Ciliane Matilde Sollitto

**Leucemias e proximidade de residência a linhas
de energia elétrica na cidade de São Paulo**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para obtenção do título
de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Fisiopatologia Experimental

Orientador: Prof. Dr. Luiz Alberto Amador Pereira

**São Paulo
2009**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Sollitto, Ciliane Matilde

Leucemias e proximidade de residência a linhas de energia elétrica na cidade de São Paulo / Ciliane Matilde Sollitto. -- São Paulo, 2009.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Fisiopatologia Experimental.

Orientador: Luiz Alberto Amador Pereira.

Descritores: 1.Leucemia 2.Campos eletromagnéticos 3.Sistemas de informação geográfica 4.Dados demográficos 5.Incidência

USP/FM/SBD-045/09

**Dedico este trabalho aos meus pais
Donato (*in memorian*) e Sidney
A quem devo toda a minha trajetória
pelo constante incentivo para os estudos
de toda uma vida.**

AGRADECIMENTOS

Ao meu companheiro Nilton por todo amor e carinho dedicados ao nosso relacionamento, transformando-nos em uma maravilhosa família.

Ao Professor Doutor Luiz Alberto Amador Pereira por sua generosidade e paciência ao me conduzir desde o início da retomada da minha vida acadêmica.

Ao Professor Doutor Paulo Hilário do Nascimento Saldiva pela acolhida e confiança e pela sua incansável dedicação, como médico, cientista e cidadão paulistano.

Aos Professores Doutores Alfésio Luis Ferreira Braga e Nelson da Cruz Gouveia, examinadores da banca de qualificação pelas valorosas críticas e orientações.

À Professora Doutora Maria Cristina Haddad Martins pela amizade e dedicação sem a qual este trabalho não teria sido concluído com êxito.

Ao Professor Doutor Antonio Pedro Mirra e Fernanda Alessandra Silva membros da coordenação do Registro de Câncer de Base Populacional de São Paulo pela atenção e pronto atendimento no envio do banco de dados.

A todos os amigos, familiares e colegas de trabalho que me acompanharam nesta empreitada sempre oferecendo ajuda e apoio.

SUMÁRIO

RESUMO

SUMMARY

I INTRODUÇÃO

I.1 Urbanização e Meio Ambiente.....	1
I.2 Poluição.....	4
I.3 Energia.....	6
I.3.1 Energia Elétrica.....	7
I.3.2 Campos Eletromagnéticos (CEM).....	11
I.4 Legislação.....	17
I.5 Campos Eletromagnéticos e seus Efeitos na Saúde.....	24
I.6 Leucemias.....	48
I.7 Epidemiologia.....	52
I.7.1 A abordagem do espaço em epidemiologia.....	54
I.8 Geoprocessamento.....	56

II OBJETIVOS

II. 1 Objetivo Geral.....	63
II. 2 Objetivos Específicos.....	63

III CASUÍSTICA E MÉTODOS

III. 1 Área de Estudo.....	64
III. 2 Dados e Mapas.....	67
III. 3 Georreferenciamento dos Casos.....	69
III. 4 Análise Estatística.....	70

IV RESULTADOS.....

V DISCUSSÃO.....

VI CONCLUSÕES e RECOMENDAÇÕES.....

VII CONSIDERAÇÕES FINAIS.....

VIII REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....

RESUMO

Sollitto CM. *Leucemias e proximidade de residência a linhas de energia elétrica na cidade de São Paulo*[tese]. São Paulo. Faculdade de Medicina. Universidade de São Paulo; 2009. 108p.

O objetivo deste estudo foi o de investigar a relação de casos notificados de leucemias na faixa etária de 0 a 19 anos e proximidade de residência com linhas de energia elétrica na cidade de São Paulo, entre os anos de 1997 e 2004. Para este propósito, foram geocodificados os casos notificados de leucemias em crianças e adolescentes com idade entre 0 e 19 anos, registrados na cidade de São Paulo por meio de banco de dados fornecido pelo Registro de Câncer de Base Populacional (RCBP-SP); os casos da doença na faixa etária especificada foram georreferenciados em relação às linhas de energia elétrica, aos distritos administrativos da cidade e aos setores censitários. Assim pode-se calcular a incidência dos casos georreferenciados para o município de São Paulo utilizando como base os dados demográficos do censo de 2000, publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e calcular a incidência dos casos georreferenciados de acordo com o local de residência e a distância das linhas de energia elétrica, construindo mapas temáticos a partir de instrumentos disponíveis nos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) da cidade. Desta forma foi demonstrado que os casos georreferenciados de leucemia em crianças e adolescentes com idade entre 0 e 19 anos, registrados no RCBP-SP, no período de 1997 a 2004, têm uma distribuição homogênea, quando observados em relação ao município como um todo, porém ao especificar-se a distribuição pelas distâncias das residências em relação às linhas de energia elétrica, denota-se que a incidência revela-se maior à distância de 200 metros (22,46/100.000 hab.), do que às distâncias de 400 (14,97/100.000 hab.), 600 (16,08/100.000 hab.), 800 (21,17/100.000 hab.) e 1000 metros (20,07/100.000 hab.) e que esta incidência também é maior quando comparada com a incidência geral do município (19,34/100.000 hab.).

Sollitto CM. *Leukemia and proximity the residence to electric power lines in Sao Paulo city* [thesis]. São Paulo. “Faculdade de Medicina. Universidade de São Paulo”; 2009. 108p.

