

ALTERAÇÕES COMPORTAMENTAIS OBSERVADAS EM RATOS DE LABORATÓRIO SUBMETIDOS À RADIAÇÃO DE MICROONDAS

Mohit Gheyi^{*}, Marcelo S. Alencar^{*}, J. M. P. Moreira^{*}, Shakuntla Nain^{**}, M. J. Pachu⁺ e Giuseppe Glionna⁺⁺

Departamento de Engenharia Elétrica^{*} e Educação^{**}
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
E-mail: {mohit, malencar}@dee.ufpb.br

Departamento de Psicologia⁺
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil
TIM Tele Nordeste Celular⁺⁺

RESUMO

Neste trabalho apresenta-se uma análise preliminar dos efeitos comportamentais observados em cobaias da espécie *Rattus norvegicus* quando submetidas diariamente à radiação de microondas. Para realização desse experimento foi necessário o desenvolvimento de um gerador de microondas operando na frequência de 2,45 GHz, irradiando uma densidade de potência de 1,6 mW/cm², por um período de 1 hora. O objetivo principal deste trabalho foi observar possíveis alterações comportamentais em cobaias submetidas à radiação de microondas e comparar esses resultados com um grupo de cobaias que não sofreu influência da radiação de microondas.

1. INTRODUÇÃO

Ainda não existe comprovação científica que a radiação eletromagnética emitida pelos telefones móveis pode fazer mal às pessoas e, por questões éticas, experiências dessa natureza não são usualmente realizadas em seres humanos [1-9]. Assim, o rato tem sido preferido como sujeito experimental por várias razões: é limpo, fácil de cuidar e de manutenção barata. Além disso, é pequeno, facilmente domesticável e manso, quando bem tratado. Os ratos vêm sendo usados exclusivamente na pesquisa psicológica e há, por isso, um conjunto grande e consistente de dados experimentais que se referem ao seu comportamento.

Essa pesquisa teve como objetivo observar os efeitos comportamentais em cobaias da espécie *Rattus norvegicus*, submetidas à radiação de microondas por um período de 1 hora diária (grupo experimental), e comparar estes resultados com as cobaias que não sofreram influência da radiação (grupo de controle).

Para realização desta experiência foi montado um gerador de microondas, operando na frequência de 2,45 GHz e com uma densidade de potência nominal de 1,6 mW/cm². O gerador foi ajustado para esse valor com o auxílio do medidor de potência EMR-300 da Wandel & Goltermann. A densidade de potência utilizada é o nível máximo de segurança adotado para seres humanos que são submetidos inconscientemente à radiação em 2,45 GHz [10,11].

Existem vários tipos de antenas passíveis de utilização, mas nesse caso específico foi utilizada uma antena com abertura retangular tipo corneta. As antenas tipo corneta são usadas na faixa de microondas acima de 1 GHz. Esse tipo de antena possui um ganho elevado, uma banda relativamente larga, baixo peso, além de ser de fácil construção [12]. Como benefício adicional, os cálculos teóricos são bem próximos aos obtidos na prática. No experimento foi utilizada a corneta retangular piramidal, cujo diagrama de irradiação para uma distância de 30 cm pode ser observado na Figura 1.

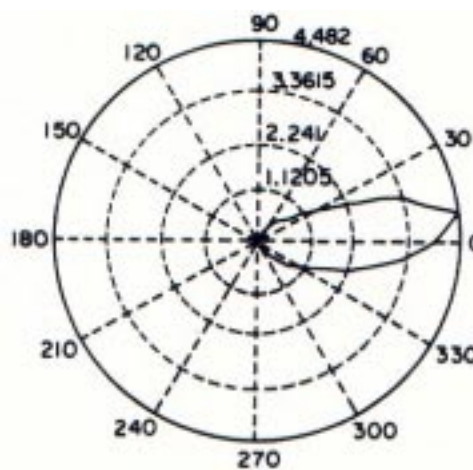


Figura 1. Diagrama de Irradiação.

