

---

## **A REALIDADE DA POTÊNCIA ACÚSTICA EMITIDA PELOS EQUIPAMENTOS DE ULTRA-SOM TERAPÊUTICO: UMA REVISÃO**

**Rinaldo Guirro\*, Sandra C. Britschgy dos Santos\*\***

---

GUIRRO, R., SANTOS, S.C.B. A realidade da potência acústica emitida pelos equipamentos de ultra-som terapêutico: uma revisão. *Rev. Fisioter. Univ. São Paulo*, v. 4, n. 2, p. 76-82, jul. / dez., 1997.

**RESUMO:** A segurança e a eficiência da terapia ultra-sônica poderá ser comprometida se a potência de saída no transdutor diferir consideravelmente do valor indicado no painel do equipamento. Este fato pode ser evidenciado nas várias publicações que abordam o referido tema, onde diversos estudos determinam que mais de 50% dos equipamentos, em uso rotineiro, nas clínicas e departamentos de fisioterapia estão fora das especificações postuladas pela International Electrotechnical Commission (IEC)<sup>17</sup>. Isso ocorre em função da não regulamentação das normas técnicas de produção, do próprio desgaste do equipamento em uso e pela não adoção de procedimentos metrológicos de rotina por parte do fisioterapeuta. A precisão da intensidade acústica irá possibilitar uma terapia mais eficiente, além da reprodução de protocolos já definidos na literatura. Outro importante fator a ser destacado é o material utilizado para o acoplamento do transdutor ultra-sônico, onde evidencia-se que dos vários meios utilizados, alguns propiciam a atenuação da energia irradiada. Esta revisão pretende atualizar o profissional usuário do ultra-som terapêutico, bem como conscientizá-lo da necessidade de adoção de medidas metrológicas como prática de rotina para os equipamentos em uso.

**DESCRITORES:** Terapia por ultrassom, métodos. Terapia por ultrassom, utilização. Fisioterapia, tendências.

---

### **INTRODUÇÃO**

A radiação produzida por transdutores de ultra-som encontra crescente aplicação em diversas áreas do conhecimento. Em certos casos, é necessário conhecer-se com segurança

as potências aplicadas, principalmente na área médica onde é largamente utilizado em diagnóstico, terapia ou em procedimentos cirúrgicos<sup>4</sup>.

O equipamento de ultra-som terapêutico se caracteriza por apresentar uma frequência

---

\* Professor do Curso de Fisioterapia da Universidade Metodista de Piracicaba, SP.

\*\* Bolsista de Iniciação Científica do Conselho Nacional de Pesquisa, CNPq (PIBIC), Universidade Metodista de Piracicaba, UNIMEP.

**Endereço para correspondência:** Prof. Rinaldo Guirro. Departamento de Fisioterapia da Universidade Metodista de Piracicaba. Rodovia do Açúcar Km 156 - Bairro Taquaral - 13400-901 Piracicaba, SP.

de 1 a 3 MHz e intensidade variando entre 0,01 a 3,0 Wcm<sup>-2</sup> nos modos contínuo e pulsado. Este equipamento é formado por um gerador de corrente elétrica de alta frequência, conectado a uma cerâmica piezoelétrica (titanato zirconato de chumbo-PZT) a qual deforma-se na presença de um campo elétrico.

O ultra-som está entre os recursos físicos mais utilizados pelos profissionais fisioterapeutas, no tratamento das mais diversas afecções do sistema músculo-esquelético<sup>5,8,24</sup>. A ação deste sobre os tecidos, depende grandemente da intensidade a ser empregada, a qual muitas vezes apresenta erros de calibração promovendo a ineficiência do tratamento ou até novas lesões<sup>15,21</sup>. Logo o equipamento deve ser aferido periodicamente para assegurar que os padrões de segurança estejam corretos<sup>7</sup>.

