

Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial

www.elsevier.pt/spemd



Investigação

Influência da posição e tempo de irradiação sobre a capacidade de desinfecção em forno de micro-ondas

Ana Carolina Mascarenhas Oliveira^{a,*}, Lígia Antunes Pereira Pinelli^b
e Regina Helena Barbosa Tavares da Silva^b

^a Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas (FOP/UNICAMP), Brasil

^b Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista (FOAr/UNESP), Brasil

INFORMAÇÃO SOBRE O ARTIGO

Historial do artigo:

Recebido a 21 de dezembro de 2011

Aceite a 26 de fevereiro de 2012

On-line a 4 de maio de 2012

Palavras-chave:

Micro-ondas

Bacillus subtilis

Desinfecção

R E S U M O

Objetivo: Avaliar as variações de temperatura dentro de 2 modelos de fornos de micro-ondas domésticos de única (F₁) e dupla emissão de ondas (F₂), a fim de investigar áreas de maior e menor intensidade do campo eletromagnético.

Materiais e métodos: Um béquer com água (60 mL, 26 °C) foi irradiado em uma das 5 posições (anterior - P₁, látero-direita - P₂, posterior - P₃, látero-esquerda - P₄ e central - P₅) em cada forno (900 W/2 min). Na segunda etapa, avaliou-se a efetividade do processo de desinfecção em F₂, utilizando uma suspensão de *Bacillus subtilis* em cada uma das 5 posições pelos períodos de 2, 4 e 6 minutos de irradiação. Os dados foram submetidos ao teste estatístico de Kruskal-Wallis e comparações múltiplas não-paramétricas, em nível de significância de 5%.

Resultados: Os níveis médios de temperatura obtidos foram: F₁ = 84,80 °C; F₂ = 92,01 °C. Para F₁, observou-se que as posições P₁, P₂, P₃ e P₅ apresentaram valores semelhantes entre si e superiores a P₄; enquanto que para F₂ se observou que P₁, P₂ e P₄ foram similares entre si e superiores a P₃ e P₅, tendo o teste de Kruskal-Wallis apontado essas diferenças como significativas ($p < 0,05$). Observou-se que P₂ promoveu morte bacteriana a partir de 4 min de irradiação, enquanto que nas demais posições só houve desinfecção com 6 min de irradiação.

Conclusão: Os protocolos de posição e tempo indicados para os diversos processamentos em fornos de micro-ondas podem ser diferentes de acordo com as características de cada aparelho devido à heterogeneidade do campo eletromagnético.

© 2011 Sociedade Portuguesa de Estomatologia e Medicina Dentária. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos os direitos reservados.

* Autor para correspondência.

Correio eletrónico: anamascaa@yahoo.com.br (A.C. Mascarenhas Oliveira).

Influence of the position and irradiation time on the ability of disinfection in microwave oven

A B S T R A C T

Keywords:

Microwaves
Bacillus subtilis
Disinfection

Objective: To evaluate the variations of temperature in 2 models of domestic micro-wave ovens, single emission (F₁) and dual emission of waves (F₂), to investigate areas of higher and lower intensity of the electromagnetic field.

Materials and methods: A beaker containing water (60 mL, 26 °C) was irradiated into each of 5 positions (front - P₁; right - P₂; posterior - P₃; left - P₄; central - P₅) within each oven (900 W/ 2 min). To evaluate the effectiveness of disinfection in F₂, *Bacillus subtilis* suspension was irradiated in each of the 5 positions for 2, 4 and 6 minutes. Data were analyzed by Kruskal-Wallis and nonparametric multiple comparisons at 5% significance level.

Results: 84.80 °C (F₁) and 92.01 °C (F₂) were mean levels of temperature. For F₁, the positions P₁, P₂, P₃ and P₅ showed similar values among them and upper than P₄, while for F₂, the positions P₁, P₂ and P₄ were similar among them and upper than P₃ and P₅. Kruskal-Wallis test found significant differences between positions and models of ovens ($p < 0.05$). It was observed that P₂ promoted bacterial death from 4 min of irradiation, while the other positions promoted disinfection at 6 min of irradiation.

