

# Impacto do uso do telefone celular na saúde de crianças e adolescentes

*Impact of mobile phone use on the health of children and adolescents*

Aracy Pereira S. Balbani<sup>1</sup>, Alberto Luís Krawczyk<sup>2</sup>

## RESUMO

**Objetivo:** Apresentar o conhecimento sobre efeitos biológicos dos campos eletromagnéticos, detalhes da absorção da energia dos campos de micro-ondas na criança, efeitos da exposição a esses campos no período pré e pós-natal e impacto do uso dos telefones celulares no sistema nervoso central e no comportamento de crianças.

**Fontes de dados:** Trabalhos em língua inglesa publicados entre 2004 e 2009 e indexados na base de dados PubMed com os unitermos: “crianças”, “telefones celulares” e “micro-ondas”.

**Síntese dos dados:** Telefones celulares emitem radiofrequência na faixa de micro-ondas, cujos efeitos biológicos podem ser térmicos (aquecimento dos tecidos) ou não térmicos (estresse oxidativo e mudanças na conformação da cromatina). Pesquisas experimentais sugerem que a dissipação da energia de radiofrequência nos tecidos seria maior na criança do que no adulto. Em ratos, a exposição pré-natal à radiofrequência em níveis não térmicos não produz efeito teratogênico ou mutagênico, nem aumento da permeabilidade da barreira hematoencefálica ou da expressão de *heat shock proteins* no encéfalo. Não há evidência de efeito nocivo da radiação dos celulares na cognição de crianças. Fazer ligações ou enviar mensagens de texto no horário noturno aumenta a probabilidade de sonolência diurna em adolescentes. Crianças que usam mais o celular podem ter déficit de memória e comportamento impulsivo.

**Conclusões:** Não está comprovado que a exposição à radiação dos celulares, pré ou pós-natal, dentro dos limites de segurança para humanos, induz dano ao desenvolvimento do sistema nervoso central. Entretanto, padrões culturais relacionados à posse e uso dos aparelhos influenciam o comportamento de crianças e adolescentes e podem provocar distúrbios do sono.

**Palavras-chave:** criança; microondas; telefone celular; cognição; comportamento; radiação não-ionizante.

## ABSTRACT

**Objective:** To study the biological effects of electromagnetic fields, details of microwave electromagnetic field energy absorption in children, effects of pre and post-natal exposure to those fields, and the impact of mobile phones use on the central nervous system and behavior in children.

**Data source:** Articles written in English published from 2004 to 2009 and indexed on PubMed under the keywords: “children”, “mobile phones”, and “microwaves”.

**Data synthesis:** Mobile phones emit radiofrequency in the microwave range, with possible thermal (tissue heating) or non-thermal (oxidative stress and chromatin conformation alteration) biological effects. Experimental research suggests that the dissipation of radiofrequency energy in tissues might be higher in children than in adults. Pre-natal exposure of rats to radiofrequency in non-thermal levels has not resulted in teratogenesis, mutagenesis, increased blood-brain barrier

<sup>1</sup>Doutora em Medicina pela Universidade de São Paulo (USP); Médica Otorrinolaringologista, Tatuí, SP, Brasil

<sup>2</sup>Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, Brasil

Endereço para correspondência:

Aracy Pereira S. Balbani  
Rua Capitão Lisboa, 715, conjunto 33  
CEP 18270-070 – Tatuí/SP  
E-mail: a\_balbani@hotmail.com

Conflito de interesse: nada a declarar

Recebido em: 12/1/2010

Aprovado em: 23/8/2010

permeability or heat shock protein expression in the brain. There is no conclusive evidence of harmful effects of mobile phone radiation on cognitive function in children. Making voice calls or sending text messages at night increases the likelihood of day-time somnolence in adolescents. Children who use mobile phones may present memory impairment and impulsive behavior.

**Conclusions:** There is no compelling evidence that pre- or post-natal exposure to mobile phone radiation, within the safety limits for human beings, causes damage to the central nervous system development. Nevertheless, cultural patterns related to mobile phones possession and use influence the behavior of children and adolescents and may trigger sleep disorders.

**Keywords:** child; microwaves; cellular phone; cognition; behavior; radiation, nonionizing.

## Introdução

A expansão da rede de telefonia móvel, a praticidade desse meio de comunicação e a redução do preço dos aparelhos fizeram do Brasil o quinto maior mercado consumidor de celulares no mundo<sup>(1)</sup>. Com o custo elevado da assinatura da linha residencial fixa, o celular passou, inclusive, a ser o único telefone em muitos lares brasileiros.

Os celulares são atraentes para crianças e adolescentes e influenciam seu padrão de comportamento. Segundo pesquisa do Instituto WCF-Brasil, numa amostra de 66 meninas brasileiras de dez a 17 anos vítimas de exploração sexual, 65% gastam o dinheiro que recebem pela prostituição em bens de consumo como roupas, telefone celular e tênis. Uma das meninas afirmou que “sem celular você não é ninguém”<sup>(2)</sup>.