2. EXPERIMENTO

O objetivo deste experimento foi observar alterações comportamentais em cobaias submetidas à radiação de microondas. Para isso foi utilizada uma gaiola de Skinner [13,14] que será descrita posteriormente. A seguir serão apresentados alguns conceitos básicos de condicionamento operante, que é o processo compreendido como sendo o eliciamento de um comportamento alvo mediante a utilização de reforço-estímulo capaz de aumentar a frequência deste comportamento. O processo é dividido em etapas:

- Nível operante: Exercício de observação do comportamento da cobaia antes do início do condicionamento propriamente dito;

Este trabalho foi parcialmente financiado pelo CNPq, com apoio do CCT e CCBS da UFPB, da UEPB, do CEFET-PB e da TIM Tele Nordeste Celular.

- Treino ao bebedouro: Exercício cujo objetivo é fazer com que a cobaia associe o estímulo sonoro emitido pelo mecanismo do bebedouro ao ato de beber água;
- Modelagem: Refere-se às ações do experimentador destinadas a fazer com que a cobaia atinja o comportamento terminal (pressão sobre a barra);
- Saciação: Tem como finalidade observar a quantidade de gotas necessárias para saciar a cobaia;
- Intervalo variável: Exercício que tem como finalidade não criar uma noção de tempo fixo para que a cobaia espere o reforço;
- Discriminação: Tem como finalidade fazer com que a cobaia associe a luz ao ato de beber água;
- Generalização: Tem como finalidade observar que um estímulo específico pode adquirir um forte poder de controle sobre uma determinada resposta quando esta for reforçada em sua presença;
- Extinção: Exercício correspondente à suspensão do estímulo reforçador, com a finalidade de comprovar que na ausência do reforço ocorre um decréscimo na frequência do comportamento terminal.

Para a realização desses estudos comportamentais, foram utilizadas gaiolas experimentais, que seguem os princípios básicos de um aparelho análogo desenvolvido por Skinner, chamado de câmara experimental. A parte onde a cobaia permanece durante o experimento tem uma porta de plástico transparente colocada na parte frontal do aparelho, sem qualquer tipo de trava para mantê-la fechada, com um dispositivo que a impede de se deslocar. Há uma bandeja colocada na parte inferior para recolher detritos. Existe uma barra no interior que, com uma leve pressão, produz um estalo. O bebedouro está posicionado abaixo da barra que, quando pressionada fornece uma gota de água.

Foram utilizadas 10 cobaias (5 do grupo de controle e 5 do grupo experimental), do sexo masculino, adultas, ingênuas (não condicionadas), com peso entre 250 e 280 gramas, que tiveram uma privação de água por um período de 36 horas. Foram realizadas as seguintes etapas:

2.1 Nível Operante

No condicionamento operante, o reforço aumenta a probabilidade de ocorrência de uma resposta já existente no repertório natural de um organismo. A frequência com que esta resposta surge, antes de um processo qualquer de condicionamento, é conhecido como nível operante.

Assim, para esse caso específico, uma vez dentro da gaiola, a cobaia foi observada durante 5 minutos, registrando-se os comportamentos mais frequentes (pré-teste), depois disso esses comportamentos foram registrados durante 30 minutos.

2.2 Treino ao Bebedouro

Grande parte dos trabalhos em laboratório têm como finalidade mostrar um princípio básico do comportamento que pode ser sintetizado da seguinte forma: “respostas que são seguidas por

reforço aumentam de frequência”. Este exercício tem como finalidade:

- Fazer com que a cobaia se aproxime do bebedouro quando ouvir o ruído do funcionamento deste;
- Eliminar certos defeitos emocionais que o som do bebedouro possa produzir;
- Associar o som do bebedouro ao ato de beber.