Conclusion: The protocols of position and time specified for the various procedures in microwave ovens can be different according to the characteristics of each device due to the electromagnetic field heterogeneity.

© 2011 Sociedade Portuguesa de Estomatologia e Medicina Dentária. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introdução

O forno de micro-ondas tem sido utilizado na desinfecção e esterilização de materiais utilizados em laboratórios de microbiologia¹⁻⁴, lentes de contacto⁵ e alimentos⁶. As aplicações da irradiação por micro-ondas em laboratórios de histologia e patologia têm crescido consideravelmente, sendo utilizada em colorações histoquímicas e imuno-histoquímicas para microscopia de luz e na aceleração das etapas de fixação, processamento e desmineralização de tecidos^{7,8}.

No combate à infecção cruzada, os fornos de micro-ondas possuem potencial importância^{3,9}, sendo sua aplicação em laboratórios e consultórios odontológicos avaliada quanto à desinfecção ou esterilização de materiais, instrumentos e próteses, polimerização de resina acrílica^{9,10} e plastificação de gôdova^{10,11}.

As micro-ondas ou ondas eletromagnéticas são produzidas pelo magnetron, válvula geradora capaz de produzir feixes de micro-ondas que são transferidos para a cavidade do forno^{12,13}. Essas ondas podem ser absorvidas, transmitidas ou refletidas pelo material sobre o qual incidem. Quando absorvidas, interagem com as moléculas do material, gerando calor no seu interior, promovendo o seu aquecimento^{2,14,15} e podendo gerar o efeito esterilizante^{1,3,4,9,16-21}. Quando comparado ao forno convencional, este aquecimento mostra-se mais rápido, eficiente e uniforme^{2,14}, por ocorrer entre a superfície e o interior do material através de conversão de energia e não por condução de calor¹³.

Entretanto, algumas características intrínsecas do funcionamento dos fornos de micro-ondas como geração de calor, distribuição da energia eletromagnética¹⁴, irradiação de objetos metálicos²², tempo de vida útil do magnetron e

existência de efeitos não térmicos das micro-ondas^{19,23} ainda não estão esclarecidas. Alguns fatores podem ainda interferir no resultado final dos procedimentos realizados com este equipamento, como o volume da cavidade do aparelho e o nível de potência máxima real que influenciam na eficiência do forno⁹ e no tempo necessário de exposição à irradiação¹⁴, além da existência dos pontos quentes e frios^{14,22}.

Uma distribuição não uniforme do campo eletromagnético pode gerar uma variação acentuada da temperatura em diferentes regiões horizontais e verticais no interior dos fornos, interferindo no aquecimento e, consequentemente, na efetividade do processo de esterilização^{11,13,21}. Diferentes métodos diretos e indiretos têm visado avaliar essa distribuição de energia, principalmente pela análise da temperatura, utilizando filme de gel de sílica, filme de cristal líquido, tinta termográfica, partículas tonalizantes, lâmpadas de néon e leituras por computador^{3,12-14}. Alguns autores têm buscado auxiliar nessa distribuição de energia, principalmente por meio da utilização de mecanismos de rotação tridimensional²¹; entretanto, outros autores afirmam que tais mecanismos são indisponíveis e dispendiosos, o que inviabiliza sua utilização²⁴.

Ainda não existe consenso em relação a qual posição do objeto no interior dos fornos seria mais propícia à absorção de energia e obtenção de maiores níveis de temperatura^{2,6,21}, sendo, portanto, necessários estudos a fim de definir protocolos para utilização segura e eficiente destes equipamentos.

Este estudo avaliou as variações de temperatura em fornos de micro-ondas, a fim de investigar as áreas de maior e menor intensidade do campo eletromagnético e a efetividade do processo de desinfecção.