SUMMARY

The aim of this study was to investigate the relationship of reported cases of leukemia at the age from 0 to 19 years old and their residence proximity to power lines in the city of Sao Paulo, between the years 1997 and 2004. For this purpose, the leukemia childhood cases notified by Cancer Register Population Base of Sao Paulo city were geocoded and georeferenced in relation to the electric power lines, administrative districts and census sector of the city. Thus, we could calculate the incidence that cases utilizing the demographic bases from 2000 Brazilian census and the incidence according to the distances of electric power lines, producing the thematic layer maps from Geographical Information Systems - GIS. Our results demonstrated that childhood leukemia cases, notified by RCBP-SP from 1997 to 2004 in Sao Paulo city, have homogeneous distribution when observed all the territory, however, the highest value of incidence occurred in a 200 meters of distance the electric power lines (22,46/100.000 inhab.), when compared with 400 (14,97/100.000 inhab.), 600 (16,08/100.000 inhab.), 800 (21,17/100.000 inhab.) and 1000 meters (20,07/100.000 inhab.), and it is also biggest when compared with entire territory (19,34/100.000 inhab.).

1 INTRODUÇÃO

1.1 Urbanização e Meio Ambiente

São Paulo, a quarta maior cidade do planeta e o mais importante centro econômico do Brasil, conta com uma área de 1509 Km² onde se distribui uma população de 10.927.985 habitantes, com uma concentração média de 7077,4 habitantes/Km² segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística¹.

Em apenas 50 anos, São Paulo transforma-se de cidade provinciana em importante centro urbano industrial em ascensão, fomentado pela pujança da economia cafeeira e pelo surto industrial ocorrido durante a Primeira Guerra Mundial.

O perfil de São Paulo como metrópole industrial consolida-se definitivamente na década de 40, após a II Guerra Mundial. A concentração do desenvolvimento econômico-industrial praticamente determina seu ritmo de crescimento populacional, que decorre, então, basicamente por efeito da migração interna. No período de 1940/1950 a população do Município cresce a uma taxa de 5,2% ao ano, sendo a migração responsável por cerca de 73% desse crescimento ². Em 1954 já conta com mais de dois milhões de habitantes, representando ¼ da população do Estado ³. Em 1960, detém 52% da produção industrial do Estado e 28% do país. Já em 1967 sua participação decresce para 42% e 24% respectivamente ⁴.

Na década de 90, continua a queda do crescimento populacional (atualmente em 0,4%), situação já verificada na década anterior. A economia paulistana gera cerca de US\$ 80 bilhões ou 10% do PIB nacional, com cerca de cinco milhões de trabalhadores, mas atingindo em 1999, uma taxa de desemprego de 18%.

O século XXI inicia-se com a metrópole em crise, marcada pela exclusão social da grande maioria dos seus 10 milhões de habitantes e pela intensa degradação do seu ambiente urbano. Com uma área total de 1509 km², o Município apresenta 870 km² de área urbanizada, onde vivem cerca de 65% da população. Deste modo, têm-se todos os anos, a paralisação da cidade pelas enchentes, que ocorrem em mais de 400 pontos; o desconforto térmico das áreas centrais, através das "ilhas de calor"; a poluição do ar, causada em sua maior parte pela circulação dos quase cinco milhões de veículos; o comprometimento irreversível dos mananciais de água, ocasionado pela ocupação desordenada; a geração de 15 mil toneladas de lixo por dia; as áreas contaminadas por despejo clandestino de resíduos industriais; a degradação do patrimônio urbano; a poluição visual e sonora; etc ².

Nos últimos duzentos anos, a população humana residente nas cidades aumentou de 5% para 50%. As estimativas para 2030 são de mais de dois terços da população mundial morando em centros urbanos. Tal mudança trouxe consigo várias alterações no estilo de vida, pois reflete o desenvolvimento industrial e tecnológico exponencial que parece ser a maior razão individual para o aumento dos grandes centros urbanos⁵.

Segundo a Fundação Nacional de Saúde – FUNASA, nas últimas quatro décadas do século XX, o Brasil experimentou uma significativa mudança no seu perfil epidemiológico, com uma progressiva queda na morbimortalidade por doenças infecciosas transmissíveis e elevação, também progressiva, da morbimortalidade

pelas Doenças e Agravos Não Transmissíveis (DANT). Essa mudança, denominada de “transição epidemiológica”, representa o reflexo de um conjunto de mudanças mais gerais ocorridas na sociedade, como modificações demográficas, econômicas e sociais, provocando um aumento expressivo das chamadas “doenças da modernidade”.

A revolução moderna da saúde pública começou nas cidades Européias do Século XIX sob as pressões da industrialização, pobreza crescente e superpopulação proporcionando uma vida urbana que se deteriorava a cada ano ⁵. Até a metade do século XX, a principal causa de morte nas regiões industrializadas era por doenças infecto-contagiosas. Entretanto, essa causa começou a diminuir na segunda metade do século XIX, devido à melhoria de fatores ambientais, principalmente saneamento básico, assim como o aumento dos suprimentos alimentares. Outros fatores foram a melhoria das condições de moradia, da água oferecida, a prática da higiene doméstica e a diminuição do analfabetismo. Alguns autores reforçam a importância das intervenções de saúde pública, incluindo engenharia sanitária e vacinação ⁵.

Ao mesmo tempo em que a industrialização se intensificava, o ambiente era invadido por diferentes tipos de poluentes, sendo a poluição do ar a primeira a ser relacionada com danos à saúde humana. Episódios de intensa poluição aérea ocorreram na Europa e América do Norte na metade do século XX, tendo como exemplo mais marcante, o grande fog de Londres em 1952. Com isso, houve o advento de legislações que obrigavam a diminuição da propagação de partículas pesadas e dióxido sulfúrico. No entanto, aumentou a concentração de gás carbônico e outras partículas menores. Além disso, outras formas de poluição surgiram com a falta de saneamento básico e coleta de esgoto, poluindo águas fluviais e mananciais; o depósito irregular de resíduos sólidos, trazendo a poluição do solo e dos aquíferos subterrâneos ⁵.

