

Estudos Epidemiológicos

Devido às dificuldades éticas e metodológicas dos estudos de exposição a campos eletromagnéticos a longo prazo nos seres humanos utilizando abordagens experimentais, os pesquisadores têm recorrido a observação, ou seja, a estudos epidemiológicos (Repacholi & Cardis, 1997).

O objetivo dos estudos epidemiológicos é testar estatisticamente se há umnexo causal entre a exposição a um agente ambiental e seus efeitos sobre o suposto estado de saúde dos indivíduos expostos. Eles usam estudos especialmente concebidos que tentam determinar associações entre variáveis independentes (nível de exposição) e determinadas variáveis dependentes (estado de saúde, o desenvolvimento ou agravamento de uma doença, etc) através da coleta de dados a partir de amostras da população. Os três desenhos de pesquisa mais utilizados são os de corte ou longitudinais, de caso/controle e os transversais. Além disso, em relação à comunicação sem fio baseada em RF, existem duas situações de exposição diferentes: a RF em campo afastado, emitidos por antenas das estações rádio-base, pontos de acesso WiFi, etc., e a RF em campo próximo, emitida por dispositivos portáteis (por exemplo, telefones celulares).

Nesta seção analisaremos o estado dos conhecimentos dados pelos projetos de investigação epidemiológica sobre riscos à saúde decorrentes da exposição a campos de RF em contextos diversos, abrangendo a literatura publicada até maio de 2010. É apresentada também uma análise crítica das questões metodológicas e um resumo atual das investigações epidemiológicas, bem como um breve resumo das conclusões do grupo de especialistas.

As questões metodológicas na epidemiologia de RF

Apesar de estudos epidemiológicos poderem ser realizados em muitas áreas da saúde ambiental, o caso das exposição a baixos níveis de campos eletromagnéticos não-ionizantes é especial, pois é uma das áreas de investigação que mais sofre de vários problemas metodológicos sérios. Antes de iniciar nossa revisão da literatura, seria útil discuti-las brevemente. Uma discussão mais detalhada e propostas de soluções para estes problemas seguir-se-á à revisão da literatura.

De acordo com a publicação da Organização Mundial de Saúde sobre Campos Electromagnéticos, na série sobre Saúde Ambiental (WHO, 1993),

"Os estudos epidemiológicos sobre a associação entre o câncer e os campos de RF são dificultados por uma série de fatores: a maioria dos membros de qualquer população está exposta a níveis de RF muito baixos, e é muito difícil estabelecer o grau de exposição de RF em indivíduos por um período significativo de tempo. O controle de fatores de confusão também é muito difícil de ser feito".

Apesar de ter sido feita em 1993, nossa opinião é que ela continua válida até hoje. A evolução metodológica da epidemiologia desde essa data tem sido grande, mas ainda não conseguiu resolver completamente os problemas fundamentais que são intrínsecos à natureza do problema, como veremos.

A detecção de associações (e possíveis relações causa-efeito) através da investigação epidemiológica na área de agentes ambientais de muito baixa intensidade precisa de um tempo de exposição suficiente para que os efeitos com grande latência tenham tempo de se manifestar, bem como de boa precisão e capacidade de classificar os indivíduos em grupos de risco diversos.

A esse respeito a principal limitação desses estudos epidemiológicos é que eles são capazes apenas de evidenciar associações entre variáveis dependentes e independentes, e geralmente não têm força suficiente, por serem estudos observacionais com grande número de variáveis não controladas, de comprovar relações causa-efeito definitivas, como acontece com as abordagens experimentais, e sim apenas indicá-las como prováveis. Diversas fontes de viés e fatores confundentes dificultam chegar a conclusões científicas com força de evidência grande, como notou Bradford Hill, que listou nove pontos que devem ser satisfeitos para que esta se manifeste em um estudo epidemiológico.

Apesar dessas dificuldades, seu alto custo e longa duração, os estudos epidemiológicos são fundamentais para a avaliação adequada de riscos ambientais da RF. O banco de dados de trabalhos científicos registrados do Projeto *Campos Eletromagnéticos e Saúde* da Organização Mundial da Saúde (OMS-EMF) listava até o primeiro trimestre de 2010 um número de 383 estudos epidemiológicos publicados, dos quais 147 tratavam de telefonia móvel e comunicação de dados sem fio. Destes, 65 eram estudos do tipo caso/controle, 15 eram estudos longitudinais baseados em coortes, representando cerca de 50% dos estudos publicados. Trinta e dois dos estudos epidemiológicos registrados investigaram a associação entre exposição à RF e sintomas subjetivos (21), sistema nervoso e comportamento (8), e teratogenicidade, reprodução e desenvolvimento (3).

Estudos ecológicos: a extensão da irradiação por campos eletromagnéticos

Como os estudos epidemiológicos são realizados em condições de exposição natural das pessoas à irradiação, obviamente devem considerar o grau de exposição a todas as fontes de radiofrequência, naturais ou artificiais, e da contribuição de cada frequência em termos de sua densidade de potência.

Até recentemente, muito pouco se sabia sobre a exposição média dos seres humanos em ambientes urbanos aos campos artificiais de radiofrequência usados em telecomunicações, particularmente de telecomunicações móveis. Um estudo, por Frei *et al* (2009) utilizou dosímetros pessoais, portados continuamente por voluntários na Suíça durante uma semana, para avaliar o grau de exposição. Eles descobriram que a exposição média foi baixa (0,13 mW/m², variando de 0,014 a 0,881 mW/m²). Este nível correspondeu a um gradiente de campo médio de 0,22 V/m, bem abaixo dos limites internacionais de segurança de 10 V/m para campos eletromagnéticos.

A exposição a frequências utilizadas em telecomunicações móveis deveu-se principalmente às estações rádio-base de telefonia celular (32%), telefones celulares

(29%) e telefones sem fio do tipo DECT (22%). Os maiores níveis foram registrados no interior dos veículos de transporte fechados, como os trens (1,16 mW/ m² e bondes ou ônibus (0,36 mW/ m²), em aeroportos (0,74 mW/m²), e foram em média duas vezes maiores durante o dia do que à noite (sendo esta última de 0,08 mW/ m² somente).

Além da exposição aos dispositivos emissores utilizados na comunicação móvel de voz, tem aumentado recentemente a preocupação em relação ao grau de exposição diária a dispositivos de transmissão de dados sem fio, tais como WLANs (*Wireless Local Area Networks*) e Bluetooth.

Outras fontes comuns de exposição à RF têm sido pouco investigadas tais como os dispositivos de vigilância de bebês (“babá eletrônica”), telefones sem fio domésticos, e fones de ouvido sem fio para uso em ambientes fechados. Schmid *et al.* (2007a) mediram a exposição combinada de todos esses dispositivos nos interiores de casas e escritórios, chegando à conclusão de que eles são baixos, atingindo a média de aproximadamente 0,1% do limiar de densidade potência definido pelo ICNIRP. As exposições a estações rádio base e placas de comunicação de WLANs foram da ordem de 20 mW/m². Nenhum dos dispositivos, mesmo aqueles mantidos próximos ao corpo, ultrapassou esses limites. Medições ao ar livre de estações de base de redes sem fio do tipo WiFi resultou em níveis 2 a 3 ordens de magnitude inferiores aos níveis medidos em recintos fechados, o que indica níveis negligenciáveis em relação aos níveis de segurança adotados atualmente.

Joseph *et al.* (2008) estimaram SARs (Taxa de Absorção Específica) de exposição ao ar livre do público em geral, para vários locais e cenários. O nível médio absorvido a partir de estações rádio-base GSM foi da ordem de 0,26 V/m, correspondente a um SAR dentro do percentil de 95% de 2,08 µW/kg (o nível de segurança recomendado pelo ICNIRP é de 4 W/kg para o corpo inteiro). Em outras palavras, observou-se em ambientes externos um SAR de aproximadamente 5 décimos milionésimos do nível de segurança!

As fontes de informação para a revisão

Duas bases de dados principais foram utilizadas para encontrar as fontes de informação utilizadas na presente revisão: MEDLINE (Biblioteca Nacional de Medicina dos EUA, através do serviço de busca on-line PubMed), e o banco de artigos publicados mantido pelo *EMF and Health Project* da Organização Mundial de Saúde. Nós complementamos a busca por meio de alertas bibliográficos e de vários serviços de notícias especializadas, como o RF Gateway.

Consultamos também as principais pesquisas comparativas, revisões críticas e meta-análises de literatura, a fim de melhor filtrar o grande número de artigos relevantes, tais como Breckenkamp *et al.* (2003), Röösli *et al.* (2003), Kundi *et al.* (2004), Elwood (2004), Lahkola *et al.* (2006), Krewski *et al.* (2007), Moulder *et al.* (2005), Hardell *et al.*, (2007), Ahlbom *et al.* (2004, 2009). Importantes questões metodológicas em relação aos grandes estudos epidemiológicos de exposição à radiofrequência (RF) foram colocadas por Rothman *et al.* (1996), Schüz & Mann (2000), Ahlbom *et al.* (2004), Morrissey (2007), Neitzke (2007), Kuhnlein *et al.* (2008), os quais utilizamos para a presente revisão.

Duas revisões por Ahlbom *et al.* (2004, 2009) analisaram a literatura sobre a epidemiologia dos efeitos da RF de 100 kHz e 300 GHz na saúde humana, dividindo-a em estudos de exposição de RF a partir de fontes de transmissores e de telefones móveis, e abrangendo os efeitos possíveis da exposição a longo prazo sobre o risco de várias doenças, como

câncer, doenças cardiovasculares, e resultados adversos sobre a fertilidade e gravidez. Suas conclusões podem ser consideradas relevantes, porque foram encomendadas pelo ICNIRP e realizadas por seu grupo de especialistas em epidemiologia.

Além disso, estudamos de perto e levamos em conta as competentes comissões nacionais e internacionais que têm realizado extensas e periódicas revisões da literatura, tais como a ICNIRP, o Grupo Independente de Especialistas para Telefones Móveis (IEGMP), o ex-Comitê de Proteção Radiológica do Reino Unido (agora denominada de Agência de Proteção da Saúde), e outros, de vários países. Por exemplo, um grupo de peritos da Comissão Européia chamado SCENIHR (em tradução, Comitê Científico sobre Riscos Emergentes Novos e Recentemente Identificados), elaborou dois pareceres sobre os efeitos possíveis dos campos eletromagnéticos (CEM), campos de radiofrequência (RF) e radiação de micro-ondas na saúde humana, que atualizaram os que tinham sido o que tinha sido fornecido em 2001 pelo CSTEE (Comitê Científico sobre a Toxicidade, Ecotoxicidade e Ambiente). As avaliações de ambas instituições foram baseadas principalmente em artigos avaliados pelos pares.

Incidência e Mortalidade de Câncer

Estudos de Exposição Comunitária

Esta é a categoria de estudo epidemiológico que menos foi pesquisada e que mais carece de dados de boa qualidade. Foram excluídos da presente revisão os estudos de baixa qualidade, publicados em revistas sem revisão dos pares, ou na forma de relatórios técnicos ou resumos de congressos, com falta de controles, e que tenham envolvido um número pequeno de sujeitos de pesquisa, uma vez que a força da evidência que eles fornecem é muito baixa.

Dos oito estudos epidemiológicos sobre a mortalidade e a incidência de câncer por exposição comunitária de populações, publicados até 2001 (revisados por Ahlbom *et al.* 2004), todos foram focados nos possíveis efeitos de transmissores de rádio e de TV sobre a incidência de tumores cerebrais e de leucemia infantil. Todos tiveram também um pequeno número de casos e tipicamente envolveram menos de cinco casos observados de câncer. A distância da fonte da antena foi o principal critério de classificação da exposição, o que é uma forma bastante inadequada de estimar a variável independente, produzindo grandes fontes de imprecisão. As taxas de risco relativo (RR) observadas foram todas pequenas, próximas a um (1), de modo que nenhuma associação entre a proximidade de uma antena e a incidência ou mortalidade de câncer pode ser demonstrada. A avaliação feita por Ahlbom *et al.* (2004) afirmou claramente que:

"Até à data presente nenhum estudo aceitável sobre qualquer tipo de desfecho foi publicado sobre este assunto. Por um lado, os resultados de estudos válidos seriam de grande valor em relação a uma preocupação social, por outro, seria difícil de conceber e realizar um estudo válido, e não há nenhum motivo científico para conduzir um estudo sem validade."

Esta situação não se alterou até a data da presente revisão e muito poucos novos estudos de exposição comunitária têm contribuído para o conhecimento científico neste contexto. Estudos mais extensos e robustos são claramente necessários nesta área.

Um grupo de especialistas examinou recentemente a viabilidade de tais estudos

(Neubauer *et al*, 2007), analisando as questões críticas metodológicas. Eles concluíram que tais estudos são viáveis, porém teriam que ser levadas em conta todas as fontes emissoras relevantes capazes de causar exposição à RF, e não somente as usadas na telefonia móvel, por exemplo. A maioria dos estudos epidemiológicos não faz isso, e parece assumir de forma pouco racional que a única fonte de RF nos mesmos é a que eles estão focando, sendo que as demais se distribuiriam uniformemente por todos os grupos de comparação (casos e controles). Como muitos são análises retrospectivas, não têm como levantar essa informação e portanto perdem a validade.

Apesar disso ser bem conhecido, muitas investigações epidemiológicas relutam em controlar essas variáveis relacionadas à exposição à RF, por várias razões, sendo a mais importante uma carência de instrumentos adequados, capazes de medir com confiabilidade e de forma contínua a exposição pessoal individual, e que só recentemente foram desenvolvidos. Nesse sentido, Schüz *et al* (2000) chegaram à conclusão de que:

"os estudos em nível populacional dos supostos efeitos adversos de ondas de rádio emitidas por estações rádio-base de telefonia móvel não são viáveis, uma vez que não há nenhuma métrica válida para estimar a exposição histórica.. O ritmo do desenvolvimento da infraestrutura das telecomunicações por radiofrequência também ocorre de tal forma que é improvável que as medições de hoje sejam bons indicadores de risco, tanto no passado como no futuro. O complexo de características de propagação que afetam os feixes de antenas de estação base incluem os efeitos de blindagem e reflexões múltiplas das paredes das casas e outros edifícios. Esses fatores, combinados com a presença de outras fontes ambientais de ondas de rádio, fazem com que a distância das estações rádio-base seja um pobre substituto para a exposição a ondas de rádio dentro de casa."

Além disso, a potência das densidades de antenas típicas são tão baixas que é altamente improvável de ocorrer um efeito biofísico (Repacholi, 1998). Assim, os pesquisadores têm se concentrado em estudos epidemiológicos relativos aos telefones celulares e usuários de outros dispositivos de comunicação por RF.

Estudos com Usuários de Celulares

Ahlbom *et al*. (2004) examinaram 10 estudos epidemiológicos relacionados ao câncer realizado entre 1999 e 2003, sendo três na Suécia (todos pelos mesmos autores, liderados por L. Hardell), um na Finlândia, um na Dinamarca, e outros nos EUA. Apenas os estudos com grupos de risco bem definidos, expostos por um período de tempo suficiente (pelo menos 2 a 3 anos) foram incluídos. Lakhola *et al* (2006) realizaram uma meta-análise de 12 trabalhos originais de investigação epidemiológica da incidência de tumores cerebrais em um total de 2.780 casos, sendo que a maioria dos estudos revisados coincidiam com os revisados por Ahlbom *et al* (2004). No entanto, Lakhola e colaboradores melhoraram a metodologia estatística, ao realizar uma meta-análise e recalcularam todas as razões de chances (*odds ratio*) para os mesmos tipos histológicos de tumores de modo a obter uma maior precisão.

Kundi *et al*. (2004) revisaram quase que exatamente o mesmo conjunto de estudos epidemiológicos revisados por Ahlbom *et al*. (2004) e Lakhola *et al*. (2006), mas chegaram a conclusões bastante diferentes. Finalmente, Ahlbom *et al*. (2009) revisaram estudos epidemiológicos mais recentes, incluindo a maioria dos estudos conjuntos do projeto

multinacional INTERPHONE publicados até aquele momento (discutido mais detalhadamente em uma seção específica, mais adiante).