Diante da popularidade dos celulares entre as crianças – cujo organismo em desenvolvimento seria, hipoteticamente, mais sensível aos efeitos nocivos da radiação eletromagnética – e da falta de dados conclusivos sobre tais consequências, algumas autoridades de saúde contraindicam o uso do celular nessa faixa etária. A precaução foi recomendada pelo Grupo Independente de Especialistas em Telefones Móveis do Reino Unido, por meio do Relatório Stewart, publicado em 2000<sup>(3)</sup>, e pelo Comitê Nacional de Proteção Contra Radiação Não Ionizante da Rússia, em documento de 2008<sup>(4)</sup>. O Comitê russo entende que as características do crânio e encéfalo da criança predisporiam a maior absorção da radiação, e o efeito cumulativo no sistema nervoso central (SNC) imaturo poderia provocar alteração das funções nervosas superiores

(déficits de atenção, memória e aprendizado), irritabilidade e distúrbios do sono. Por outro lado, em 2002, o Conselho de Saúde da Holanda declarou que não havia justificativa científica para limitar o uso dos celulares na infância<sup>(5)</sup>. Em meio à controvérsia, a Organização Mundial de Saúde incentiva a realização de pesquisas para esclarecer o efeito dos campos eletromagnéticos na saúde da criança.

Nosso objetivo foi apresentar o conhecimento sobre princípios físicos da radiação emitida por telefones celulares, efeitos biológicos dos campos eletromagnéticos (CEM), particularidades da absorção da energia dos CEM na criança, efeitos mutagênicos da exposição aos CEM no período pré-natal e impacto do uso dos celulares no SNC e no comportamento de crianças e adolescentes. Para tanto, efetuou-se revisão não sistemática de trabalhos experimentais ou clínicos publicados entre 2004 e 2009, indexados na Medline com os unitermos: “crianças”, “telefones celulares” e “micro-ondas”. Não foram encontrados artigos sobre o assunto na consulta às bases Lilacs, Biblioteca Cochrane e Portal de Evidências da Biblioteca Virtual em Saúde.

Não é tema deste levantamento a radiação eletromagnética de frequência extremamente baixa emitida por linhas de transmissão e distribuição de energia elétrica (50 ou 60Hz), classificada pela Agência Internacional para Pesquisa sobre Câncer como “possível carcinógeno em humanos” desde que alguns estudos epidemiológicos mostraram aumento do risco de leucemia em crianças<sup>(6)</sup>.

## Radiação emitida pelos telefones celulares

Sistemas de telecomunicações emitem radiofrequência (RF), uma radiação eletromagnética invisível, não ionizante, que inclui as micro-ondas (frequências de 300MHz a 300GHz). No Brasil, há celulares de tecnologia digital no sistema GSM com micro-ondas de 900 ou 1.800MHz, os quais podem operar também com tecnologia UMTS em 1.750 ou 1.950MHz<sup>(7)</sup>, e a rede de terceira geração (3G) em 1.900 e 2.100MHz para acesso móvel à Internet.

Os CEM são analisados segundo a intensidade do campo elétrico (E), expressa em V/m, e a intensidade do campo magnético (H), expressa em A/m ou teslas (T). O principal parâmetro para avaliar os efeitos nos organismos vivos é dose de energia dissipada, chamada taxa de absorção específica (*specific absorption rate* – SAR), expressa em energia (W) por massa de tecido (kg).

Os limites da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) para exposição humana aos CEM baseiam-se nas

normas de segurança da Comissão Internacional de Proteção contra Radiação Não Ionizante (*International Commission on Non Ionizing Radiation Protection* – ICNIRP), restringindo a exposição da população geral à SAR de 2W/kg na cabeça e tórax<sup>(8)</sup>. A ICNIRP não estabelece níveis de segurança específicos para a faixa etária pediátrica<sup>(9)</sup>.

Questões éticas e práticas limitam os estudos que expõem crianças aos CEM; portanto, o cálculo da SAR é feito experimentalmente, em manequins com tamanho infantil, ou por simulações em computador, com base em imagens de ressonância magnética do crânio.

Os fabricantes dos aparelhos devem obedecer às especificações técnicas de entidades como o Instituto Europeu de Padrões em Telecomunicações. Também é necessário apresentar resultados de dosimetria da radiação emitida para a certificação dos equipamentos junto à Anatel, confirmando que eles não excedem os limites permitidos na legislação. Na Europa, um estudo de dosimetria em crianças e adolescentes revelou que, durante o uso de telefones celulares e sem fio, a radiação ficou abaixo de 1% do limite determinado pela ICNIRP<sup>(10)</sup>.

## Efeitos biológicos dos campos eletromagnéticos

Os efeitos biológicos dos campos eletromagnéticos dividem-se em térmicos e não térmicos e variam de acordo com a frequência dos campos. O principal efeito das micro-ondas, por exemplo, é a dissipação de energia nos tecidos sob a forma de calor<sup>(11)</sup>.