As cidades possuem uma função ativa na modificação dos sistemas de reciclagem naturais que mantêm o ecossistema em equilíbrio por meio dos ciclos biológicos, limpeza das águas e ar e reciclagem de nutrientes. Enquanto antigamente tais funções não eram valorizadas devido ao pequeno número de habitantes terrestres, hoje, as mudanças ocorrem de tal ordem que a população mundial corre o risco de vários problemas de saúde. A mudança mais radical até o momento tem sido no clima, com o aumento da temperatura do planeta. O mundo urbanizado (um quinto da população mundial) contribui com três quartos das emissões de gases poluentes na atmosfera. Como consequência da mudança climática haverá diminuição de alimentos, de água potável e do controle de infecções ⁵.

1.2 Poluição

Entende-se por poluição a introdução de substância ou energia no meio ambiente, alterando suas condições naturais e gerando prejuízos à saúde e ao bem-estar humano. Emissão de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, em quantidade superior à capacidade de absorção do meio ambiente ou maior do que a quantidade existente no meio. Também é causada pelo lançamento de substâncias que não existem na natureza, como os inseticidas. A poluição interfere no equilíbrio ambiental e na vida dos animais e vegetais ⁶.

Desde quando o homem começou a conviver em grandes comunidades, ele alterou a natureza de forma a assegurar a própria sobrevivência e lhe proporcionar

conforto. A agricultura, a pecuária e a construção de cidades modificam diretamente a natureza transformando características geográficas como vegetação, permeabilidade do solo, absorvidade e refletividade da superfície terrestre, além de alterar as características do ar atmosférico e das águas ⁷.

Todos os tipos de poluição são freqüentes nas grandes cidades, como a poluição do ar produzida pelas combustões das fontes industriais e, mais recentemente, dos veículos automotores, a poluição das águas, por resíduos químicos, esgoto industrial e doméstico, a poluição do solo causada por depósito irregular dos resíduos, domésticos e industriais, a poluição sonora, a visual, a luminosa e a mais moderna, a poluição eletromagnética provocada pelo aumento vertiginoso de novas tecnologias.

Toda essa concentração de poluentes está intimamente associada com o desenvolvimento e a crescente necessidade de produção de energia para a sobrevivência e conforto da grande massa populacional aglomerada nos centros urbanos.

1.3 Energia

"A energia térmica e luminosa liberada pelo fogo foi a primeira a ser controlada pelos ancestrais do homem, há 500 mil anos; a madeira era o principal combustível utilizado na época.

As carroças movidas por animais surgem em 3.500 a.C. na Suméria, na mesma época em que são inventados no Egito os botes com velas. A roda d'água surge em 3000 a.C, na Babilônia.

A China adota o carvão como fonte de energia por volta de 1.000 a.C. À medida que o carvão da superfície escasseava, ele começou a ser escavado, mas não conseguiu substituir a madeira.

Em 1640, o petróleo extraído de um poço em Módena, na Itália, começa a ser utilizado na iluminação de rua. O uso do petróleo se estende como combustível para a Romênia, em 1650.

Em 1764, James Watt aperfeiçoa a máquina a vapor, que passa a ser usada em locomotivas a partir de 1804, motivando a criação das estradas de ferro, e em navios em 1807.

A primeira usina de energia elétrica surgiu em Londres, em janeiro de 1881, e a segunda em Nova York, em setembro do mesmo ano. Forneciam energia para iluminação e usavam a corrente contínua.

Em 1901, Pierre Curie descobriu que cada grama de rádio liberava 140 calorias por hora. A descoberta indicou a existência da energia radioativa, que mais tarde seria chamada de energia atômica”⁸.

1.3.1 Energia Elétrica

A eletricidade é um fenômeno associativo de partículas da matéria com cargas positivas e negativas. As propriedades inerentes às cargas elétricas, que

determinam a movimentação das partículas, contribuem para a ocorrência do fluxo elétrico ou corrente elétrica. A concepção moderna da eletricidade está relacionada com o campo elétrico, ou seja, o espaço que circunda a partícula carregada eletricamente. A eletricidade não é uma fonte primária de energia, mas a forma mais refinada de utilização energética ⁹.

O magnetismo – que é um fenômeno submetido a campos magnéticos – exerce efeitos sobre os materiais e se manifesta também na presença de cargas elétricas em movimento. Por essa razão ele sempre foi considerado parte integrante dos estudos sobre eletricidade ⁹.

Na radiação eletromagnética, a energia se propaga através de um meio material ou espacial sob a forma de ondas (eletromagnéticas). Essas decorrem da movimentação, oscilante e acelerada da energia elétrica, provocando uma alteração característica que define a existência de um campo magnético e de outro elétrico em propagação. Esta alteração em si é que determina a onda eletromagnética (Figura 1). A faixa de variação, em que as ondas eletromagnéticas se propagam, situa-se a partir de zero (0), até 10^{23} Hz (Hertz) ⁹.

Fonte: <http://webphysics.ph.msstate.edu/javamirror/ntnujava/emWave/emWave.htm>

Figura 1. Esquema representativo da propagação das ondas eletromagnéticas

Onde **E** representa o campo elétrico e **B** seu correspondente fluxo magnético

Conforme a Figura 2, diversos exemplos podem mostrar essa abrangente faixa do espectro eletromagnético.