Com exceção de dois estudos de coorte realizados até recentemente, todos os demais estudos utilizaram a metodologia epidemiológica de caso/controle. O número de casos estudados foi maior do que aqueles de exposição comunitária a transmissores de RF, mas ainda não foi suficiente, por causa da baixa incidência da doença. Os desfechos estudados foram principalmente os tumores do sistema nervoso central e dos olhos, tais como gliomas, neuromas acústicos, meningiomas e melanoma uveal, respectivamente. A justificativa para isso é que estudos de laboratório demonstraram maior absorção e distribuição de energia de RF de telefones celulares na cabeça e pescoço, pelo menos para aqueles que não usam um dispositivo de viva-voz. Um dos estudos analisados por Ahlbom *et al.* (2009) referia-se a tumores nas glândulas salivares, e cinco outros analisaram tumores do SNC de vários os tipos.

Quatorze cálculos independentes da risco relativo (RR) foram iguais ou inferiores a 1, significando que não se conseguiu demonstrar um risco significativo para os usuários de telefone celular. Cinco estudos tiveram RRs ligeiramente maiores do que 1 (entre 1,1 e 1,5), mas estes também não foram significativamente diferentes da unidade.

Um estudo realizado por Hardell *et al.* (2003), entretanto, destoou dos demais, ao descrever uma RR estatisticamente significativa de 3,5 para a incidência de neuromas do nervo acústico em pacientes que usaram telefones celulares, quando se levava em conta um efeito de lateralidade (ou seja, a incidência do tumor foi maior no lado da cabeça em que o usuário de celulares relatava mais utilizar para falar). Este último estudo foi manchete em todo o mundo, apesar do fato dos outros nove estudos não terem apresentado associações significativas baseadas em medidas de risco relativo. De acordo com uma análise sobre a lateralidade dos efeitos realizadas pelo grupo de CEM e saúde da SCENIHR, que foi publicado em um relatório em 2009, este parâmetro é altamente suscetível a um viés de recordação, pois os pacientes do grupo portador de tumores (casos) têm conhecimento de qual lado da cabeça foi afetado pelo tumor, enquanto que os pacientes sem câncer (controles) evidentemente não sabiam qual o lado da cabeça seria relevante para a análise (em um estudo pareado típico, os pacientes que tiveram tumores em um determinado lado da cabeça teriam que ser pareados com controles com o mesmo lado, o que é impossível). Portanto, podem ocorrer relatos exagerados em número sobre qual o lado da cabeça foi afetado entre casos. Posteriormente, este estudo de Hardell *et al.* (2007) foi confrontado quanto a algumas questões metodológicas, tais como a falta de controle para fatores confundentes importantes, e não se conseguiu reproduzi-lo posteriormente por outros grupos que analisaram o mesmo tipo de tumor, na mesma região da Europa (Escandinávia).

Com exceção de neuromas do acústico, todos os outros estudos caso/controle revisados por Ahlbom *et al.* (2004) apresentaram resultados nulos para uma possível associação entre o uso de telefone celular e tumores da glândula parótida, melanoma uveal, meningiomas e leucemias. Outros estudos caso/controle bem feitos, como os de um grupo nacional de pesquisadores da Dinamarca, indicaram resultados semelhantes, em relação a neuromas do nervo acústico (Christensen *et al.*, 2004), meningiomas e gliomas de baixo e alto grau, mesmo quando foram analisados usuários de mais de 10 anos de uso contínuo de celulares (Christensen *et al.*, 2005).

Estudos Longitudinais

Os dois únicos estudos de coortes finalizados até o presente foram de natureza retrospectiva e tiveram lugar nos EUA e na Dinamarca.

O primeiro grande estudo baseado em coortes (Rothman *et al* 1996 e Dreyer *et al*, 1999) analisou o seguimento de um ano da mortalidade em uma coorte de 285.561 usuários não-corporativos de telefones móveis no EUA, sem que tivesse sido demonstrado qualquer efeito diferencial sobre a mortalidade em relação aos não usuários. O estudo demonstrou um aparente ligeiro “efeito protetor” para os usuários de telefones celulares, uma vez que a taxa geral de risco relativo foi de 0,86 para a taxa de mortalidade geral. Este estudo não é mais considerado atualmente como representando uma contribuição significativa ao conhecimento, pois a latência foi muito pequena para um desfecho relativo à mortalidade. No entanto, foi o primeiro estudo a demonstrar que a mortalidade global na coorte que utilizou celulares foi menor do que na população em geral, uma descoberta que foi confirmada por outros estudos com causas específicas de mortalidade, como o câncer.

Se este achado de RRs significativamente menores do que a unidade fosse ser interpretado à luz do que significa o risco relativo, seria necessário atribuir uma característica "protetora" ou "diminuidora de risco" ao fato de se estar usando um telefone celular. Como isso é algo difícil de se acreditar, muito provavelmente ele seria devido a variáveis não controladas dos estudos, tais como aquelas que o estudo de coorte dinamarquês, que analisou latências mais longas, foi capaz de demonstrar, como um maior nível de renda e melhor saúde geral correspondentes a um nível melhor de escolaridade, uma maior consciência sobre a saúde individual, uma melhor atitude de prevenção, etc., ocorrendo entre os usuários de celulares do que entre os não usuários.

Essa descoberta deveria servir de lição para os epidemiologistas que aceitam esta explicação para taxas de risco relativo ou razões de chance menores do que a unidade, mas que tendem a atribuir um “alto” risco de celulares quando o RR está acima da unidade, no mesmo nível da variação.

O segundo grande estudo de coortes, publicado por Johansen *et al.* (2001), foi o primeiro estudo nacional de incidência de câncer de assinantes de telefonia celular que examinou registros acima de 15 anos de uso. Este importante e bem realizada pesquisa epidemiológica baseada em coortes relatou uma Taxa de Incidência Padronizada (SIR – *Standard Incidence Ratio*) geral de 0,89 (dentro de um estreito intervalo de confiança de 95% que variou entre 0,86-0,92) para todos os tipos de câncer. O SIR é calculado dividindo-se o número de casos de câncer observados na coorte pelo número esperado na população. No total, 3.391 tumores foram observados, sendo que 3.825 seriam esperados pelo acaso. Este aparente efeito protetor (menor incidência de tumores entre usuários de celulares do que não usuários) do uso de telefones celulares foi interpretado pelos autores, com base em análises mais detalhadas, como sendo devido a uma diminuição da incidência de câncer do pulmão, possivelmente associado a uma maior redução do tabagismo entre os idosos.

O mesmo grupo (Johansen *et al*, 2002b) publicou uma amostra consideravelmente ampliada do mesmo estudo, incluindo 420.095 de assinantes da rede de celular privada (80% do total de assinantes no país). Eles compararam as taxas de incidência de câncer em usuários de telefones com as taxas nacionais, de acordo com sexo, idade e período. Dos 15.000 casos de câncer esperados por acaso, cerca de 14.250 foram observados,

resultando, portanto, em uma SIR de 0,95, ligeiramente maior do que o primeiro estudo dinamarquês. Ficou evidente, dessa forma que não existiria qualquer relação entre ter câncer de cérebro ou sistema nervoso e o uso prolongado de celulares, tanto em relação à idade, duração da exposição, primeira assinatura de telefone, ou local do tumor.

Este estudo dinamarquês foi recentemente atualizado com acompanhamentos de assinantes de telefone celular que remontam até 21 anos (Schüz *et al.*, 2007), com a assinatura do primeiro telefone celular que remontava entre 1982 e 1995 e que foram seguidos até 2002 para a incidência de todos os tipos de tumores do SNC. Resultados muito similares foram obtidos, ou seja o uso do telefone celular não foi estatisticamente associado ao aumento do risco de tumores cerebrais (SIR = 0,97), incluindo os gliomas (SIR = 1,01), meningiomas (SIR = 0,86), neuroma do nervo acústico (SIR = 0,73), tumores de glândulas salivares (SIR = 0,77), tumores oculares (SIR = 0,96) ou leucemia (SIR = 1,00).

Entre os assinantes de longo prazo, contando 10 anos ou mais de uso documentado (foram mais de 56.000 usuários na amostra), o uso de telefone celular não foi associado com o aumento do risco de tumores cerebrais (SIR = 0,66, mostrando um forte efeito de proteção), e não houve nenhuma tendência ao longo do tempo desde a primeira assinatura de uma linha de celular. Como uma relação causa-efeito neste caso, é altamente improvável, ou seja, que usar telefones celulares traria um efeito benéfico sobre a saúde, a obtenção de taxas de risco relativo inferiores a 1 pode ser atribuída ainda a outras variáveis confundentes não pareadas, tais como os usuários de longo prazo começaram a usar celulares quando eles ainda eram muito caros, por isso uma maior renda era exigida (Rothman et al, 1996). As pessoas com rendimentos mais elevados são conhecidas por terem uma melhor saúde geral, por tomar cuidados preventivos e ir mais vezes aos médicos e hospitais que os mais jovens e pessoas menos abastadas. Os autores relataram que:

"nenhuma prova foi encontrada de uma associação significativa entre o risco de tumores e o uso do telefones celulares, tanto para usuários de curto prazo, quanto para os de longo prazo. Além disso, os intervalos de confiança estreitos fornecem evidência de que pode ser excluída qualquer associação significativa entre risco de câncer e uso de telefones celulares".

O estudo dinamarquês teve algumas peculiaridades. Foi realizado inteiramente através da vinculação dos registros de cidadãos (*record linkage*), utilizando um número de identificação nacional, que só foi possível devido à excelência e à integridade dos registros populacionais de saúde e de assinantes de telefones celulares do país (obtidos da Secretaria Nacional de População e da Secretaria Nacional de Câncer),. Somente indivíduos saudáveis foram incluídos na coorte. Em segundo lugar, a coorte era muito grande e extensa no tempo, bem como global (80% de todos os assinantes de telefonia celular dinamarquês). Não houve avaliação do grau de exposição, frequência de uso, o uso de viva voz, etc, e não houve uma maneira de determinar com certeza se realmente os assinantes registrados correspondiam aos usuários das linhas (apesar de uma investigação anterior por Punch *et al*, 1996, ter demonstrado que esta correlação é relativamente alta, de 75%). As assinaturas de usuários corporativos (um número grande, mais de 200.000 linhas) não foram incluídas no estudo, pela impossibilidade de investigar quem utilizava realmente os celulares, o que pode ser uma fonte potencial de viés de seleção.

Curiosamente, Kundi *et al.* (2005), revendo quase que exatamente os 9 a 10 estudos de caso/controlado revisados por Ahlbom *et al.* (2004) e Lakhola *et al.* (2005), chegaram à conclusão oposta, isto é, que

"todos os estudos abordando latências razoáveis encontraram um risco aumentado de câncer associado ao uso do telefone móvel. Estimativas do risco relativo nesses estudos variaram entre 1,3 e 4,6 com o maior risco global para o neuroma acústico (3,5) e melanoma uveal (4,2), e não há evidência de risco de câncer avançado, com aumento de latência e duração do uso do telefone móvel."

Os resultados foram obtidos exclusivamente por um único grupo de investigação, liderado por Hardell na Suécia, o mesmo grupo que realizou essa revisão, e que não são coerentes com os demais 6 estudos de outros grupos.

Outra análise da literatura publicada por Valberg *et al.* (2007), sobre a evidência científica quanto aos riscos e consequências para a saúde das estações rádio-base e redes de dados sem fio, chegou às mesmas conclusões que Ahlbom *et al.* (2004).

O mais importante e recente conjunto de estudos epidemiológicos, entretanto, foi o Projeto INTERPHONE, que merece uma discussão em separado, como segue.

Uma revisão dos estudos INTERPHONE

A partir de 2001, foi iniciada uma série de grandes estudos epidemiológicos de caso/controlado, ambiciosos e bem planejados. Esses estudos multicêntricos cooperativos foram coordenados e financiados em parte pela Agência Internacional para Pesquisa sobre o Câncer (IARC), envolvendo grupos de pesquisa em 13 países (Austrália, Canadá, Dinamarca, Finlândia, França, Alemanha, Israel, Itália, Japão, Nova Zelândia, Noruega, Suécia e Reino Unido), e utilizaram um protocolo de pesquisa comum a todos os grupos, de modo a permitir a sua análise conjunta. Denominado INTERPHONE, este esforço internacional começou a publicar dados preliminares, em 2004, e em 2007 o primeiro trabalho descrevendo métodos apareceu em versão impressa (Cardis *et al.*, 2007). A primeira publicação conjunta de todos os grupos analisando conjuntamente os dados para dois tipos de tumores cerebrais, meningiomas e gliomas, foram publicados em maio de 2010, após um prolongado período de espera (The INTERPHONE Research Group, 2010). A publicação final sobre os outros dois tipos de tumores analisados, neuromas do nervo acústico e tumores da glândula salivar, ainda não tinha sido realizada quando o presente trabalho foi finalizado.

O estudo INTERPHONE focou em tumores que ocorrem em locais com maior probabilidade de serem afetados pela maior exposição a campos de RF durante a utilização de telefones celulares, e incluiu 2.765 casos de gliomas, 2.425 casos de meningiomas, 1.121 casos de neuromas acústicos, 109 casos de tumores malignos da glândula parótida e 7.658 controles. Foram coletadas informações detalhadas sobre a história do uso do telefone móvel pelos usuários, bem como alguns fatores de risco conhecidos e potenciais foram coletados por meio de uma entrevista pessoal conduzida através de um questionário por computador, sob o comando de entrevistadores bem treinados. Mais significativo é o fato de que pela primeira vez, vários estudos de validação e refinadas técnicas de preparação epidemiológicas e estatísticas foram utilizadas a fim de compreender melhor e diminuir a influência de variáveis confundentes e vieses que haviam sido um problema em estudos caso/controlado prévios. Os resultados do

INTERPHONE foram aguardados com grande expectativa tanto pela comunidade científica quanto pelas autoridades de saúde e meios de comunicação de massa, devido às suas características ímpares de projeto e tamanho das amostras, e o ICNIRP, a OMS e outras agências adiaram por várias vezes suas declarações oficiais sobre RF e saúde na expectativa dos resultados. Revisamos resumidamente estes resultados a seguir.

Um dos primeiros estudos do INTERPHONE que examinou a incidência de neuromas do acústico (Shoemaker *et al*, 2005) utilizou um conjunto de seis estudos de caso/controle separados, realizados de acordo com o protocolo comum em países escandinavos e no Reino Unido. Constatou-se que o risco deste tipo de tumor em relação ao uso regular de telefones celulares não aumentou no conjunto de dados obtidos (razão de chances, OR = 0,9), e que não houve associação entre a magnitude do risco e o tempo de uso, horas cumulativas de uso ou número de chamadas realizadas, tendo sido calculadas separadamente para telefones celulares analógicos ou digitais. Eles encontraram no entanto, um aumento moderado de risco para tumores no mesmo lado da cabeça do uso preferido do celular, em usuários com 10 anos de uso ou mais (OR = 1,8). O estudo sugere que não há risco substancial de aumento da incidência de neuromas do acústico, pelo menos na primeira década após o início do uso do telefone móvel.

O ramo do INTERPHONE no Japão, por outro lado, relatou essencialmente os mesmos resultados (Takebayashi *et al*, 2006).

O estudo INTERPHONE francês (Hours *et al*, 2007) também não relatou nenhum risco aumentado significativo para gliomas, meningiomas e neuromas, embora os pacientes tivessem uma incidência de gliomas ligeiramente acima, ou sem significância entre os usuários que utilizavam celulares de forma mais intensa ou prolongada.

A contribuição britânica ao estudo de gliomas teve resultados completamente negativos, atribuindo um risco aparentemente mais elevado, mas não significativo, a um viés de recordação (Hepworth *et al.*, 2007). Esses resultados confirmaram que não parece haver nenhuma associação entre o risco de aparecimento de gliomas e o uso de telefones celulares para todos os usuários há 10 anos ou menos, corroborando o que foi publicado pelo estudo INTERPHONE em 5 países do norte da Europa (Lakhola *et al*, 2007).

Lönn *et al* (2005), na Suécia, fizeram um estudo epidemiológico caso/controle com 644 casos de glioma cerebral e meningioma e 674 controles, e concluíram que a utilização regular de telefone celular indicava razões de chances entre 0,7 e 0,8 para gliomas e meningiomas, com resultados semelhantes para usuários com mais de 10 anos de uso de telefones móveis. Da mesma forma, nenhum aumento de risco foi encontrado para o uso ipsilateral do telefone para tumores localizados no lobo temporal e parietal, o tipo de histologia do tumor, tipo de telefone e intensidade de uso. Este estudo incluiu um grande número de usuários do telefones móveis de longo prazo, e os autores concluíram que os dados não suportam a hipótese de que o uso do telefone celular esteja relacionado a um aumento do risco de glioma ou meningioma, sendo que este estudo foi o primeiro a contradizer diretamente as publicações de seu compatriota L. Hardell.