Para o caso específico, coloca-se a cobaia dentro da gaiola e espera-se que ela encontre uma gota de água previamente ofertada, concedendo-lhe mais 5 gotas consecutivas. Numa segunda etapa a cobaia recebe um total de 20 gotas não consecutivas, ministradas mediante um afastamento mínimo entre a cobaia e o bebedouro.

2.3 Modelagem

Aplicando a técnica de aproximações sucessivas o experimentador vai modelar o comportamento de pressionar a barra. É importante observar que para o estímulo reforçador adquirir a eficácia máxima, este deve ser apresentado imediatamente depois que o comportamento desejado tenha ocorrido. Um atraso, de poucos segundos, será suficiente para reduzir a eficácia do reforço.

A resposta a ser modelada será a posição da cobaia na gaiola em relação à barra. O desempenho final desejado é fazer com que a cobaia pressione a barra e obtenha água sem que o experimentador precise interferir. A escolha dos comportamentos a serem reforçados e os critérios de mudança da resposta escolhida dependerão do experimentador.

Concluída esta fase o bebedouro deve ser posicionado na posição automático e deve-se deixar a cobaia na gaiola até que a mesma pressione a barra 100 vezes.

2.4 Saciação

Esta experiência é uma continuação da anterior (Modelagem), ou seja, a cobaia deve ser colocada na gaiola, deixando-a responder, até ficar saciada (10 minutos sem pressionar a barra). O objetivo principal desta experiência é saber qual o número médio de reforços necessários para saciar a cobaia.

2.5 Intervalo Variável

O intervalo variável é um esquema de reforçamento intermitente, no qual o reforço é liberado após intervalos de tempos preestabelecidos. Para este caso específico, foram utilizados 20, 40, 10 e 50 segundos e ao final de cada intervalo foi feito o registro de quantas vezes a cobaia pressionou a barra. Esse procedimento foi realizado 25 vezes.

2.6 Discriminação

Nessa experiência observa-se a influência da luz sobre a emissão de um comportamento. Reforçando uma resposta numa determinada situação, é mais provável que ela seja emitida com maior frequência numa situação igual ou quase igual. Este controle que a situação ou alguns estímulos da situação

adquirem sobre a emissão de respostas é denominado controle discriminativo.

Pode-se dizer que uma resposta adquire estabilidade, e será emitida com mais frequência, numa situação estimuladora na qual o reforço segue o comportamento. Por outro lado esta mesma resposta não será freqüente numa situação em que o reforço não acompanha sua emissão. Em outras palavras, pode-se dizer que a cobaia estabeleceu a discriminação quando uma certa resposta é emitida com uma alta frequência sob as condições de S^D (com luz) e com uma baixa frequência (talvez zero) sob as condições de S^A (sem luz).

2.7 Generalização

Um estímulo específico pode adquirir um forte poder de controle sobre uma determinada resposta quando esta for reforçada em sua presença, como pôde ser verificado na experiência anterior. Na presença do estímulo luminoso, a resposta de pressionar a barra foi reforçada, enquanto na ausência nenhum reforço ocorreu. Estabeleceu-se, deste modo, uma discriminação. A cobaia passa a emitir diferentes respostas em cada uma das situações.

Será mostrado que o poder de controle de um estímulo discriminativo não é rigorosamente específico. Estímulos de propriedades físicas semelhantes ao S^D adquirem, sem condicionamento prévio, algum poder de controle. Assim, por exemplo, quando um som de determinada frequência adquire poder discriminativo sobre um determinado comportamento, outros sons de maior ou menor frequência igualmente controlam esse comportamento com maior ou menor eficiência dependendo do quanto se afastam, em frequência, do S^D inicialmente estabelecido.

Nesse caso propriamente dito o S^D que já está bem estabelecido é a luz de intensidade intermediária.

2.8 Extinção

Esta experiência tem como objetivo observar o efeito produzido sobre a frequência do comportamento, quando suspende-se a condição experimental usada para promover o aumento do aparecimento do comportamento e para mantê-lo, ou seja, saber o que ocorre com a frequência da resposta de pressionar a barra, quando deixa-se de apresentar o reforço logo depois da resposta. A extinção estará completa quando a cobaia permanecer 10 minutos sem pressionar a barra.