Fonte: educar.sc.usp.br/ otica/espectro.gif

Figura 2. O espectro eletromagnético e suas correspondentes faixas de frequência e utilizações

A utilização da energia elétrica na forma convencional tem a sua mais importante parcela relacionada com o emprego da corrente alternada (CA). No Brasil, o sistema distribuidor da energia elétrica sob CA submete-se a uma frequência de 60 Hz que é a frequência industrial, padrão brasileiro¹⁰.

O lugar onde a energia é gerada não é, na maioria das vezes, aquele em que ela será utilizada. Por esse motivo é necessário, em geral, efetuar a transmissão dessa energia adequadamente entre a fonte produtora e o consumidor. Por razões técnicas, essa transmissão de energia é efetuada por uma linha de transmissão (LT) ou linha elétrica e é feita em alta tensão. A partir de certo ponto

denominado, subestação abaixadora, a energia é distribuída por meio de linhas de distribuição¹⁰ (Figura 3).

Fonte: Projeto Eletropaulo/Abricem

Figura 3. Distribuição da energia elétrica sob responsabilidade da AES Eletropaulo na cidade de São Paulo

Os campos elétricos são produzidos por cargas elétricas e sua intensidade se mede em Volts por metro (V/m) ou em Kilovolts por metro (KV/m). A intensidade das forças de atração e repulsão se denomina tensão elétrica ou voltagem e se mede

em Volts (V). Os campos elétricos são mais intensos quanto mais próximos estão da sua fonte e diminuem com a distância e com a presença de outros materiais como a madeira ou metal ¹¹.

Os campos magnéticos são produzidos, em particular, quando as cargas elétricas estão em movimento, ou seja, quando há correntes elétricas. Sua intensidade se mede em Ampéres por metro (A/m), que pode ser expressa em função da indução magnética que produz, medida em Teslas (T), militeslas (mT) ou microteslas (μ T). Em alguns países, se utiliza o Gauss (G) ($10.000\text{G}=1\text{T}$; $1\text{G}=100\mu\text{T}$; $1\text{mT}=10\text{G}$; $1\mu\text{T}=10\text{mG}$). Todo circuito conectado a uma rede elétrica gerará em seu redor, se estiver ligado e com corrente circulante, um campo magnético proporcional à quantidade de corrente que a fonte possui. A intensidade desses campos é tanto maior quanto mais próximo se estiver do circuito elétrico, e diminui com a distância, porém não são aparados por outros materiais ¹¹.

1.3.2 Campos Eletromagnéticos (CEM):

Campos elétricos têm sua origem em diferentes voltagens: quanto mais elevada é a voltagem, mais forte será o campo resultante. Campos magnéticos têm sua origem nas correntes elétricas: uma corrente mais forte resulta em um campo mais forte. Um campo elétrico não existe sem que haja corrente. Quando há corrente, a magnitude do campo magnético mudará com o consumo, porém a força do campo elétrico decairá igualmente ¹².

No meio em que vivemos, há campos eletromagnéticos por toda parte, porém são invisíveis para o homem. Campos elétricos são produzidos pela acumulação de cargas elétricas em determinadas zonas da atmosfera por efeito das tormentas. O campo magnético terrestre provoca a orientação das agulhas das bússolas em direção Norte-Sul e os pássaros e peixes o utilizam para orientar-se ¹².

Além das fontes naturais, no espectro eletromagnético há também fontes geradas pelo homem. A eletricidade que surge de qualquer tomada de corrente elétrica está associada a campos eletromagnéticos de frequência baixa. Além disso, diversos tipos de ondas de rádio de frequência mais alta são utilizadas para transmitir informação, seja por meio de antenas de televisão, estações de rádio ou estações rádio-base de telefonia móvel ¹².

Uma das principais magnitudes que caracterizam um campo eletromagnético (CEM) é sua frequência e seu correspondente comprimento de onda. O efeito sobre o organismo dos diferentes campos eletromagnéticos é função desta frequência. A frequência simplesmente descreve o número de oscilações ou ciclos por segundo, enquanto que a expressão «comprimento de onda» se refere à distância entre uma onda e a seguinte. Por conseguinte, o comprimento de onda e a frequência estão associados: quanto maior é a frequência, menor é o comprimento de onda.

O comprimento de onda e a frequência determinam outra característica importante dos campos eletromagnéticos. As ondas eletromagnéticas são transportadas por partículas chamadas quantum de luz. Os quantum de luz de ondas com frequências mais altas (menor comprimento de onda) transportam mais energia do que o das ondas de menor frequência (maior comprimento de onda). Algumas ondas eletromagnéticas transportam tanta energia por quantum de luz que são

capazes de romper as ligações entre as moléculas. Das radiações que compõem o espectro eletromagnético, os raios gama que emitem os materiais radioativos, os raios cósmicos e os raios X têm essa mesma capacidade e são conhecidos como radiações ionizantes. As radiações compostas por quantum de luz sem energia suficiente para romper as ligações moleculares são conhecidas como radiações não ionizantes.

As fontes de campos eletromagnéticos geradas pelo homem constituem uma parte fundamental das sociedades industriais (a eletricidade, as microondas e os campos de radiofrequência), estão no extremo do espectro eletromagnético correspondente a comprimentos de onda relativamente longos. Frequências baixas e seus quantum de luz não são capazes de romper ligações químicas ¹² (Figura 4).