Cada tecido vivo apresenta uma composição peculiar de água, íons e moléculas orgânicas<sup>(12,13)</sup>, o que determina suas propriedades dielétricas: permissividade (a qual descreve como um campo elétrico afeta um material) e condutividade (o quanto um material conduz ou não a energia elétrica). A pele, os músculos, os rins e o fígado, ricos em água, são bons condutores das correntes elétricas na faixa de RF, enquanto os tecidos ósseo e adiposo são maus condutores<sup>(14)</sup>.

### Efeitos térmicos

O corpo humano absorve mais facilmente a energia da radiação acima de 100kHz, frequência na qual a eletroestimulação passa a provocar sensação térmica. Em frequências acima de 100MHz, o atrito entre moléculas de água provoca aquecimento dos tecidos.

Efeitos térmicos são desejáveis nos procedimentos cirúrgicos com bisturi de RF, para ablação de tumores (temperaturas

de 50 a 100°C), e diatermia por ondas curtas para analgesia em fisioterapia<sup>(14)</sup>. Porém, a exposição à RF em dose acima dos limites de segurança causa danos aos tecidos mais sensíveis ao calor: queimaduras, catarata e alteração da permeabilidade da barreira hematoencefálica. Os efeitos térmicos não devem ser confundidos com a mera sensação de aquecimento da orelha durante as chamadas ao celular<sup>(3)</sup>.

### Efeitos não térmicos

A energia da radiação eletromagnética é diretamente proporcional à sua frequência. Raios ultravioleta, X e gama, cujas frequências estão acima de 10<sup>9</sup>MHz, têm alta energia na partícula elementar, o fóton; portanto, são capazes de excitar elétrons e provocar ionização. Radiações ionizantes lesam diretamente o DNA por meio da quebra de ligações químicas.

Por sua vez, a energia do fóton da RF é bilhões de vezes menor, sendo insuficiente para quebrar ligações químicas<sup>(15)</sup>. Para efeito de comparação, a energia necessária para quebrar pontes de hidrogênio é de 0,2eV (elétron-Volt) e, para quebrar ligações covalentes, 3eV. O fóton de micro-ondas de 100GHz, por exemplo, tem energia de apenas 4x10<sup>-4</sup>eV<sup>(16)</sup>. Portanto, a radiação não ionizante interferiria no genoma através de mecanismos indiretos como estresse oxidativo, desorganização da cromatina e prejuízo do reparo do DNA<sup>(11)</sup>.

## Diferenças na absorção da radiação do celular no adulto e na criança

Vários fatores influenciam a quantidade de radiação dos celulares na cabeça do usuário: a potência necessária para transmitir e receber o sinal da estação radiobase (torre), o modelo da antena, o formato do telefone e o posicionamento deste em relação à cabeça. Também deve-se considerar a anatomia do indivíduo e as propriedades dielétricas dos tecidos vivos nos quais incide a radiação, o que resulta em diferenças entre adultos e crianças<sup>(17)</sup>.

No adulto há tendência de menor dissipação da energia, pois a cartilagem da orelha externa é menos elástica – o que deixa o celular mais distante do crânio –, e a espessura da pele e do crânio é 70% maior do que na criança pequena<sup>(18,19)</sup>.

Duas simulações avaliaram a relação entre a anatomia do crânio e a absorção da radiação, com resultados opostos. Uma, feita por um fabricante de celulares, calculou SAR ligeiramente menor na cabeça de crianças de três e sete anos de idade, comparada a de adulto para aparelhos com 1W

de potência nas frequências de 800, 900 e 2450MHz<sup>(20)</sup>. A outra simulação, feita por pesquisadores brasileiros, indicou maior dissipação da energia de RF de 850MHz na cabeça da criança<sup>(21)</sup>.

Um experimento com RF na faixa de 50MHz a 20GHz em porcos recém-nascidos, em crescimento e adultos comprovou que as propriedades dielétricas da maioria dos tecidos – incluindo crânio e substância branca – variam em função da idade, com dissipação da energia significativamente menor no adulto<sup>(22)</sup>.

Como crianças têm maior teor tecidual de água, presume-se que suas propriedades dielétricas facilitarão a dissipação da energia de RF. Entretanto, há quem questione a validade de extrapolar para os seres humanos as características dos tecidos de outras espécies<sup>(18,23)</sup>.

## Exposição pré-natal aos CEM dos celulares, mutagenicidade e teratogenicidade

Os poucos dados epidemiológicos sobre o potencial teratogênico da RF são da exposição ocupacional das fisioterapeutas aos aparelhos de diatermia por ondas curtas (13,56 ou 27,12MHz) e não indicam maior incidência de abortamento espontâneo ou malformações, ainda que as profissionais trabalhem, às vezes, com níveis de radiação superiores aos permitidos<sup>(24,25)</sup>.