Outro estudo INTERPHONE, concluído e publicado em 2008, analisou o risco de tumores da glândula parótida em usuários de telefone celular em Israel (Sadetzki *et al*, 2007). Lonn *et al* (2006) já haviam analisado anteriormente os dados epidemiológicos sobre câncer das glândulas salivares e o uso de telefone celular na Dinamarca e concluíram que os dados não suportavam uma associação quanto ao uso regular de telefones móveis.

Independentemente da sua duração, as estimativas de risco para o tumores malignos e benignos foi de 0,7 (intervalo de confiança de 95%: 0,4 a 1,3) e 0,9 (intervalo de confiança de 95%: 0,5 a 1,5), respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados para usuários com até 10 anos de uso do telefone celular. O estudo de Sadetzki e colaboradores, entretanto, encontrou um risco um pouco elevado, mas não significativo, para tumores benignos e malignos, ipsilaterais ao lado preferido de uso do telefone celular. As razões de chance (OR) referentes à maior categoria de número cumulativo de chamadas e de duração de chamadas sem o uso de dispositivos de viva-voz foram de 1,58 (intervalo de confiança de 95%: 1,11 a 2,24) e de 1,49 (intervalo de confiança de 95%: 1,05 a 2,13), respectivamente. Este estudo, quando foi publicado, provocou muita polêmica e reportagens alarmantes na imprensa. O câncer de parótida é muito raro (2-3 casos por milhão), o que torna muito difícil realizar análises estatísticas confiáveis. A carcinogênese induzida pelo tabagismo a longo prazo tem sido sugerida como um fator de risco para alguns tumores de cabeça e pescoço (Marur & Forastiere, 2008).

A publicação final dos resultados agrupados dos estudos multicêntricos caso/controle sobre gliomas e meningiomas em 13 países (The INTERPHONE Research Group, 2010), chegou à conclusão de uma razão de chances (OR) abaixo da unidade para gliomas (OR de 0,81; intervalo de confiança (IC) de 95% de 0,70 a 0,94], bem como para meningiomas (OR de 0,79; IC de 95% de 0,68 a 0,91), para usuários contínuos de telefones celulares. Os autores interpretaram este OR como possivelmente refletindo um viés de participação ou de outras limitações metodológicas e não como sendo um efeito protetor real. Nenhum efeito ou um aumento foi observado 10 anos após a primeira utilização de um telefone (gliomas: OR de 0,98; IC de 95% entre 0,76 e 1,26 meningiomas; OR de 0,83; IC de 95% de 0,61 a 1,14). As razões de chances foram inferiores a um para todos os decis quanto ao número de telefonemas dados e, para os nove decis inferiores quanto ao tempo de chamada cumulativo. Entretanto, o decil mais elevado para tempo cumulativo de chamada, o OR foi de 1,40 (IC de 95% de 1,03 a 1,89) para casos de glioma, e de 1,15 (IC de 95% de 0,81-1,62) para casos de meningioma. Possivelmente esses resultados, no entanto, foram causados por alguns valores altamente implausíveis de utilização de telefones relatados neste grupo, tais como 12 horas de uso por dia, o que influenciou os resultados, tornando-os artificialmente elevados.

Quanto à localização dos tumores, o OR para gliomas tendeu a ser maior no lobo temporal do que em outros lobos do cérebro, o que corresponde à parte do cérebro mais exposta à radiação RF do telefone celular, porém os intervalos de confiança para a sede do tumor eram largos demais, o que dificulta a interpretação. Quanto ao lado da cabeça, o estudo INTERPHONE agrupado para gliomas evidenciou OR maiores para tumores ipsilaterais ao lado da cabeça de uso preferencial do celular. Todavia, com base nos estudos metodológicos já citados acima, esse resultado poderia ser explicado por um viés de recordação, uma vez que os indivíduos doentes tenderam a atribuir o seu lado preferido de usar telefone celular ao mesmo lado da cabeça em que ocorreu o tumor.

Outra das principais conclusões do estudo INTERPHONE foi que não importava se a pessoa fosse um usuário de telefones móveis analógicos ou digitais quanto à ausência de risco aumentado de tumores cerebrais.

A OMS publicou logo após o estudo INTERPHONE final ter saído à luz uma *Fact Sheet* oficial do Grupo EMF e Saúde (OMS, 2010), declarando sobre o mesmo:

'Um estudo caso-controle retrospectivo de adultos, INTERPHONE, coordenado

pela Agência Internacional de Pesquisa sobre Câncer (IARC), foi concebido para determinar se existem ligações entre o uso de telefones celulares e o câncer de cabeça e pescoço em adultos. A análise internacional conjunta dos dados coletados em 13 países participantes não encontrou nenhum aumento do risco de glioma ou meningioma com o uso do telefone celular por mais de 10 anos. Há algumas indicações de um aumento do risco de glioma para aqueles que relataram as 10% maiores horas acumuladas de uso de telefones celulares, porém não houve tendência consistente de aumento de risco com maior tempo de uso. Os pesquisadores concluíram que vieses e erros limitaram a força destas conclusões e dificultam uma interpretação de causalidade.”

Os resultados do INTERPHONE têm sido criticados por alguns grupos científicos militantes, tais como o BioInitiative Group, e por alguns epidemiologistas, como tendo um número significativo de falhas metodológicas (Sarrachi & Samet, 2010), incluindo vieses de seleção e de recordação, a exclusão de jovens e crianças e dos casos de tumor cerebral quando houve morte, o que pode ter levado a níveis estimados de razões de chance (OR) artificialmente baixos nesse tipo de estudo. Os críticos também têm chamado a atenção para a definição que o protocolo INTERPHONE fez de usuários regulares (um usuário regular foi definido como o que fizesse pelo menos uma chamada por semana ao longo de seis meses, uma exposição tão baixa que o risco da população exposta teria sido seriamente subestimado).

Apesar de muitos comentários sobre a publicação de 18 de maio de 2010 terem destacado a inconclusão do estudo, nossa opinião é que, ao contrário, suas conclusões são inteiramente justificadas. Na verdade, o INTERPHONE é o maior e mais cuidadosamente controlado estudo epidemiológico realizado até o presente, com o maior número de usuários de celulares a longo prazo, e analisando a relação dos tumores mais importantes do cérebro e cabeça e pescoço com o uso de telefones celulares de forma contínua por mais de 10 anos. Notavelmente, todas as medidas de risco relativo foram universalmente baixas, oscilando em torno de unidade. Além disso, os resultados do INTERPHONE estão de acordo com a maioria das pesquisas experimentais (in vitro e in vivo, bem como com a maioria dos outros grandes estudos epidemiológicos caso-controle e de coorte, muitos com base em registros populacionais com mais de 400.000 participantes).

Portanto, as conclusões gerais emitidas por instituições altamente respeitadas, como o ICNIRP refletem esse posicionamento da comunidade científica:

ICNIRP (<http://www.icnirp.de/documents/ICNIRPnote.pdf>):

"Em geral, o estudo não encontrou um aumento do risco de gliomas ou meningiomas em relação ao uso do telefone celular. (...) O ICNIRP concorda que os vieses e os erros do estudo excluíram uma interpretação causal dos resultados."

OMS (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/en/index.html>), em suas publicações oficiais em 2009 e 2010: São amplamente justificadas a falta de evidências para efeitos prejudiciais à saúde de seres humanos dos dispositivos de radiofrequência de baixa energia usados para comunicações móveis, apesar das posições contrárias de alguns grupos e indivíduos.

Além disso, a Food and Drug Administration (FDA), nos Estados Unidos (<http://www.fda.gov/downloads/ForConsumers/ConsumerUpdates/UCM212306.pdf>) declarou que:

"As recentes descobertas do Grupo INTERPHONE, publicadas on-line em Junho de 2010 no International Journal of Epidemiology, não mostraram um risco aumentado de câncer cerebral pelo uso de telefones celulares. Apesar de alguns dados sugerirem um risco aumentado para pessoas que fazem uso mais pesado de telefones celulares, os autores do estudo determinaram que vieses e erros limitaram a força de conclusões que podem ser tiradas. Segundo a OMS, o uso do telefone celular se tornou muito mais frequente e não é raro acontecer de jovens de usar telefones celulares durante uma hora ou mais por dia. Este crescente uso é moderado, no entanto, pela redução das emissões, em média, a partir de telefones da mais recente tecnologia, e o uso crescente de mensagens de texto e de dispositivos de viva-voz que manter o telefone longe da cabeça. "

É importante ressaltar, no entanto, que nenhum estudo epidemiológico com exposições de longo prazo superiores a 15 anos foi publicado até o momento. Considerando que até mesmo agentes ambientais muito agressivos, tais como a radiação ultravioleta dura devida à exposição solar prolongada e desprotegida, apresentam neoplasias apenas após latências comprovadas de 20 anos ou mais, o status dos conhecimentos a respeito desse parâmetro da exposição à RF apresenta uma grande carência neste sentido.

É possível que as latências efetivas para a causação do câncer devido à exposição à RF possam exceder o tempo de vida média das pessoas que atualmente são adultas, mas podem ser relevantes para os usuários que são crianças ou jovens hoje. Infelizmente, ainda não há um grande estudo epidemiológico para essa faixa etária, apesar das crianças adolescentes e adultos jovens constituírem uma parte cada vez maior de usuários de telefones celulares, PDAs e computadores portáteis com acesso de dados sem fio.

Revisões sistemáticas com base em meta-análises

Uma técnica importante para a revisão sistemática da literatura é a meta-análise, que utiliza métodos estatísticos especiais para combinar e comparar os diferentes estudos com resultados do mesmo tipo e delineamentos de pesquisa semelhantes. Os critérios de seleção para os estudos que compõem a meta-análise são uma consideração importante, porque vários vieses de análise estatística podem ser introduzidos por esta seleção e influenciar os resultados. Além disso, às vezes é difícil tirar conclusões a partir da meta-análise, devido à heterogeneidade dos estudos que foram incluídos (Croft *et al*, 2008).

No período de 2006 à 2009, foram publicadas quatro meta-análises sobre estudos epidemiológicos de tumores cerebrais em relação à exposição a radiação a que são expostos usuários de telefones celulares: Lahkola *et al*. (2006), Hardell *et al*. (2007), Kan *et al*. (2007) e Khurana *et al* (2009).

Esta última, que focou separadamente os artigos que analisaram a utilização de telefones celulares a longo prazo (igual ou superior a 10 anos) e no lado da cabeça com uso preferencial do telefone (tumores ipsilaterais), relatou uma razão de chances combinada de 1,9 (intervalo de confiança de 95% entre 1.4 e 2.4) para gliomas, de 1,6 (IC de 95% = 1.1-2.4) para neuromas do acústico, e de 1,3 (IC de 95% = 0.9-1.8) para meningiomas.

Os autores concluíram que "ao usar-se um telefone celular por mais de 10 anos, aproximadamente dobra-se o risco de ser diagnosticado com um tumor cerebral no mesmo lado da cabeça (ipsilateral) de preferência para o uso do telefone celular. Os dados atingiram significado estatístico para gliomas e neuromas do acústico, mas não para meningiomas.". No entanto, embora os autores afirmem que "esta é uma meta-análise que incorpora todos os 11 estudos epidemiológicos de longo prazo a respeito desta área", apenas cinco dos estudos foram incluídos na análise quantitativa acima, sendo dois deles realizados pelo grupo de Hardell e três pelo INTERPHONE, pois os outros trabalhos não tinham casos com mais de 10 anos de uso de telefones celulares.

A meta-análise de Lakhola *et al* (2006) para estudos com mais de 5 anos de seguimento, por outro lado, relatou uma razão de chances de 0,98 para todos os tumores intracranianos relacionados ao uso de telefone celular, ou seja, não há nenhuma evidência para existência de risco nessa duração de exposição. Para gliomas, a taxa agrupada foi de 0,96, para meningiomas, de 0,87, e para neuroma do nervo acústico foi de 1,07, sendo que todos os valores estavam dentro do intervalo de confiança de 95%.

Dados epidemiológicos sobre a exposição de crianças

O fato de que mais e mais crianças e adolescentes se tornam usuários de telefones celulares (a predominância já é de mais de 40% em crianças menores de 15 anos, e mais de 90% entre os adolescentes, em alguns países) e computadores sem fio tem levantado preocupações quanto a sua saúde, de forma que as autoridades públicas em alguns países já aprovaram legislação que proíbe as estações rádio-base perto de escolas, embora isso não tenha nenhuma base científica (a densidade de potência dos campos distantes da antena são demasiado pequenas; além disso, a exposição de crianças fora da escola não é controlada por essa legislação). Ironicamente, a proibição do uso de telefones celulares por crianças, no entanto, não foi objeto de legislação até agora.

Tem sido argumentado por alguns investigadores que as crianças poderiam ser mais vulneráveis à RF, pois seu organismo está em desenvolvimento, e que sua estrutura encefálica poderia ser penetrada mais profundamente por campos de RF (veja a análise de Otto & von Mühlen, 2007). No entanto, a diferença mais importante em relação ao uso de telefones celulares entre as crianças de hoje e adultos é a uma exposição mais longa à RF, devido ao fato de começarem a usar os telefones em idade precoce (Schüz, 2005).

Embora não existam dados científicos que os organismos em desenvolvimento sejam mais vulneráveis do que os adultos aos campos de RF (Kheifets *et al.*, 2005), não existem atualmente estudos epidemiológicos abordando crianças e adolescentes dos riscos de câncer por exposição a RF. Uma das razões é que este é um fenômeno muito recente. A outra razão é que a maioria dos cânceres que são causados por fatores ambientais são extremamente raros em jovens. O terceiro fator é que as investigações epidemiológicas que exigem a coleta de informação por entrevistas com usuários não são fáceis de fazer com as crianças, principalmente as de menor idade. Dois estudos internacionais de tumores cerebrais em crianças e adolescentes estão presentemente em andamento, CEFALO (Feychting, 2006) e MOBI-KIDS (Parrish, 2010, veja também <http://www.mbkids.com/>).

Em conclusão, segundo Martens (2005), "tudo isso faz com que seja impossível uma resposta definitiva à pergunta se as crianças são mais sensíveis aos campos

eletromagnéticos que os adultos. Pesquisas mais consistentes serão necessárias”. Uma abordagem de precaução, especialmente com crianças pequenas, pode ser a opção mais barata e eficaz, por enquanto.

Embora não haja dados suficientes para concluir algo sobre a utilização de celulares por crianças e seus efeitos sobre a saúde, alguns estudos indicaram um aumento no risco de leucemia em crianças que vivem perto de antenas de rádio ou televisão, que emitem campos eletromagnéticos muito potentes para a radiodifusão (Ahlbom *et al.* 2004, Schüz & Ahlbom, 2008). Esta é tipicamente uma neoplasia da infância, e estão disponíveis muitos dados epidemiológicos de longo prazo sobre a exposição em função do local de residência. Em um estudo de controle de caso realizado na Coréia do Sul envolvendo 1.928 casos de leucemia (Ha *et al.* 2007) não foi observada associação entre o risco de leucemia e as intensidades de campo previstas (OR = 0,83, IC de 95%: 0.63-1.08). Um segundo estudo caso/controle realizado em 16 municípios alemães em áreas ao redor de oito antenas de rádio AM, FM to e TV (Merzenich *et al.* 2008) envolveu 1.959 casos de leucemia e 5.848 controles de base populacional. Não foram observados aumentos gerais no risco de leucemia durante a primeira década (OR de 0,86, IC de 95%: 0.67-1.11), e também nenhum efeito da distância das antenas (OR = 1,04 (95% CI: 0.65-1.67) entre crianças que vivem no perímetro de até 2 km do transmissor mais próximo em comparação com aqueles que viviam a uma distância de 10-15 km.

Estudos ocupacionais

Intuitivamente, é fácil deduzir que a exposição ocupacional à RF pode ser um problema muito mais grave para a saúde pública do que a exposição do público em geral, porque muitos trabalhadores são expostos diariamente a campos de RF muito mais intensos, por muitas vezes e por muito mais tempo, de modo que eles recebem “doses” agudas e crônicas muito maiores de radiação não ionizante. Exemplos destes trabalhadores são os técnicos de manutenção e instalação de antenas de RF, amplificadores e transmissores; os operadores de radar, incluindo a polícia e os operadores de radares de trânsito; operadores de máquinas de micro-ondas de soldar plásticos, técnicos e profissionais de saúde que utilizam aparelhos de terapia de micro-ondas e RF e dispositivos de imagens que usam intensos campos eletromagnéticos, como ressonância nuclear magnética (aparelhos de MRI). Portanto, evidências de uma relação causa/efeito para o câncer apareceriam mais provavelmente em condições ocupacionais do que em outras.