Fonte: <<http://www.mcw.edu/gcrc/cop/lineas-electricas-cancer-FAQ/toc.html>>

Figura 4. O espectro eletromagnético, suas aplicações e relação com a saúde

Os campos elétricos são mais intensos quanto menor é a distância da carga ao condutor carregado que os gera e sua intensidade diminui rapidamente ao aumentar a distância. Os materiais condutores, como os metais, proporcionam uma proteção eficaz contra os campos elétricos. Outros materiais, como os de construção e as árvores, apresentam também certa capacidade protetora. Por conseguinte, as paredes, os edifícios e as árvores reduzem a intensidade dos campos elétricos das linhas de condução elétrica situadas no exterior das casas. Quando as linhas de condução elétrica estão enterradas no solo, os campos elétricos que geram quase não são detectados na superfície. Igualmente aos campos elétricos, os campos magnéticos são mais intensos nos pontos próximos à sua origem e sua intensidade diminui rapidamente conforme aumenta a distância desde a fonte. Os materiais comuns, como as paredes dos edifícios, não bloqueiam os campos magnéticos ¹².

Os campos eletromagnéticos, variáveis no tempo que os circuitos elétricos produzem, são um exemplo de campos de frequência extremamente baixa (Extremaly Low Frequency-ELF), com frequências geralmente até 300 Hz. Outras tecnologias produzem campos de frequência intermediária (FI), com frequências de 300 Hz a 10 MHz, e campos de radiofrequência (RF), com frequências de 10 MHz a 300 GHz. Os efeitos dos campos eletromagnéticos sobre o organismo não só dependem de sua intensidade, mas também de sua frequência e energia. As principais fontes de campos de ELF são a rede de abastecimento elétrico e todos os circuitos elétricos; as telas de computadores e os sistemas de segurança são as principais fontes de campos de FI e as principais fontes de campos de RF são o rádio, a televisão, as antenas de radares e telefones celulares e os fornos de microondas. Esses campos induzem correntes no organismo que, dependendo de sua amplitude e

freqüência, podem produzir diversos efeitos como aumento da temperatura e choques elétricos. Os telefones móveis, a televisão e os transmissores de rádio e radares produzem campos de RF. Esses campos são utilizados para transmitir informação a distâncias longas e são a base das telecomunicações, assim como a difusão de rádio e televisão em todo o mundo. As microondas são campos de RF de freqüências altas, da ordem de GHz ¹².

A transmissão de eletricidade a longa distância se realiza mediante linhas elétricas de alta tensão. Essas altas tensões se reduzem mediante transformadores para a distribuição local a residências e empresas. As instalações de transmissão e distribuição de eletricidade, o cabeamento e os circuitos elétricos domésticos geram um nível de fundo de campos elétricos e magnéticos de freqüência de rede nas residências. Naquelas que não estão situadas próximo de linhas de condução elétrica a intensidade desse campo de fundo pode ser aproximadamente de 0,2 μ T. Os campos dos lugares situados diretamente abaixo das linhas de condução elétrica são muito mais intensos. Dessa forma, a intensidade dos campos elétricos e magnéticos se reduz ao aumentar a distância das linhas elétricas. Entre 50 m e 100 m de distância a intensidade dos campos é normalmente equivalente a de zonas afastadas das linhas elétricas de alta tensão. Os campos elétricos de freqüência de rede mais intensos presentes normalmente no entorno são os dos lugares situados abaixo das linhas de transmissão de alta tensão. Ao contrário, os campos magnéticos de freqüência de rede mais intensos se encontram normalmente em pontos muito próximos a motores e outros circuitos elétricos, assim como em equipamentos especializados como aparelhos de ressonância magnética, utilizados para gerar imagens no diagnóstico médico ¹².

Conforme mostra a Tabela 1 os CEM estão presentes em todos os ambientes da vida moderna, tendendo a aumentar conforme o avanço tecnológico causando interferências até mesmo nos sistemas biológicos.

As autoridades científicas e governamentais passaram a estudar e legislar sobre o tema para o melhor controle da disseminação deste moderno tipo de poluição, a fim de que não se torne mais um dos problemas de saúde pública devido a poluentes ambientais produzidos pela ação descontrolada do homem sobre seu ambiente.

Tabela 1. Intensidades de campo elétrico típicas, medidas em eletrodomésticos a uma distância de 30 cm

Eletrodoméstico	Intensidade de campo elétrico (V/m)
Receptor estereofônico	180
Ferro	120
Frigorífico	120
Batedeira	100
Torradeira	80
Secador de cabelo	80
Televisor colorido	60
Cafeteira elétrica	60
Aspirador	50
Forno elétrico	8
Lâmpada	5
Valor limite recomendado	5000

Fonte: Oficina federal alemã de segurança radiológica (Bundesamt für Strahlenschutz, BfS), 1999.

1.4 Legislação

Levando em consideração o “princípio da precaução” que prioriza as ações não apenas pela ocorrência de doenças e desastres acidentais, mas antecipando esses eventos pelo reconhecimento prévio dos riscos e dos contextos nocivos à saúde, em 1974, a Associação Internacional de Proteção a Radiações (IRPA) organizou um grupo de trabalho sobre radiação não ionizante (RNI) que se tornou a Comissão Internacional de Radiação Não Ionizante - *International Non-Ionizing Radiation Committee* – (INIRC) no Congresso da IRPA em Paris em 1977. Durante o Oitavo Congresso Internacional da IRPA (Montreal, 1992), foi criada uma nova organização científica internacional independente - a Comissão Internacional de Proteção contra as Radiações Não-Ionizantes - *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP), com função de investigar os perigos que podem ser associados às diferentes formas de RNI, desenvolver diretrizes internacionais sobre limites de exposição e também tratar de todos os aspectos da proteção a RNI. A base científica para essas diretrizes foram os estudos dos efeitos biológicos relatados como resultantes da exposição a campos elétricos e magnéticos estáticos e de frequência extremamente baixa (ELF) ¹³.