A maioria dos estudos, portanto, é experimental e feita em ratos, cuja gestação dura de 18 a 22 dias, utilizando três grupos de animais: irradiados, submetidos a condições semelhantes de confinamento, mas não irradiados (grupo de simulação), e controles. A radiação aplicada pode ser contínua ou pulsada, em diferentes frequências e intensidades, incidindo sobre o corpo inteiro ou apenas na cabeça do animal.

A RF em intensidade capaz de provocar efeitos térmicos (elevação da temperatura corporal materna) pode ser teratogênica<sup>(26)</sup>, mas o mesmo não foi comprovado para os efeitos não térmicos em três trabalhos independentes. Ono *et al*<sup>(27)</sup> expuseram ratas mutantes prenhes à radiação intermitente ou contínua de micro-ondas de 2,45GHz, SAR de corpo inteiro média 0,71W/kg e SAR máxima 4,3W/kg, perfazendo 16 horas diárias de irradiação nos primeiros 15 dias de vida embrionária. Na décima semana de vida, os filhotes foram sacrificados. O índice de mutagênese nas células hepáticas, esplênicas, cerebrais e testiculares na prole de ratas irradiadas em nível não térmico foi semelhante ao do grupo controle.

Ogawa *et al*<sup>(28)</sup> avaliaram a embriogênese em ratas prenhes cuja cabeça foi irradiada com micro-ondas UMTS durante 90 minutos diários, do sétimo do 17º dia de gestação. Um grupo foi exposto à radiação em dose alta (SAR máxima 7W/kg e média 2W/kg no cérebro) e outro à dose baixa (SAR máxima 3,1W/kg e média 0,67W/kg), comparando com os grupos controle e de simulação. Não houve diferença entre nenhum dos grupos quanto ao ganho de peso materno, peso da placenta ou distribuição por sexo, número e morfologia de fetos vivos.

Sommer *et al*<sup>(29)</sup> expuseram gerações sucessivas de ratos às micro-ondas de 2GHz UMTS, SAR de corpo inteiro 0,8, 0,4 ou 1,3W/kg, por 23h30min diariamente, durante 570 dias. Não houve alteração do desenvolvimento dos animais (peso fetal, idade da abertura ocular) nas quatro gerações estudadas.

## Impacto dos celulares no sistema nervoso central em desenvolvimento

Os canais iônicos no neuroepitélio embrionário geram campos elétricos de 10 a 100mV/mm. Experimentos que alteram esses campos em embriões de anfíbios provocam aberrações do sistema nervoso<sup>(13,30)</sup>, levando à hipótese de que a diferenciação, a proliferação e a migração dos neurônios no SNC seriam suscetíveis à radiação não ionizante. Para testá-la, experiências têm sido feitas em roedores<sup>(30-33)</sup>.

## Exposição pré-natal à radiação

Finnie *et al*<sup>(31-33)</sup> investigaram diferentes aspectos do desenvolvimento do SNC na prole de ratas expostas à radiação GSM 900MHz, pulsada em 217Hz, SAR de corpo inteiro 4W/kg (equivalente à SAR 0,4W/kg em humanos segundo os autores), durante 60 minutos diários, ao longo de toda a gestação, comparando com os grupos de simulação e controle. Os animais foram sacrificados no 19º dia de gestação para analisar o encéfalo dos fetos.

A exposição pré-natal à radiação não aumentou a permeabilidade da barreira hematoencefálica<sup>(31)</sup>, nem a expressão do gene *c-fos* (um indicador sensível de estresse celular no SNC) nos gânglios da base e hipocampo dos fetos<sup>(32)</sup>.

As *heat shock proteins* (HSPs) dividem-se em proteínas constitutivas, que participam da homeostase celular (apresentação de antígenos, ligação a receptores nucleares etc.) e proteínas induzíveis, que auxiliam a reparação após agressões (previnem a desnaturação proteica, por exemplo). A expressão das HSPs no SNC ocorre em neurônios, células da glia e

endotélio e é induzida por agressões como isquemia, doenças degenerativas e trauma. Não houve aumento das HSPs 32 e 70 no encéfalo fetal em resposta à radiação<sup>(33)</sup>.

Ragbetli *et al*<sup>(34)</sup> expuseram ratas prenhes à radiação GSM 890-915MHz pulsada em 217Hz, SAR de corpo inteiro 1,2 W/kg, durante 12 horas diárias (alternando períodos de 15 minutos em modo de transmissão e de 1h45 minutos em modo de espera, no qual a radiação é menor) ao longo de toda a gestação, comparando-as com controles. No 21º dia de vida, sacrificou-se uma amostra de filhotes de cada grupo para quantificar as células da camada piramidal do *cornu ammonis* do hipocampo, participantes do processamento da memória e aprendizado. Não houve diferença na população celular em resposta à radiação. Por outro lado, Odaci *et al*<sup>(35)</sup> observaram número menor de células granulares no giro dentado do hipocampo na prole de ratas expostas à radiação GSM 900MHz por 60 minutos diários durante toda a gestação (SAR máxima 2W/kg).