Embora dezenas de avaliações de risco em RF utilizando estudos de caso/controle e de correlação tenham sido publicados nos últimos 50 anos, poucos desses estudos epidemiológicos foram extensos ou bem conduzidos sobre a exposição ocupacional a RF e micro-ondas. A maioria dos estudos revisados por Ahlbom *et al.* (2004) foi realizada nos anos 90s e início de 2000s e apresentavam muitas deficiências metodológicas. Por exemplo, nenhuma ou poucas medidas de exposição de RF foram feitas, e o grupo de indivíduos expostos foi categorizado somente em termos da sua descrição de trabalho e/ou distância dos transmissores.

Os principais resultados da saúde ocupacional publicados foram:

Neoplasias: a mortalidade total, total, incidência, incidência câncer de cérebro, de mama, de testículos, melanomas oculares, câncer de pulmão e leucemia
Outros resultados da saúde: incidência de doenças oculares (catarata), saúde

cardiovascular e reprodutiva.

Brechenkamp *et al* (2003) avaliaram os métodos e os resultados de nove estudos de coorte que enfocaram diversos efeitos sobre a saúde de trabalhadores por exposição a RF, publicados entre 1980 e 2002. O tamanho das coortes variou entre 304 (3.362 pessoas-ano) e cerca de 200.000 pessoas (2,7 milhões de pessoas-ano). Os grupos de exposição ocupacional foram constituídos de trabalhadores que usavam aquecedores dielétricos em instalações de fabricação de plástico, trabalhadores que usavam dispositivos de rádio (profissional e amador), trabalhadores na produção de tecnologias de comunicação sem fio, usuários de aparelhos de radar da polícia canadense e os utilizados pelas forças armadas. Foram avaliados a mortalidade total, mortalidade por câncer, a incidência de câncer e outros desfechos. Em alguns dos estudos foi encontrado um aumento de risco para vários tipos de câncer nos participantes expostos, embora em diferentes órgãos. A revisão concluiu que, devido a deficiências metodológicas da maioria dos estudos de coorte, nenhuma conclusão pôde ser alcançada quanto à existência de se um risco mais elevado de câncer para estas exposições ocupacionais.

Da mesma forma, Ahlbom *et al* (2004) revisaram 10 estudos de coorte, realizados entre 1988 e 2002 (com uma grande sobreposição com a revisão de Brechenkamp *et al.*) e analisaram riscos relativos para tumores cerebrais e leucemia em profissionais de diversos setores de trabalho. Os riscos relativos ou razões de chances para ambos desfechos foram, em sua maioria, abaixo ou próximos da unidade, com apenas 2 dos 14 estudos sobre câncer de cérebro com RRs ligeiramente acima da unidade. Relataram ainda que 6 dos 12 estudos sobre leucemia apresentaram RRs grande, variando de 4.4 -7.7, sendo que dois deles, feitos na Polônia, sobre militares que viviam perto de transmissores de radar de alta potência. De acordo com os revisores, estes altos RRs poderiam ser explicados por vieses e erros metodológicos grosseiros, ou por fatores confundentes não controlados como a presença de contaminantes químicos no ambiente. O número de casos também variou muito, de 1 a 69 casos de leucemia e de 1 a 44 casos e tumores cerebrais. Os autores também revisaram 3 estudos caso/controle sobre a exposição a RF em relação a tumores no cérebro e leucemia. Nesses estudos, a maioria dos índices de risco relativo e taxas padronizadas de incidência resultaram abaixo ou ao redor da unidade, não mostrando associação, portanto.

Mais recentemente, um estudo caso/controle de risco ocupacional foi realizado pelo ramo alemão dos estudos INTERPHONE (Berg *et al*, 2006). Não foi achada nenhuma associação significativa entre a exposição à RF e tumores cerebrais quanto a gliomas (OR de 1.21) e meningiomas (OR de 1.34).

Até agora, o balanço desses estudos epidemiológicos sugere maiores riscos ocupacionais de câncer, decorrentes da exposição crônica a aparentemente maiores densidades de potência de RF, para diversos grupos, tais como operadores de radar, técnicos de instalação de telecomunicações e técnicos de manutenção, entre outros. O resultado que causa maior preocupação é o de aumento da taxa de leucemia, que deve ser questionado por causa dos efeitos de confusão e erros importantes do estudo. Nenhum efeito consistente foi demonstrado, mas não pode ser ainda refutado, devido à baixa qualidade e de curta duração dos estudos de coortes e de caso/controle realizados até agora.

A viabilidade de se fazer estudos de riscos ocupacionais, no entanto, é considerada baixa (Breckenkamp *et al*, 2009), devido aos números pequenos de sujeitos expostos, ou devido ao fato de que os níveis de exposição não são muito altos quando comparados

com a população em geral, menores durações de exposição devido a mudanças frequentes de emprego, mudanças tecnológicas e grande variabilidade não documentada de uso de equipamentos individuais de proteção (EPIs), e a impossibilidade de separar a exposição ocupacional às micro-ondas e RF das outras fontes de campos eletromagnéticos ou de outros fatores ambientais (por exemplo, os trabalhadores que trabalham com seladores e soldagem de plásticos também estão expostos simultaneamente aos vapores liberados pelos mesmos durante o processo).

Na América Latina, há atualmente uma crescente preocupação com a saúde dos técnicos que fazem o trabalho de manutenção muito próximos a antenas “vivas”, ou seja, que não são desligadas durante o trabalho de manutenção. Queimaduras de primeiro e segundo grau foram relatadas quando trabalhadores chegaram a tocar guias de ondas ou antenas de alta potência. Embora obrigados por lei, as operadores de telecomunicações em geral evitam cortar a energia para as antenas durante os trabalhos, devido ao medo de provocar desequilíbrios no funcionamento da rede. Parece haver pouco perigo, no entanto, se forem adotados um mínimo de prudência e de utilização de EPIs, tais como luvas e roupas pesadas, capacetes e materiais isolantes. Alanko & Hietanen (2007) vistoriaram e avaliaram os níveis de emissão de energia de RF em grandes conjuntos de antenas usadas pelas redes de telefonia móvel, e subestações de rádio e de TV digital e rádio amador, medidos perto das escadas de acesso às torres. Eles relataram que todos os valores medidos onde os trabalhadores normalmente ficam localizados durante os trabalhos estavam abaixo dos níveis de referência ocupacionais da ICNIRP.

Curiosa, mas fácil de entender o porquê, é a posição dos médicos do trabalho em geral, ou que estão no comando de programas de higiene ocupacional nas empresas de telecomunicações. Uma pesquisa com mais de 200 médicos do trabalho no Brasil (Sabbatini *et al.*, 2008, manuscrito inédito e comunicação pessoal) mostrou que: 1) o conceito de radiação não-ionizante para a maioria dos médicos está relacionada à exposição ocupacional ao calor excessivo e à luz, ao sol, e à luz coerente (equipamentos de laser terapêuticos e industrial), equipamentos de solda de plástico por micro-ondas, o uso industrial dos raios ultravioletas, lâmpadas de arco, etc.; 2) poucos médicos têm conhecimentos sobre a exposição ocupacional a RF utilizada em radiocomunicação e seus riscos, mesmo aqueles que trabalham nesta indústria, 3) Eles consideram que este agente físico é muito fraco para se preocupar, comparado a outros muito mais agressivos e perigosos.

Análise de tendências de tempo

Alguns diriam que o extraordinário crescimento e proliferação das comunicações móveis é o maior experimento já feito pelo homem. Isto significa que literalmente bilhões de pessoas estão sendo expostas diariamente aos campos eletromagnéticos não-ionizantes emitidos por telefones celulares e por estações rádio-base, e que milhões foram expostos há 20 anos ou mais (embora no passado isso tenha ocorrido a níveis muito mais baixos do que atualmente). É importante notar também que as antenas de alta potência de transmissão de rádio existem há mais de um século, e que as antenas de radar e TV existem na maioria dos países há mais de 50 anos. Portanto, a exposição da população à RF artificialmente gerada não é uma coisa nova.

Assim, pensando unicamente com base no bom senso, seria de se esperar que, mesmo com taxas de risco relativo ligeiramente acima da unidade, a ciência epidemiológica já

teria sido capaz de detectar um número considerável de novos casos de câncer a cada ano, devidos a esta exposição aumentada da população. Não devemos nos esquecer que o aparecimento da AIDS foi detectado com um número de casos pouco superior a 60, nos EUA.

Portanto, a pergunta é: onde estão esses novos casos de câncer, se realmente existe uma relação de causa-efeito entre exposição aumentada à RF em suas mais variadas fontes artificiais e indução e promoção de neoplasias *in vivo*?

Um dos subprodutos úteis da estimativa das taxas de risco e de incidência por meio de estudos de coorte metodologicamente rigorosos e altamente consistentes é a possibilidade de prever o número absoluto de casos de doenças que poderiam ser encontradas agora ou no futuro. Isto foi feito com sucesso com os fumantes de tabaco, por exemplo, e foi de grande valia para a saúde pública e para os muitos programas de prevenção, bem como para o planejamento de custos dos serviços de saúde, para o impacto de medidas preventivas, e assim por diante.

Curiosamente, esta abordagem tem sido notavelmente pouco adotada em estudos epidemiológicos de RF. Deveríamos então testar se as previsões subestimam ou superestimam a realidade. Um dos poucos exemplos deste tipo de análise foi um estudo da tendência temporal de incidência de melanoma uveal por Johansen *et al.* (2002), que notou que, a despeito de um aumento de 400% na incidência deste tipo de tumor na Dinamarca na década precedente, não foi encontrada uma correlação com o uso de telefones celulares.

Deste modo, é preciso resgatar uma outra ferramenta poderosa da epidemiologia: a análise das tendências temporais de determinadas doenças. Por exemplo, o câncer de cérebro é ainda uma doença rara, quando considerada em relação à população geral. Nos E.U.A., por exemplo, Deorah *et al.* (2007) fizeram essa análise para todos os tipos de cânceres do cérebro, ajustada por idade. Sua incidência aumentou até 1987, quando o percentual inverteu de direção, diminuindo significativamente de 1.68 para 0.44%. Este período de queda coincidiu quase exatamente com a introdução em larga escala da telefonia móvel no país. Obviamente, essas variações de incidência podem não ter nada a ver com fatores ambientais: elas podem ser devidas simplesmente ao aumento do número de casos diagnosticados pelo uso generalizado de melhores tecnologias médicas para a detecção, como é o caso da tomografia cerebral (que ocorreu no início da década dos 80s), segmentos maiores da população testada, introdução de programas preventivos, etc.

Alguns estudos recentes têm abordado esta questão. Por exemplo, Muscat *et al.* (2006) analisaram a taxa de incidência de cânceres do sistema nervoso central (SNC) entre 1972 a 2002. Eles concluíram que essas taxas não se alteraram significativamente durante este período, apesar do crescimento exponencial dos assinantes de telefonia móvel a partir de 1984. Os resultados por Deorah *et al.* (2006) também falharam em confirmar a hipótese de que o risco de câncer cerebral e de sobrevivência nos E.U.A. teria sido afetado pelo aumento no número de casos, devido ao aumento da população exposta. Na Suíça, as taxas de mortalidade por tumores de cérebro, como em muitos outros países, mantiveram-se estáveis em todos os grupos etários (Röösli *et al.*, 2007). Ajustadas por idade, a incidência e mortalidade por câncer do SNC estão realmente caindo na maioria dos países. No estudo por Röösli e colaboradores, a taxa anual de novos casos de câncer de cérebro de 45 a 59 anos de idade no período de 1987 à 2002 foi de -0.3% para

homens e de - 0.4% para as mulheres. Há, contudo, um ligeiro aumento na incidência de câncer do cérebro entre os jovens, como para muitos outros tipos de cânceres, como de mama e tiróide, mas a razão para isso é atualmente desconhecida (Sterouvtava, 2006).

É importante notar, contudo, que o cálculo da associação estatística entre as tendências temporais de variáveis relevantes é cheio de dificuldades. Quaisquer duas variáveis que variarem para cima ou para baixo em sincronia irão gerar uma associação alta espúria, sem que isso necessariamente indique que elas são relacionadas causalmente. Além disso, considerando que o tempo de latência necessário para o aparecimento de câncer é geralmente muito grande, ainda não teríamos condições de detectar um aumento de câncer supostamente causado pelas populações cada vez mais maciças expostas à RF devido à comunicação móvel. Ele poderia vir a ocorrer, mas ainda em algum ponto no futuro. A maioria dos trabalhos científicos relatados nesta revisão, no entanto, indicam que esse aumento teria uma plausibilidade extremamente baixa.

Conclusões do Estudo Epidemiológico de Câncer

Da nossa revisão da literatura sobre a epidemiologia do câncer em pessoas expostas a radiofrequência nos níveis utilizados em telecomunicações, parece haver um consenso científico de que não há provas concretas para um risco aumentado de câncer e mortalidade entre os usuários de telefones celulares. Quanto à incidência de câncer, os resultados recentes (2007 e 2008) de estudos de coorte extensos, bem controlados e planejados (como a pesquisa dinamarquesa baseada em população) e grande estudos de caso/controle (como o do projeto INTERPHONE), proporcionaram a melhor evidência epidemiológica até o momento para uma ausência de risco, para usuários de até 15 anos de uso contínuo de aparelhos celulares. Todavia, ainda faltam dados para usuários de longo prazo (cânceres do cérebro podem ter latências de 30 anos ou mais).

Quanto à uma possível associação entre a exposição comunitária às estações rádio-base de telefonia celular e os efeitos na saúde, ela tem sido quase impossível de se comprovar, devido à falta de estudos extensos e de boa qualidade, e às dificuldades metodológicas inerentes a esse tipo de estudo. Infelizmente, o status científico da pesquisa epidemiológica nesta área baseia-se em terreno muito instável e sem justificativas válidas, uma vez que, em contraste com outras áreas de investigação melhor estabelecidas, *"as questões de pesquisas de RF não são movidas por uma hipótese biofísica específica, mas por uma preocupação geral que existam efeitos desconhecidos ou mal compreendidos da radiofrequência"* (Ahlbom et al, 2004).

As conclusões são melhor expressas por declarações apresentadas pelos seguintes autores e comitês de especialistas:

Ahlbom et al, 2004 (ICNIRP): *"No geral, apesar de ocasionais associações significativas entre os vários tipos de tumores cerebrais e o uso de telefones celulares analógicos, não for relatada consistentemente qualquer associação em estudos de base populacional. O fator tempo nos estudos epidemiológicos e a falta de conhecimento sobre a exposição real do cérebro à RF durante o uso de telefones móveis até o presente (...) militam fortemente contra a atual capacidade de detectar qualquer associação verdadeira. Assim, as evidências atuais não são conclusivas quanto ao risco de câncer após uma exposição pesada à RF a partir de telefones móveis. (...) Resultados de estudos epidemiológicos*

até agora não dão nenhuma evidência consistente e convincente de uma relação causal entre exposição à RF e qualquer efeito adverso à saúde. Por outro lado, esses estudos têm deficiências demais para que seja descartada uma associação."

Ahlbom et al, 2009 (ICNIRP): *Apesar das limitações metodológicas e os dados limitados sobre a latência longas e uso a longo prazo, os dados disponíveis não sugerem uma associação causal entre a utilização do celulares e os tumores de rápido crescimento, como gliomas malignos em adultos (pelo menos para os tumores com períodos curtos de indução). Para tumores de crescimento lento, tais como meningiomas e neuromas acústicos, bem como para gliomas entre os usuários de longo prazo, a ausência de associação relatada até agora é menos conclusiva, porque o período de observação foi curto demais."*

SCENIHR (2007): *As evidências epidemiológicas indicam que o uso do telefone celular por menos de 10 anos não representa qualquer risco acrescido de tumores cerebrais ou neuroma do acústico. Os dados a longo prazo são escassos e as conclusões são, portanto, incertas e provisórias - no entanto, a partir dos dados disponíveis, parece que não há aumento do risco de tumores cerebrais em usuários de longo prazo, com exceção do neuroma acústico para as quais há alguma evidência de uma associação (...) Em conclusão, não houve efeitos para a saúde consistentemente demonstrados em níveis de exposição abaixo dos limites do ICNIRP criados em 1998. No entanto, a base de dados para esta avaliação é limitada especialmente para a exposição a longo prazo de baixo nível.*

WHO / IARC (Agência Internacional para Pesquisa sobre Câncer) - Report 2008.
<http://www.iarc.fr/en/Publications/PDFs-online/World-Cancer-Report>

"A radiação de radiofrequência emitida pelos telefones móveis tem sido investigadas em vários estudos. Há alguma evidência de que a longo prazo o uso pesado de telefones celulares pode estar associado a um moderado aumento do risco de gliomas, tumores da glândula parótida, e neuromas acústicos, porém, as evidências são conflitantes e o papel de vieses nestes estudos não pode ser descartado (...) Com referência à radiofrequência, os dados disponíveis não mostram qualquer excesso de risco de câncer cerebral e outras neoplasias associadas ao uso de telefones celulares (...) Após 1983 e, mais recentemente, durante o período de crescente prevalência de usuários de celulares, a incidência (de tumores cerebrais) se manteve relativamente estável para homens e mulheres."