O principal objetivo dessa publicação foi o de estabelecer as diretrizes para limitar a exposição aos Campos Eletromagnéticos (CEM), de forma a proteger contra efeitos reconhecidamente adversos à saúde. Desse modo, as diretrizes apresentadas referem-se às exposições de caráter ocupacional e público ¹³.

Diretrizes referentes à alta frequência e aos CEM de 50/60Hz, foram emitidas pela IRPA/INIRC em 1988 e 1990, respectivamente, mas foram substituídas pelas atuais, que abrangem a totalidade da faixa de CEM variáveis no tempo (até 300 GHz) 13.

A conformidade com essa diretriz, porém, não garante que sejam evitadas interferências ou efeitos em dispositivos médicos, como próteses metálicas, marcapassos cardíacos, desfibriladores e implantes cocleares. A exposição aos CEM variáveis no tempo resulta em correntes internas no corpo e absorção de energia nos tecidos, que dependem dos mecanismos de acoplamento e da frequência envolvida. Essas diretrizes são baseadas em efeitos na saúde de caráter imediato, em curto prazo, tais como estimulação dos nervos periféricos e músculos, choques e queimaduras causadas por tocar em objetos condutores e elevação de temperatura nos tecidos, resultante da absorção de energia durante exposição aos CEM. No caso dos efeitos potenciais da exposição em longo prazo, tais como aumento de risco de câncer, a ICNIRP concluiu que os dados disponíveis são insuficientes para prover uma base para fixar restrições à exposição, embora pesquisas epidemiológicas tenham produzido evidências significativas, mas não convincentes, de uma associação entre possíveis efeitos carcinogênicos e a exposição à densidade de fluxo magnético de 50/60Hz em níveis substancialmente inferiores aos recomendados. Porém, essas diretrizes são periodicamente revisadas e atualizadas, assim que sejam feitos avanços na identificação de efeitos prejudiciais à saúde, devidos a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos variáveis no tempo ¹³.

As Tabelas 2 e 3 mostram os limites preconizados pela ICNIRP, aceitos até a presente data, para exposições ocupacionais e de público, de curto prazo e para efeitos térmicos. Deve-se observar que não há limites estabelecidos para exposições

de longo prazo e seus efeitos atérmicos. Nessas tabelas destaca-se em **negrito** os limites para campos eletromagnéticos na frequência (f) 60 Hz, respectivamente para exposição ocupacional e de público.

Tabela 2. Níveis de referência para exposição ocupacional a campos elétricos e magnéticos

Faixas de frequência	Intensidade de campo E ($V.m^{-1}$)	Intensidade de campo H ($A.m^{-1}$)	Campo B (μT)	Densidade de potência de onda plana equivalente S_{eq} ($W.m^{-2}$)
Até 1 Hz	-	$1,63 \times 10^5$	2×10^5	-
1 – 8 Hz	20.000	$1,63 \times 10^5/f^2$	$2 \times 10^5/f^2$	-
8 – 25 Hz	20.000	$2 \times 10^4/f$	$2,5 \times 10^4/f$	-
0,025 – 0,82 Hz	500/f	20/f	25/f	-
0,82 – 65 kHz	610	24,4	30,7	-
0,065 – 1 MHz	610	$1,6/f$	$2,0/f$	-
1 – 10 MHz	$610/f$	$1,6/f$	$2,0/f$	-
10 – 400 MHz	61	0,16	0,2	10
400 – 2000 MHz	$3/f^{1/2}$	$0,008f^{1/2}$	$0,01f^{1/2}$	$f/40$
2 – 300 GHz	137	0,36	0,45	50

Referente à Tabela 6 da ICNIRP onde Campo E = Intensidade de Campo Elétrico, Campo H = Intensidade de Campo Magnético e Campo B = Indução Magnética.

Tabela 3. Níveis de referência para exposição do público em geral a campos elétricos e magnéticos

Faixas de frequência	Intensidade de campo E ($V.m^{-1}$)	Intensidade de campo H ($A.m^{-1}$)	Campo B (μT)	Densidade de potência de onda plana equivalente S_{eq} ($W.m^{-2}$)
Até 1 Hz	-	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	-
1 – 8 Hz	10.000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	-
8 – 25 Hz	10.000	$4000/f$	$5000/f$	-
0,025 – 0,8 kHz	250/f	4/f	5/f	-
0,8 – 3 kHz	250/f	5	6,25	-
3 – 150 kHz	87	5	6,25	-
0,15 – 1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	-
1 – 10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	-
10 – 400 MHz	28	0,073	0,092	2
400 – 2000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2 – 300 GHz	61	0,16	0,20	10

Referente à tabela 7 da ICNIRP

Na Tabela 4 estão sumarizados os limites de campo elétrico e magnético considerando a exposição humana, empregados nos países mais importantes de cada continente e os normalizados pelas principais organizações internacionais.

