolerância à radiação solar. Esta classificação é realizada empiricamente, normalmente a partir da simples observação visual; por isto, vem sendo questionada, em face da necessidade de se quantificar e qualificar com maior precisão os tipos de pele. A técnica fotoacústica, que se baseia no sinal acústico observado a partir da absorção da luz por um material, permite realizar medidas na pele *in vivo* e obter informações sobre as propriedades térmicas e ópticas do material estudado, fornecendo subsídios para uma classificação mais adequada. O presente estudo tem por objetivo fazer uma comparação entre a análise clínica da classificação da pele em fototipos e a análise fotoacústica, utilizada para caracterizar a pele em função da amplitude do sinal observado. Para isto, foram realizadas medidas nas regiões interna e externa do antebraço direito e esquerdo em indivíduos do sexo feminino de idade entre 18 e 32 anos. Os resultados foram comparados com os dados da análise clínica de Fitzpatrick, sendo também analisados de acordo com a classificação proposta recentemente por Baumann. A partir das medidas fotoacústicas realizadas na região externa do antebraço, propõe-se a classificação da pele em pigmentada ou não pigmentada.

**Palavras-chave:** Fotoacústica, fototipos, medidas *in vivo*, pele humana.

**Classification of skin phototypes:  
photoacoustic analysis *versus* clinical analysis**

**ABSTRACT**

As a function of physical characteristics and response of the skin to solar radiation, in 1976 Fitzpatrick proposed a classification of the skin types in categories, going from extremely sensitive skin to skin types with great tolerance to solar radiation. This classification is accomplished empirically, usually starting from the simple visual observation; for this reason, it has been questioned, in face of the need of to quantify and to qualify more precisely the skin types. The photoacoustic technique, based in the acoustic signal observed as a consequence of the absorption of light by a sample, allows the realization of *in vivo* measurements in human skin to obtain information on thermal and optical properties of the studied material, supplying subsidies for a more appropriate classification. The present study aimed to compare the skin classification in phototypes according to clinical analysis and the photoacoustic analysis, used to characterize the skin as a function of the amplitude of the observed signal. With this objective, measurements were performed in the internal and external regions of the right and left forearm of individuals of the feminine sex and with ages between 18 and 32 years. The results were compared to the data of the Fitzpatrick clinical analysis, being also analyzed according the classification recently proposed by Baumann. From the photoacoustic measurements realized in the external region of the forearm, we propose the classification of skin in pigmented or non pigmented.

**Keywords:** Photoacoustic, skin phototype, *in vivo* measurements, human skin.



## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1	Representação das camadas da pele .....	15
Figura 2	Processo bioquímico de produção de melanina nos melanócitos	19
Figura 3	Montagem fotoacústica .....	35
Figura 4	Posicionamento de voluntário para a realização das medidas fotoacústicas.....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Classificação dos fototipos de pele proposta por Fitzpatrick .....	23
Tabela 2	Tabela geral de dados .....	39
Tabela 3	Classificação da amostra da proposta de Fitzpatrick .....	40
Tabela 4	Nível do sinal fotoacústico (em mV) para cada tipo de pele medidos no antebraço esquerdo .....	40
Tabela 5	Nível do sinal fotoacústico (em mV) para cada tipo de pele medidos no antebraço direito .....	40
Tabela 6	Nível do sinal fotoacústico (em mV) para cada tipo de pele medidos no antebraço direito e esquerdo .....	40
Tabela 7	Classificação da amostra a partir da proposta de Baumann .....	41
Tabela 8	Composição do grupo como “não-pigmentado” em termos dos fototipos propostos por Fitzpatrick .....	41
Tabela 9	Composição do grupo como “pigmentado” em termos dos fototipos propostos por Fitzpatrick .....	41
Tabela 10	Divisão percentual do total de voluntários de cada fototipo nos grupos “pigmentados e não-pigmentados” .....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ACTH	Hormônio adrenocorticotrófico
DNA	Ácido desoxiribonucleico
Cm <sup>2</sup>	Centímetro quadrado
DOPA	3,4- diidroxifenilalanina
E	Energia
<i>f</i>	Frequência
Hz	Hertz
IUV	Índice ultravioleta
IV	Infravermelho
Lph	Lipotrofina
MDE	Mínima dose de eritema
MSH	Hormônio melanócito estimulante
mV	Milivolts
nm	Nanômetro
PA	Fotoacústica
UV	Ultravioleta
UVA	Ultravioleta A
UVB	Ultravioleta B
UVC	Ultravioleta C
μm	Micrômetro

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	12
2	REVISÃO DE LITERATURA .....	14
2.1	A Pele .....	14
2.1.1	Noções sobre anatomia, histologia e fisiologia da pele .....	14
2.1.2	Coloração da pele .....	18
2.1.3	Fatores que alteram a coloração da pele .....	21
2.1.4	Classificação da pele .....	22
2.2.	Radiação Solar .....	26
2.2.1	Exposição solar .....	27
2.3	Técnica Fotoacústica.....	29
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	34
3.1	Cuidados éticos .....	34
3.2	Sujeitos .....	34
3.3	Montagem Fotoacústica .....	35
3.4	Metodologia .....	36
4	RESULTADOS .....	38
5	DISCUSSÃO .....	42
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS .....	47
	REFERÊNCIAS .....	48
	ANEXOS .....	51

## 1 INTRODUÇÃO

A pele é o maior órgão do corpo humano, revestindo-o totalmente, cobrindo uma superfície de cerca de 1,5 a 2 metros quadrados e chegando a apresentar massa de aproximadamente quatro quilogramas. Considerada um sistema multicamadas, a camada superficial é a epiderme, onde se encontram os melanócitos, células que produzem a melanina.

A melanina é responsável pela coloração da pele, que pode se apresentar com diferentes tonalidades. Quanto mais melanina, mais luz é absorvida e mais escura a pele se torna.

A produção de pigmentação na pele é controlada por uma série de fatores, tanto internos como externos, incluindo a exposição solar. A radiação solar fornece a luz e o calor necessários à vida, mas também emite radiação ultravioleta (UV) que pode ser prejudicial, dependendo do seu comprimento de onda e do tempo de exposição.

A radiação UV pode ser dividida nas regiões UVA (com comprimento de onda entre 320 e 400nm), UVB (de 290 a 320nm) e UVC (100 a 290nm). A radiação UVA é responsável pela alteração no material genético das células e a radiação UVB é responsável pelas queimaduras solares, fotoenvelhecimento e cânceres de pele.

Em função de características físicas e respostas da pele à radiação solar, em 1976 Fitzpatrick propôs uma classificação dos tipos de pele em categorias, que vão desde o tipo de pele extremamente sensível ao sol, até tipos de pele que apresentam grande tolerância à radiação solar. Para completar a classificação, também são levadas em conta características como a cor de cabelo e dos olhos, permitindo assim a subdivisão da população nos diferentes fototipos.

Essa classificação é ainda hoje a mais citada em pesquisas. No entanto, é uma classificação realizada empiricamente, normalmente a partir da simples observação visual. Por isso vem sendo questionada, em face da necessidade de se quantificar e qualificar com maior precisão os tipos de pele. Diversos autores, entre os quais Kawada (2000) sugerem que, objetivamente mensurada, a coloração da pele permite prever melhor a resposta à radiação UV do que a classificação nos fototipos propostos por Fitzpatrick.

Neste contexto, a técnica fotoacústica - que se baseia no sinal acústico observado a partir da absorção da luz por um material, permitindo obter informações sobre as propriedades térmicas e ópticas do material estudado - surge como uma ferramenta adequada para o estudo da caracterização da pele.

O presente estudo tem por objetivo fazer uma comparação entre a análise clínica da classificação da pele em fototipos e a análise fotoacústica que também pode ser utilizada para caracterizar a pele.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A Pele**

A pele é o maior órgão do corpo, correspondendo a cerca de 20% da massa corporal total. Formado por epitélio pavimentos estratificado. Recobre a superfície do corpo, sendo constituída pela epiderme e pela derme. Mas, alguns autores ainda consideram que a pele seja formada também pelo tecido celular subcutâneo (VALENTE, 1998).

A principal função da pele é proteger as estruturas internas das possíveis agressões provenientes de qualquer agente externo (SAMPAIO; RIVITTI, 2001).

Em decorrência de sua arquitetura e propriedades físicas, químicas e biológicas, a pele é responsável pela execução de diversas atividades, tais como proteção imunológica, termorregulação (através da sudorese), percepção sensorial (através da complexa rede nervosa cutânea), secreção e proteção inclusive contra a radiação ultravioleta.

#### **2.1.1 Noções sobre anatomia, histologia e fisiologia da pele**

A pele pode ser dividida em duas camadas de tecidos (Figura 1): a camada superior, denominada de epiderme e a camada inferior, chamada de derme, que repousa sobre a tela subcutânea (hipoderme).

A epiderme é o revestimento epitelial; nela encontram-se os melanócitos (Figura 1), células responsáveis pelo escurecimento da pele e ocultação dos vasos sanguíneos superficiais. A epiderme apresenta cinco estratos ou camadas: a) estrato basal, com melanócitos e queratinócitos; b) estrato espinhoso, com células que possuem núcleo grande, nucléolo bem visível e prolongamentos citoplasmáticos (pontes intercelulares); c) estrato granuloso, com células que apresentam muitos grânulos basófilos (grânulos de eleidina e querato-hialina) no citoplasma; d) estrato lúcido, característico de pele espessa; e) estrato córneo, camada bastante espessa constituída por queratina (Figura 1) (PARKER, 2001).