As partes do estudo INTERPHONE que foram publicadas até agora em sua grande maioria não apoiam a existência de associações estatísticas elevadas entre a incidência de vários tipos de tumores do cérebro e a utilização de aparelhos de telefone celular, pelo menos para gliomas, meningiomas e neuromas, bem como para tumores das glândulas parótidas. As expectativas em torno da importância e resultados do INTERPHONE, portanto, têm sido amplamente justificadas pelos seus resultados, que parecem ser os de maior qualidade e autoridade até agora. Estudos de coorte de grande escala e alta qualidade, como o COSMO (Schüz, 2006), bem como em modelos de exposição comunitária devem ser o próximo grande projeto para resolver as dúvidas que persistem sobre avaliação de risco em vários grupos etários, especialmente crianças.

Outros sintomas e doenças

É muito difícil superar os problemas metodológicos de estudos epidemiológicos com o objetivo de avaliar os riscos ligados à exposição à RF e outras doenças comuns. Uma razão importante é que, ao contrário dos estudos de incidência de câncer, a maioria das doenças candidatas não são submetidas a registro obrigatório, e que os prontuários dos pacientes são incompletos, muitas vezes imprecisos e contribuídos por tantos provedores de cuidados de saúde, que com os dados retrospectivos baseados em informações do paciente são geralmente pouco confiáveis.

Os distúrbios cardiovasculares, gastrointestinais, dos sistemas nervoso, endócrino e reprodutivo, constituíam até agora as principais áreas de interesse de estudos epidemiológicos, porém eles não foram adequadamente investigados. Algumas doenças degenerativas, como a síndrome amiotrófica lateral também foram consideradas.

Ahlbom *et al.* (2004) analisaram o efeito de vários tipos de exposição ocupacional à campos eletromagnéticos sobre outras doenças que não o câncer. A principal variável independente na maioria dos estudos foi a descrição de trabalho, e o número de indivíduos por estudo foi muito pequeno.

Em outra recente revisão de estudos epidemiológicos sobre o efeito da exposição à radiação eletromagnética emitida por estações rádio-base de antenas celulares, Rösli *et al.* (2009) analisaram 17 artigos que foram considerados de qualidade científica satisfatória, dos quais 11 estudos epidemiológicos e seis de exposição controlada. A maioria dos artigos (14) examinou a associação entre a exposição e o bem-estar e sintomas inespecíficos e subjetivos de doença, descritos pelos pacientes (mal-estar, dor de cabeça, fadiga, náuseas, etc). A maioria dos estudos que procuraram estudar os efeitos agudos da exposição não encontraram nenhuma associação com os sintomas durante ou logo após a exposição às radiações de estações rádio-base. Estudos realizados em laboratórios não encontraram nenhum padrão consistente de resposta, sugerindo que os sintomas relatados não tinha nada a ver com a exposição em si. Os estudos epidemiológicos não mostraram nenhuma evidência de que pessoas que vivem perto de estações rádio-base sejam diferentes daquelas que não vivem perto delas. Os autores afirmam que a exposição dos seres humanos em condições de campos eletromagnéticos acima de 1 V/m quase nunca ocorre, portanto, não é possível atribuir efeitos a eles.

Cataratas: Elas pareceriam ser um resultado plausível ao aquecimento local promovida por campos de micro-ondas emitidos por um telefone celular usado em proximidade dos olhos, e vários estudos anteriores haviam relatado um possível aumento na incidência de cataratas em diversos tipos de trabalhadores que lidam com pulsos de RF de alta intensidade, como o radar, televisão e rádio transmissores. A qualidade desses estudos iniciais, entretanto, foi baixa (WHO, 1993). Na revisão de Ahlbom, quatro destes estudos anteriores realizados entre 1965 e 1984 não apresentaram provas de um aumento do risco de cataratas nas categorias estudadas. Na maioria deles, não foram adequadamente controlados os possíveis efeitos de variáveis confundentes, tais como a exposição crônica ao sol sem óculos de proteção (um risco bem documentado).

Risco reprodutivo: Vários parâmetros foram avaliados em relação à exposição ocupacional à RF em 17 estudos realizados entre 1975 e 2000: qualidade do sêmen,

fertilidade, aborto espontâneo, morte fetal, baixo peso no nascimento e defeitos de nascimento. Em 10 estudos, os casos foram fisioterapeutas, tanto homens como mulheres, que muitas vezes utilizavam fornos de micro-ondas e aparelhos de aquecimento de RF sem medidas de proteção. O restante foram operadores de radar e militares que trabalhavam com emissores de alta potência de RF. Não há estudos sobre técnicos de manutenção de sistemas de antenas de RF. A maioria dos estudos não conseguiu provar qualquer efeito grande, e mostrou taxas de risco relativo em torno de 1,3, com exceção de algumas evidências de uma redução do número de espermatozoides em três estudos. Segundo Ahlbom, *"dada a susceptibilidade conhecida da espermatogênese ao aquecimento, mesmo sutil, a possibilidade de redução da fertilidade em homens expostos é razoável"*.

Doenças cardiovasculares: São raros os estudos epidemiológicos de boa qualidade sobre a incidência e risco de doenças cardiovasculares, como hipertensão e doença isquêmica do coração. Um vínculo biofísico e etiológico específico que pudesse causar estas doenças por campos de RF é difícil de explicar, e todos os inúmeros fatores de risco importantes para doenças cardiovasculares nem sempre foram isolados adequadamente nos estudos existentes, tais como a herança genética, intensidade do estresse crônico, tabagismo, dieta, exercício, dislipidemias, etc. Um grande estudo de coorte com quase 200.000 funcionários da Motorola (Morgan et al, 2000) expostos à RF mostrou uma tendência oposta (apesar de que não estava claro o grau de exposição dos indivíduos ou controles). Foi observada menor mortalidade, internação hospitalar e menor incidência de doenças cardiovasculares entre os usuários de telefone celular do que nos controles, com riscos relativos em torno de 0.5, mostrando, assim, o chamado "efeito do trabalhador saudável".

Alterações comportamentais: Devido ao fato de que dados comportamentais obtidos por entrevistas subjetivas são de baixa confiabilidade, foram realizados poucos estudos epidemiológicos caso/controle e de coortes sobre o efeito de radiações não ionizantes de baixo nível sobre o comportamento humano. Uma exceção é Divan *et al* (2008), que analisaram a associação entre a exposição materna pré-natal e pós-natal a celulares e problemas comportamentais em crianças no âmbito de um estudo de grande coorte prospectivo/retrospectivo. Mães de 13.159 crianças na Dinamarca responderam a questionários sobre seu uso de telefones celulares durante a gravidez por até sete anos antes do parto, bem como o comportamento e o uso de telefones celulares pelos seus filhos. Os autores relataram razões de chances ajustadas de 1,8 para problemas comportamentais observados em crianças que tinham tido "possível" exposição pré e pós-natal ao uso de telefones celulares pelas suas mães. A conclusão foi que a exposição "a o uso de telefones celulares foi associada com dificuldades de comportamento como hiperatividade e problemas emocionais em torno da idade de entrada da escola." O estudo, infelizmente, teve uma série de possíveis vieses e de variáveis de confusão, e até mesmo os autores puseram em dúvida o significado dos seus resultados, uma vez que *"as associações observadas não são necessariamente (...) causais e a confusão causadas por problemas comportamentais não medidos poderia ter produzido tais resultados. Além disso, este é o primeiro estudo do tipo (...) e aguarda a replicação."*

Sintomas não específicos: diversos grupos de pessoas que vivem perto de estações rádio-base de telefonia móvel têm relatado uma vasta gama de sintomas, como fadiga, mal-estar, vertigem, tontura, distúrbios do sono, dores de cabeça, sintomas gastrintestinais, como náuseas e diarreia, perda de apetite, sintomas visuais, diminuição

da libido, perda de memória e concentração e depressão, supostamente causados por esta proximidade. Deve-se notar que estes são sintomas muito comuns em muitas doenças, ou são eventos isolados, sem uma causa específica. Eles também têm sido associados com leves distúrbios mentais, estresse, ansiedade, depressão, manifestações psicossomáticas (somatização) e outros transtornos afetivos. Projetos experimentais (chamados de estudos de provocação) são mais adequados para investigar o aparecimento desses sintomas em relação à exposição de RF em indivíduos. As investigações epidemiológicas existentes sofreram de vários problemas metodológicos que normalmente invalidaram seus resultados, principalmente devido a erros de amostragem, forte viés de recordação, e outros, que são discutidos abaixo. Não obstante, diversos estudos de seção transversal de baixa qualidade têm sido realizados (Santini *et al*, 2002, 2003, Navarro *et al*, 2003, Hutter *et al*, 2006), causando grande alarme entre a população e obtendo respostas das autoridades públicas. Não foram publicados controle de caso ou estudos de coorte sobre este assunto. Estudos transversais são inadequados porque não preveem controles com pessoas que residam em áreas distantes dos locais de estação rádio-base. Além disso, não eram estudos cegos, abrindo a possibilidade de vieses e de vários outros erros. O levantamento realizado por Hutter era um pouco melhor concebido do que Santini e Navarro (o estudo de Navarro usando dados de uma estação base apenas!).

Mais recentemente, um grupo de pesquisa na Alemanha realizou um estudo epidemiológico transversal de base populacional, investigando os efeitos adversos para a saúde de estações rádio-base de telefonia móvel (Berg- Beckoff *et al.*, 2009). Na primeira fase do estudo, foi realizado um levantamento em nível nacional de mais de 30 mil entrevistados que responderam a um questionário por via postal sobre sua saúde geral, queixas e sintomas, bem como a proximidade (de até 500 m) a antenas de telefonia celular. Como resultado, cerca de 18% dos entrevistados estavam preocupados com possíveis efeitos na sua saúde, enquanto que um adicional de 10% atribuíram seus problemas de saúde às estações de base. Na segunda fase do estudo, a medição de campos de RF foi realizada nas residências de cerca de 3.000 respondentes. Nenhuma correlação foi encontrada entre a proximidade de estações rádio-base e queixas de saúde, porém os respondentes que apresentavam distúrbios de sono se queixaram mais do que os outros de problemas de saúde.

Schüz *et al.* (2009) avaliaram outros distúrbios do sistema nervoso, que não o câncer, no estudo de coorte dinamarquês de mais de 420 mil habitantes, tanto para os usuários de curto, quanto de longo prazo, de telefones celulares, usando registros de saúde de base hospitalar. Os usuários de telefones celulares tiveram um risco 10 a 20% maior de enxaqueca, vertigem e de 30 a 40% menor risco de epilepsia, demência e outras doenças degenerativas do sistema nervoso, como Alzheimer, Parkinson, esclerose lateral amiotrófica, esclerose múltipla, etc . Os resultados são difíceis de interpretar no entanto, porque apenas uma fração dos pacientes com sintomas prodrômicos aparecem nos registros de internação (simples vertigem e dores de cabeça geralmente não são doenças que exigem internação), e por vários vieses que poderiam estar em operação em relação ao fiabilidade dos registros assinante do uso do telefone celular.

O efeito nocebo

Na verdade, a preocupação com os efeitos na saúde de FEM parece resultar de notícias alarmantes divulgadas pela imprensa e pela Internet, provocando em algumas pessoas

um certo número de sintomas psicossomáticos e sinais que são similares a outros transtornos de ansiedade, como síndrome do pânico (Rösli, 2008). Este é um tipo de efeito chamado de nocebo (Bonneux, 2007). ele é o oposto do efeito placebo e às vezes é extremamente prejudicial para a qualidade de vida das pessoas afetadas, às vezes impedindo o trabalho normal. A esse respeito, Rösli (2008) concluiu que

"os riscos para a saúde devidos à manutenção de sustos ambientais por estudos falso-positivos têm sido negligenciados. A hipótese nocebo afirma que as expectativas de doença causam doença no indivíduo expectante. Manter a ansiedade, promovendo dúvidas na mente de pessoas crédulas sobre a qualidade do ambiente em que elas vivem pode causar doenças mentais graves. A ansiedade causada por isso na área da saúde é um problema de saúde pública, que deve ser abordado em seu próprio direito.

Usar um dosímetro de RF pessoal permitiria uma melhor medida de exposição à RF, ao nível individual e fazer correlações com sintomas subjetivos, de uma forma muito semelhante à dos gravadores de ECG de Holter usado em diagnósticos de cardiologia. Recentemente, o primeiro estudo utilizando esta abordagem foi publicado (Thomas et al, 2008). Os autores não encontraram nenhuma associação estatisticamente significativa entre a exposição à RF e sintomas crônicos ou entre a exposição e sintomas agudos.

Estudos epidemiológicos na América Latina

Nós não encontramos qualquer estudo epidemiológico significativo sobre os efeitos dos campos de alta frequência eletromagnética na saúde humana. Em São Paulo, Brasil, um grupo de pesquisa multi-institucional foi estabelecido para estudar epidemiologicamente a exposição a campos eletromagnéticos de frequências muito baixas (ELF) gerados por linhas de transmissão elétrica de alta voltagem.

Principais conclusões dos estudos epidemiológicos

Concluimos, portanto, que os estudos epidemiológicos de RF publicados até agora não conseguiram demonstrar consistentemente e em nível significativo a existência de possíveis efeitos adversos à saúde de campos eletromagnéticos não ionizantes nos espectros de radiofrequência e micro-ondas em nível de potência abaixo dos limites de segurança recomendados, e que numerosas falhas metodológicas, combinados com o pequeno número de desfechos de saúde analisados até agora, não permitem conclusões definitivas, sobretudo no que se refere à crianças. Nossas conclusões estão em linha com as de outros organismos internacionais e nacionais de especialistas, declarações oficiais, tais como:

Comissão Europeia (2009). Health Effects of Exposure to EMF. Opinion of the Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR) (p. 4).

"Concluiu-se que a partir de três linhas independentes de evidência (epidemiológica, estudos com animais e estudos in vitro) que a exposição a campos de RF é improvável de levar a um aumento de câncer em seres humanos".

http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihhr/scenihhr_opinions_en.htm

Holanda, Relatório do Conselho de Saúde (2009) Atualização Anual 2008:
"A comissão discute ainda a relação entre os campos eletromagnéticos e a atividade do cérebro e entre os campos eletromagnéticos e sintomas de saúde. Em ambos os casos, a Comissão conclui que não há provas científicas de que a exposição em níveis ambientais de campos eletromagnéticos de radiofrequência provoque problemas de saúde. "

<http://www.gr.nl/index.php>

ICNIRP (2009): Declaração sobre "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)"

".. é a opinião do ICNIRP que a literatura científica publicada desde 1998 não forneceu nenhuma evidência de efeitos adversos abaixo das restrições básicas e não necessita de uma revisão imediata das suas orientações sobre a limitação da exposição a campos eletromagnéticos de alta frequência

<http://icnirp.org/documents/StatementEMF.pdf>

Agência Francesa de Meio Ambiente e Segurança e Saúde Ocupacional (2009):

".. os dados experimentais atualmente disponíveis não indicam efeitos de curto ou a longo prazo da exposição à campos eletromagnéticos de RF, e nem os dados epidemiológicos atuais apontam para os efeitos da exposição a curto prazo. As dúvidas permanecem quanto aos efeitos de longo prazo, entretanto o grupo declara, que nenhum mecanismo biológico foi criado para apoiar a presença de danos de longo prazo."

http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/964737982279214719846901993881/Rapport_RF_20_151009_1.pdf

E, finalmente, a partir da fonte de maior autoridade, as análises da literatura feitas pelo grupo de especialistas do WHO EMF Project, dos milhares de artigos científicos publicados em revistas sobre todos os aspectos referentes aos campos eletromagnéticos e saúde permitiram as seguintes declarações oficiais:

Organização Mundial da Saúde (2007)

"Apesar de extensa investigação, até a recente data não há nenhuma evidência para concluir que a exposição a campos eletromagnéticos de baixo nível seja prejudicial à saúde humana." (Key Point n° 6)

<http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/index1.html>

"Até agora, todas as opiniões de especialistas sobre os efeitos na saúde da exposição a campos de RF chegaram à mesma conclusão: Não há consequências adversas à saúde estabelecidas a partir de exposição à campos de RF em níveis abaixo das diretrizes internacionais sobre limites de exposição, publicado pela Comissão Internacional sobre Radiações Não-Ionizantes (ICNIRP, 1998). "Crianças e Celulares: Declaração de Esclarecimento (segundo parágrafo)

http://www.who.int/peh-emf/meetings/ottawa_june05/en/index4.html

Fact Sheet No. 304: Campos eletromagnéticos e saúde pública: Estações rádio-base e tecnologias sem fio (Maio de 2006)

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs304/en/index.html>

"Conclusões: Considerando-se os níveis de exposição muito baixos e resultados de pesquisa coletados até o momento, não há evidência científica convincente de que os sinais fracos de RF de estações rádio-base e redes sem fio causem efeitos adversos à saúde."