Tabela 4. Limites de campo elétrico e densidade de fluxo magnético para exposição pública e ocupacional nos principais países e os normalizados pelas principais organizações internacionais

País / Organiza	Limites de Campo Elétrico (kV/m)		Limites de Densidade de Fluxo Magnético (μT)	
	Ocupacional	Público	Ocupacional	Público
Alemanha ⁽¹⁾	-	5 ⁽⁴⁾	-	100 ⁽⁴⁾
França ⁽¹⁾	-	5 ⁽⁴⁾	-	100 ⁽⁴⁾
Reino Unido ⁽²⁾	10	10	1333	1333
Itália ⁽¹⁾	-	5 e 10 ⁽³⁾	-	100 e 1.000 ⁽³⁾
Suécia	-	-	-	-
Suíça ⁽¹⁾	-	5 ⁽⁴⁾	-	1 e 100 ⁽⁴⁾
Canadá ⁽²⁾	8,33 ⁽⁴⁾	4,17 ⁽⁴⁾	417 ⁽⁴⁾	83 ⁽⁴⁾
Flórida – EUA [Ⓒ]	-	- 8 e 10	-	15, 20 e 25
Minesota-EUA [Ⓒ]	-	8	-	-
Montana-EUA [Ⓒ]	-	7 e 1	-	-
Nova Jérsei-EU	-	3	-	-
Nova Iorque-EU	-	11,8-11-7-1,6	-	20
Oregon – EUA [Ⓒ]	-	9	-	-
Japão	3	3	-	-
Rússia	25	-	1.000	-
Coréia do Sul ⁽²⁾	8,33 ⁽⁴⁾	4,17 ⁽⁴⁾	417 ⁽⁴⁾	83 ⁽⁴⁾
África do Sul ⁽²⁾	8,33 ⁽⁴⁾	4,17 ⁽⁴⁾	417 ⁽⁴⁾	83 ⁽⁴⁾

Tabela 4 (conclusão). Limites de campo elétrico e densidade de fluxo magnético para exposição pública e ocupacional nos principais países e os normalizados pelas principais organizações internacionais

Austrália ⁽²⁾	10 ⁽³⁾	5 ⁽³⁾	500 ⁽³⁾	100 ⁽³⁾
Brasil ⁽²⁾	25	5 ⁽³⁾	1.000	-
CENELEC ⁽²⁾	25	8,33	1333	533
IEC	-	-	-	-
IEEE	-	-	-	-
ACGIH ⁽²⁾	25	-	1000	-
ICNIRP ⁽²⁾	8,33	4,17	417	83,33

⁽¹⁾ Campos de 50 Hz

⁽²⁾ Campos de 60 Hz

⁽³⁾ Regulamentação em revisão

⁽⁴⁾ Adota recomendações da ICNIRP - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

CENELEC - Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

IEC - International Electrotechnical Commission

IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc

ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH®)

Pode-se observar que os limites de campo elétrico para exposição ocupacional estão na faixa entre 3 e 25 kV/m e para o público em geral entre 1 e 11,8 kV/m. Para a densidade de fluxo magnético os limites variam entre 417 e 1333 μ T (ou 4170mG e 13330mG) para exposição ocupacional, e entre 1 e 1000 μ T (ou 10mG e 10000mG) para a população.

A grande divergência entre os valores deve-se às diferenças entre os fatores de segurança utilizados, aos locais de exposição em que estão sendo considerados os limites (faixas de segurança de linhas de transmissão, locais sensíveis, creches, edifícios de

escritório) e, principalmente, aos fatores políticos, sociais, econômicos e geográficos que são levados em consideração quando se aplicam medidas de precaução.

Pode-se observar também que a maioria dos países desenvolvidos segue as recomendações da ICNIRP: 4 dos 6 países europeus, 1 dos 2 países norte-americanos, e 1 dos 3 países asiáticos. A ICNIRP é a organização que apresenta os valores mais conservativos e com os maiores fatores de segurança, dentre as organizações normatizadoras que emitiram diretrizes baseadas em evidências científicas.

No Brasil, não existe limite estabelecido para exposição do público em geral a campos magnéticos de baixas frequências. Para campo elétrico de 60 Hz, a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, por meio da NBR 5422 - Projeto de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica -, estabeleceu 5 kV/m como limite para exposição da população no limite das faixas de segurança de linhas de transmissão. Para exposição ocupacional, as Normas Regulamentadoras NR 9 e NR 15 do Ministério do Trabalho e Emprego, estabelecem como limite os valores da ACGIH: 25 kV/m para campos elétricos e 1.000 μ T para densidade de fluxo magnético.

1.5 Campos Eletromagnéticos e seus Efeitos na Saúde:

Atualmente, todas as populações do mundo estão expostas à CEM, em maior ou menor grau e, conforme avança a tecnologia, o grau de exposição continuará

crescendo. Por isso, até mesmo um pequeno efeito sobre a saúde causado pela exposição à CEM poderia produzir um grande impacto na saúde pública¹³.

Alguns estudos sugerem a possibilidade de que a exposição a campos magnéticos de frequências da rede elétrica (50/60 Hz), ou seja, de frequência extremamente baixa, poderia produzir um incremento da incidência de câncer em crianças e outros efeitos prejudiciais para a saúde; os indícios procedem principalmente de estudos epidemiológicos em zonas residenciais. Esses estudos sugerem que existe uma associação entre a exposição de crianças a campos magnéticos de baixa frequência e o aumento do risco de leucemias¹³.

Os campos de radiofrequência (RF) são utilizados em numerosos âmbitos da vida cotidiana, como a transmissão de rádio e televisão, as telecomunicações (por exemplo, os telefones móveis), no diagnóstico e tratamento de doenças e nas indústrias. Com a rápida introdução de dispositivos de telecomunicação móvel, entre a população em geral, tem-se prestado especial atenção aos problemas associados com a exposição da cabeça aos campos próximos de RF emitidos pela antena dos telefones móveis¹³.

Como parte de seu preceito de proteger a saúde pública e em resposta à preocupação da população sobre os efeitos da exposição aos CEM, a Organização Mundial da Saúde (OMS) criou em 1996 o Projeto Internacional CEM para avaliar as provas científicas dos possíveis efeitos sobre a saúde dos CEM no intervalo de frequência de 0 a 300 GHz. O Projeto fomenta as investigações dirigidas a preencher importantes lacunas do conhecimento e a facilitar o desenvolvimento de normas aceitáveis internacionalmente que limitem a exposição aos CEM.