### Exposição pós-natal à radiação

Kumlin *et al*<sup>(36)</sup> expuseram ratos recém-desmamados à radiação GSM 900MHz pulsada em 217Hz, em dose alta (SAR de corpo inteiro 3W/kg) ou baixa (SAR 0,3W/kg), durante duas horas diárias, cinco vezes por semana, por cinco semanas. Ao final, não houve aumento da permeabilidade da barreira hematoencefálica, nem alteração da neurogênese no hipocampo. No teste de aprendizado e memória no labirinto aquático de Morris, os animais irradiados tiveram melhor desempenho do que os do grupo de simulação.

O contrário foi observado por Nittby *et al*<sup>(37)</sup>, que avaliaram a familiaridade de ratos com objetos e a sequência de apresentação dos mesmos durante a exposição crônica ao celular GSM 900MHz (SAR 0,6mW/kg ou SAR 6mW/kg, durante duas horas diárias, ao longo de 52 semanas). O objetivo foi criar uma situação equivalente à exposição de um ser humano desde a adolescência até a meia-idade. Os roedores irradiados tiveram déficit de memória, independentemente da dose de radiação.

Ratos recém-nascidos expostos às micro-ondas pulsadas em 2,45GHz (quatro ou oito horas diárias, por dois ou três dias), na densidade de potência de 2,8mW/cm<sup>2</sup> – quase o triplo do limite permitido para exposição da população geral – sofrem prejuízo dose-dependente e irreversível da proliferação de neurônios<sup>(38)</sup>.

Ratos mutantes Patched 1 (Ptc1<sup>+/-</sup>) são hipersensíveis à radiação e predispostos ao aparecimento de tumores como o meduloblastoma, a neoplasia maligna do SNC mais comum

na criança. A exposição de recém-nascidos Ptc1<sup>+/-</sup> à radiação ionizante induz meduloblastoma agressivo, com mortalidade de 80% em até 20 semanas. A exposição de animais Ptc1<sup>+/-</sup> à radiação GSM 900MHz no período neonatal (SAR de corpo inteiro 0,4W/kg – limite máximo permitido para exposição humana ocupacional –, durante 30 minutos diários, por cinco dias) não aumentou a incidência de meduloblastoma em relação ao grupo de simulação. As características histológicas dos tumores também não sofreram influência da RF<sup>(39)</sup>.

*In vitro*, a radiação GSM 900MHz contínua (SAR 1W/kg) altera a maturação e a morfologia de duas linhagens de neurônios de rato e aumenta da expressão do gene da timosina β-15, proteína envolvida no crescimento e diferenciação neuronal<sup>(40)</sup>.

### Impacto do uso dos celulares no comportamento e cognição de crianças e adolescentes

Van den Bulck<sup>(41)</sup> avaliou 1.656 adolescentes belgas durante um ano. Mais de 55% deles fizeram ligações ou enviaram mensagens de texto pelo celular no horário em que deveriam estar dormindo e, conseqüentemente, queixaram-se com maior frequência de sonolência diurna.

Um estudo de coorte acompanhou 13.159 crianças holandesas desde o pré-natal até os sete anos de idade. As mães responderam a um questionário sobre uso do celular e aspectos do comportamento dos filhos (conduta, hiperatividade e interação social). A probabilidade de distúrbios de comportamento foi maior nos escolares cujas mães usaram celular no período pré e pós-natal (risco relativo: 1,8; intervalo de confiança de 95%: 1,45-2,23)<sup>(42)</sup>. Cabe ressaltar que essas mães também tinham maior chance de apresentar transtornos mentais e de terem fumado durante a gestação.

Dois trabalhos mediram o desempenho de crianças de dez a 12 anos em testes cognitivos sob efeito da radiação GSM 902MHz pulsada em 217Hz (potência máxima 2W) ou de simulação. Num trabalho (exposição por 30 minutos), durante a exposição à radiação, as crianças tenderam a apresentar respostas mais rápidas e precisas a estímulos visuais<sup>(43)</sup>; no outro (exposição por 50 minutos), não se observou nenhuma diferença entre as duas condições de teste<sup>(44)</sup>.

O único estudo epidemiológico do uso de celulares e cognição em crianças envolveu 317 escolares australianos, dos quais 77% possuíam aparelho próprio. Crianças que usavam mais o celular para ligações e mensagens foram mais ágeis nos testes de aprendizado, mas tiveram pior memorização e

eram mais impulsivas – tendiam a responder aos testes antes de se certificarem da resposta correta<sup>(45)</sup>.