Fact Sheet No. 193: Campos electromagnéticos e saúde pública: telefones celulares (Maio de 2010)

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/en/index.html>

"Muitas dos grandes os estudos epidemiológicos multinacionais foram concluídas ou estão em curso, incluindo estudos caso/controle e estudos de coorte prospectivos que examinaram vários parâmetros de saúde em adultos. Até a data presente, os resultados de estudos epidemiológicos não fornecem evidências consistentes de uma relação causal entre a exposição a radiofrequência e qualquer efeito adverso à saúde. No entanto, estes estudos têm limitações demais para excluir completamente uma associação (...) O crescente uso de telefones celulares e a falta de dados com respeito à utilização dos mesmos durante períodos de tempo mais longos do que 15 anos justificam a realização de pesquisas sobre o uso de telefones celulares e o risco de câncer no cérebro . Em particular, com a recente popularidade do uso do celular entre jovens e, portanto, um período de vida potencialmente mais longa de exposição, a OMS promoveu a investigação complementar sobre este grupo. "

As fortes evidências e o conhecimento sobre as relações entre a exposição pessoal a campos eletromagnéticos, tais como aqueles usados em RF de radiodifusão e de comunicação, ainda são limitados, principalmente devido à relativa falta de estudos epidemiológicos mais amplos e bem controlados, bem como um conjunto restrito de desfechos de saúde que tenham sido estudados até agora. Adicione-se a isso tudo as significativas dificuldades metodológicas decorrentes de tais estudos. Os estudos que indicaram uma associação positiva são escassos e são significativamente superados pelos estudos com resultados negativos. Não há coerência satisfatória entre os estudos. Meta-análises bem conduzidas em relação à incidência de câncer de cabeça e cérebro sugerem que não existe risco (por exemplo, Lakhola *et al.*, 2006).

Isso se aplica a resultados relacionados à neoplasia, tais como cânceres de cabeça e pescoço para os resultados como para efeitos adversos sobre o sistema reprodutivo (por exemplo, esterilidade, deformações fetais, etc), bem como para outros sintomas e efeitos prejudiciais à saúde que foram estudados, tais como sobre os sistemas cardiovascular, endócrino, distúrbios oculares, efeitos sobre o sistema nervoso e a chamada Síndrome de Hipersensibilidade Eletromagnética (*Electromagnetic Hypersensitivity Syndrome - EHS*). Razões de risco relativo calculadas empiricamente foram, em sua maioria, próximas à unidade, o que indica ausência de risco, ou, em caso maiores do que um, com valores relativamente baixos, que são difíceis de interpretar devido à baixa incidência dessas doenças nas amostras estudadas.

Esta falta de evidência é particularmente aguda em estudos epidemiológicos de longo prazo relativos à exposição comunitária a estações rádio-base. Os baixos níveis de RF utilizados por esses modernos equipamentos digitais sugerem que são esperadas latências extremamente longas para qualquer manifestação de saúde decorrentes da exposição crônica, mas nenhum estudo foi terminado até agora que tenha endereçado latências de tempo superiores a 10 anos.

Assim, estudos epidemiológicos longitudinais e prospectivos de décadas de observação de alta qualidade terão que ser realizados antes de qualquer evidência poder ser fornecida a este respeito. Além disso, não existem dados epidemiológicos sobre grupos de usuários específicos, como crianças.

Declarações da Comissão de Especialistas Latino-Americanos

Os membros da Comissão concluíram que, em vista das dificuldades metodológicas e dos grandes custos envolvidos neste tipo de investigação, este tipo de pesquisa não é uma prioridade para a região, neste momento, e que estas poderia, ser melhor exercidas por países com mais recursos, como está sendo feito dentro do projeto INTERPHONE. É claro que seus resultados podem ser ampliados aos países latino-americanos.

A Comissão sugere, ainda, que existe, outras orientações de pesquisas epidemiológicas em saúde em relação ao financiamento das pesquisas e da atenção à saúde, devido aos enormes custos humanos e econômicos de doenças como dengue, malária, doença de Chagas, tuberculose, Aids, desnutrição, transtornos do desenvolvimento, e outros, que ainda são predominantes, porém mal financiados e negligenciadas pelas indústrias farmacêuticas e os estabelecimentos médicos dos países mais desenvolvidos.

As questões metodológicas em estudos epidemiológicos

Ahlbom *et al.* (2004) chamaram a atenção para as muitas dificuldades que cercam os estudos puramente observacionais e epidemiológicos de resultados adversos para a saúde da exposição a campos de RF de médio e longo prazo.

Outros autores, como Auvinen *et al* (2006) também comentaram sobre estes pontos, argumentando que melhorias consideráveis deveriam ser feitas nos fatores que afetam a validade dos estudos epidemiológicos sobre os efeitos na saúde do uso de telefones móveis, tais como quanto à arquitetura dos estudos, e avaliação acurada da exposição.

Deste modo, devido à grande importância de se qualificar a revisão crítica e sistemática dos estudos epidemiológicos, decidimos mencionar e discutir brevemente alguns dos principais pontos de qualidade metodológica neste ponto.

A diversidade de contribuição das fontes de exposição: Valberg *et al* (2007) indicaram que o corpo humano absorve cerca de 5 vezes mais energia de RF proveniente de transmissões de rádio FM e TV (em torno de 100 MHz) do que de frequências emitidas por estações rádio-base usadas em comunicações móveis (cerca de 1-2 GHz). Existem poucas razões para que um estudo epidemiológico destaque a certeza da exposição a uma antena de estação rádio-base de telefonia móvel, por exemplo, só porque ela fica perto do local onde os indivíduos vivem, com exceção de uma avaliação da prevalência da exposição, mas isso não justifica a exclusão de outras fontes de emissão de RF, a não ser que seja feito uma análise espectral de forma prospectiva ao longo da exposição. Deste modo, há poucas evidências atualmente que justifiquem que estudos epidemiológicos derivem suas conclusões exclusivamente aos efeitos nocivos das ondas de rádio emitidas a partir de antenas de telefonia móvel, negligenciando as ondas de rádio emitidas em frequências produzidas por outros tipos de transmissores presentes na proximidade dos sujeitos estudados (Schüz *et al*, 2000). Estes autores realizaram experiências que mostram que a contribuição de frequências de telefonia móvel de RF

total é pequena, e que a densidade de potência total reflete muito mais as frequências utilizadas pelas rádios FM, AM e canais de televisão. Como é impossível que as pessoas sejam submetidas a uma única faixa de frequência por qualquer período de tempo significativo, a determinação da contribuição de cada banda ao risco global continua a ser uma proposta difícil, na melhor das hipóteses (Neubauer *et al*, 2007). De fato, alguns autores sugerem que "*é praticamente impossível eliminar a exposição à RF a partir de outras fontes para o estudo dos efeitos isolados de telefones celulares na saúde.*" (Kohli *et al*, 2009), de modo que não se pode inferir de forma nenhuma umnexo causal da RF devida a uma fonte única (por exemplo, telefones celulares ou estações rádio-base).

Exposição mal estimada da população: esta é a maior fraqueza metodológica presente na maior parte dos estudos epidemiológicos. Com as técnicas usadas pelos estudos apresentados até agora, especialmente para a exposição comunitária e ocupacional, é quase impossível determinar com algum grau de confiabilidade a intensidade da variável independente, que é a Taxa de Absorção Específica (SAR) para diferentes partes do corpo, mesmo quando as densidades de energia de campo são medidas.

Muitos estudos ocupacionais, por exemplo, usaram apenas uma descrição do trabalho dos sujeitos expostos como um indicador aproximado de exposição (Ahlbom *et al*, 2004), ou usaram a distância dos mesmos à fonte mais próxima de RF para determinar os casos e controles, ou se basearam apenas em cálculos teóricos de distribuição de RF a partir de uma antena, a várias distâncias. Uma vasta gama de variações de exposição, em intensidade ou tempo foram combinados, até mesmo em estudos aparentemente bem projetados. Portanto, a confiabilidade e robustez dos elementos destas investigações epidemiológicas são muito baixas e não podem ser confiáveis para chegar a qualquer evidência. Breckencamp *et al* (2008) fizeram uma comparação entre as exposições calculadas baseadas em dados técnicos das antenas de RF de telefonia celular e os níveis mensurados por dosímetros, e concluíram que a correlação entre ambos é muito baixa (0,28 em média), bem como a especificidade e sensibilidade de tais cálculos para estimar as intensidades reais de campo, que as distâncias calculadas a partir de mapas introduzem um grande grau de incerteza em relação às intensidades medidas, e que apenas dosímetros envergados pessoalmente deveriam ser usados em estudos epidemiológicos de exposição comunitária, devido aos grandes erros introduzidos por mensurações indiretas ou representativas ("proxies"). Deste modo, Auvinen *et al* (2003) sugeriram que a maior parte das conclusões de "presença" ou de "ausência de efeitos" observados seriam quase sempre devidas ao acaso e não a umnexo real.

Além disso, é criticamente importante utilizar dados mais objetivos dos os que são auto-relatados pelos usuários quanto à intensidade de uso dos telefones celulares, tanto para estudos experimentais quanto epidemiológicos. O número e a duração das chamadas efetuadas, através da obtenção de informações dos provedores de telecomunicações é uma medida desse tipo, mas é difícil saber quem estava realmente utilizando o telefone quando a chamada foi feita, ou se estava sendo feita por meio de fones de ouvido ou dispositivos de viva-voz. Schüz & Johansen (2007) acharam uma concordância de apenas 60% entre o uso auto-relatado (uma medida que sofre toda espécie de vieses de memória, por si só), e os registros objetivos das operadoras de telefonia celular. Isso, evidentemente, representa tal margem de erro para calcular riscos relativos envolvendo números pequenos de sujeitos, que é de se espantar que existam trabalhos respeitáveis, como o INTERPHONE, que fazem uso de auto-relatos de uso de telefones celulares remontando a 10 anos ou mais, atrás.

Variações de potência de transmissão: a potência emitida pelo telefone celular pode variar substancialmente de chamada para chamada, dependendo da distância da estação rádio-base no momento da chamada, do ambiente onde se está utilizando o celular (dentro de um carro, por exemplo), entre outros fatores. Por exemplo, Lönn *et al* (2004) mediram a potência de saída de um telefone celular em áreas de diferentes graus de urbanização. Nas áreas rurais, onde as torres são maiores e mais distantes uma das outras, o nível de potência de saída utilizada por telefones móveis é, em média, consideravelmente mais elevado do que nas áreas mais densamente povoadas. O mesmo se aplica para os estudos de exposição à radiação de ERBs: diversos levantamentos em se mediu a variação do campo eletromagnético mostrou que dentro de uma mesma edificação, como uma casa ou apartamento, as pessoas são expostas a níveis amplamente flutuantes de densidade de potência do campo, à medida que se movimentam pelos seus aposentos, ou até mesmo dentro de um mesmo aposento. A consequência disso, é que não se pode assumir de forma nenhuma que só pelo fato das pessoas viverem a uma mesma distância de uma ERB estarão sujeitas ao mesmo SAR médio.

Inadequação de medidas substitutivas ou indiretas: Várias investigações metodológicas têm desafiado a adequação do chamado “proxy” ou medidas substitutivas da exposição, tais como tempo de uso do aparelho celular, número médio de chamadas, e até mesmo de duração da chamada. Morrissey (2007) , por exemplo, descobriu que elas se relacionam bastante mal com a exposição real à RF, porque há uma grande variabilidade durante uma única chamada, entre chamadas, entre os indivíduos, diferentes faixas etárias, localizações geográficas, etc., sem falar das variações de potência entre distintos modelos de aparelhos celulares.. Já discutimos também que estimativas subjetivas de tempo cumulativo de falar ao telefone são altamente inaccuradas, com erros de até 60%. Para os estudos de exposição comunitária, a determinação das densidades reais de potência dos campos de RF também é essencial, porque, como foi comentado anteriormente, o uso de medidas indiretas de exposição, como distância, campos calculados por simulação, e outras, são tão inaccurados e variáveis que não têm utilidade como medidas substitutivas ou indiretas. (por exemplo Neitzke *et al*, 2007).

Outras formas de comunicação móvel: Telefone celular é um termo genérico que não implica automaticamente em uma exposição uniforme à RF ao empregá-lo em contato com um dos lados da cabeça várias vezes por dia, como se infere normalmente. Não somente é impossível aferir de modo objetivo e acurado, tanto através de registros de chamadas fornecidos pelas operadoras, quanto pelo auto-relato dos usuários quantas vezes as pessoas fizeram ou receberam chamadas por viva-voz ou por fones de ouvido (diminuindo, desta forma, a exposição da região da cabeça e do cérebro à RF), mas também qual é o uso que fazem de recursos cada vez mais comuns, tais como mensagens SMS e email, correio de voz, navegação pela Internet, ouvir músicas, etc;), desta forma gerando novas fontes de imprecisão das medidas indiretas de exposição. Pior ainda, existem muitas diferenças quanto a essas novas formas de uso entre faixas etárias, sexo, nível sócio-econômico e educacional, custos operacionais, etc. Com isso tudo, fica extremamente trabalhoso e difícil o pareamento de grupos caso e controle, e a aleatorização nem sempre pode representar uma garantia para a qualidade do estudo epidemiológico.

Múltiplas fontes de exposição: Outra tendência de grande impacto que está ocorrendo progressivamente quanto aos padrões de utilização das comunicações móveis, e que é difícil de controlar, em especial em estudos epidemiológicos retrospectivos de coortes

baseados em registros de base populacional, é a de que muitos usuários possuem hoje mais de um telefone celular em seus nomes ou em nome de empresas, de tal forma que é impossível controlar o grau de uso e exposição à RF nesses casos. Em muitos países, os telefones celulares pré-pagos, os quais normalmente não têm o usuário identificado, representam mais de 80% de todas as linhas, e uma parte grande da população de usuários opera de formas altamente variáveis uma mistura de telefones pós-pagos e pré-pagos, do mesmo ou de distintos provedores, ou até mesmo com vários chips SIM de celulares, que são intercambiados livremente e sem aviso. Procedimentos para a ligação de registros (record linkage) não funcionarão em todos estes casos, levando uma subestimativa sistemática da exposição à RF de muitos usuários.

Mudanças temporais de longo prazo nos níveis de exposição: Um fator adicional que leva a erros de estimativa da exposição dos usuários à RF tem sido muitas vezes ignorado pelos epidemiologistas: a rápida evolução das tecnologias de telecomunicação móvel. Uma pessoa que usou um telefone celular por 10 anos ou mais, foi provavelmente o proprietário de vários modelos de aparelhos com parâmetros de emissão de RF muito diferentes ao longo deste tempo, tanto do ponto de vista do SAR, quanto da modulação do sinal. Dados recentes mostram que dois terços dos usuários americanos substituem seus telefones após uma média de menos de dois anos de uso, e que este ritmo tem se acelerado ultimamente, sendo maior para a geração mais jovem (International Communication Research, 2010). Por exemplo, no Brasil, 70% dos usuários em uma pesquisa nacional disseram, que queriam comprar um novo telefone em 2010. Em 2008 esse percentual era de 32%. (Gilsogamo, 2010).