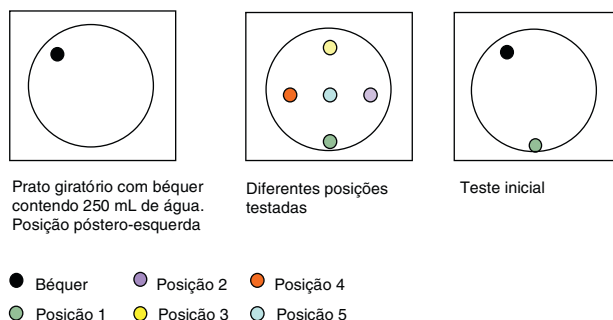


Figura 1 – Distribuição dos béqueres de acordo com as posições investigadas no interior do forno de micro-ondas.

Materiais e métodos

Dois modelos de fornos de micro-ondas domésticos foram utilizados na potência de 900 W (forno de emissão única: Brastemp/BMC-38 - Manaus, Amazonas, Brasil; forno de dupla emissão: Brastemp/BMK-27 - Manaus, Amazonas, Brasil) e um béquero plástico (Sanremo, ref. 701- Esteio, Rio Grande do Sul, Brasil) contendo 60 mL de água a 26 °C (temperatura inicial) vedado com lâmina de poliéster (Mult Usos - Colombo, Paraná, Brasil), para evitar dissipação de calor. O béquero foi colocado no interior de cada um dos fornos em posições previamente definidas e demarcadas sobre o prato giratório, como se segue: anterior (P₁); látero-direita (P₂); posterior (P₃); látero-esquerda (P₄) e central (P₅) (Fig. 1). Outro béquero contendo 250 mL de água foi utilizado na região pósterio-esquerda do prato, com a finalidade de absorver os feixes de micro-ondas e, juntamente com o prato giratório, propiciar uma distribuição de radiação mais homogênea na cavidade do forno (Fig. 1). Esse béquero com água atua como uma resistência paralela e absorve a carga potencial acumulada na superfície metálica da cavidade do forno, reduzindo a probabilidade de formação de um arco de energia que é refletido de volta à válvula geradora, protegendo, assim, o magnetron de um superaquecimento e evitando danos ao aparelho^{3,13,21}.

Cada forno foi programado para operar por 2 minutos na potência de 900 W e, imediatamente após a irradiação, a temperatura final da água do béquero menor foi verificada com termômetro digital (MV363 Minipa- São Paulo, SP, Brasil), após breve agitação. Ao final de cada posição testada (P₁ a P₅), o béquero localizado na região pósterio-esquerda do prato era retirado e o forno desligado até que as paredes de sua cavidade retornassem à temperatura ambiente para iniciar novo experimento. Foram realizados 10 ensaios por posição e os mesmos procedimentos foram realizados nos 2 aparelhos.

Devido aos seus resultados, o forno com dupla emissão foi selecionado para investigar o processo de desinfecção. Este forno teve a superfície do seu prato giratório demarcada em 5 posições (P₁ a P₅), seguindo o mesmo protocolo da primeira etapa (Fig. 1). Foi utilizada cultura de cepa-padrão pertencente à espécie *Bacillus subtilis* (BS) (ATCC 6051) reativada em meio TSB (*Tryptic Soy Broth*) estéril por 24 horas em estufa de incubação a 37 °C.