O principal problema encontrado está em não se adotar procedimentos metrológicos, para uma devida aferição nesses equipamentos. Isso acontece por não existir uma cultura metrológica entre os usuários<sup>11,12</sup>, pelo número restrito de equipamentos de medição disponíveis e por não haver até o momento, uma normalização em âmbito nacional que regulamente tais procedimentos.

A intensidade da radiação ultra-sônica é fator essencial para o sucesso de qualquer terapia, bem como o seu tempo de aplicação. A quantidade de energia total depositada sobre um determinado tecido biológico é o produto da intensidade com o tempo de aplicação. Segundo REPACHOLI e BENWEL<sup>22</sup>, essa energia é dependente dos seguintes parâmetros: potência acústica, tempo, frequência e área de radiação efetiva do transdutor.

Outro fator importante e pouco considerado pelos usuários é o material utilizado para o acoplamento do transdutor ultra-sônico, onde evidencia-se que dos vários meios utilizados alguns propiciam a atenuação da energia irradiada.

#### **MÉTODOS UTILIZADOS PARA MEDIÇÃO DA INTENSIDADE ACÚSTICA**

Todo corpo irradiado por um feixe ultra-sônico experimenta uma força cuja grandeza e direção pode depender: da intensidade, do

campo de radiação, do tamanho e da composição do material que o constitui. É essa força que comumente chamamos de pressão de radiação acústica.

Os diferentes métodos de medida de energia do campo acústico ultra-sônico, de sua intensidade, e de grandezas derivadas podem ser divididos em três grupos principais:

- O primeiro grupo compreende os métodos térmicos (calorímetros) nos quais a energia das ondas atenuadas é convertida em calor e então medidas. É um método universal e serve para medir ondas contínuas e pulsadas, no campo próximo ou no campo distante, abaixo ou acima do limiar de cavitação. Pode ser usado também para calibrar transdutores, medir potência total, intensidade média e densidade de energia média do campo acústico, enquanto que os sensores térmicos podem ser utilizados para medir pontos particulares do referido campo<sup>19</sup>.

- O segundo grupo compreende métodos que medem a pressão acústica, a sua velocidade ou o seu deslocamento. Utiliza normalmente sensores piezoelétricos, magnetostrictos, capacitivos e eletrodinâmicos<sup>16</sup>, e ainda alguns meios óticos<sup>18</sup>. Assume-se que a frente de onda é plana e que não há defasagem entre pressão e velocidade, o que é válido para o campo próximo e para ondas de pequenas amplitudes em meios de baixa atenuação.

- O terceiro grupo baseia-se em efeitos não-lineares do campo ultra-sônico (principalmente a força de radiação) o qual pressupõe algum conhecimento de parâmetros acústicos do meio. Este grupo caracteriza-se pela medida da força de radiação, que é um dos métodos mais comuns para se determinar valores absolutos de medida de energia. Com esse método, há necessidade de se conhecer a velocidade do som no meio e também o coeficiente de reflexão das ondas.

A força exercida na superfície do alvo pela radiação corresponde à taxa de transferência no momento do campo acústico para a superfície do alvo. Os dispositivos que se prestam para efetuar tais medidas denominam-se balanças de radiação e podem ser utilizadas tanto para ondas contínuas como pulsadas,

embora neste último caso, somente a energia média possa ser medida. A estrutura do campo ultra-sônico, num meio real, é bastante complicada e depende de muitos parâmetros do campo e do meio. Por esta razão, é uma prática comum medir-se somente a potência total de saída e a intensidade média, usando-se a balança de radiação, bem como o calorímetro.

Em recente estudo, GUIRRO et al.<sup>11</sup> propõem a aferição do equipamento de ultra-som terapêutico, utilizando-se de uma balança semi-analítica. Desta, destacam-se a praticidade da aferição, o fácil acesso à balança, bem como a sua precisão.

#### **ÁREA DE RADIAÇÃO EFETIVA (ERA)**

Muitos pesquisadores têm discutido o fato de que as medidas da Área de Radiação Efetiva (ERA) podem diferir consideravelmente das especificadas pelos fabricantes<sup>1,9,14</sup>. Essas medidas podem ser identificadas através de um hidrofone, sistema bastante complexo que não se encontra disponível para uso rotineiro.