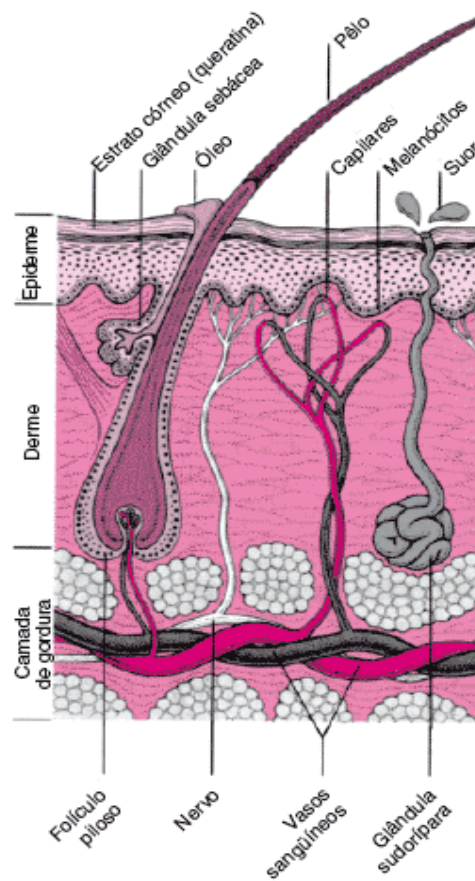


Figura 1 – Camadas da pele  
Fonte: Merck (2006)



A epiderme é constituída essencialmente pelos ceratinócitos, que correspondem a cerca de 80% de sua população celular. Outros constituintes são os melanócitos, as células de Langerhans responsáveis pela respostas imunológicas e as células de Merkel, que desempenham importante papel na recepção sensorial (VALENTE, 1998; FITZPATRICK ; HAYNES, 1984).

O estrato basal contém células capazes de divisão mitótica, responsável pela regeneração da epiderme. Os queratinócitos que são produzidos pelos estratos mais profundos sofrem um processo de diferenciação à medida que atingem os estratos mais superficiais. Isto significa que as células da epiderme estão continuamente sendo diferenciadas: nas camadas mais superficiais ao morrer, convertem-se em escamas de queratina, uma proteína insolúvel com 6% de material insolúvel, 10% de proteína sólida e ácidos lípidos, que protege contra a desidratação da pele (PARKER, 2001).

Os melanócitos, situados na camada basal, são responsáveis pela produção de melanina, que atua como importante filtro endógeno contra a radiação UV. As células de Langerhans são células dendríticas epidérmicas que captam e processam sinais antigênicos, comunicando as informações para as células linfóides. As células epiteliais escamosas (ceratinócitos) constituem importantes sítios para biossíntese de moléculas solúveis (citocinas) que são importantes na regulação das células epidérmicas adjacentes, bem como das células existentes na derme. Os órgãos neurais terminais e os processos axonais advertem sobre a presença de fatores físicos potencialmente prejudiciais e também auxiliam na regulação das células imunocompetentes (MURPHY; MIHM, 2000).

A derme se divide em duas camadas: a fina camada superior, denominada papilar, composta de fibras finas de colágeno dispostas aleatoriamente; e a camada inferior, denominada reticular, mais espessa, estende-se da base da camada papilar ao tecido subcutâneo, e é composta de fibras grossas de colágeno, disposta em paralelo à superfície da pele, o que confere à pele a capacidade de se distender quando tracionada, voltando ao estado original desde que cesse a tração. Portanto, a pele apresenta três tipos de tecido conjuntivo: colágeno, tecido elástico e fibras reticulares (PARKER, 2001).

A derme repousa sobre a tela subcutânea (hipoderme), rica em tecido adiposo e geralmente, mais espesso no sexo feminino, além de possuir distribuição diferente. O tecido celular subcutâneo (ou gordura subcutânea) na superfície corpórea está situado na derme, agindo como camada isolante para proteger o corpo das mudanças da temperatura ambiente, como amortecedor mecânico e como depósito de energia disponível, além de ser sítio de atividade metabólica intensa (hormônios) (PARKER, 2001).

Também se encontram na pele as glândulas sudoríparas, que têm por função proteger o organismo contra as variações deletérias da temperatura corporal através da produção do suor, os folículos pilosos, que contém depósitos protegidos de células primordiais epiteliais capazes de regenerar as camadas superficiais da pele, e as glândulas sebáceas (PARKER, 2001).

As glândulas sebáceas são encontradas em todas as regiões do corpo. Situam-se na derme e os seus ductos geralmente desembocam na porção terminal dos folículos pilosos. Em certas regiões, como no lábio, glândula, pequenos lábios, entre

outras, os ductos se abrem diretamente na superfície da pele. As glândulas sebáceas são holócrinas e o seu produto, o *sebum*, é secretado para o canal pilar, por onde atinge a superfície da pele, cumprindo o papel lubrificante. O *sebum* também apresentaria propriedades antifúngicas. O folículo pilosebáceo apresenta uma porção responsável pela produção do pêlo (folículo piloso) ao qual se conectam, superiormente, o duto da glândula sudorípara apócrina; logo abaixo desta, a glândula sebácea e, inferiormente, o músculo eretor do pêlo (VALENTE, 1998).

### **2.1.2 Coloração da pele**

A coloração da pele depende de uma combinação de vários fatores que vão desde a espessura do estrato córneo até a quantidade de pigmentos existentes. As células epidérmicas e dérmicas fornecem um tom natural branco ou amarelo de acordo com a espessura da camada córnea, enquanto os vasos sangüíneos contribuem com a coloração de acordo com o número, estado de dilatação, proximidade com a superfície da pele e grau de oxigenação, fornecendo um tom de roxo a azulado devido à hemoglobina. Por outro lado, os carotenóides amarelos presentes na hipoderme também contribuem para a formação da cor. No entanto, esta depende principalmente da melanina sintetizada (VIGLIOGLIA, 1991).

A palavra “melanina” deriva do grego *melas*, que significa preto. Esta substância se constitui como um polímero protéico (GONCHOROSKI; CÔRREA, 2005). A reação inicial para a formação de melanina (FIGURA 2) envolve a hidroxilação do substrato L-tirosina em 3,4-diidroxifenilalanina (DOPA), com a liberação de uma molécula de água, catalisada pela tirosinase, dentro de células especializadas – os melanócitos (OLIVEIRA, ROCHA; GUILLO, 2004).

A *tirosinase* é sintetizada nos ribossomas e transportada via retículo endoplasmático para o complexo de Golgi, de onde se originam vesículas que contêm a enzima. Estas vesículas são chamadas pré-melanossomas. No interior destes pré-melanossomas, a *tirosinase* produz a melanina a partir da tirosina. Quando a vesícula está cheia de melanina, passa a ser chamada melanossoma.

A *melanogênese* é a produção de melanossoma dentro dos melanócitos. A partir da *tirosinase*, uma enzima cobre-dependente, o melanócito promove hidroxilação na tirosina, formando o DOPA. A ausência da *tirosinase* por distúrbio autossômico recessivo gera o albinismo.

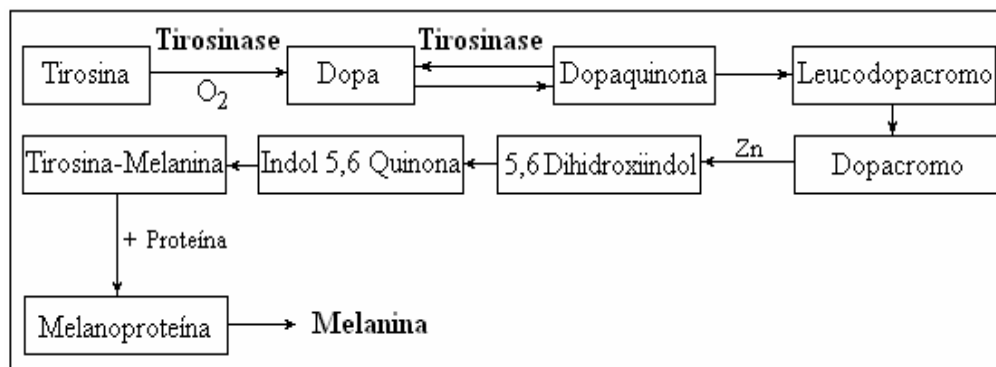


Figura 2 – Processo bioquímico de produção de melanina nos melanócitos

Fonte: Sampaio e Rivitti (2001)

Neste processo são formados dois tipos de melanina: as *eumelaninas*, que se constituem num grupo homogêneo de pigmentos pardos, insolúveis, resultantes da polimerização oxidativa de compostos indólicos derivados da DOPA, e as *feomelaninas*, correspondentes a um grupo heterogêneo de pigmentos pardos avermelhados, solúveis em meio alcalino, constituídas por benzotiazidas e benzotiozóis, os quais são derivados da cisteinildopa (VIGLIOGLIA, 1991).

A DOPA, formada pela hidroxilação da tirosina, sofre uma desidrogenação que a converte em dopaquinona. A conversão da dopaquinona em eumelanina implica em uma série de reações de oxidação e ciclização sucessivas que originam o indol-5-6-quinona, precursor mais próximo desse pigmento. A formação das feomelaninas apresenta um desvio da via metabólica precedente, interagindo com a cisteína formando 5-S e 2-S-cisteinildopa (VIGLIOGLIA, 1991).

Após a produção, a melanina, dentro dos melanossomas, organela citoplasmática, é transferida aos queratinócitos adjacentes através dos dendritos presentes nos melanócitos, onde será transportada e degradada. Essa transferência da melanina é mediada pela adenilciclase e pode ocorrer por três mecanismos distintos: processo de citofagocitose da extremidade dendrítica do melanócito pelo queratinócito; migração direta dos melanossomas do citoplasma ao queratinócito; e liberação dos melanossomas no espaço extracelular e sua incorporação aos queratinócitos (GONCHOROSKI; CÔRREA, 2005).