Para irradiação dos microrganismos, alíquotas de 500 µL da suspensão bacteriana foram centrifugadas e o pellet

ressuspendido em 10 mL de água destilada estéril, o qual foi padronizado a fim de obter um inóculo contendo aproximadamente $1,5 \times 10^8$ UFC/mL, correspondente ao tubo n.º 0,5 da escala de McFarland. Este inóculo foi inserido em um béquero estéril com tampa (n=10) e colocado na posição P₁. O forno foi programado para operar por 2 minutos na sua potência máxima. Em seguida, nessa mesma posição, foram testados também maiores tempos de irradiação, variando entre 4 e 6 minutos. Estes passos foram efetuados novamente com o béquero na posição P₂, de forma sucessiva, até que as 5 posições fossem individualmente analisadas. Para cada posição e tempo foram realizadas 10 repetições, individualmente (n=10). Para o grupo controle não houve exposição do inóculo às micro-ondas. No final, verificou-se a efetividade do processo de desinfecção em 5 posições e 3 períodos de irradiação: 2, 4 e 6 minutos.

Após irradiação, 40 µL de cada solução foram semeados individualmente em placas de Petri devidamente identificadas contendo meio sólido TSA (*Tryptic Soy Agar*), em triplicata, e incubadas em estufa a 37 °C por 48 horas para verificação de possível crescimento bacteriano por meio da observação da formação ou não de colônias.

Os dados foram submetidos ao teste estatístico de Kruskal-Wallis e comparações múltiplas não-paramétricas, em nível de significância de 5%.

Resultados

A Figura 2 ilustra os valores médios e desvios-padrão de temperatura em ambos os fornos em função das posições. Verificaram-se diferenças estatisticamente significativas entre as posições e os modelos de forno ($p \leq 0,05$). Os resultados foram organizados em dois conjuntos, comparando 1- valores de diferentes posições dentro do mesmo forno (Tabela 1) e 2- a temperatura na mesma posição nos diferentes fornos. Para todas as posições, a diferença entre os fornos foi significativa ($p \leq 0,05$).

Na Tabela 2 observa-se que a posição látero-direita (P₂) promoveu morte bacteriana a partir de 4 minutos de irradiação, enquanto que nas demais posições somente houve desinfecção com pelo menos 6 minutos de irradiação.

Discussão

As micro-ondas possuem comprimento de onda entre 1 mm e 10 cm e estão localizadas entre o infravermelho e as ondas de rádio, dentro do espectro eletromagnético. Após serem geradas pelo magnetron, as micro-ondas são propagadas em linha reta ao longo do guia de ondas, denominado modo dominante. Devido à transferência de micro-ondas em linha reta e verticalmente polarizada para a cavidade do aparelho, certo potencial de energia é refletido sem que ocorra absorção; dessa forma, surgem áreas não uniformes e não homogêneas de energia, ocasionando os pontos frios^{14,21,22}. Os pontos quentes são regiões na cavidade do forno com alta intensidade do campo eletromagnético. O melhor desempenho do forno de dupla emissão em relação ao de emissão única deve-se à existência de um tipo diferente de guia de ondas no seu interior, o qual lança feixes de micro-ondas em dois direções desde sua

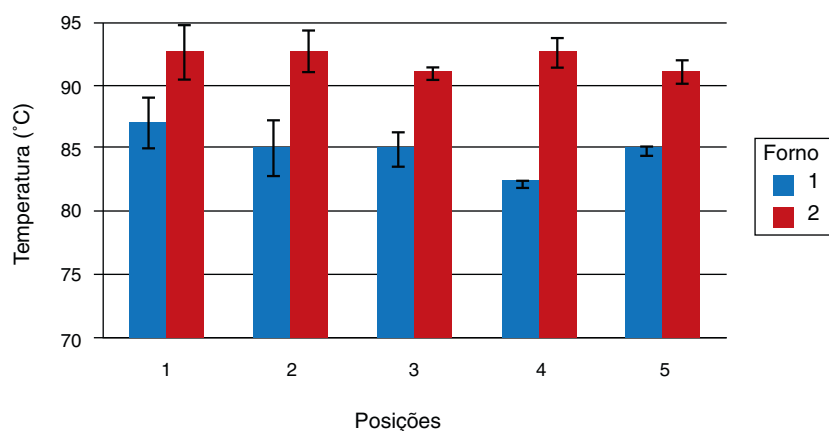


Figura 2 – Média e desvio-padrão das temperaturas de acordo com as diferentes posições avaliadas em ambos os fornos, após irradiação por 2 minutos.