A ERA compreende todos os pontos nos quais a intensidade ultra-sônica é igual ou superior a 5% da intensidade ultra-sônica máxima espacial, expressada em centímetros quadrados<sup>3</sup>. Existem dois padrões que especificam métodos para a medida da ERA. O Food and Drug Administration-FDA (U.S. Federal register 1978) aplica-se aos equipamentos usados nos Estados Unidos e o INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION<sup>17</sup> é relevante para equipamentos usados em todo o mundo. Ambos definem diferentes métodos de medida, os quais frequentemente dão diferentes áreas de radiação efetiva para o mesmo transdutor.

Um fato importante, é que no Brasil ainda não existe nenhum laboratório que preste serviços com regularidade para a medição da ERA. São novas as indústrias fabricantes de ultra-som terapêuticos que quantificam a ERA dos seus transdutores.

#### **INTENSIDADE E POTÊNCIA**

A intensidade é definida como a quan-

tidade de energia que passa através da unidade de área na unidade de tempo, sendo o Watt por Metro Quadrado ( $Wm^{-2}$ ) a sua unidade no sistema internacional, mas, devido a área de radiação efetiva do transdutor ser dada em centímetro quadrado ( $cm^2$ ), é convenção, na aplicação do ultra-som terapêutico, a unidade ser  $Wcm^{-2}$ . Na maioria dos equipamentos, ela varia entre 0,01 a 3,0  $Wcm^{-2}$ .

A partir da intensidade pode-se obter o valor da potência da radiação ultra-sônica emitida. Esse valor é conseguido multiplicando-se a intensidade pela área de radiação efetiva, a qual pode variar entre os fabricantes. A maioria das indústrias nacionais adotam uma ERA de 4.0 centímetros quadrados<sup>13</sup>. Várias normas internacionais de segurança recomendam um limite superior para a energia ultra-sônica emitida, visando proteger o paciente contra efeitos biológicos desfavoráveis. O World Health Organisation, limitou a intensidade para um máximo de 3,0  $Wcm^{-2}$ , para ambos tipos de ondas. No entanto, um aspecto seguro que não é considerado nesses limites, é a ocorrência de altas intensidades espaciais instantâneas dentro do feixe, podendo causar danos para os tecidos e, portanto, devem ser evitadas.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION<sup>17</sup> publicou as normas particulares de aferição exigidas para a segurança do ultra-som, onde a potência acústica de saída, a intensidade efetiva e a intensidade máxima temporal não devem variar mais que 30% dos valores indicados no painel pelas indústrias fabricantes.

A AMERICAN NATIONAL INSTITUTE<sup>2</sup> descreve que a característica da potência do ultra-som terapêutico deve ser conservada dentro de um limite de  $\pm 15\%$ , assim como a intensidade máxima instantânea em  $\pm 20\%$ . Cita ainda que médias devem ser fornecidas.

#### **AFERIÇÃO**

Várias pesquisas têm sido realizadas no tocante à necessidade de aferição da intensidade acústica emitida pelos transdutores de

ultra-som terapêuticos. Alguns trabalhos estão expostos a seguir, juntamente com os autores e seus respectivos métodos.

STEWART et al.<sup>23</sup> demonstraram que, de um total de 58 equipamentos, 85% apresentaram um decréscimo de 20% da intensidade emitida no modo contínuo, utilizando o método da balança de pressão de radiação.

ALLEN e BATTYE<sup>1</sup> analisaram, pelo método da pressão de radiação, um total de 13 equipamentos onde 3 apresentavam suas intensidades de radiação em torno de 90% dos valores declarados pelas fábricas, conservando-se dentro da tolerância recomendada pela IEC. Quatro equipamentos apresentavam intensidades menores que 50% dos valores discriminados e outros seis decréscimos superiores a 60% do valor indicado.