Os grãos de melanina se dispõem sobre o núcleo do queratinócito de modo a impedir a lesão do DNA pela radiação ultravioleta. A eumelanina é mais eficiente nessa proteção por isso os cânceres são mais comuns em pessoas pele clara.

A pigmentação da pele depende da natureza química da melanina, da atividade da tirosinase nos melanócitos e da transferência da melanina aos queratinócitos vizinhos. A quantidade de melanina formada nos melanócitos é geneticamente determinada, mas estes podem ser influenciados por fatores hormonais e ambientais, incluindo inflamação, idade e exposição a radiação solar.

O hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), a lipotrofina (LPH) e, em especial, o hormônio melanócito estimulante (MSH) influenciam na pigmentação cutânea do homem e outros mamíferos. O MSH é um hormônio hipofisiário que induz à melanização devido ao aumento do número de melanócitos e queratinócitos, estimula a produção de melanossomas, sua migração e transferência aos queratinócitos. Os hormônios sexuais, estrógenos e progesterona promovem hiperpigmentação do rosto, genitais e aréola mamária pelo aumento do número de melanócitos ativos, pois estimulam a melanogênese (ICOLETTI *et al*, 2002).

### **2.1.3 Fatores que alteram a coloração da pele**

Entre os fatores que alteram a coloração da pele estão o tabagismo, o alcoolismo, a poluição e a exposição solar.

Com relação ao tabagismo, é importante destacar que a nicotina prejudica a circulação periférica da pele, diminuindo o aporte de oxigênio e o calibre dos vasos sanguíneos. Além disso, pode destruir as fibras de colágeno, diminuir a umidade da pele, deixando-a pálida e acinzentada. A nicotina também bloqueia as ligações cruzadas da elastina, reduz a lubrificação cutânea e os níveis de vitamina A (fazendo com que proliferem os radicais livres).

O álcool inibe a absorção de gorduras e, dessa forma, altera a absorção das vitaminas A, E, D. Além disso, o alcoolismo pode provocar doenças no fígado, que tem a função de produção de bile, limpeza do sangue, que quando alterado provoca a coloração amarelada na pele.

Entende-se por poluição qualquer degradação (deterioração, estrago) das condições ambientais do habitat de uma coletividade humana. São chamados de poluentes os agentes que provocam a poluição, como um ruído excessivo, um gás nocivo na atmosfera ou detritos que sujam rios ou praias. Seria possível relacionar centenas de poluentes e os tipos de poluição que ocasionam; na pele, o poluidor atinge as células, diminuindo o aporte de oxigênio e conseqüentemente deixando-a pálida e com déficit de nutrientes.

A incidência de radiação UVA e UVB também alteram a coloração da pele, determinando uma pele mais espessa, de coloração amarelo-acinzentada.

#### **2.1.4 Classificação da pele**

Fitzpatrick e Mosher (1983) classificam a cor natural da pele como: *i) constitutiva*, isto é, controlada por fatores genéticos que atuam em todas as etapas da melanogênese e fornecem características específicas aos melanossomas através dos genes de pigmentação, ou então *ii) facultativa*, dependendo da exposição ao sol, processo de envelhecimento e influências hormonais. A esse respeito, Boissy (2003) explica que fatores internos e externos ao corpo controlam a produção de melanina, sendo que as forças de inibição e de estimulação atuam constantemente.

Dois componentes de pigmentação da pele contribuem com a coloração que a pele irá adquirir. Inicialmente, a cor constitutiva da pele é a melanina básica herdada geneticamente, sem nenhum efeito de radiação solar. A síntese desse tipo de pigmentação é controlada pelas proteínas gene tirosinase, que regulam o tipo de melanina sintetizada. Em segundo lugar, a cor facultativa da pele é aquela que se

pode induzir, resulta da exposição solar e inclui o bronzeamento imediato e o bronzeamento tardio. Essa cor facultativa é reversível e diminui até o nível da cor constitutiva da pele (LU *et al*, 1996).

Em 1976, Fitzpatrick classificou a pele humana em seis tipos de acordo com o fototipo e etnia, variando do tipo I (pele mais branca) ao tipo VI (pele negra) (GUIRRO; GUIRRO, 2004), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação dos fototipos de pele proposta por Fitzpatrick

	<b>Grupo</b>	<b>Eritema</b>	<b>Pigmentação</b>	<b>Sensibilidade</b>
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 cor da pele varia segundo a raça e, no indivíduo, conforme a região do corpo, sendo também influenciável pelas condições do meio. A classificação da pele proposta por Fitzpatrick tem sido o método utilizado para categorizar a sensibilidade cutânea à radiação ultravioleta, embora tenha sido baseada, originalmente, na resposta da pele branca (YOUN *et al*, 1997).



Baumann (2006), propôs uma nova classificação da pele, catalogando a pele em 16 categorias, de acordo com quatro características da pele: hidratação, sensibilidade, pigmentação e tendência a enrugar (BAUMANN, 2006).

A hidratação verifica se a pele é seca ou oleosa. O grau da sensibilidade indica se a pessoa tem a pele resistente ou sensível – no primeiro caso, uma barreira celular impede que produtos penetrem em suas camadas mais profundas. A pigmentação determina se a pessoa produz ou não grande quantidade de melanina. Quem fabrica pouca melanina é considerado não pigmentado e quem fabrica muita, pigmentado. Por último avalia, avalia-se se a pele é firme, menos propensa a rugas, ou se tende a enrugar com a idade.

Os dezesseis tipos de pele, segundo Baumann, são:

- 1- Oleosa, sensível, não pigmentada e propensa a rugas.
- 2- Oleosa, sensível, não pigmentada e firme.
- 3- Oleosa, sensível, pigmentada e propensa a rugas.
- 4- Oleosa, sensível, pigmentada e firme.
- 5- Oleosa, resistente, pigmentada e propensa a rugas.
- 6- Oleosa, resistente, pigmentada e firme.
- 7- Oleosa, resistente, não pigmentada e propensa a rugas.
- 8- Oleosa, resistente, não pigmentada e firme.
- 9- Seca, sensível, pigmentada e propensa a rugas.
- 10- Seca, sensível, pigmentada e firme.
- 11- Seca, sensível, não pigmentada e propensa a rugas.

- 12- Seca, sensível, não pigmentada e firme.
- 13- Seca, resistente, pigmentada e propensa a rugas.
- 14- Seca, resistente, pigmentada e firme.
- 15- Seca, resistente, não pigmentada e propensa a rugas.
- 16- Seca, resistente, não pigmentada e firme.

A nova classificação muda muita coisa no cotidiano de quem se preocupa com a pele. Ao contrário do que muitos podem pensar, a pigmentação independe da cor da pele. Negros e morenos são muito pigmentados, pois seus corpos produzem grande quantidade de melanina. Mas quem apresenta pele clara com sardas e manchas também tem pigmentação elevada. Pessoas claras, mas com tendência a adquirir marcas onde antes houve incidência de acne são pigmentadas sem saber. Seja qual for o tom da pele, os pigmentados não devem usar certos produtos, como os que contêm soja na formulação. Substâncias presentes na soja agem como o estrógeno, hormônio que provoca manchas. Apenas produtos que contêm soja com estrógeno removido podem ser usados por quem tem alta pigmentação.

Sabe-se hoje que fatores como tabagismo e exposição solar, associados a fatores genéticos, são fundamentais na hora de escolher produtos de aplicação tópica adequados. Neste contexto, o sistema de Baumann é pioneiro na classificação e avaliação da saúde da pele.

## 2.2 Radiação Solar

A radiação solar é policromática, ou seja, composta por radiação com diferentes comprimentos de onda, incluindo as regiões visível e ultravioleta do espectro eletromagnético. Tais radiações agem na estrutura do nosso organismo, particularmente na pele, acumulando-se em alguns receptores e provocando reações de metabolismo tecidual. Existe um mecanismo de adaptação do organismo à quantidade de radiação solar, com o decréscimo da taxa de síntese da melanina.

A radiação emitida pelo sol inclui as regiões visível, ultravioleta (UV) e infravermelho do espectro eletromagnético, assim divididas conforme o comprimento de onda correspondente. A luz visível apresenta comprimento de onda entre 400 a 800nm, de acordo com a sensibilidade da retina ocular, e atravessa a camada córnea da pele. O infravermelho corresponde a comprimentos de onda entre 800 e 10000nm, e é parcialmente barrado pelas nuvens (RIBEIRO *et al*, 2004; SOUZA *et al*, 2004).

É a radiação ultravioleta (UV) que provoca queimaduras solares e bronzeamento da pele (LOW; REED, 1999). Segundo Diffey (apud KITCHEN e BAZIN, 1998), o espectro da radiação UV pode ser dividido em três regiões, conforme a variação do comprimento de onda e os diferentes efeitos biológicos provocados: UVA (400 a 320 nm), capaz de atravessar a camada de ozônio; UVB (320 a 290 nm), parcialmente bloqueado pelo vidro e pela camada de ozônio; ao atingir a pele, 70% detém-se na camada córnea e 20% na camada basal; 10% atinge

a derme; e UVC (290 a 100nm), que apresenta característica bactericida, sendo bloqueado pela camada de ozônio.

A camada de ozônio é tida como o principal fator ecológico de proteção do nosso organismo, pois não permitem que ultrapassem as radiações cósmicas, os raios-X, os gama, assim como o UVC e os UVB de menor comprimento de onda.

### **2.2.1 Exposição Solar**

Com o avanço da idade, a pele sofre o envelhecimento cutâneo programado, ou cronológico que ocorre simultaneamente ao envelhecimento actínico, induzido pela radiação solar, que devido à radiação ultravioleta causa lesões celulares gerando danos no DNA. Assim, a incidência das radiações UVA e UVB determinam uma pele mais espessa, de coloração amarelo - acinzentada.