Tabela 1 – Comparações múltiplas não-paramétricas entre postos médios de diferentes posições em um mesmo forno de micro-ondas

Forno	Posição	Posto médio	Posição				
			1	2	3	4	5
1	P ₁	58,5	-	ns	ns	*	ns
	P ₂	40,63		-	ns	*	ns
	P ₃	40			-	*	ns
	P ₄	13,87				-	*
	P ₅	39,43					-
2	P ₁	124,23	-	ns	*	ns	*
	P ₂	128,43		-	*	ns	*
	P ₃	93,6			-	*	ns
	P ₄	124,33				-	*
	P ₅	91,97					-

* Diferença significativa ($p < 0,05$).
ns: não significativa.

Tabela 2 – Crescimento bacteriano após irradiação em forno de micro-ondas de emissão dupla (F₂) nas posições P₁ (anterior), P₂ (lâtero-direita), P₃ (posterior), P₄ (lâtero-esquerda) e P₅ (central), em função do tempo de exposição em minutos

Ensaio	Tempo 2					Tempo 4					Tempo 6				
	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
1	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-
2	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-
3	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-
4	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-
5	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-
6	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-
7	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-
8	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-
9	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-
10	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-
CP ^a	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
CN ^b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

^a Controle positivo.

^b Controle negativo.

emissão, a partir do magnetron, possibilitando maior disponibilidade de ondas dentro da cavidade e menor ocorrência de pontos frios.

Por ter apresentado maiores níveis de temperatura em todas as posições, o forno de dupla emissão foi utilizado para investigar o processo de desinfecção. Observou-se que ocorreu morte bacteriana em todas as posições. A posição látero-direita (P₂) propiciou a morte de *Bacillus subtilis* em até 4 minutos de irradiação; enquanto nas demais posições a morte bacteriana ocorreu em tempos superiores.

Diversos trabalhos demonstraram que a desinfecção ou esterilização por micro-ondas é uma técnica viável^{1,3,4,16-19,21} que ocorre devido ao aumento de temperatura no substrato. Uma das vantagens do aquecimento por micro-ondas face ao método convencional é que o aumento de temperatura ocorre no interior do objeto e não no forno, por consequência da oscilação das moléculas de água (dipolos) contidas no protoplasma colocado neste campo de irradiação, de acordo com a frequência de onda, com aproximadamente 2.450 MHz ou 2,5 bilhões de ciclos por segundo. Essa atividade molecular aumentada seria manifestada como calor uniformemente distribuído pelo tecido (aquecimento de volume uniforme), levando à inativação de microrganismos por meio da desnaturação das proteínas e ácidos nucleicos e rompimento da membrana e/ou estrutura intracelular, com libertação de lipídios. Segundo Kim et al.¹⁸, fornos com potência de 2 kW resultam em maior libertação de proteínas e ADN de esporos por afetarem a sua camada externa, dilatando-os e levando ao rompimento de suas membranas.

A distribuição não homogênea do campo eletromagnético pode interferir na efetividade da esterilização por micro-ondas. A fim de evitar esse diferencial de energia, os fornos podem possuir um ventilador de agitação na região superior da sua cavidade ou um prato giratório na região inferior. Entretanto, observa-se que, mesmo em aparelhos que possuem esses mecanismos, objetos posicionados em determinadas regiões alcançam temperaturas menos elevadas que em outras, devido à transferência de micro-ondas em linha reta para a cavidade do aparelho, as quais podem não atingir o objeto em toda a sua extensão. Buscando a uniformidade do campo, alguns autores^{5,9,10,17} relataram posicionar os seus materiais no centro do prato giratório. Entretanto, no presente trabalho observou-se que a posição central apresentou a segunda menor média de temperatura e a posição látero-direita permitiu a maior média (emissão dupla), resultado semelhante ao encontrado por Culkin et al.¹⁶. Essa variabilidade dentro de um mesmo aparelho e entre diferentes aparelhos pode resultar em níveis diferentes de redução bacteriana e consequente falha na esterilização¹⁵. Para Jeng et al.²², uma variação de somente 1 a 2 cm de distância pode promover uma variação de temperatura de 4 a 5 °C. Essa distribuição não homogênea do campo eletromagnético pode explicar as diferenças nos resultados de morte bacteriana observadas entre as posições testadas.