REPACHOLI e BENWELL<sup>22</sup> observaram um total de 37 equipamentos (avaliados pelo método da balança de radiação) e constataram que, 72% dos equipamentos testados no modo contínuo e 20% no modo pulsado, emitiam potências acústicas abaixo dos valores indicados. A frequência do ultra-som de 29% dos valores testados variou em mais de 5% dos valores indicados. Um pequeno número de unidades testadas foram incapazes de reproduzir doses efetivas, em função da variação na potência, da frequência ou no tempo.

FYFE e PARNELL<sup>9</sup> avaliaram um total de 18 equipamentos pelo método da pressão de radiação, onde encontraram somente 5 dentro das tolerâncias da IEC, sendo que o restante apresentou suas intensidades de saída menores que os valores indicados pelos fabricantes.

DOCKER e PATRICK<sup>6</sup> utilizando-se do método da força de radiação, aferiram 29 equipamentos, onde 48% possuíam suas intensidades efetivas fora dos limites aceitáveis. Segundo os autores, as avaliações deveriam ser feitas semanalmente.

LLOYDE e EVANS<sup>20</sup> avaliaram 43 equipamentos de ultra-som terapêutico, pelo método da força de radiação, e concluíram que somente 44% das unidades foram consideradas satisfatórias, tendo uma forma de feixe aceitável e uma intensidade variando  $\pm 30\%$  do indicado pelo fabricante.

PYE e MILFORD<sup>21</sup>, utilizando-se do método do calorímetro, constataram que, de um total de 85 equipamentos, 34% necessitavam de alguma forma de reparo que podia ser simplesmente regulagem nos controles internos da frequência. Nove necessitaram de recolocação da cerâmica, três conectores dos transdutores estavam quebrados, seis tiveram falhas que afetaram seriamente a operação da onda pulsada, mas não afetaram o modo contínuo; dois equipamentos mais velhos tinham válvulas defeituosas e os nove restantes apresentaram vários problemas elétricos internos. Surpreendentemente, nove dos vinte e dois equipamentos mais novos necessitaram de maiores reparos.

GUIRRO et al.<sup>13</sup> analisaram 31 equipamentos, em uso nas clínicas e departamentos de fisioterapia através do método da força de radiação, no modo contínuo e pulsado, na frequência de 1 MHz, nas intensidades de 0,1; 0,2; 0,5; 0,8; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0  $\text{Wcm}^{-2}$ . Como resultado observaram a total ineficiência de 3 equipamentos que não emitiam energia ultra-sônica em nenhuma das intensidades aferidas. A maioria dos equipamentos apresentaram perdas em torno de 50%, chegando alguns, nas intensidades mais elevadas, em perdas de 90%, quando comparadas as intensidades apresentadas no painel.

#### AGENTES DE ACOPLAMENTO

Os agentes de acoplamento são usados nas aplicações do ultra-som terapêutico em virtude deste não se propagar no ar, fazendo com que o coeficiente de atenuação entre os dois meios envolvidos se tornem similares, e assim quase toda a intensidade incidente seja transmitida.

Existe uma grande variedade desses agentes de acoplamento usados na prática clínica, que podem ser: gel, glicerina, água destilada, parafina líquida, entre outros. As razões para o uso de um determinado tipo de agente tem sido questionadas e investigadas<sup>5,10</sup>. A partir dessas pesquisas percebeu-se que um grande número dos agentes de acoplamento utilizados não transmitem a intensidade esperada.

GARNET e DAVID<sup>10</sup> demonstraram que a

energia transmitida nos diferentes meios, foi sempre inferior a incidente. Os autores citam uma taxa de 19,06% de transmissão da energia ultra-sônica para a parafina líquida, 67,65% para a glicerina e 72,6% para o gel hidrossolúvel.

DOCKER e PATRICK<sup>5</sup> reafirmam a eficiência do gel, tendo a parafina líquida como ineficiente.

Estas pesquisas, apesar de muito restritas, são de grande importância pela influência que esses agentes exercem sob a dose terapêutica efetiva, podendo então ser mais um dos fatores causadores da diminuição da intensidade do ultra-som terapêutico que incide no paciente.