A radiação ultravioleta A (UVA) promove a oxidação dos precursores incolores da melanina, ou seja, a fotoxidação da melanina pré-existente, através de uma pigmentação direta e imediata, sem eritema. Esta radiação também provoca alterações da distribuição dos melanossomas, com conseqüente bronzeamento, elastose solar, rugas e discromias (ICOLETTI *et al*, 2002).

A radiação ultravioleta B (UVB) promove pigmentação indireta, devido ao aumento do número de melanócitos ativos e estimulação da tirosinase, provocando eritema actínico. Normalmente, após 72 horas são evidenciadas reações tardias através de neo-síntese de melanina e melanossomas. Observa-se que a produção aumentada de melanina em decorrência da estimulação direta ou indireta é uma

reação defensiva da pele a fim de proteger-se contra as agressões solares. Após a irradiação os melanossomas se reagrupam em torno do núcleo com o objetivo de proteger o material genético da célula. Dessa forma, além de promover a coloração da pele, pêlos e cabelos a melanina promove fotoproteção, agindo como um filtro solar, difratando ou refletindo a radiação solar (YOUNG, 1997). Como consequência, a radiação UVB provoca o bronzeado, eritema actínico e alterações no sistema imunitário, podendo levar a queratoses actínicas, epiteliomas, carcinomas e melanomas. Além disso, as radiações UVB provocam eritema de grau variado, relacionado à quantidade de energia recebida, ao tempo de exposição e sensibilidade da pele.

De acordo com Snellman *et al* (1995) e Diffey (apud KITCHEN; BAZIN, 1998), o eritema pode diferir de acordo com o comprimento de onda a que se expôs e a resposta eritêmica e pigmentar individual. A divisão dos tipos de pele proposta por Fitzpatrick leva em conta esta resposta individual (ver Tabela 1).

A grandeza utilizada com maior frequência para indicar o potencial de radiação UV para causar eritemas é denominada de MED – dose eritematosa mínima (OKUNO; VILELA, 2005). O valor de um MED pode ser definido como sendo a exposição radiante solar que causa eritema apenas perceptível de uma pele sensível, 24 horas após a exposição, correspondendo à exposição da pele à radiação ultravioleta com comprimento de onda entre 290nm e 300nm, que é a mais eficiente para causar queimaduras (CHUNG, 1994; LU, 1996; DORNELLES *et al*, 2004).

## 2.3 Técnica Fotoacústica

O efeito fotoacústico foi descoberto por Graham Bell, em 1880, ao perceber que a incidência de luz modulada em uma superfície sólida em forma de diafragma produzia som. Na época, Bell mostrou que a intensidade do sinal acústico era influenciada pelo nível de absorção da luz pelo material no qual era incidida (ROSENCWAIG; GERSHO, 1976; VINHA, 1988). Dada a falta de detectores apropriados para o sinal fotoacústico, a técnica fotoacústica foi considerada apenas uma curiosidade à época de sua descoberta. Somente na década de 1970, com o desenvolvimento de modelos matemáticos para explicar o efeito, a técnica ganhou impulso, sendo hoje considerada uma das principais técnicas de caracterização de materiais biológicos (GUTIÉRREZ-JUÁREZ *et al*, 2002; MESQUITA *et al* 2006).

A técnica fotoacústica, baseada no efeito fotoacústico, possibilita o estudo das propriedades ópticas (e térmicas) de materiais através da análise de um sinal produzido em consequência da absorção da luz modulada por uma amostra. Na técnica fotoacústica, a amostra é posicionada numa câmara contendo ar em contato com o material a ser analisado. Essa amostra é exposta (direta ou indiretamente) a radiação modulada a uma determinada frequência; a absorção desta luz modulada gera calor, produzindo oscilações de pressão no ar em contato com a amostra – estas oscilações constituem as ondas acústicas, responsáveis pelo sinal detectado pelo microfone da célula fotoacústica (ROMPE *et al*, 2005).

A técnica fotoacústica permite caracterizar diversos tipos de materiais, inclusive amostras altamente espalhadores como tecidos biológicos. Muitos materiais biológicos são insolúveis ou sofrem alterações significativas quando solubilizados, o que dificulta sua análise por técnicas convencionais. A técnica fotoacústica possibilita a análise destes tecidos biológicos intactos, permitindo ainda que se selecione a espessura da amostra a ser estudada, conforme a frequência de modulação incidente (ROSENCWAIG, 1980).

A pele humana, que se constitui num sistema multicamadas, pode ser caracterizada através da técnica fotoacústica, que permite obter diferentes espectros de absorção, correspondentes a diferentes profundidades da amostra (ROMPE *et al*, 2005). Na verdade, o uso da fotoacústica na dermatologia teve início em 1977, com Rosencwaig; os estudos envolvendo aplicação de cosméticos começaram em 1978 (BERNENGO *et al*, 1998).

O efeito fotoacústico é geralmente observado numa câmara fechada (contendo ar ou outro gás) em que uma janela de vidro permite a entrada de luz. Se um feixe de luz modulada atinge a amostra, a radiação absorvida pode ser transformada em energia térmica por desexcitação não radiativa, que pode originar os efeitos de difusão térmica, expansão térmica e flexão termoelástica.

Rosencwaig e Gersho (1976) propuseram um modelo teórico para a difusão térmica; este modelo ficou conhecido como “modelo RG” ou “modelo do pistão acústico”. O modelo de Rosencwaig e Gersho considera que, após absorção de radiação modulada por uma amostra, uma fina camada de gás adjacente a esta amostra sofre expansão e contração periódicas, atuando como um pistão vibratório

no restante do gás. As variações de pressão produzidas dessa forma geram ondas acústicas que são captadas pelo microfone acoplado à célula fotoacústica. O sinal é enviado para o amplificador síncrono e, em seguida, para um computador (ROSENCWAIG; GERSHO, 1976).

A equação de difusão térmica unidimensional é dada por:

$$\frac{1}{\alpha} \frac{\partial T(x,t)}{\partial t} = \frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial x^2} + \frac{s(x,t)}{k} \quad (\text{Equação 1})$$

onde  $\alpha$  é a difusidade térmica (dada em  $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ );  $k$  é a condutividade térmica (em  $\text{W} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ );  $T$  é a temperatura;  $t$  é o tempo; e  $r$  é a distância de propagação. O último termo da equação é o chamado “termo de fonte”, sendo nulo em regiões onde não há fonte de calor.

O modelo unidimensional proposto por Rosencwaig e Gersho (1976) considera que as espessuras do gás e do suporte na célula fotoacústica são muito maior que seus comprimentos de difusão térmica. Como as ondas que propagam o fluxo de calor modulado são exponencialmente atenuadas ao longo da distância de propagação, somente a camada de ar disposta a uma distância de até  $2\pi\mu_g$  responderá termicamente à modulação da temperatura na superfície da amostra. Assim, apenas essa camada de ar adjacente à amostra sofre expansão e contração periódicas, atuando como pistão vibratório no restante do gás (BARJA, 1996). A variação de pressão na câmara fotoacústica é calculada supondo-se que o gás é ideal e que a camada de gás com espessura  $2\pi\mu_g$  sofre expansão isobárica, comprimindo adiabaticamente o restante do gás.



Como a amplitude das ondas térmicas que propagam o calor modulado cai exponencialmente com a distância, só a parcela de radiação absorvida a uma distância de até um comprimento de térmica ( $\mu_s$ ) da superfície será responsável pela componente térmica do sinal fotoacústico. O comprimento da difusão térmica é definido por:

$$m_s = \sqrt{\frac{\alpha}{pf}} \quad (\text{Equação 2})$$

onde  $\alpha$  é a difusividade térmica da amostra e  $f$  é a frequência de modulação da luz, de forma que  $\mu$  depende da frequência de modulação da luz.

Sobre as demais formas de geração do sinal fotoacústico: na expansão térmica, a vibração mecânica se deve à expansão e contração moduladas da própria amostra; por outro lado, quando uma amostra é mantida fixa pelas extremidades, a luz absorvida pela amostra pode gerar um gradiente de temperatura perpendicular à sua superfície, flexionando a amostra – este é o mecanismo de flexão termoelástica. Há ainda alguns tipos de amostras que respondem à incidência de luz realizando trocas gasosas com o meio, o que também pode ser detectado na forma de ondas acústicas (é o caso das plantas e outros organismos fotossintetizantes).

A amplitude de som do sinal fotoacústico detectado pelo microfone acoplado à célula fotoacústica depende de:

1. parâmetros térmicos que governam a forma como o material estudado conduz o calor (difusividade, condutividade e efusividade térmicas);

2. parâmetros ópticos, como: intensidade de luz, coeficiente de absorção óptica e eficiência de conversão da luz absorvida em calor pela amostra (ROSENCWAIG, 1976).

O sinal fotoacústico apresenta amplitude e fase. No caso de incidência direta de radiação modulada na amostra, a intensidade está relacionada diretamente não apenas com as propriedades térmicas da amostra como também com seu coeficiente de absorção óptica.

Podem-se realizar medidas fotoacústicas em função do tempo (varredura temporal), do comprimento da onda da luz incidente (espectroscopia fotoacústica) e da frequência de modulação (varredura de frequência). Realizando medidas na mesma amostra a diferentes frequências de modulação, pode-se estudar o perfil de profundidade da amostra, já que a espessura sob investigação depende da frequência (Equação 2). Para medidas realizadas na pele humana, a uma frequência de modulação de 17Hz (valor empregado no presente estudo) corresponde uma espessura entre 30 e 40 $\mu$ m, representando essencialmente o estrato córneo (BERNENGO *et al*, 1998).

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Cuidados éticos**

Este trabalho foi iniciado após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da UNIVAP (protocolo L177/2005/CEP, Anexo A).