Segundo Kakita et al.¹⁷, o efeito térmico da energia por micro-ondas é mais intenso quando comparado à simples exposição térmica. Estudos sugerem que existam outros efeitos (não térmicos) resultantes diretamente da interação do campo eletromagnético com as moléculas e cujos mecanismos não podem ser explicados somente pela ação térmica^{4,19}.

Segundo Border et al.⁴, o possível envolvimento dos efeitos não térmicos promoveria alterações nas moléculas intracelulares, causando modificações na morfologia celular e a sua eventual desintegração. Como se sabe, a célula possui alto conteúdo de água, o que explica a sensibilidade dos microrganismos à irradiação por micro-ondas. Dessa forma, determinada frequência de micro-ondas pode ser absorvida por moléculas biológicas importantes como os ácidos nucleicos e também causar mudanças estruturais na camada mais periférica ao redor das macromoléculas biológicas, resultando em alteração da sua estabilidade e função e em desnaturação.

A irradiação por micro-ondas tem demonstrado ser um método efetivo na desinfecção de resinas acrílicas^{25,26}. Autores²⁷ sugerem que os ciclos de desinfecção por micro-ondas não promovem efeitos deletérios nas propriedades mecânicas de materiais para reembasamento ou resina para base de prótese. Contudo, são necessários mais estudos para avaliar os sucessivos ciclos de desinfecção por micro-ondas, bem como as alterações provocadas nos microrganismos predominantes em tais materiais.

Conclusões

O forno com dupla emissão gerou níveis de temperatura superiores ao de emissão única.

Em ambos os fornos, as posições anterior e látero-direita propiciaram altos níveis de temperatura.

A posição látero-direita no forno de dupla emissão propiciou a morte do *Bacillus subtilis* em menor tempo.

Responsabilidades éticas

Proteção de pessoas e animais. Os autores declaram que para esta investigação não se realizaram experiências em seres humanos e/ou animais.

Confidencialidade dos dados. Os autores declaram que não aparecem dados de pacientes neste artigo.

Direito à privacidade e consentimento escrito. Os autores declaram que não aparecem dados de pacientes neste artigo.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Agradecimentos

Agradecemos ao PIBIC/CNPq pela concessão de bolsa de iniciação científica.

BIBLIOGRAFIA

1. Atmaca S, Akdag Z, Dasdag S, Celik S. Effect of microwaves on survival of some bacterial strains. *Acta Microbiol Immun Hung*. 1996;43:371-8.
2. Barboza ACRN, Cruz CVMS, Graziani MB, Lorenzetti MCF, Sabadini E. Aquecimento em forno de microondas. *Quim Nova*. 2001;24:901-4.