#### CONCLUSÕES

A revisão apresentada mostra que os equipamentos de ultra-som terapêutico, em nível mundial, apresentam um decréscimo da energia emitida, que está relacionado ao seu uso. Logo, a aferição do equipamento deveria ser adotada como rotina pelos usuários, proporcionando um recurso de maior confiabilidade, resultando em terapias mais eficientes.

O teste da cavitação deve ser realizado periodicamente mesmo em se tratando de uma

análise qualitativa, o qual indicará a emissão ou não da energia ultra-sônica. A possibilidade de calibração do UST, no momento, está exclusivamente nas indústrias fabricantes. Cabe frisar que este procedimento não garante que os padrões de dose sejam restabelecidos à níveis satisfatórios, havendo necessidade da solicitação de uma tabela de ajuste entre a intensidade selecionada no painel e a que efetivamente é emitida pelo transdutor quando estes padrões não são atingidos.

Um ponto a favor da boa calibração é que, num departamento onde pacientes são assistidos por equipamentos que apresentam alterações na intensidade acústica, os resultados do tratamento poderão ser insatisfatórios. Além disso, toda pesquisa científica que visa o uso da energia ultra-sônica, somente torna-se confiável quando realizada a aferição e, se necessário, a calibração prévia aos ensaios experimentais.

É importante ressaltar que além da necessidade de aferição, deve-se ter atenção especial para o agente de acoplamento escolhido, pois este pode diminuir a intensidade incidente no paciente, sendo o gel hidrossolúvel o mais indicado.

GUIRRO, R., SANTOS, S.C.B. The reality of acoustic power emitted by therapeutic ultrasound equipment: a revision. *Rev. Fisioter. Univ. São Paulo*, v. 4, n. 2, p. 76-82, jul. / dez., 1997.

**ABSTRACT:** The safety and efficiency of ultrasonic therapy may be compromised if the outlet power on the transducer differs considerably from the value indicated on the equipment panel. This fact may be seen in the various publications which approach the referenced theme, where various studies determine that over 50% of equipment in routine use in clinics and physiotherapy departments are out of the specifications recommended by the International Electrotechnical Commission (IEC). This occurs as a result of the non regulation of technical production standards, the wear of the equipment itself in use and by the non adoption of routine metrological procedures on the part of the physiotherapist. The precision of the acoustic intensity would enable a more efficient therapy, besides the reproduction of protocols already defined in literature. Another important factor to be pointed out is the material used for coupling the ultrasonic transducer, where of the various means utilized, some propiciate the attenuation of irradiated energy. This revision intends to update the professional therapeutic ultrasound user, as well as make him aware of the need for adopting metrological measures for the equipment in use as routine practice.