### **3.2 Sujeitos**

Participaram deste estudo 57 voluntárias, do sexo feminino com idade entre 18 e 32 anos, cientes e de acordo com os procedimentos do estudo segundo o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo B), devidamente assinado.

Os critérios de exclusão para a participação no estudo foram:

- a) Apresentação de ferida, ulceração ou qualquer tipo de alteração dermatológica principalmente nos antebraços;
- b) Realização, em qualquer época da vida, de bronzamento artificial;
- c) Encontrar-se em período gestacional.

### 3.3 Montagem Fotoacústica

A montagem fotoacústica (Figura 3) utilizada apresentava como fonte de luz uma lâmpada halógena de tungstênio (Xelux, 24V-250W) com ventilador acoplado (115V), fonte alimentadora (LR) para a lâmpada e duas lentes Schneider-Kreyznarch Xenotar 1:2, 8/100 à frente do feixe luminoso. Essa luz foi modulada mecanicamente com o auxílio de um modulador (Stanford Research Systems, modelo SR540), conectado, juntamente com o microfone de eletreto comercial da célula fotoacústica de latão (fabricada na UNIVAP) a um amplificador síncrono (Stanford Research Systems, modelo SR530), que recebia assim as informações sobre a frequência de referência e o sinal fotoacústico. O amplificador síncrono coletava a amplitude e a fase do sinal do microfone simultaneamente, sendo conectado a um microcomputador para aquisição dos dados

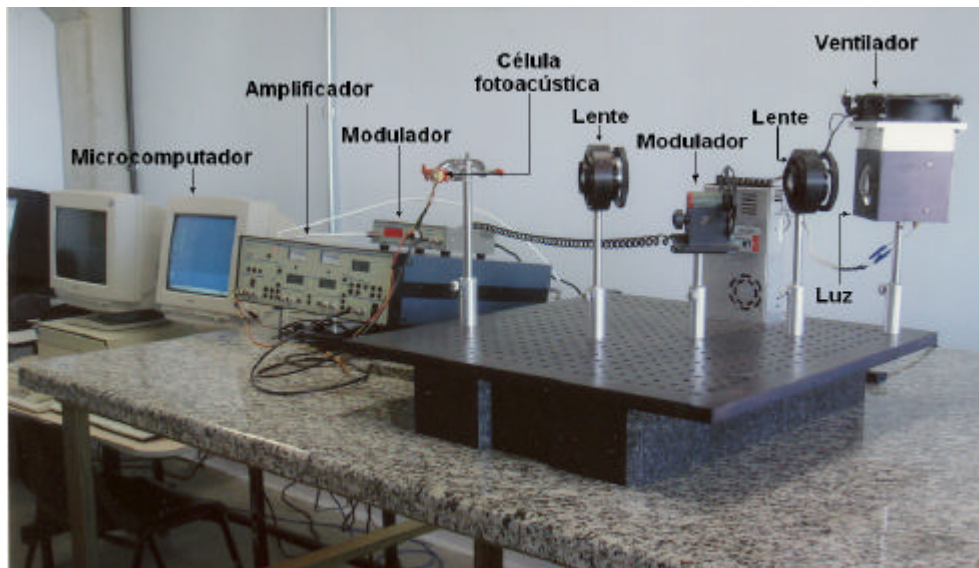


Fig.3 Montagem Fotoacústica

### 3.4 Metodologia

Inicialmente, observou-se o nível do sinal fotoacústico de uma amostra de alumínio. O sinal era registrado através de uma medição com 200 leituras espaçadas de 0,5 segundos, utilizando o programa de aquisição SIN530R, à frequência de modulação de 17Hz, com sensibilidade ajustada de acordo com o nível do sinal. Este sinal era sempre coletado antes das demais medidas e foi utilizado como parâmetro para análise.

Depois de observado o nível do sinal, os voluntários foram submetidos a uma avaliação (Anexo C) que incluía a classificação quanto ao tipo de pele, adotando-se a classificação clínica usual proposta por Fitzpatrick (conforme Tabela 1).

O protocolo de higienização prévia às medidas consistiu na limpeza da região dos antebraços direito e esquerdo com algodão embebido em álcool 70%. Em seguida, foi medido o nível de sinal fotoacústico de cada voluntário para as seguintes regiões: a) parte interna do antebraço esquerdo; b) parte externa do antebraço esquerdo; c) parte interna, antebraço direito e d) parte externa, antebraço direito.

Para as medições, o voluntário era posicionado ao lado da montagem, buscando o maior conforto e melhor forma para aquisição do sinal, com o antebraço vedando a célula fotoacústica (Figura 4). Para cada medição foram feitas 200 leituras espaçadas de 0,5 segundos, utilizando o programa SIN530R, à frequência de modulação de 17Hz, com sensibilidade ajustada de acordo com o nível do sinal.

Os cuidados para a minimização do ruído durante a obtenção do sinal fotoacústico foram prioridade nesta fase.

Os dados coletados pelo amplificador e enviados ao computador foram posteriormente analisados com auxílio do programa Microcal Origin 7.0. Foi utilizado o teste *t student* não pareado para análise dos dados.

Posteriormente, os dados foram tabulados, sendo realizada a análise comparativa entre os resultados obtidos e as classificações propostas por Fitzpatrick e Baumann.

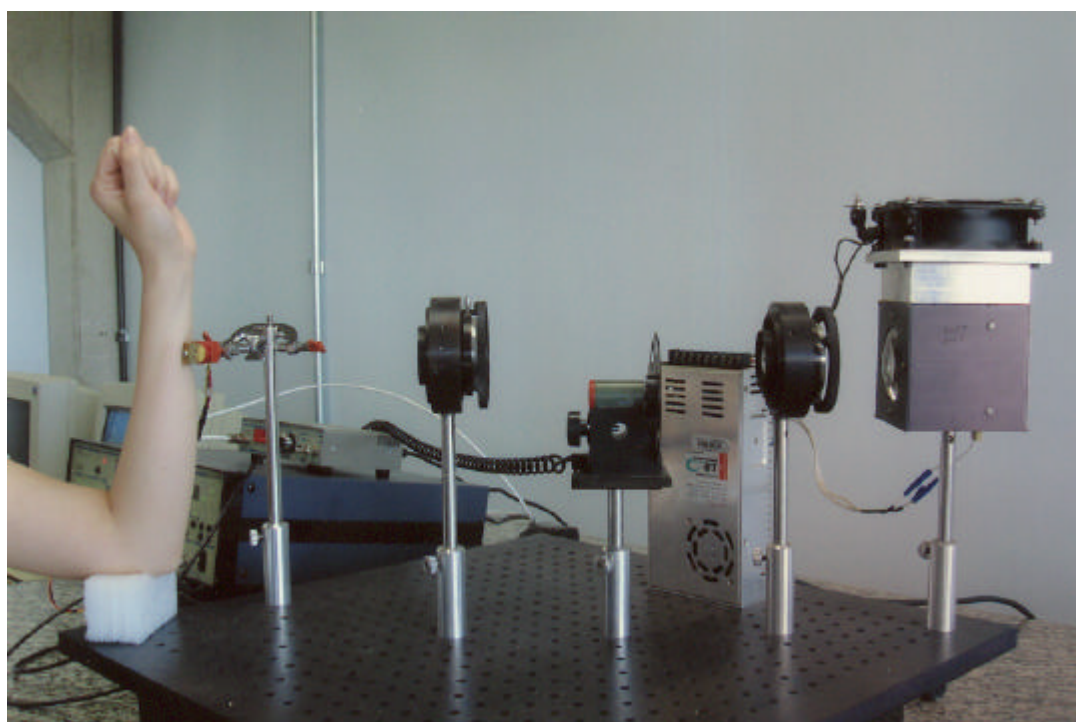


Fig.4 Posicionamento de voluntário para a realização das medidas fotoacústicas.

## 4 RESULTADOS

A Tabela 2 mostra os resultados das medidas fotoacústicas efetuadas em todos os voluntários, bem como as respectivas respostas às principais questões do formulário aplicado, referentes ao fototipo e aos hábitos de exposição solar e de tabagismo.

Na amostra composta por 57 voluntários do sexo feminino, com idade entre 18 e 32 anos, foram identificados quatro diferentes fototipos de pele, de acordo com a classificação de Fitzpatrick. Os resultados aparecem na Tabela 3, que mostra predominância do tipo III (38,6%), seguido do tipo IV. O tipo V foi o menos freqüente (apenas cinco voluntários). A partir dos dados coletados (Tabela 2), os níveis médios de sinal fotoacústico para cada tipo de pele são apresentados nas tabelas 4 (antebraço direito), 5 (esquerdo) e 6 (direito e esquerdo).

A Tabela 7 mostra a divisão dos voluntários segundo a proposta de Baumann, ou seja, em dois grandes grupos: “pigmentados” e “não pigmentados”. Em seguida, as Tabelas 8 e 9 mostram, respectivamente, a composição dos grupos “não pigmentado” e “pigmentado” em termos dos fototipos propostos por Fitzpatrick. Finalmente, a Tabela 10 apresenta a divisão dos voluntários de cada fototipo em cada um dos dois grandes grupos, pigmentado e não pigmentado.

**Tabela 2** - Tabela geral de dados

Sinal fotoacústico (mV, valor médio) para a parte interna dos braços esquerdo (E int) e direito (D int), média geral para região interna (Média int), parte externa dos braços esquerdo (E ext) e direito (D ext), classificação visual dos fototipos (Ft), exposição solar diária e tabagismo (sim/não) de cada voluntário.