3. RESULTADOS OBTIDOS

Para as experiências de nível operante e de treino ao bebedouro as cobaias dos dois grupos não apresentaram qualquer tipo de diferença e todas conseguiram passar para a etapa seguinte, a modelagem.

Como já foi mencionado anteriormente, a experiência de modelagem é dividida em duas partes: a primeira tem como objetivo fazer com que a cobaia pressione a barra e obtenha água sem a interferência do experimentador e a segunda é

observar quanto tempo a cobaia leva para pressionar a barra 100 vezes.

As primeiras diferenças entre os dois grupos começaram a surgir na primeira etapa da modelagem. Do grupo de controle, todas as 5 cobaias obtiveram água sem a ajuda do experimentador na primeira tentativa. Já para o grupo experimental, as coisas foram bem diferentes, apenas 3 cobaias conseguiram beber água sem a ajuda do experimentador, sendo que uma delas na oitava tentativa. As duas cobaias restantes não conseguiram beber água sem ajuda do experimentador, mesmo depois de dez tentativas.

Para a segunda fase da modelagem o grupo de controle levou 9 minutos contra 12 minutos do grupo experimental para pressionar a barra 100 vezes. Pelos valores mencionados acima percebe-se que o grupo de controle foi 33,3% mais rápido que o grupo experimental.

A experiência de saciação tinha como objetivo saber o número médio de reforços para saciar a cobaia. Os resultados obtidos para os dois grupos estão apresentados na Tabela I.

Tabela I – Saciação.

Grupo de Controle		Grupo Experimental	
Tempo (min.)	Nº de reforços	Tempo (min.)	Nº de reforços
45	250	42	243
25	152	38	319
62	197	58	358
38	202	-	-
60	794	-	-

A partir dos dados da Tabela I, encontra-se o valor médio de reforços para saciar a cobaia. Para o grupo de controle o valor encontrado foi de aproximadamente 359 gotas e para o grupo experimental este valor foi de aproximadamente 312 gotas.

A Tabela II apresenta o valor médio de reforços obtidos por cobaia para a experiência de intervalo variável para intervalos de tempos preestabelecidos (20, 40, 10 e 50 segundos).

Tabela II – Intervalo Variável.

Número médio de reforços	
Grupo de Controle	Grupo Experimental
11,71	11,56
11,14	10,13
11,05	10,42
12,42	-
15,19	-

A partir dos dados da Tabela II, chega-se a conclusão que o grupo de controle teve uma média 12,3 de reforços. Enquanto que o grupo experimental foi um pouco mais lento, teve uma média de 10,7 reforços.

Para a experiência de discriminação os resultados entre os dois grupos foram muito semelhantes. As cobaias dos dois grupos não conseguiram estabelecer a discriminação, ou seja, o número de respostas para o caso com luz e para o caso sem luz foram muito próximos.

Os resultados obtidos para os diferentes níveis de intensidade de luz na experiência de generalização estão apresentados na Tabela III.

Tabela III – Generalização.

	Grupo de Controle	Grupo Experimental
S ^A (sem luz)	10,7	9,0
S ¹ (nível 1)	12,0	13,0
S ² (nível 2)	14,0	14,8
S ³ (nível 3)	15,7	15,8
S ⁴ (nível 4)	14,7	14,2
S ⁵ (nível 5)	20,3	19,4

Pelos valores apresentados na Tabela III, percebe-se que as cobaias dos dois grupos obtiveram os resultados esperados, pois à medida que a intensidade de luz foi aumentada, o número de reforços também aumentou.

Para a experiência de extinção observou-se que o grupo de controle atingiu o objetivo (permanecer sem pressionar a barra por 10 minutos consecutivos) em cerca de 81,9 minutos e o grupo experimental levou aproximadamente 93,6 minutos.