## Comentários

Não foram encontrados dados do perfil de uso e posse do celular pelas crianças e adolescentes brasileiros. Observa-se que eles começam a utilizá-lo cada vez mais precocemente e são seduzidos não apenas pela tecnologia, mas também pela ideia de que o aparelho simboliza autoafirmação e *status* social, como indica a pesquisa do WCF-Brasil<sup>(2)</sup>.

Numa amostra de finlandeses de 12 a 18 anos, cerca de 5% haviam começado a utilizar celulares antes dos nove anos de idade. O uso era mais frequente no sexo feminino (55 *versus* 45%), e queixas de dores osteomusculares e sonolência diurna foram mais comuns entre as meninas que falavam ao celular com maior assiduidade<sup>(46)</sup>. Dentre alunos de escolas primárias alemãs, 35% tinham o próprio celular<sup>(47)</sup>. Proporcionalmente, a posse do celular por crianças na Alemanha e na Hungria foi maior nas classes sociais mais baixas<sup>(10,47,48)</sup>.

A divulgação, na mídia, de pesquisas como a de Divan *et al*<sup>(42)</sup> leva à inquietação do público leigo quanto ao efeito da radiação eletromagnética dos celulares nas gestantes e crianças. A principal conclusão do trabalho – de que o risco de distúrbios de comportamento é maior nos filhos de mulheres que usam regularmente o celular – teve grande destaque, mas é preciso ponderar outros fatores que possam ter contribuído para esse resultado.

Os trabalhos científicos consultados não comprovam que a radiação dos celulares no pré ou pós-natal, dentro dos limites de segurança para exposição humana, induz atraso do desenvolvimento neuropsicomotor ou mesmo o aparecimento de

tumores do SNC em animais de experimentação. É preciso cautela ao transpor esses resultados para humanos, lembrando que crianças não se expõem exclusivamente aos campos eletromagnéticos dos celulares. Há outras fontes domésticas de RF (fornos de micro-ondas, telefones sem fio, monitores de TV e computador e redes sem fio para acesso à Internet) que, cumulativamente, poderiam causar efeitos deletérios e, portanto, merecem ser estudadas em conjunto.

Embora testes cognitivos não evidenciem efeito nocivo da radiação GSM *per se* em crianças, indiscutivelmente a distração pelo uso do celular prejudica o aprendizado. Por isso, a legislação estadual de São Paulo proíbe o uso dos aparelhos nas escolas públicas durante o horário das aulas, regra adotada também por muitos estabelecimentos particulares de ensino<sup>(49,50)</sup>.

Os pais devem ficar atentos também à possibilidade de explosão da bateria do celular, capaz de provocar ferimentos na criança. Para reduzir esse risco, é obrigatória a certificação das baterias pela Anatel, recomendando-se que a criança não deixe o celular cair, não o exponha a altas temperaturas e não o guarde no bolso ou na mochila junto com moedas ou outros objetos metálicos.

Concluindo, é importante que educadores, pais e profissionais de saúde orientem as crianças e jovens para o uso sensato e responsável dos celulares e demais equipamentos eletroeletrônicos, de modo a não interferir nas atividades escolares, nem provocar privação do sono ou outros danos à saúde física e mental.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Senhora Márcia Arruda pelo auxílio com a bibliografia.

## Referências bibliográficas

1. Chade J. Brasil é o quinto do mundo em celular e internet. O Estado de S. Paulo 2009 Oct 23. p. B15.
2. Aranda F. 65% das meninas que se prostituem usam dinheiro em bens de consumo. O Estado de S. Paulo 2009 Oct 7. p. C1-C3.
3. Independent Expert Group on Mobile Phones [homepage on the Internet]. The Stewart Report [cited 2009 Jul 3]. Available from: [www.iegmp.org.uk/documents/iegmp\\_1.pdf](http://www.iegmp.org.uk/documents/iegmp_1.pdf)
4. Russian National Committee of Non-ionizing Radiation Protection [homepage on the Internet]. Russian National Committee of Non-ionizing Radiation Protection - 2008 report [cited 2009 Jul 6]. Available from: <http://www.who.int/peh-emf/project/mapnatreps/RUSSIA%20report%202008.pdf>
5. [No authors listed]. Sensitivity of children to EMF exposure. Proceedings of a symposium sponsored by the WHO International EMF Project. June 9-10, 2004. Istanbul, Turkey. Bioelectromagnetics 2005; (Suppl 7):S1-160.
6. Kheifets L, Repacholi M, Saunders R, van Derventer E. The sensitivity of children to electromagnetic fields. Pediatrics 2005;116:e303-13.
7. Vrijheid M, Mann S, Vecchia P, Wiart J, Taki M, Ardoino L *et al*. Determinants of mobile phone output power in a multinational study: implications for exposure assessment. Occup Environ Med 2009;66:664-71.
8. Brasil – Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) [homepage on the Internet]. Anexo à resolução N° 303 de 2 de julho de 2002. Regulamento sobre limitação da exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na

- faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz [cited 2009 Jul 6]. Available from: [http://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?null&filtro=1&documentoPath=biblioteca/resolucao/2002/anexo\\_res\\_303\\_2002.pdf](http://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?null&filtro=1&documentoPath=biblioteca/resolucao/2002/anexo_res_303_2002.pdf)
9. Vecchia P. The approach of ICNIRP to protection of children. *Bioelectromagnetics* 2005; (Suppl 7):S157-60.
  10. Thomas S, Kühnlein A, Heinrich S, Praml G, von Kries R, Radon K. Exposure to mobile telecommunication networks assessed using personal dosimetry and well-being in children and adolescents: the German MobilEe-study. *Environ Health* 2008;7:54.
  11. Balbani AP, Krawczyk AL. Efeitos da exposição aos campos eletromagnéticos do telefone celular. *RBM* 2009;4:87-96.
  12. Gabriel C. Dielectric properties of biological tissue: variation with age. *Bioelectromagnetics* 2005; (Suppl 7):S12-8.
  13. Sheppard AR, Swicord ML, Balzano Q. Quantitative evaluations of mechanisms of radiofrequency interactions with biological molecules and processes. *Health Phys* 2008;95:365-96.
  14. Chou CK. Therapeutic heating applications of radio frequency energy. In: Barnes FS, Greenebaum B, editors. *Handbook of biological effects of electromagnetic fields*. 3<sup>rd</sup> ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group; 2007. p. 414-24.
  15. Challis LJ. Mechanisms for interaction between RF fields and biological tissue. *Bioelectromagnetics* 2005; (Suppl 7):S98-106.
  16. World Health Organization [homepage on the Internet]. Physics: EMF Spectrum. [cited 2009 Oct 26]. Available from: [http://extranet.who.int/emfcourse/Physics/EMF\\_spectrum.html](http://extranet.who.int/emfcourse/Physics/EMF_spectrum.html)
  17. Christ A, Kuster N. Differences in RF energy absorption in the heads of adults and children. *Bioelectromagnetics* 2005; (Suppl 7):S31-44.
  18. Martens L. Electromagnetic safety of children using wireless phones: a literature review. *Bioelectromagnetics* 2005; (Suppl 7):S133-7.
  19. Wiart J, Hadjem A, Gadi N, Bloch I, Wong MF, Pradier A *et al*. Modeling of RF head exposure in children. *Bioelectromagnetics* 2005; (Suppl 7):S19-30.
  20. Keshvari J, Lang S. Comparison of radio frequency energy absorption in ear and eye region of children and adults at 900, 1800 and 2450 MHz. *Phys Med Biol* 2005;50:4355-69.
  21. de Salles AA, Bulla G, Rodriguez CE. Electromagnetic absorption in the head of adults and children due to mobile phone operation close to the head. *Electromagn Biol Med* 2006;25:349-60.
  22. Peyman A, Gabriel C, Grant EH, Vermeeren G, Martens L. Variation of the dielectric properties of tissues with age: the effect on the values of SAR in children when exposed to walkie-talkie devices. *Phys Med Biol* 2009;54:227-41.
  23. Otto M, von Mühlendahl KE. Electromagnetic fields (EMF): do they play a role in children's environmental health (CEH)? *Int J Hyg Environ Health* 2007;210:635-44.
  24. Feychting M. Non-cancer EMF effects related to children. *Bioelectromagnetics* 2005; (Suppl 7):S69-74.
  25. Messias IA. Exposição ocupacional às radiações eletromagnéticas não-ionizantes de fisioterapeutas que operam equipamentos de diatermia de ondas curtas em Presidente Prudente – SP [tese de doutorado]. São Paulo (SP): USP; 2003.
  26. Juutilainen J. Developmental effects of electromagnetic fields. *Bioelectromagnetics* 2005; (Suppl 7):S107-15.
  27. Ono T, Saito Y, Komura J, Ikehata H, Tarusawa Y, Nojima T *et al*. Absence of mutagenic effects of 2.45 GHz radiofrequency exposure in spleen, liver, brain, and testis of lacZ-transgenic mouse exposed in utero. *Tohoku J Exp Med* 2004;202:93-103.
  28. Ogawa K, Nabae K, Wang J, Wake K, Watanabe S, Kawabe M *et al*. Effects of gestational exposure to 1.95-GHz W-CDMA signals for IMT-2000 cellular phones: Lack of embryotoxicity and teratogenicity in rats. *Bioelectromagnetics* 2009;30:205-12.
  29. Sommer AM, Grote K, Reinhardt T, Streckert J, Hansen V, Lerchl A. Effects of radiofrequency electromagnetic fields (UMTS) on reproduction and development of mice: a multi-generation study. *Radiat Res* 2009;171:89-95.
  30. Saunders RD, McCraig CD. Developmental effects of physiologically weak electric fields and heat: an overview. *Bioelectromagnetics* 2005; (Suppl 7):S127-32.