Sujeito	E int	D int	Média int	E ext	D ext	Ft	Exposição solar	Tabagismo
1	1,08	0,70	0,89	1,80	2,15	II	NÃO	NÃO
2	1,28	0,64	0,96	1,42	1,86	III	SIM (3H)	NÃO
3	0,92	1,03	0,98	1,88	2,54	III (mest)	NÃO	NÃO
4	1,00	1,04	1,02	1,82	1,83	II	NÃO	NÃO
5	0,91	1,13	1,02	1,40	2,27	IV	SIM/2A3FDS	SIM (parou há 4meses)
6	1,00	1,07	1,04	1,01	1,88	IV	NÃO	NÃO
7	0,98	1,12	1,05	1,47	1,88	II	NÃO	NÃO
8	1,06	1,04	1,05	2,18	2,10	III	NÃO	NÃO
9	0,95	1,18	1,07	1,54	1,46	IV	NÃO	NÃO
10	1,15	1,03	1,09	2,69	4,20	III	SIM (30MIN)	NÃO
11	0,95	1,27	1,11	2,70	2,50	IV	NÃO	NÃO
12	0,90	1,32	1,11	1,53	2,30	II (jap)	NÃO	NÃO
13	1,32	0,96	1,14	2,10	2,60	III	NÃO	NÃO
14	1,16	1,20	1,18	1,98	1,44	V	NÃO	NÃO
15	1,36	1,10	1,23	1,41	1,37	III	NÃO	NÃO
16	0,80	1,67	1,24	4,09	1,92	II	NÃO	NÃO
17	0,93	1,58	1,26	2,40	2,15	III	SIM (1H)	NÃO
18	0,36	1,26	1,26	2,41	2,90	III	SIM (3H)	NÃO
19	1,28	1,25	1,27	3,70	2,69	II	NÃO	NÃO
20	1,09	1,44	1,27	2,65	5,80	II	SIM (40MIN)	NÃO
21	1,47	1,08	1,28	1,80	2,03	III	NÃO	NÃO
22	1,45	1,14	1,30	3,50	2,56	II	NÃO	NÃO
23	1,49	1,10	1,30	2,03	2,64	IV	NÃO	SIM (20/DIA)
24	1,17	1,46	1,32	2,60	2,88	III	SIM (2H)	NÃO
25	1,17	1,50	1,34	2,03	4,21	II	NÃO	NÃO
26	0,96	1,77	1,37	1,92	2,39	II	NÃO	NÃO
27	1,34	1,42	1,38	2,79	2,33	II	NÃO	NÃO
28	1,34	1,52	1,43	3,66	3,02	II	NÃO	NÃO
29	3,03	1,44	1,44	4,21	2,49	II	SIM (2H)	NÃO
30	1,74	1,20	1,47	2,37	4,06	IV	SIM (3H)	NÃO
31	1,05	1,90	1,48	3,16	1,90	III	NÃO	NÃO
32	1,48	1,49	1,49	3,75	4,87	V	NÃO	NÃO
33	1,36	1,70	1,53	4,13	3,79	IV	ÚLTIMO FDS 15H	NÃO
34	1,36	1,71	1,54	3,30	2,18	III	NÃO	NÃO
35	0,96	2,15	1,56	1,49	3,65	IV	SIM (30MIN)	NÃO
36	1,64	1,49	1,57	2,05	2,47	III	NÃO	NÃO
37	1,62	1,62	1,62	4,72	3,66	III	NÃO	NÃO
38	1,44	1,90	1,67	2,34	3,20	IV	SIM (30MIN)	NÃO
39	1,35	2,00	1,68	3,80	1,61	III	NÃO	NÃO
40	1,69	1,70	1,70	3,10	2,61	II	SIM (30MIN)	NÃO
41	2,02	1,40	1,71	1,49	2,25	V	NÃO	NÃO
42	1,96	1,80	1,88	3,00	2,80	V	SIM (30MIN)	NÃO
43	2,06	1,71	1,89	4,20	2,43	IV	NÃO	SIM (5/DIA)
44	2,90	1,06	1,98	2,80	3,93	IV (mest)	SIM (3H)	NÃO
45	1,72	2,26	1,99	2,47	4,70	III	NÃO	NÃO
46	1,48	2,54	2,01	1,96	3,17	III	NÃO	NÃO
47	1,77	2,40	2,09	1,99	1,95	III	NÃO	NÃO
48	2,30	1,91	2,11	6,46	3,30	IV	NÃO	NÃO
49	2,90	1,41	2,16	3,19	2,73	IV	NÃO	NÃO
50	2,13	2,20	2,17	2,90	3,00	III	NÃO	NÃO
51	2,13	2,30	2,22	3,62	2,60	III	NÃO	NÃO
52	2,00	2,60	2,30	5,40	3,77	IV	SIM (1H)	NÃO
53	1,99	2,84	2,42	4,71	1,03	V	SIM (1H)	NÃO
54	3,20	1,80	2,50	1,90	2,02	IV	NÃO	NÃO
55	2,10	3,00	2,55	3,60	0,68	III	NÃO	NÃO
56	2,07	3,13	2,60	3,20	2,90	III	SIM (3H)	NÃO
57	2,23	3,19	2,71	4,19	3,61	IV	SIM (30MIN)	NÃO



Tabela 3 – Classificação da amostra a partir da proposta de Fitzpatrick

<b>Fototipo</b>	<b>Frequência absoluta</b>	<b>Frequência relativa (%)</b>
II	14	24,6
III	22	38,6
IV	16	28,1
V	5	8,7
<b>Total</b>	<b>57</b>	<b>100,0</b>

Tabela 4 – Nível de sinal fotoacústico (em mV) para cada tipo de pele medido no antebraço esquerdo

<b>Tipo de pele</b>	<b>Antebraço esquerdo</b>			
	<b>Parte interna</b>		<b>Parte externa</b>	
	<b>Média</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Média</b>	<b>Erro padrão</b>
II	1,29	0,38	2,73	0,56
III	1,43	0,29	2,62	0,44
IV	1,77	0,43	2,95	0,50
V	1,72	0,24	2,99	0,77

Tabela 5 – Nível de sinal fotoacústico (em mV) para cada tipo de pele medido no antebraço direito

<b>Tipo de pele</b>	<b>Antebraço direito</b>			
	<b>Parte interna</b>		<b>Parte externa</b>	
	<b>Média</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Média</b>	<b>Erro padrão</b>
II	1,36	0,21	2,73	0,64
III	1,72	0,39	2,52	0,60
IV	1,65	0,36	2,95	0,47
V	1,75	0,46	2,50	1,30

Tabela 6 – Nível de sinal fotoacústico (em mV) para cada tipo de pele medido nos antebraços esquerdo e direito

<b>Tipo de pele</b>	<b>Geral</b>			
	<b>Parte interna</b>		<b>Parte externa</b>	
	<b>Média</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>Média</b>	<b>Erro padrão</b>
II	1,33	0,20	2,73	0,53
III	1,57	0,23	2,57	0,42
IV	1,71	0,34	2,80	0,39
V	1,73	0,17	2,73	0,63

Tabela 7 – Classificação da amostra a partir da proposta de Baumann

<b>Grupo</b>	<b>Frequência absoluta</b>	<b>Frequência relativa (%)</b>
Pigmentado	29	50,8
Não-Pigmentado	28	49,1
<b>Total</b>	<b>57</b>	<b>100,0</b>

Tabela 8 – Composição do grupo classificado como “não pigmentado” em termos dos fototipos propostos por Fitzpatrick.

<b>Fototipo</b>	<b>Frequência absoluta</b>	<b>Frequência relativa (%)</b>
<b>II</b>	13	44,9
<b>III</b>	10	34,5
IV	5	17,2
V	1	3,4
<b>Total</b>	<b>29</b>	<b>100,0</b>

Tabela 9 – Composição do grupo classificado como “pigmentado” em termos dos fototipos propostos por Fitzpatrick

<b>Fototipo</b>	<b>Frequência absoluta</b>	<b>Frequência relativa (%)</b>
II	1	3,6
<b>III</b>	12	42,8
<b>IV</b>	11	39,3
V	4	14,3
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>100,0</b>

Tabela 10 – Divisão percentual do total de voluntários de cada fototipo nos grupos pigmentado e não pigmentado.

<b>Fototipo</b>	<b>Grupo não pigmentado (%)</b>	<b>Grupo pigmentado (%)</b>
II	<b>92,9</b>	7,1
III	<b>45,5</b>	<b>54,5</b>
IV	31,2	<b>68,8</b>
V	20,0	<b>80,0</b>

## 5. DISCUSSÃO

Ainda hoje, não há uma concordância universal quanto à melhor técnica ou formas de análise/observação que permita classificar os tipos de pele da melhor forma. Em 1976, Fitzpatrick propôs a classificação mais adotada até hoje, dividindo a pele humana em seis tipos, conforme o fototipo e a etnia, variando do tipo I (pele mais branca) ao tipo VI (pele negra). Esta classificação, no entanto, fundamenta-se essencialmente numa análise empírica, a partir de observação visual.

Travaioli *et al* (2003) demonstraram segundo a caracterização de pigmentação de pele humana por espectroscopia de fluorescência que o comportamento espectral da pele apresenta variações atribuídas, por estes autores, à não homogeneidade do coeficiente de absorção óptica.

Recentemente, Sousa, Barja e Avalos (2005) indicaram que a técnica fotoacústica *in vivo* permite uma classificação comparativa do tipo de pele. Estes autores classificaram voluntários em termos da amplitude do sinal fotoacústico (proporcional ao nível de absorção da radiação pela pele), que foi relacionada ao grau de pigmentação cutânea. O referido estudo pode ser considerado como um trabalho pioneiro na comparação entre o nível de sinal fotoacústico e a classificação proposta por Fitzpatrick. Partindo do nível de sinal fotoacústico encontrado, os autores dividiram os voluntários em dois grupos, de maior e menor pigmentação.