4. CONCLUSÃO

Apesar do experimento ainda estar em andamento e não ser possível fornecer dados finais, percebe-se que a radiação eletromagnética emitida pelo gerador de microondas na frequência de 2,45 GHz está, de certa, forma afetando a aprendizagem das cobaias da espécie *Rattus norvegicus*.

Para as experiências de nível operante e de treino ao bebedouro não foi observada qualquer diferença entre os dois grupos. Na experiência de modelagem é que começaram a surgir as primeiras diferenças, pois nem todas as cobaias do grupo experimental concluíram o experimento.

Para a experiência de saciação chegou-se a conclusão que o grupo experimental precisou de 312 gotas para se saciar, enquanto o grupo de controle precisou de 359 gotas.

Para a experiência de intervalo variável, o grupo de controle teve cerca de 13% a mais de reforços que o grupo experimental. Ambos os grupos não conseguiram estabelecer a discriminação,

por que o número de respostas para o caso com luz e para o caso sem luz foram muito próximos.

A experiência de generalização foi realizada com sucesso, pois à medida que os níveis de intensidade de luz aumentavam, o número de reforços também aumentava.

Para finalizar, a experiência de extinção mostrou mais uma vez que as cobaias do grupo de controle atingiram o objetivo (ficar sem pressionar a barra por dez minutos consecutivos) mais rápido que o grupo experimental. A diferença entre os dois grupos foi de cerca de 14,3%.

5. REFERÊNCIAS

- [1] A. A. Salles, “Efeitos Biológicos dos Telefones Celulares Portáteis”, Revista da Sociedade Brasileira de Telecomunicações, Vol. 11, Dezembro 1996, pp. 71-80.
- [2] S. P. A. Bren, “Reviewing the RF Safety Issue in Cellular Phones”, IEEE Engineering in Medicine and Biology, May/June 1996, pp. 109-115.
- [3] H. Gottlober, K. Henrichs, “Can Mobile Phones Affect Your Health?”, Telecom Report International, 1995, pp. 26-29.
- [4] G. Lazzi, M. C. Furse, “Electromagnetic Absorption in Human Head and Neck for Mobile Telephones at 835 and 1900 MHz”, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, October 1996, pp. 1884-1897.
- [5] A. M. Jensen, “EM Interaction of Handset Antennas and a Human in Personal Communications”, IEEE Proceedings, January 1995, pp. 7-17.
- [6] S. Watanabe, M. Taki, T. Nojima, O. Fujiwara, “Characteristics of the SAR Distributions in Head Exposed to Electromagnetics Fields Radiated by Hand-Held Portable Radio”, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, October 1996, pp. 1874-1883.
- [7] S. P. A. Bren, “Historical Introduction to EMF Health Effects”, IEEE Engineering in Medicine and Biology, July/August 1996, pp. 24-30.
- [8] N. Kuster, Q. Balzano, J. C. Lin, “Mobile Communications Safety”, Chapman & Hall, 1997.
- [9] C. Polk, B. Postow, “Handbook of Biological Effects of Electromagnetics Fields”, CRC Press, 1996.
- [10] ANSI/IEEE C95.1 “IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz”, Institute of Electrical and Electronic Engineers, New York 1992.
- [11] ANATEL. “Diretrizes Para Limitação da Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos Eletromagnéticos Variáveis no Tempo (até 300 GHz)”. Parecer técnico, Agência Nacional de Telecomunicações.
- [12] W. L. Stutzman, G. A. Thiele, “Antenna Theory and Design”, John Wiley & Sons INC, 1998.
- [13] P. I. C. Gomide, L. N. Dobrianskyj, “Análise Experimental do Comportamento”, Manual de Laboratório, Editora da UFPR, 1995.
- [14] M. A. A. Guidi, H. B. Bauermeister, “Exercícios de Laboratório em Psicologia”, Martins Fontes, São Paulo, 1979.