A primeira geração (analógica) de celulares estiveram em uso até o final dos anos noventa e expunham os usuários a campos de radiofrequência, que eram de 5 a 20 vezes mais intenso do que nos aparelhos digitais atuais, além de empregarem antenas monopolo externas. Como a tecnologia evoluiu constantemente nesta área tecnológica, a tendência é na direção de níveis de exposição ainda menores. Em alguns lugares os telefones analógicos ainda são utilizados, ou este modo é ativado automaticamente quando o aparelho entra em modo de visitante (roaming) em certos lugares onde não há cobertura digital ainda, porém a mudança completa, em grande parte global, para GSM, CDMA, TDMA e outras tecnologias de transmissão digital ocorreu em menos de dez anos. Nos Estados Unidos, a tecnologia analógica AMPS foi introduzida comercialmente em 1983, iDEN e CDMA, as primeiras tecnologias digitais, em 1994, e 1996, respectivamente, as de telefones segunda geração (2G) em 1997. O padrão GSM de telefonia móvel digital, iniciado em 1992 em vários países europeus, no prazo de apenas dois anos tinha conseguido um alcance global, tendo chegado aos E.U.A. em 1997. A terceira e quarta gerações de tecnologias móveis foram lançados em todo o mundo em 2003 e 2009, respectivamente. Note-se ainda que a intensidade de campos de saída de RF nas suas estações rádio-base são cada vez menos intensos e as antenas menos espaçadas entre si. Micro- nano- e femtocélulas, com radiação muito baixa, agora estão se tornando a norma nas redes celulares, mudando totalmente os padrões de exposição.

Somando-se a todas essas complicações inerentes à medida do grau da exposição em telefonia celular, observamos também que os usuários têm aumentado muito o tempo total de uso do telefone nos últimos 20 anos. Por exemplo, em 1998 o consumidor médio usava o seu telefone 122 minutos por mês. Dois anos mais tarde, isso tinha quase triplicado, para 320 minutos por mês, e atualmente é provavelmente superior a 600 minutos por mês para alguns usuários pesados, como a nova categoria de "viciados em celular".

Conclui-se. Portanto, que a imprecisão elevada na medição do valor real da variável independente com uma margem tão ampla de erro de fazer a maioria dos estudos de difícil interpretação e para alcançar a verdade, Além disso, o quadro de avaliação da exposição é muito complexo e se tornará mais assim no futuro. Como a taxa de adoção e as diferenças culturais são largas, reunindo os resultados de vários países, usando apenas a autoestima de tempo e frequência de uso, ou mesmo registros da empresa, como no INTERPHONE estudos, não pode fornecer uma estimativa adequada do uso do telefone.

Grupos de controle incomparáveis: Realizar estudos epidemiológicos que comparam um desfecho de saúde entre usuários e não usuário de telefones celulares tenderá a ser uma tarefa impossível no futuro, pois está já ocorrendo uma dificuldade crescente em encontrar pessoas que não sejam usuários dessa tecnologia de comunicação tão ubíqua, especialmente entre os jovens. Sabbatini (2010), em um estudo recente sobre os usuários de celulares em três cidades de tamanhos diferentes no Brasil, descobriu que a taxa de penetração dos mesmos é mais baixa entre os mais pobres, os de menor escolaridade, e os muito velhos, ao passo que ela supera agora mais de 100% na faixa etária de 18 a 30 anos. Neste caso, está ficando extremamente difícil, se não impossível evitar vieses de seleção capazes de introduzir grandes erros, uma vez que os grupos de controle serão diferente em muitos pontos dos grupos de casos, independentemente dos esforços para pará-los de acordo com variáveis importantes.

Pequeno número de casos: com exceção de dois grandes estudos de coorte, a maioria das investigações epidemiológicas foi realizada com desenhos observacionais do tipo caso/, que utilizam um menor número de casos (indivíduos com a doença). Embora os métodos possam ser posteriormente suficientemente sensíveis para detectar associações significativas, mesmo com um número relativamente pequeno de indivíduos, há vários vieses e anomalias estatísticas possíveis quando os pesquisadores não são capazes de coletar dados suficientes de casos, como quando a incidência de cânceres investigados é muito rara (alguns estudos foram baseados em 1 à 3 casos apenas, o que é positivamente uma aberração, ao se considerar a extrema instabilidade dos métodos de inferência estatística com números tão baixos. As taxas de risco relativo próximas a 1 podem ser significativas por puro acaso, ou mais provavelmente, efeitos de maior magnitude pode ser indetectados. Simulações de Monte Carlo têm demonstrado que os testes de associação não paramétrica que partem de tabelas altamente assimétricas e com números muito pequenos em uma das suas células são altamente sensíveis a pequenas variações nos números de pacientes que apresentaram a doença.

Pequeno número de amostras espaciais: os poucos estudos sobre exposição comunitária a antenas de ERBs usaram a distância da mesma às residências das pessoas expostas, ou uma área de tamanho fixo delimitada em torno da ERB (a chamada amostra espacial), para delimitar uma região na qual serão coletados os dados dos sujeitos a serem alocados os casos e os controles. Esta é uma suposição bastante arriscada e injustificada se o número de amostras espaciais for pequena, porque outros fatores de risco podem estar operando na região, tais como: herança genética comum (a existência de grupos familiares ou étnicos de forma diferenciada nas áreas de caso e de controle), a presença de fontes de radiações ionizantes, como radônio, a contaminação química do solo, etc e que não podem ser devidamente ajustados para que o estudo seja bem realizado e não apresente fatores confundentes. Alguns dos estudos de exposição comunitária que foram publicados, não foram incluídos na presente análise de literatura,

devido ao fato de que eles investigaram aglomerados de casos de câncer em apenas uma amostra espacial, enquanto os controles foram coletados de forma dispersa em uma área muito maior. Em um dos artigos publicados recentemente por um pesquisador austríaco anunciou com alarde a descoberta de uma associação entre a incidência de vários tipos de câncer e a proximidade prolongada dos indivíduos afetados a uma estação base em um pequeno povoado. Infelizmente para o pesquisador, foi anunciado que a antena em questão estava desconectada há vários anos, o que levou a um pedido de retração do artigo publicado! Este caso exemplifica os perigos de investigações epidemiológica descuidadas.

Investigação seletiva em resposta ao surgimento de aglomerados de câncer. Aglomerados (“clusters”) de câncer são conhecidos por ocorrerem com frequência, como resultado aleatório de fenômenos espaciais temporais. Assim, reagir com a realização apressadas de estudos retrospectivos forçados pela reação da comunidade a esses aglomerados, que é uma resposta muito frequente das autoridades, é uma prática de pesquisa ruim, porque é muito difícil chegar a umnexo epidemiológico-causal nesses casos. Sem mencionar que muitas vezes eles não têm uma causa subjacente real.

Pequeno número de desfechos de saúde: A maioria dos estudos publicados enfocam um pequeno número de desfechos de saúde, tais como tumores da cabeça, pescoço e sistema nervoso central. A seleção desses resultados pode deixar de fora outros desfechos ou parâmetros que possam ser significativos. Na verdade, os tumores mais raros podem ter sido deixados de fora dos estudos epidemiológicos, embora sua incidência poderia ser melhor correlacionada com a distribuição da densidade de potência no cérebro. De acordo com o resumo de outubro do 2008 do Projeto INTERPHONE pela IARC, *“como a exposição à RF de telefones é localizada, se existir um risco é provável que seja maior para tumores em regiões com maior absorção de energia. A distribuição espacial da energia de radiofrequência no cérebro foi caracterizada a partir dos resultados das medições efetuadas em mais de 100 telefones usados em diferentes países. A maioria (97-99%, dependendo da frequência) parece ser absorvida no hemisfério cerebral no lado onde o celular é usado, principalmente no lobo temporal. A SAR média relativa é maior no lobo temporal e cerebelo e diminui muito rapidamente com a profundidade crescente, principalmente nas frequências mais elevadas. As análises de risco relativas à localização do tumor são, portanto, essenciais para a interpretação dos resultados de estudos de tumores cerebrais em relação ao uso do telefone móvel (Cardis et al, 2008).* Portanto, devem ser realizados mais estudos para caracterizar melhor a localização tridimensional de tumores cerebrais em relação à exposição a RF.

Teste de hipóteses múltiplas: é uma coisa feita comumente em estudos epidemiológicos relacionados à exposição a campos eletromagnéticos, ou seja, um grande número de desfechos associados a várias combinações de variáveis de corte costumam ser testados simultaneamente. Do ponto de vista da estatística, isso tem o efeito de aumentar a probabilidade de obter associações falso-positivas, e deve ser evitado. Outro viés é criado quando os pesquisadores enfocam as associações mais significativas estatisticamente, o que gera vieses adicionais. Particularmente em estudos de tamanho pequeno, associações fortes podem ser espúrias e não suportadas por estudos posteriores (Pocock et al, 2004)>

Efeitos diferenciais de variáveis confundentes: Este fator pode ser, em alguma medida, uma consequência de outros, como o pequeno tamanho das amostras, porque a

grande diversidade de potenciais variáveis confundentes torna a estratificação, pareamento ou seleção, os recursos estatísticos clássicos para reduzir a variabilidade, uma tarefa impossível. Pior ainda é o fato de que os investigadores são frequentemente incapazes de determinar se os grupos de caso e controle diferem uns dos outros em termos da influência das variáveis confundentes. Um exemplo de como essas variáveis podem distorcer e mascarar os resultados, foi o estudo de validação do INTERPHONE na Alemanha (Schlehofer *et al*, 2007), que descobriu que a exposição a sons intensos, ao tabagismo e à febre do feno foram fatores de risco significativo para neuromas do nervo acústico, mas não a exposição a radiações ionizantes e radiações não-ionizantes (exceto para as pessoas que foram irradiadas para fins médicos na cabeça e no pescoço, com uma OR de 6,05 (Blettner *et al*, 2007). Um estudo caso/controle por Edwards (2006) confirmou também que um risco mais elevado (OR de 2.12) do neuroma do acústico ocorre em pessoas que ouvem música em alto volume por 13 anos ou mais. Esse resultado talvez seja a explicação para alguns dos riscos mais elevados de neuroma do acústico ipsilateral achados em vários estudos epidemiológicos, inclusive os do projeto INTERPHONE, e do grupo de Hardell, uma vez que o dano provocado pelo som do telefone celular ao ouvido em usuários pesados não pode ser separado da irradiação RNI emitida pela antena do aparelho.

Viés de latência: Além da latência que decorre entre o início da exposição a um fator etiológico e a manifestação da doença, e que é inerente à maioria das doenças, incluindo o câncer; outra dificuldade metodológica em estudos epidemiológicos é a criada pela latência entre a primeira manifestação e a primeira detecção da doença. Esse período “silencioso” pode ser muito grande em cânceres causado por exposição a agentes ambientais deletérios (por exemplo, Gofman, 1990). Em alguns tipos de câncer essa latência pode realmente ser maior do que o tempo de vida restante para os indivíduos que fazem parte do estudo, dependendo de sua idade no início do estudo. Devido às dificuldades na determinação do período real dessa latência, geralmente é utilizado o período composto pela soma das duas citadas, ou seja, o tempo decorrido desde o início da exposição até o diagnóstico. O problema é que essa soma cria um novo viés nos estudos observacionais sobre o desenvolvimento de doenças, chamado de viés de latência (Gail & Bénichou, 2001), que pode introduzir grandes erros sistemáticos diferenciais e afetar os resultados de várias maneiras. Por exemplo, em estudos de coortes, o período de observação é muitas vezes limitado arbitrariamente e pode terminar antes que sejam diagnosticados casos novos de câncer no grupo exposto, diminuindo assim a magnitude aferida do efeito (risco relativo), particularmente para os subgrupos de menor ou nenhuma exposição, uma vez que nesses grupos a incidência de tumores pode ser menor, caso haja uma relação causa-efeito. Além disso, os tumores no grupo exposto podem ter começado a crescer antes de ter se iniciado a exposição ao agente ambiental estudado, sem ter nexos causais com o mesmo. Isso tem a propriedade de aumentar a magnitude do risco relativo, principalmente para períodos de latência muito longos. Os estudos de caso-controle são menos sensíveis ao viés de latência por causa da aleatorização e do pareamento de casos com controles, mas outros efeitos diferenciais causados pela latência podem estar presentes. Isso pode ocorrer, por exemplo, quando dados de casos ou de controles que foram submetidos a períodos curtos de exposição aos campos electromagnéticos forem analisados em conjunto com dados de casos e controles que tiveram exposições por períodos mais longos de tempo.

Um modelo em várias fases de causação do câncer, como o proposto por Armitage & Doll (1961), deveria ser utilizado na concepção de estudos epidemiológicos de câncer em relação a agentes ambientais. Os investigadores devem introduzir retardos entre o início

da exposição e a realização das observações, com base nas latência médias, conhecidas ou calculadas, para o tipo particular de câncer em estudo (Gail & Bénichou, 2001), um valor que, infelizmente, muitas vezes é desconhecido ou que não foi observado.

Estudos epidemiológicos durante longos períodos de tempo são difíceis de realizar e a maioria dos usuários de telefone celular no mundo têm menos de 5 anos de uso, por isso esta dificuldade não é fácil de resolver. Além disso, os períodos de retardo relevantes para os potenciais efeitos da exposição de RF de baixa intensidade sobre a saúde são presentemente desconhecidos, mas provavelmente são bastante longos e, portanto foram negligenciados pelos estudos realizados até agora.

Viés de seleção é muito comum em estudos caso/controle retrospectivos e pode agir quando são realizadas inclusões ou exclusões de participantes de acordo com tendências diferenciais conscientes ou inconscientes (por exemplo, selecionar pacientes com aparência mais saudável para o grupo de controle). Esse tipo de viés é facilmente afastado com a aleatorização, porém outras formas de seleção podem ser mais difíceis quanto à prevenção do viés de seleção. Um exemplo muito comum ocorre quando o desenho do estudo prevê deixar de fora os dados de pessoas que se recusaram a participar do estudo, ou que desistiram de participar antes que ele terminasse, porque eles podem ter feito isso por alguma razão que irá introduzir um erro sistemático na amostragem. O potencial desse tipo de viés de seleção foi avaliado em um dos estudos metodológicos preliminares do Projeto INTERPHONE (Vrijheid *et al*, 2009B) usando informações provenientes de questionários especiais que foram preenchidos por um subconjunto de sujeitos que não participaram por algum motivo do estudo. O uso regular do telefones móveis foi relatado como sendo menos frequente no grupo de controles (56%) e casos (50%) nos não participantes do que por aqueles que participaram (controles, 69% e casos, 66%). Os resultados, que sugerem que a recusa de participação está relacionada a uma menor frequência de uso de celulares, poderia levar a uma diminuição da razão de chances (OR) em torno de 10%. Além disso, uma taxa mais reduzida de respostas a questionários introduz um viés, particularmente entre os controles, se a causa da participação é de algum modo relacionado ao uso de telefones móveis (Cardis *et al.*, 2007). Esta poderia ser uma explicação parcial para o fato de que muitos das razões de chances (OR) calculadas nos estudos INTERPHONE foram menores do que 1 (SCENIHR, 2009). Outros exemplos de viés de seleção são deixar de fora usuários corporativos de telefones celulares (devido à dificuldade de identificar efetivamente qual era a pessoa que o utiliza), excluir pessoas com outros tipos de doenças, ou que já morreram (para evitar questionamento retroativos de parentes ou amigos, chamados de “questionários por procuração” (proxy, em inglês), geralmente mais inacurados, etc.

Viés de recordação: Para estudos retrospectivos baseados em questionários, esta pode ser uma fonte importante e bastante comum de viés, devido ao fato que a intensidade de utilização auto-relatada de telefones celulares é notoriamente uma medida pouco confiável, particularmente em estudos de longo prazo. Timotijevic *et al.* (2008) examinaram os fatores que influenciam o auto-relato nessas condições, tais como a indução inconsciente de determinadas respostas, as referências temporais e outras. Um estudo de correlação por Parslow *et al* (2003) indicou que o auto-relato de indicadores da intensidade de uso de telefones celulares no passado tende a ser mais comum para estimativas a mais desses números do que relatar a menos (70% a mais quanto ao número de chamadas realizadas e 180% a mais quanto à duração das chamadas). A maioria dos estudos de validação de auto-relatos superestima a duração por um fator de

1.4 e subestima o número de chamadas por um fator de 0,81 (Vrijheid *et al.* 2008, 2009). Essa magnitude de erro seria intolerável em qualquer estudo científico, porém o uso de aleatorização e de cálculos de risco relativo tem o efeito de tornar menos importante esse viés, a não ser que ele ocorra de forma diferencial nos grupos de casos e de controles, ou nos dois braços de um estudo longitudinal.