No presente trabalho, utilizou-se uma base de dados mais ampla, sendo realizadas medidas em duas regiões diferentes (interna e externa) do antebraço.

A partir dos dados obtidos, realizou-se uma análise estatística para comparação de valores e verificação da significância das diferenças encontradas. Inicialmente, comparou-se a parte interna do antebraço esquerdo e a parte interna do antebraço direito para cada grupo de voluntários, divididos conforme o fototipo (classificação de Fitzpatrick). Utilizando teste t student não pareado, não foi observada diferença significativa. Do mesmo modo, também não foi encontrada diferença entre a parte externa do antebraço direito e a parte externa do antebraço esquerdo para cada grupo de voluntários. Esta observação é importante por atestar a confiabilidade dos dados, uma vez que não seria esperado encontrar diferenças significantes entre o braço direito e o braço esquerdo do mesmo voluntário.

Em seguida, para comparação entre grupos, foi realizado o teste ANOVA separadamente para a parte interna e a parte externa do antebraço de cada grupo, mas não foi encontrada diferença significativa entre grupos, provavelmente devido ao número de voluntários e à dispersão verificada entre dados do mesmo grupo. Mesmo assim, constata-se uma tendência de aumento do sinal à medida que se avança do fototipo I até o fototipo IV.

Por outro lado, ao comparar a parte interna com a parte externa do antebraço de cada voluntário, observa-se diferença altamente significativa (teste t,  $p < 0,005$ ) dentro de cada grupo, comprovando a influência decisiva da exposição à radiação solar na constituição cutânea (LU et al. 1996). De fato, a incidência de radiação UVA e UVB determinam uma pele mais espessa, de coloração amarelo-acinzentada. A radiação UVA provoca alterações moleculares da melanina e da distribuição dos melanossomas, com conseqüente bronzeamento, elastose solar, rugas e discromias.

Já a UVB desencadeia proliferação de melanossomas e facilitação da transferência da melanina aos queratinócitos, causando o bronzeado e o eritema actínico, além de alterações do sistema imunológico.

Uma análise criteriosa dos dados obtidos nas medidas fotoacústicas mostra que é possível utilizar as medidas na parte interna do antebraço (região com menor exposição solar) para dividir a amostra em dois grandes grupos, pigmentados e não pigmentados. Esse tipo de classificação encontra respaldo na proposta recente de Baumann (2006); esta pesquisadora afirma que o fototipo está relacionado com a quantidade de melanina produzida, propondo a divisão entre “não-pigmentados” (pessoas com baixa produção de melanina) e “pigmentados” (quando a produção de melanina é significativa). Este tipo de classificação privilegia os fatores facultativos aos constitutivos, de modo que pessoas de mesma origem familiar, porém com hábitos muito diferentes (principalmente quando ao nível cotidiano de exposição solar), podem aparecer em grupos diferentes.

No presente trabalho, adotou-se o valor de 1,45mV (para a amplitude do sinal fotoacústico, nas condições empregadas) como divisor entre os grupos “pigmentado” e “não-pigmentado”. Assim, no grupo “não-pigmentado” a amplitude do sinal fotoacústico variou entre 0,89 e 1,44mV, com média de 1,18mV.

O grupo classificado como “não pigmentado” (Tabela 8) é composto principalmente por indivíduos de fototipos II e III; também são encontrados, com menor expressão, alguns indivíduos de fototipo IV, e um caso isolado de fototipo V (que declarou não se expor habitualmente ao sol). Observe-se que, dos cinco indivíduos do grupo IV que fazem parte deste grupo, dois são fumantes.

É importante observar que a nicotina prejudica a circulação periférica da pele, diminuindo o aporte de oxigênio e o calibre dos vasos sanguíneos, destrói fibras de colágeno e diminui a umidade da pele, deixando-a pálida e acinzentada.

Em termos estatísticos, observa-se que o fototipo mais freqüente encontrado no grupo não pigmentado foi o fototipo II (moda estatística), enquanto a mediana corresponderia ao fototipo III.

No grupo classificado como “pigmentado”, a amplitude do sinal fotoacústico variou entre 1,47 e 2,71mV, sendo o valor médio 1,95mV. Dentro desse grupo encontramos indivíduos de análise clínica do grupo III (moda), IV (mediana) e V, sendo que somente um indivíduo do grupo II se encontrou neste grupo; este indivíduo declara sofrer exposição solar diária média de 30 minutos.

A Tabela 10 mostra a divisão dos voluntários de cada fototipo nos grupos pigmentado e não pigmentado, permitindo constatar claramente a tendência de indivíduos do fototipo II pertencerem ao grupo não pigmentado, enquanto indivíduos dos fototipos IV e V tendem a se concentrar no grupo pigmentado.

O fototipo III foi encontrado nos dois grupos, o que demonstra a variabilidade dos elementos que segundo a classificação de Fitzpatrick pertenceriam ao mesmo grupo. Esse fato mostra que a classificação de Fitzpatrick pela análise visual não é bem definida; assim, dentro da classificação “fototipo III” (Fitzpatrick) podemos encontrar tanto pessoas pigmentadas quanto não pigmentadas. Este tipo de dúvida é evitado quando a classificação é realizada através das medidas fotoacústicas (dados quantitativos), utilizando-se o critério proposto por Baumann (divisão entre indivíduos “pigmentados” e “não pigmentados”).

Na dermatologia, busca-se definir os tipos de pele de modo preciso, para que a indústria de cosméticos e fármacos proporcione tratamentos mais adequados a cada tipo de pele. O presente trabalho mostra que a fotoacústica pode ser uma ferramenta experimental simples e útil neste tipo de classificação, apresentando potencial para contribuir significativamente nesta área de pesquisa.

A classificação em relação à pigmentação, utilizando a técnica fotoacústica, configura-se assim como uma forma adequada para caracterizar os tipos de pele, evitando os equívocos inevitáveis quando se utiliza a classificação em seis diferentes fototipos.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

Atualmente o ramo da dermatologia busca maior precisão na classificação da pele, para que a indústria de cosméticos e fármacos proporcione tratamentos mais eficientes e adequados, levando em conta as diferentes características da pele, como a classificação em: seca, oleosa ou mista, sensível ou não, pigmentada ou não, conforme a recente proposta de Baumann. Até então, a classificação mais usual era feita em termos dos seis fototipos propostos por Fitzpatrick.

Os resultados obtidos no presente trabalho mostram que a fotoacústica é uma técnica experimental apropriada para, em configurações semelhantes à adotada nesta pesquisa, classificar os fototipos em dois grupos, quanto ao nível de pigmentação: “pigmentado e não-pigmentado”. Esta forma de classificação está de acordo com a proposta mais recente de classificação, o Sistema de Baumann (BAUMANN, 2006).

Até onde temos conhecimento, este trabalho inicia o uso da técnica fotoacústica como ferramenta auxiliar na classificação dos fototipos, o que deverá prevenir doenças de pele causadas, desencadeadas ou agravadas pela exposição solar, bem como evitar o fotoenvelhecimento cutâneo (dermatoeliose).

Acredita-se que este estudo é um passo inicial para várias pesquisas que podem ser realizadas com a técnica fotoacústica, necessitando ainda de uma maior amostragem para melhor confiabilidade, e também associar os resultados obtidos com conclusões de outras pesquisas que enfocam os outros aspectos dentro classificação da pele.



## REFERÊNCIAS

- BARJA, P. R. **Estudo da indução fotossintética através da técnica fotoacústica**: efeitos de saturação e fotoinibição. Dissertação (Mestrado em Física). Campinas, 71 f. Instituto de Física Gleb Wataglin. Universidade Estadual de Campinas, 1996.
- BAUMANN, L. **The Skin Type Solution**. Beauty e Groming Bantam Hardcover, 2006.
- BELL, A.G. On the production and reproduction of sound by light, **Am J. Sci.**, v.120, p305, 1880.
- BERNENGO, J. C. et al. Photoacoustics as a tool for cutaneous permeation studies. **High Temperatures-High Pressures**, v. 30, p 619-624, 1988.
- CHUNG, J. G. et al. Relevance of skin phototyping to a Korean population. **Clinical and Experimental Dermatology**, v. 19, p. 476-478, 1994.
- DORNELLES, Sergio et al. Determination of the minimal erythema dose and colorimetric measurements as indicators of skin sensitivity to UV-B radiation. **Photochemistry and Photobiology**, v. 79, n. 6, p. 540-544, 2004.
- FITZPATRICK, T. B.; HAYNES, H. A. Lesões cutâneas de significado clínico geral. In: PETERSDORF, R. G. et al. (red.) **Harrison: medicina interna**. 10 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1984. p. 281-290. v. 1.
- FITZPATRICK, T. B.; MOSHER, D. B. Pigmentação cutânea e distúrbios do metabolismo da melanina. In: ISSELBACHER, Kurt J. et al. **Medicina interna**. 9 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1983. p. 276-284. v. 1.
- GONCHOROSKI, Danieli Dürks; CÔRREA, Giane Márcia. Tratamento de hiperchromia pós-inflamatória com diferentes formulações clareadoras. **Infarma**, v. 17, n. 3/4, p. 84-88, 2005.
- GUIRRO, E.; GUIRRO, R. **Fisioterapia dermatofuncional**. 3 ed. São Paulo: Manole, 2004.
- GUTIÉREEZ-JUÁREZ, G. et al. *In vivo* measurement of the human skin absorption of topically applied substances by photoacoustic technique. **Physiol. Means**., v. 23, p. 1-12, 2002.
- ICOLETTI, Maria et al. Hiperchromias: aspectos gerais e uso de despigmentantes cutâneos. **Cosmetics & Toiletries**, v. 14, n. 3, p. 46-53, mai./jun. 2002.
- KAWADA, Akira. Risk and preventive factors for skin phototype. **Journal of Dermatological Science**, v. 23, sup. 1, p. 27-29, 2000.