  31. Finnie JW, Blumbergs PC, Cai Z, Manavis J, Kuchel TR. Effect of mobile telephony on blood-brain barrier permeability in the fetal mouse brain. *Pathology* 2006;38:63-5.
  32. Finnie JW, Cai Z, Blumbergs PC, Manavis J, Kuchel TR. Expression of the immediate early gene, c-fos, in fetal brain after whole of gestation exposure of pregnant mice to global system for mobile communication microwaves. *Pathology* 2006;38:333-5.
  33. Finnie JW, Chidlow G, Blumbergs PC, Manavis J, Cai Z. Heat shock protein induction in fetal mouse brain as a measure of stress after whole of gestation exposure to mobile telephony radiofrequency fields. *Pathology* 2009;41:276-9.
  34. Rağbetli MC, Aydinlioğlu A, Koyun N, Rağbetli C, Karayel M. Effect of prenatal exposure to mobile phone on pyramidal cell numbers in the mouse hippocampus: a stereological study. *Int J Neurosci* 2009;119:1031-41.
  35. Odaci E, Bas O, Kaplan S. Effects of prenatal exposure to a 900 MHz electromagnetic field on the dentate gyrus of rats: a stereological and histopathological study. *Brain Res* 2008;1238:224-9.
  36. Kumlin T, Iivonen H, Miettinen P, Juvonen A, van Groen T, Puranen L *et al*. Mobile phone radiation and the developing brain: behavioral and morphological effects in juvenile rats. *Radiat Res* 2007;168:471-9.
  37. Nittby H, Grafström G, Tian DP, Malmgren L, Brun A, Persson BR *et al*. Cognitive impairment in rats after long-term exposure to GSM-900 mobile phone radiation. *Bioelectromagnetics* 2008;29:219-32.
  38. Orendáčová J, Raceková E, Orendáč M, Martoncíková M, Saganová K, Lievajová K *et al*. Immunohistochemical study of postnatal neurogenesis after whole-body exposure to electromagnetic fields: evaluation of age- and dose-related changes in rats. *Cell Mol Neurobiol* 2009;29:981-90.
  39. Saran A, Pazzaglia S, Mancuso M, Rebessi S, Di Majo V, Tanori M *et al*. Effects of exposure of newborn patched1 heterozygous mice to GSM, 900MHz. *Radiat Res* 2007;168:733-40.
  40. Del Vecchio G, Giuliani A, Fernandez M, Mesirca P, Bersani F, Pinto R *et al*. Continuous exposure to 900MHz GSM-modulated EMF alters morphological maturation of neural cells. *Neurosci Lett* 2009;455:173-7.
  41. Van den Bulck J. Adolescent use of mobile phones for calling and for sending text messages after lights out: results from a prospective cohort study with a one-year follow-up. *Sleep* 2007;30:1220-3.
  42. Divan HA, Kheifets L, Obel C, Olsen J. Prenatal and postnatal exposure to cell phone use and behavioral problems in children. *Epidemiology* 2008;19:523-9.
  43. Preece AW, Goodfellow S, Wright MG, Butler SR, Dunn EJ, Johnson Y *et al*. Effect of 902 MHz mobile phone transmission on cognitive function in children. *Bioelectromagnetics* 2005; (Suppl 7):S138-43.
  44. Haarala C, Bergman M, Laine M, Revonsuo A, Koivisto M, Hämäläinen H. Electromagnetic field emitted by 902 MHz mobile phones shows no effects on children's cognitive function. *Bioelectromagnetics* 2005; (Suppl 7):S144-50.
  45. Abramson MJ, Benke GP, Dimitriadis C, Inyang IO, Sim MR, Wolfe RS *et al*. Mobile telephone use is associated with changes in cognitive function in young adolescents. *Bioelectromagnetics* 2009;30:678-86.
  46. Punamäki RL, Wallenius M, Nygård CH, Saami L, Rimpelä A. Use of information and communication technology (ICT) and perceived health in adolescence: the role of sleeping habits and waking-time tiredness. *J Adolesc* 2007;30:569-85.
  47. Böhler E, Schüz J. Cellular telephone use among primary school children in Germany. *Eur J Epidemiol* 2004;19:1043-50.
  48. Mezei G, Benyi M, Muller A. Mobile phone ownership and use among school children in three Hungarian cities. *Bioelectromagnetics* 2007;28:309-15.
  49. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo [homepage on the Internet]. Lei Nº 12.730, de 11 de outubro de 2007. Proíbe o uso telefone celular nos estabelecimentos de ensino do Estado, durante o horário de aula. [cited 2011 Jul 4]. Available from: <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2007/lei%20n.12.730,%20de%2011.10.2007.htm>
  50. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. [homepage on the Internet]. Decreto Nº 52.625, de 15 de janeiro de 2008. Regulamenta o uso de telefone celular nos estabelecimentos de ensino do Estado de São Paulo. [cited 2011 Jul 4]. Available from: <http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2008/decreto%20n.52.625,%20de%2015.01.2008.htm>