O grupo de estudo INTERPHONE fez um grande esforço de investigar, pela primeira vez, quão prevalente e grave é o viés de recordação (Vrijheid *et al.*, 2006a, Samkange-Zeebe *et al.*, 2004). Como se esperava, eles concluíram que durante 6 meses apenas, “os voluntários recordaram sua recente utilização de um telefone com erros sistemáticos e erros aleatórios bastante moderados. Pode ser esperado que este grande erro aleatório diminua o poder estatístico do estudo INTERPHONE no sentido de detectar um aumento do risco para os tumores do cérebro, neuroma do nervo acústico e tumores da glândula parótida com o uso crescente de telefone móvel, se eles existirem”, e relataram ainda que, embora o número de chamadas era bem correlacionado com o padrão-ouro fornecido pelos registros de número chamadas de telecomunicações, ao longo de um período de 3 meses, isto não ocorreu com a duração relatada para as chamadas.

Estes resultados foram ampliados em uma publicação do mesmo grupo em 2009, onde verificou-se que “*para os casos, mas não para os controles, as taxas de correlação (entre auto-relatado e medido) aumentaram com o tempo decorrido entre a exposição e a entrevista (...). As correlações também foram maiores em proporção ao nível de utilização de celulares. Os erros de rememoração foram grandes (...). Ocorreu uma aparente superestimação do número e duração de chamadas pelos participantes do grupo de casos para períodos remotos de tempo. Deste modo isso poderia causar um viés positivo da estimativa do risco de doença associada ao uso de telefones celulares.*”.

Em um outro estudo de validação (Berg *et al.*, 2005), a potência de energia emitida pelos telefones móveis foi correlacionada com os auto-relatos dos usuários quanto à intensidade de uso (número e duração das chamadas efetuadas). A correlação foi significativa, porém baixa, para chamadas de celular de até 3 meses atrás (0,5 e 0,48 para o número e duração das chamadas, respectivamente). A acurácia de rememoração para períodos de tempo maiores não foram investigadas, mas certamente seriam muito menos correlacionadas. O impacto do viés de seleção e viés de recordação em estudos epidemiológicos de RF e saúde foram também estudados quantitativamente por meio de simulações por Vrijheid *et al.* (2006b), que chegaram às mesmas conclusões dos estudos experimentais. Como as estimativas dos riscos relativos que tem sido obtidos na maioria dos estudos epidemiológicos de efeitos da RF sobre a saúde são relativamente modestos, (ou seja, abaixo de 2), presume-se que tais vieses de recordação poderiam estar afetando a significância dos resultados.

Viés diferencial da recordação: as pessoas que têm um tumor ou doença, por exemplo, e que acreditam ou são levadas a acreditar pelos próprios investigadores ou pela mídia de massa que eles foram causados pela RF, tendem a recordar coisas com um forte viés a favor dessa causalidade. Esse tipo de viés diferencial pode ser particularmente forte para o lado da cabeça preferido para uso do celular (lateralidade de efeito), uma vez que as pessoas que ficaram doentes têm a tendência a indicar o lado em que o tumor ocorreu como sendo o lado em que eles mais usaram o aparelho. Este viés, por exemplo, foi identificado pelos próprios autores do estudo final para alguns tumores cerebrais do Projeto INTERPHONE (The INTERPHONE Research Group, 2010) como sendo um dos erros sistemáticos que explicariam um maior OR para tumores ipsilaterais.

Viés de relato: dois problemas podem ocorrer em estudos retrospectivos de casos vistos há muitos anos, especialmente com doenças de alta letalidade, como algumas neoplasias. Em primeiro lugar, uma quantidade considerável de dados sobre a exposição de pessoas falecidas é baseado em informações de segunda mão por parentes e cuidadores que tinham contato mais íntimo e prolongado com os mesmos. Isso é chamado de relato por procuração (“reporting by proxy”, em inglês). Certamente, isso reduz consideravelmente a precisão dos dados e deve ser evitado, embora isso seja impossível em alguns casos. É um dilema, porque manter a entrevista por procuração introduz outros vieses, pois elas são mais comuns em casos do que nos controles, devido à morte ou desabilitação pela própria doença), enquanto que a sua eliminação poderia introduzir um outro tipo de viés (melhor qualidade de dados nos controles, exclusão de pacientes que não estão disponíveis no momento da coleta de dados retrospectivos). Em segundo lugar (e mais grave, porque é difícil de detectar e corrigir), o cérebro, a memória e a cognição podem ser afetados pela doença em si, principalmente se for no cérebro, e introduzir imprecisões ou informações falsas por pacientes afetados (Ahlbom *et al.* 2004).

Coleta não-cega de dados e viés de relato: Em um estudo realizado na Alemanha, os moradores de um bairro foram efetivamente comunicados pelos investigadores que estavam sendo recrutados para a avaliação de má saúde causada por uma antena situada perto de suas casas, um fato que muitos ignoraram até então! Erros metodológicos e elementares como estes são realmente muito comuns, assim como estudos cegos ou duplo cegos nem sempre são totalmente impossíveis. Segundo Valberg *et al* (2007), a maioria desses estudos epidemiológicos seriam descartados como inaceitáveis, se tivessem que seguir os padrões de qualidade dos ensaios clínicos de medicamentos.

Conclusões quando aos problemas metodológicos

Em conclusão, há muitas dificuldades metodológicas que parecem afetar os estudos epidemiológicos nesta área, particularmente aqueles com desenho do tipo caso/controle. Os problemas mais comuns que devem ser considerados são:

- Estimativa inadequada da exposição
- Ação diferencial do viés de recordação
- Viés de seleção

Os pontos mais importantes e difíceis no planejamento do protocolo de um estudo caso-controle são: a obtenção dos casos, a seleção de controles, e a qualidade da medida da exposição ao agente ambiental (Wacholder, 1995).

O que pode ser feito para melhorar a qualidade e a resolutividade dos estudos epidemiológicos sobre os efeitos dos CEM sobre a saúde?

Em primeiro lugar, são necessários melhores métodos de relatório. Grupos de pesquisadores epidemiológicos preocupados com esse aspecto, têm dedicado seu tempo a desenvolver diretrizes práticas melhores (por exemplo, Stroup *et al*, 2000; Blettner *et al.*, 2001. Pocock *et al.*, 2004). A transparência e a abordagem sistemática são os objetivos atuais de muitas revisões da literatura nesse sentido.

Segundo Auvinen *et al* (2006). "*A maior oportunidade de melhorar a qualidade da*

evidência é através de estudos prospectivos. A principal limitação dos estudos epidemiológicos que abordam efeitos do uso de telefones celulares sobre a saúde está relacionada à avaliação da exposição. Estas limitações são inerentes aos estudos de caso/controle. A qualidade das evidências pode ser melhorada através da realização de estudos prospectivos de coorte ".

SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks), um corpo consultivo estabelecido pela Comunidade Europeia identificou a melhor maneira de preencher as lacunas de pesquisa em estudos epidemiológicos humanos o seguinte:

“Um estudo prospectivo de coortes é o próximo passo lógico na hierarquia de evidências, seguindo-se aos estudos inconclusivos caso/controle prévios. Um estudo baseado em coortes supera as limitações dos estudos caso/controle, tais como os vieses de recordação e de seleção, assim como a incerteza devida à avaliação retrospectiva auto-relatada da exposição. Tal estudo expandiria significativamente a gama estreita de desfechos analisados em estudos anteriores, que foi limitada principalmente a tumores intracranianos. Desfechos adicionais, tais como doenças neurológicas e cerebrais e outros tipos de câncer, poderiam ser incluídos. Os estudos prospectivos podem levar em consideração não somente os efeitos da exposição atual, mas também o histórico de exposição incorrido antes do início do seguimento, assim como a exposição a novas tecnologias, desenvolvidas ao longo do estudo” (SCENIHR, julho de 2009)

A este respeito, uma série de estudos de coorte prospectivos de longa duração (20 a 30 anos) estão se iniciando em 2010, tais como COSMOS (International **CO**hort **S**tudy of **MO**bile Phone Use and Health, veja Schüz, 2006), realizado pelo Departamento de Epidemiologia e Saúde Pública do Imperial College de Londres, Reino Unido e vários outros países (Suécia, Dinamarca, etc.) Os custos deste tipo de estudo são grandes, e o seu financiamento a longo prazo geralmente não é totalmente garantido, mas certamente são necessários para fornecer uma garantia final para a ciência e para o público da segurança a longo prazo dos telefones celulares.

Em relação às crianças, SCENIHR (2009) também propõe em seu relatório quais são as lacunas da pesquisa em curso sobre campos electromagnéticos e saúde:

“As crianças estão expostas mais cedo a campos de RF provenientes de equipamentos de telecomunicações móveis e assim terão um tempo maior de exposição ao longo da vida do que os adultos dos dias de hoje. Elas também podem ser mais suscetíveis do que os adultos a esses campos, devido às diferenças anatômicas e morfológicas, e de que modo elas são expostas durante o desenvolvimento. As investigações finalizadas e em curso são sobretudo estudos de caso/controle sobre os tumores cerebrais na infância. Dificilmente foram realizadas pesquisas sobre os efeitos da exposição a campos electromagnéticos sobre o desenvolvimento do sistema nervoso central, e sobre a função cognitiva e comportamento de crianças. Mais dados também são necessários em crianças menores do que aqueles que foram estudadas até agora. Experiências com animais quanto ao desenvolvimento precoce do cérebro e comportamento poderão responder a algumas das questões relacionadas aos efeitos sobre as crianças.

A eliminação dos erros de avaliação da exposição só serão conseguidos utilizando dosímetros pessoais, que serão capazes de gravar continuamente a intensidade do

espectro de frequências eletromagnéticas de rádio e micro-ondas, que sejam livres de manutenção e que permitam gravações confiáveis. Esta é a mais importante inovação tecnológica com poder para mudar o cenário atual, porém a sua implantação com grande número de participantes é muito cara (considere a comparação, por exemplo, com a radiodosimetria, que utiliza crachás com filme fotográfico para determinar a exposição à radiação ionizante de milhões de profissionais a cada ano em todo o mundo, e que é muito barata, é facilmente quantificável e razoavelmente confiável). Em um encontro realizado em janeiro de 2008, intitulado "A Dosimetria Encontra a Epidemiologia", foi afirmado que *"o monitoramento é uma condição sine qua non para avaliar a situação da saúde pública e um paralelo deve ser traçado na pesquisa de RF, onde a questão deve focar não só nos mecanismos, mas também na saúde pública. Além disso, o conhecimento sobre o grau de exposição pública será obrigatório se evidências consistentes de efeitos adversos não-térmicos de exposições ELF e RF forem estabelecidos"*.

Os primeiros estudos estão começando a aparecer ao longo destas linhas. Na Alemanha, foi realizada um levantamento preliminar com usuários carregando um dosímetro pessoal por 24 horas, com medições a cada segundo, Kühnlein et al. (2008) determinaram que a exposição total a campos de RF de todos os indivíduos avaliados foi significativamente abaixo do nível de referência da ICNIRP.

Outra melhoria técnica que possibilitaria uma melhor avaliação do grau de exposição em base contínuas para as pesquisas epidemiológicas sobre usuários de telefones celulares, são aparelhos telefônicos especiais que foram modificados por software (SMP: *Software Modified Phones*) para efetuarem o registro da potência de saída de cada chamada feita. Embora ainda não seja uma verdadeira medição do SAR, a correlação com ele pode ser boa o suficiente. Foi realizada uma investigação utilizando SMPs com mais de 60.000 chamadas, por Vrijheid et al (2009a). Eles concluíram que a potência média usada foi de 50% da máxima possível, que ela variava por um fator de 2 a 3 entre centros de estudo e operadoras de telefonia celular, e que, em cerca de 40% do tempo as conversas foram realizadas na potência máxima. Além disso, determinou-se que esta aumentava muito quando os telefonemas eram feitos em localidades rurais, devido a uma maior distância da estação rádio-base Os autores concluíram que existe pouco valor na coleta de informações sobre as circunstância de uso dos telefones.

Um bom exemplo de que tipo de contribuições decisivas um estudo epidemiológico bem conduzido pode trazer à medicina é a investigação, longitudinal prospectiva de exposição ao tabaco, e desfechos de saúde em 34.439 médicos do Serviço Nacional de Saúde do Reino Unido ao longo de cinco décadas (Doll et al, 2004). O grau de exposição foi registrado com razoável precisão, sem um grande viés de recordação, houve uma relação confiável entre a exposição, medida em número diário de cigarros e a concentração sanguínea de produtos químicos, como a nicotina, a avaliação de riscos e o registro de desfechos de saúde com latências muito longas foram próximos do ideal (98,9% das causas de morte foram identificadas), um grande número de participantes manteve a adesão ao estudo (94%), e várias outras características exemplares do gênero. Deste modo, uma relação causa-efeito pode ser claramente estabelecida em um campo cheio de incertezas, até então, o que mudou para sempre as atitudes da ciência médica e do público em relação ao tabaco (ao mostrar, por exemplo, que os fumantes tinham um risco 300% mais alto de morrer mais cedo em relação aos não-fumantes).

Se nos referirmos aos famosos nove pontos de Bradford Hill (1969) que foram propostos

como os critérios a serem satisfeitos quando se tenta atribuir uma relação de causa-efeito a partir de estudos epidemiológicos, podemos facilmente verificar que o corpo de evidências até agora não os satisfaz integralmente, no que diz respeito à exposição à campos RF e os possíveis efeitos na saúde humana:

1. **Força das medidas de associação**, tais como RRs, ORs e SIRs tem sido geralmente fraca, quase todos próximas ou próximas à unidade;
2. **Consistência intra e inter- estudos**: neste campo há uma grande controvérsia científica, alimentada por uma inconsistência notável entre os estudos relativos a vários desfechos de saúde, a reprodutibilidade dos resultados positivos é baixa, e a comparação entre eles é difícil, devido às grandes diferenças na qualidade da metodologia;
3. **Especificidade da associação**: embora os estudos epidemiológicos tenham buscado associações específicas, eles ainda são controversos uma vez que muitos estudos se contradizem, a variável independente (exposição à RF) é medida com uma grande margem de inacurácia, e existe um grande número de variáveis não controladas;
4. **Temporalidade**: a maioria dos estudos analisou a exposição antes da doença, mas como o início da doença não é a mesma que a primeira detecção da doença, sobretudo nos cânceres com longos períodos de desenvolvimento, a sequência temporal causa-doença é ainda um pouco nebulosa.
5. **Relação dose-resposta**: poucos estudos examinaram esse parâmetro, em parte devido às dificuldades metodológicas. Na maioria dos estudos de exposição comunitária, tal relação, avaliada indiretamente pela distância da antena rádio-base, não pode ser comprovada por dados confiáveis que poderiam explicar melhor as pequenas variações observadas. Nos estudos com usuários de telefones celulares, o número e a duração dos telefonemas foram usados comumente como um parâmetro de dose, porém o viés de recordação influenciou a acurácia dos resultados.
6. **Plausibilidade biológica, física e química**: os níveis muito baixos dos campos de RF emitidos pelas estações rádio-base não suportam uma plausibilidade nesse sentido. Os telefones celulares, por outro lado produzem exposições relativamente elevadas, de modo que este se torna mais plausível. No entanto, a maioria das pesquisas publicadas não forneceram uma base firme de evidências para a existência desses efeitos, mesmo quando existem altos níveis de exposição;
7. **Coerência biológica**: Ao contrário da radiação ionizante, a radiofrequência por ser não-ionizante raramente apresenta efeitos biológicos e moleculares comprovados e que expliquem danos à maquinaria celular, e assim são improváveis na determinação dos mecanismos da doença em níveis baixos de potência. Quanto aos efeitos não-térmicos, e ainda duvidosa sua existência, e que eles representariam um fenômeno importante para a promoção da doença.
8. Não há nenhuma **sustentação consistente de estudos** com células vivas, animais e seres humanos aos estudos epidemiológicos positivos
9. Uma **analogia com outras relações causais similares** descobertas, tal como com radiação ionizante, não foi assegurada até agora, e seria várias ordens de magnitude menos intensas, se eventualmente for provado que elas existam (sendo uma das razões o fato de que a RF não tem efeitos biológicos cumulativos). Uma analogia possível poderia eventualmente ser demonstrada em relação a campos eletromagnéticos de frequência muito baixa (ELF, emitida por linhas de transmissão elétrica de alta potência), os quais obtiveram do IARC uma classificação como agente carcinogênico possível, mas não provável. No entanto, os mecanismos

biofísicos parecem ser bastante diferentes para RF e ELF.