3. Baysan A, Whiley R, Wright PS. Use of microwave energy to disinfect a long-term soft lining material contaminated with *Candida albicans* or *Staphylococcus aureus*. J Prosthet Dent. 1998;79:454-8.
4. Border BG, Rice-Spearman L. Microwaves in the laboratory: effective decontamination. Clin Lab Sci. 1999;12:156-60.
5. Crabbe A, Thompson P. Effects of microwave irradiation on the parameters of hydrogels contact lenses. Optom Vis Sci. 2001;78:610-5.
6. Bilbrough J. Food sterilization by microwave radiation. Non-ioniz Radiat. 1969;2:70-2.
7. Cavusoglu I, Kahveci Z, Sirmali SA. Rapid staining of ultrathin sections with the use of a microwave oven. J Microsc. 1998;192:212-6.
8. Rode SM, Faria MR, Monteiro MP. O uso de microondas para descalcificação de tecidos mineralizados da mandíbula de ratos. Rev Odontol Univ São Paulo. 1996;10:15-8.
9. Dixon DL, Breeding LC, Faler TA. Microwave disinfection of denture base materials colonized with *Candida albicans*. J Prosthet Dent. 1999;81:207-14.
10. De Clerck JP. Microwave polymerization of acrylic resins used in dental prostheses. J Prosthet Dent. 1987;57:650-8.
11. Ribeiro HD, Almeida HC, Salomão EU, Ferreira JD. Uso de micro-ondas para plasticização de godiva em prótese dentária total: biossegurança. Rev Assoc Paul Cir Dent. 2000;54:230-3.
12. Kok LP, Visser PE, Boon ME. Programming the microwave oven. J Neurosci Methods. 1994;55:199-224.
13. Kwan-Hoong NG. Microwave ovens: mapping the electrical field distribution. Med Lab Sci. 1991;48:189-92.
14. Hogan PF, Mori T. Development of a method of continuous temperature measurement for microwave denture processing. Dent Mater J. 1990;9:1-11.
15. Sherbondy AL, Cooper CS, Kalinowski SE, Boyt MA, Hawtrey CE. Variability in catheter microwave sterilization techniques in a single clinic population. J Urol. 2002;168:562-4.
16. Culkin KA, Fung DYC. Destruction of *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium* in microwave-cooked soups. J Milk Food Technol. 1975;38:8-15.
17. Kakita Y, Kashige N, Murata K, Kuroiwa A, Funatsu M, Watanabe K. Inactivation of *Lactobacillus bacteriophage* PL-1 by microwave irradiation. Microbiol Immunol. 1995;39:571-6.
18. Kim SY, Shin SJ, Song CH, Jo EK, Kim HJ, Park JK. Destruction of *Bacillus licheniformis* spores by microwave irradiation. J Appl Microbiol. 2009;106:877-85.
19. Levre E, Valentini P. Inactivation of *Salmonella* during microwave cooking. Zentralbl Hyg Umweltmed. 1998;201:431-6.
20. Lombard-Vignon N, Desplechain C, Egloff H, Franck F, Goujon N. Feulgen and Rossenbeck staining using the microwave oven for quantification of DNA by image analysis. Ann Pathol. 1994;14:255-6.
21. Rohrer MD, Bulard RA. Microwave sterilization. J Am Dent Assoc. 1985;110:194-8.
22. Jeng DK, Kaczmarek KA, Woodworth AG, Balasky G. Mechanism of microwave sterilization in the dry state. Appl Environ Microbiol. 1987;53:2133-7.
23. Antonio C, Deam RT. Can "microwave effects" be explained by enhanced diffusion? Phy Chem Chem Phys. 2007;9:2976-82.
24. Thomas CJ, Webb BC. Microwaving of acrylic resin dentures. Eur J Prosthodont Restor Dent. 1995;3:179-82.
25. Macêdo APF. Efeito da desinfecção por micro-ondas em biofilmes de *Candida* sp. formados em resinas acrílicas [dissertação]. Piracicaba (SP): Universidade Estadual de Campinas; 2011.
26. Silva MCVS. Efetividade da desinfecção por energia de micro-ondas de 3 resinas acrílicas contaminadas por leveduras do gênero *Candida* [dissertação]. Piracicaba (SP): Universidade Estadual de Campinas; 2010.
27. Neppelenbroek KH, Mima EGO, Spolidorio DMP, Giampaolo ET, Vergani CE, Pavarina AC. Efetividade da irradiação por micro-ondas na desinfecção de resinas reembasadoras rígidas e resina acrílica para base de prótese. Rev Odontol UNESP. 2006;35:303-11.