**KEYWORDS:** Ultrasonic therapy, methods. Ultrasonic therapy, utilization. Physical therapy, trends.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALLEN, K. G. R., BATTYE, C. K. Performance of ultrasonic therapy instrument. *Physiotherapy*, v. 64, n. 6, p. 174-9, 1978.
2. AMERICAN NATIONAL INSTITUTE. *American standard specification for ultrasonic therapeutic Equipment*. New York, American National Institute, 1956.
3. BHAGWANDIN, N. Characterization of the acoustic output of therapeutic ultrasound equipment. *Fisioterapia*, v. 48, n. 1, p. 4-6, 1992.
4. BUCALON, A. J., BATISTA I. L. *Força de radiação acústica e sua medida*. Rio Claro, 1993. Trabalho de Iniciação Científica, Departamento de Física. Universidade Estadual Paulista.
5. BURNS, P. N., McDIJARMID, T. Clinical applications of therapeutic ultrasound. *Physiotherapy*, v. 73, p. 155-62, 1987.
6. DOCKER, M. F., PATRICK, M. K. Ultrasound couplants for physiotherapy. *Physiotherapy*, v. 68, n. 4, p. 124-5, 1982.
7. DOCKER, M. F. A review of instrumentation available for therapeutic ultrasound. *Physiotherapy*, v. 73, p. 4, 1987.
8. DYSON, M. Mechanisms involved in therapeutic ultrasound. *Physiotherapy*, v. 73, p. 116-20, 1987.
9. FYFE, M. C., PARNELL, S. M. The importance of measurement of effective transducer radiating area in the testing and calibration of "therapeutic" ultrasonic instruments. *Health Phys.*, v. 43, n. 3, p. 377-81, 1982.
10. GARNET, E. C., DAVID, C. R. Efficiency of ultrasound coupling agents. *Physiotherapy*, v. 63, n. 8, p. 255-7, 1977.
11. GUIRRO, R., SERRÃO, F., ELIAS, D., BUCALON, A. J. - Dosimetria de aparelhos de ultra-som terapêutico utilizando balança semi-analítica. *Rev. Bras. Fisioter.*, v. 1, n. 2, p. 79-82, 1996.
12. GUIRRO, R., GUIRRO, E. C. O., BREITSCHWERDT, C., ELIAS, D., FERRARI, M., RATTO, R. As variáveis físicas do ultra-som terapêutico: uma revisão. *Rev. Ciênc. Tecnol.*, v. 4, n. 9, p. 31-41, 1996.
13. GUIRRO, R., SERRÃO, F., ELIAS, D., BUCALON, A. J. Calibration of therapeutic ultrasound equipment. *Physiotherapy*. [no prelo]
14. HEKKENBERG, R. T., REIBOLD, R., ZEPERI, B. Evaluation of ultrasound therapy devices. *Physiotherapy*, v. 72, p. 390-5, 1986.
15. HILDERSLEY, K. A simple calorimeter for monitoring the output power of ultrasound therapy machines. *Physiotherapy*, v. 80, n. 4, p. 219-23, 1994.
16. HILL, C. R. Proposed facility for ultrasound exosimetry and calibration. *Ultrasound Med. Biol.*, v. 1, p. 475, 1975.
17. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC). *Particular requirements for the safety of ultrasonic therapy equipment*. Geneva, 1984. [Publication 601-2-5]
18. KORPEL, A., KESSLER, L., AHMED, A. Bragg diffraction sampling of a sound field. *Jasa*, v. 51, p. 1582-92, 1972.
19. LABARTKAVA, E. K. A thermoelectric ultrasonic pick-up with semi-conductor thermistor. *Sov. Phys-Acoustics*, v. 6, p. 468-71, 1971.
20. LLOYDE, J. J., EVANS, J. A. A calibration survey of physiotherapy ultrasound equipment in North Wales. *Physiotherapy*, v. 74, n. 2, p. 56-61, 1988.
21. PYE, S. D., MILFORD, C. The performance of ultrasound physiotherapy machines in Lothian, Scotland, 1992. *Ultrasound Med. Biol.*, v. 20, n. 3, p. 347-59, 1994.
22. REPACHOLI, M. H., BENWELL, D. A. Using surveys of ultrasound therapy devices to draft performance standards. *Health Phys.*, v. 36, p. 679-86, 1979.

GUIRRO, R., SANTOS, S.C.B. A realidade da potência acústica emitida pelos equipamentos de ultrassom terapêutico: uma revisão. *Rev. Fisioter. Univ. São Paulo*, v. 4, n. 2, p. 76-82, jul. / dez., 1997.

---

23. STEWART, H. F., HARRIS, G. R., HERMAN, B. A., ROBINSON, R. A., HARAN, M. E., McCALL, G. R., CARLESS, G., REES, D. Survey of use and performance of ultrasonic therapy equipment in Pinellas County. Florida. *Phys. Ther.*, v. 54, p. 707-15, 1974.
24. WILLIAMS, R. Production and transmission of ultrasound. *Physiotherapy*, v. 73, p. 113-6, 1987.

Recebido para publicação: 15/08/97

Aceito para publicação: 15/09/97