KITCHEN, S., BAZIN, S. **Eletroterapia de Clayton**. 10 ed. São Paulo : Manole, 1998. p. 211-217.

LOW, L., REED, A. **Eletroterapia explicada**: princípios e prática. 3 ed. São Paulo: Manole, 2001. p 411-449.

LU, H. et al. Melanin content and distribution in the surface corneocyte with skin phototypes. **British Journal of Dermatology**, v. 135, p. 263-267, 1996.

MERCK. **Manual Merck**. Disponível em: <<http://www.msd.brazil.com>>. Acesso em: 21 jun. 2006.

MESQUITA, R. C. et al. Open photoacoustic cell: applications to plant photosynthesis studies. **Instr. Sci. Tech.**, v. 34, n. 1/2, p. 33-58, 2006.

MURPHY, George F.; MIHM JR., Martin C. A pele. In: COTRAN, Ramzi S.; KUMAR, Vinay; COLLINS, Tucker. **Robbins** : patologia estrutural e funcional. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. p. 1047-1086.

OKUNO, Emico; VILELA, Maria Aparecida Constantino. **Radiação ultravioleta**. São Paulo: Livraria da Física: Sociedade Brasileira de Física, 2005.

OLIVEIRA, Lorena Juliana; ROCHA, Irene Machado; GUILLO, Lídia Andreu. Ensaio radiométrico de tirosinase. **Rev. Bras. Farm.**, v. 85, n. 1, p. 5-6, 2004.

PAIVA, R.F.; BARJA, P.R. Células fotoacústicas para medidas em materiais biológicos: projetos e aplicações. I Environmental and Health World Congress (EHWC/2006). Santos, p.332-335, jul/2006.

PARKER, F. Doenças da pele. In: GOLDMAN, L.; BENNETT, J. C. (ed.) **Cecil**: tratado de medicina interna. 21 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 2521-2527. v. 2.

PHILIPPSEN, Gisele Strieder. **Métodos fototérmicos aplicados ao estudo da penetração e da eficiência no processo de pigmentação de medicamentos para o tratamento do vitiligo**. Dissertação (Mestrado em Física). Maringá, 98f.. Universidade Estadual de Maringá, 2006.

RIBEIRO, Renata P. et al. Avaliação do fator de proteção solar (FPS) *in vitro* de produtos comerciais e em fase de desenvolvimento. **Infarma**, v. 16, n. 7, p. 85-88, 2004.

ROMPE, P. C. B. et al. Characterization of human skin through photoacoustic spectroscopy. **J. Phys. IV France**, n. 125, p. 785-787, 2005.

ROSENCWAIG, A.; GERSHO, A. Theory of the photoacoustic effect with solids. **Journal of Applied Physics**, v. 47, n. 1, p. 64-69, 1976.

ROSENCWAIG, A. Photoacoustic and photoacoustic spectroscopy. In: ELVING, P. J.; WINEFORDNER, J. D.; KOLTHOFF, I. M. (eds.). **Chemical analysis: a series of monographs on analytical chemistry and its applications**. New York: Wiley-Interscience, 1980. v. 57.

SAMPAIO, S. A. P.; RIVITTI, E. A. **Dermatologia**. São Paulo: Artes Médicas, 2001.

SNELLMAN, E. et al. Ultraviolet erythema sensitivity in anamnestic (I-IV) and phototested (1-4) caucasian skin phototypes: the need for a new classification system. **Photochemistry and Photobiology**, v. 62, n. 4, p. 769-772, 1995.

SOUSA, J.M.; BARJA, P.R.; AVALOS, D.A. Classificação *in vivo* de tipos de pele por fotoacústica. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 5., 2005. **Anais de Resumo**. São José dos Campos: Univap, 2005..

SOUZA, Sonia R. P. et al. Bronzeamento e risco de melanoma cutâneo: rvisão da literatura. **Rev. Saúde Pública**, v. 38, n. 4, ago. 2004.

TRAVAIOLI, A., MARÇAL, A., LEITE, F.C., MAGACHO, T., RIBEIRO, V., ZANGARO, R.A. Caracterização de pigmentação de pele humana por espectroscopia de fluorescência. In ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 3., 2003. **Anais de Resumo**. São José dos Campos: UniVap, 2003.

VALENTE, Neusa Yuriko Sakai. Estrutura e funções da pele. In: SITTART, José Alexandre de Souza; PIRES, Mario Cezar. **Dermatologia para o clínico**. São Paulo: Lemos-Editorial, 1998. p. 1-5.

VIGLIOGLIA, P. A. Biologia cutânea da pele normal. In: VIGLIOGLIA, P. A.; RUBIN, J. **Cosmiatria II**. 2 ed. Buenos Aires: AP Americana, 1991. p. 22-37.

VINHA, Carlos Alberto. **Aplicação da espectroscopia fotoacústica e ressonância paramagnética eletrônica a materiais biológicos**. Tese (Doutorado). Campinas. Unicamp, 1988.

YOUN, J. I. et al. Relationship between skin phototype and MED in korean, brown skin. **Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine**, v. 13, p. 208-211, 1997.

YOUNG, A. R. Chromophores in human skin. **Phys Med Biol**, v. 42, p. 789-802, 1997.

**ANEXO A**


**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNIVAP – CERTIFICADO**

**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNIVAP****CERTIFICADO**

Certificamos que o Protocolo n.º 1.177/2005/CEP, sobre *"classificação de fototipos de pele: análise fotoacústica versus análise clínica"*, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Paulo Roxo Barja, está de acordo com os Princípios Éticos, seguindo as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos, conforme Resolução n.º 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e foi **aprovado** por esta Comissão de Ética em Pesquisa.

Informamos que o pesquisador responsável por este Protocolo de Pesquisa deverá apresentar a este Comitê de Ética um relatório das atividades desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação.

São José dos Campos, 28 de outubro de 2005



---

**PROF. DR. LANDULFO SILVEIRA JUNIOR**  
Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa da Univap

**ANEXO B**  
**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE****CONSENTIMENTO FORMAL DE PARTICIPAÇÃO NO ESTUDO  
INTITULADO: CLASSIFICAÇÃO DOS FOTOTIPOS DE PELE: ANÁLISE  
FOTOACÚSTICA VERSUS ANÁLISE CLÍNICA**

**Pesquisadora responsável:** Jociely Parrilha Mota. Fisioterapeuta (Rua José Clemente, 281 ap. 91. Maringá-Paraná. Cep: 87020-070.

E-mail: jocielymota@yahoo.com.br Telefones: (44) 32240605 e 99115652.

**Orientador Responsável:** Prof Df. Paulo Roxo Barja (IP&D / UNIV AP).

Telefone: 3947-1108

Eu, \_\_\_\_\_ portador do RG \_\_\_\_\_, concordo em participar do presente estudo de forma voluntária Este será realizado sob termos do projeto proposto pelo Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento - IP&D, da Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP.

O presente projeto de pesquisa é relevante para analisar a classificação clínica da pele e comparar com a realizada através da técnica fotoacústica. A probabilidade de aparecimento de reações adversas com seu uso é nula.

As medidas serão efetuadas no antebraço, que será posicionado de modo a vedar a célula fotoacústica aberta, não causando dor e/ou desconforto durante o procedimento.

As informações obtidas serão mantidas em sigilo, podendo ser utilizadas apenas para fins estatísticos e/ou científicos, sempre resguardando minha privacidade.

Acredito ter sido suficientemente esclarecido a respeito do projeto que me foi apresentado. Estão claros para mim os propósitos do mesmo, os procedimentos a serem realizados, as garantias de informações confidenciais e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas.

Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidade ou prejuízo.

Declaro que obtive de forma apropriada, livre e voluntária as informações e, deste modo, assino o presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para a participação neste estudo.

São José dos Campos, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2006.

Participante

---

Prof. Dr. Paulo Roxo Barja  
Orientador

---

Jociely Parrilha Mota  
Pesquisadora



**ANEXO C**  
**QUESTIONÁRIO**

## QUESTIONÁRIO - AVALIAÇÃO DA PELE

**Ficha nº** \_\_\_\_\_

Data de nascimento: \_\_ / \_\_ / \_\_\_\_\_

Local de nascimento (cidade/estado): \_\_\_\_\_

Local onde residiu por maior tempo (cidade/estado): \_\_\_\_\_

Profissão: \_\_\_\_\_

### Hábitos:

1. Tabagismo - Você fuma:

( ) sim. Número de cigarros/dia: \_\_\_\_\_

( ) não

2. Alcoolismo - Você faz uso de álcool:

( ) sim. Número de doses/dia: \_\_\_\_\_ (obs.: 1 dose = 1 copo de vinho ou 1 lata de cerveja) ( ) não

3. Exposição solar - Costuma expor-se ao sol?

( ) não (ou até 20min por dia antes das 11h ou após as 16h)

( ) sim. Tempo médio de exposição diária: \_\_\_\_\_

Tabela - Classificação dos fototipos de pele segundo Fitzpatrick (1976)

Fototipo	Cor dos Cabelos	Cor da Iris	Eritema	Pigmentação
I Muito Clara	Louro	Azul	Sempre se queima	Nunca se bronzeia
II Clara	Ruivo	Azul e verde	Sempre se queima	Às vezes se bronzeia
III Morena Clara	Castanho-claro	Castanho-claro	Queima moderadamente	Bronzeia moderadamente
IV Morena Moderada	Castanho-escuro	Castanho-escuro	Queima pouco	Sempre se bronzeia
V Morena Escura	Castanho-escuro / Negro	Castanho-escuro / Negro	Queima raramente	Sempre se bronzeia
VI Negra	Negro	Negro	Nunca se queima	Totalmente pigmentada

Fonte: Kede e Sabatowic (2004)