Os objetivos do projeto são:

1. Dar uma resposta internacional e coordenada às inquietudes que suscitam os possíveis efeitos sanitários da exposição aos CEM;
2. Avaliar as publicações científicas e elaborar informes atuais sobre os efeitos sanitários;
3. Descobrir aspectos insuficientemente conhecidos por meio de uma investigação mais profunda, que permita avaliar melhor os riscos;
4. Incentivar a criação de programas de investigação especializados e de alta qualidade;
5. Incorporar resultados de investigações em monografias da série Critérios de Saúde Ambiental da OMS, nas quais se avaliarão metodicamente os riscos sanitários da exposição aos CEM;
6. Facilitar o desenvolvimento de normas internacionalmente aceitáveis sobre a exposição aos CEM;
7. Fornecer, às autoridades, informação sobre a gestão dos programas de proteção contra os CEM, e em particular monografias sobre a percepção, comunicação e gestão dos riscos derivados dos CEM;
8. Assessorar as autoridades sobre os efeitos sanitários e ambientais dos CEM, e sobre as eventuais medidas ou atuações de proteção necessárias.

Esse projeto continua em andamento, porém em junho de 2007 foram publicadas as seguintes recomendações:

“Para exposições de curto prazo a EMF, efeitos adversos para a saúde foram cientificamente estabelecidos (ICNIRP 2003). Recomendações internacionais de exposição foram desenvolvidas para proteger trabalhadores e o público contra estes efeitos e devem ser adotadas pelos responsáveis pelo desenvolvimento de políticas. Programas de proteção contra EMF devem incluir medição de exposição a fontes onde pode se esperar que a exposição exceda aos valores limites recomendados.

Com relação aos efeitos de longo prazo, dada a fragilidade da evidência de uma conexão entre a exposição a campos magnéticos ELF e a leucemia infantil, os benefícios de redução da exposição sobre a saúde não são claros. Em vista desta situação, são feitas as seguintes recomendações:

- O governo e a indústria devem monitorar a ciência e promover programas de pesquisa para aprofundar a redução da incerteza da evidência científica de efeitos sobre a saúde pela exposição a campos ELF. Através do processo de avaliação de risco de ELF, lacunas no conhecimento foram identificadas e formam a base para uma nova agenda de pesquisa (www.who.int/emf).
- Os Estados Membros são estimulados a estabelecer programas de comunicação abertos e efetivos com todos os interessados para possibilitar uma tomada de decisão fundamentada. Isto pode incluir incrementar a coordenação e a consulta entre indústria, governo local e cidadãos no planejamento de instalações emissoras de ELF-EMF.

- Quando construindo novas instalações e projetando novos equipamentos, incluindo eletrodomésticos, formas de baixo custo para a redução de campos devem ser exploradas. Medidas de redução da exposição variarão de um país para outro.

Entretanto, políticas baseadas na adoção de limites de exposição arbitrários mais baixos não são recomendadas.”¹¹.

As suspeitas referentes a uma associação entre CEM e câncer surgiram quando Wertheimer e Leeper referiram (1979)¹⁴ uma associação entre mortalidade por leucemia infantil e a proximidade de casas às linhas de distribuição de energia, o que os pesquisadores classificam como “wire codes” ou “código de configuração elétrica” (“wire code” – conceito que inclui dimensões, número, tipo e distância da residência e de condutores externos à mesma). A hipótese básica que emergiu do estudo original foi a de que a intensidade dos campos magnéticos de 50/60 Hz, no ambiente residencial devido a fontes externas tais como linhas de transmissão, poderia estar relacionada ao risco de leucemia infantil.

A partir desse, dezenas de outros estudos foram realizados sobre câncer na infância e a exposição a campos magnéticos de 50/60 Hz, devido a linhas de transmissão nas proximidades de residências. Esses estudos estimaram a exposição ao campo magnético a partir de medidas de curto prazo ou com base na distância entre a residência e a linha de transmissão e, na maioria dos casos, a partir da configuração da linha; e outros estudos levaram em conta a carga da linha. Os resultados relacionados à leucemia são os mais consistentes; de treze estudos publicados^{15 – 26} nos anos noventa, oito apontaram estimativas de riscos relativos entre 1,5 e 3,0.

Tanto as medições diretas dos campos magnéticos, quanto as estimativas baseadas na proximidade de linhas de transmissão, são procedimentos imprecisos e insuficientes para avaliar a exposição que ocorre em várias situações antes que fossem diagnosticados os casos de leucemia. Também não ficou claro qual dos dois métodos de avaliação oferece a estimativa mais válida de exposição. Embora os resultados sugiram que realmente o campo magnético possa estar associado ao risco de leucemia, há uma incerteza em função do pequeno número de observações e também à dependência entre o campo magnético e a proximidade às linhas de transmissão ²⁷.

Estudos que examinaram o uso de aparelhos eletrodomésticos, principalmente cobertores elétricos, em relação a câncer e outros problemas de saúde, geralmente apontaram resultados negativos ^{28 - 32}. Somente dois estudos caso-controle avaliaram o uso de eletrodomésticos em relação ao risco de leucemia na infância. Um foi realizado em Denver ³³ e sugeriu uma ligação com o uso pré-natal de cobertores elétricos, o outro, feito em Los Angeles ²⁰, encontrou uma associação entre leucemia e crianças que usaram secadores de cabelo e assistiam televisão em receptores monocromáticos.

O fato dos resultados de estudos relacionando leucemia e proximidade entre residências e linhas de transmissão mostrar relativa consistência, levou o Comitê da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos (NAS) a concluir que crianças morando perto de linhas de transmissão parecem apresentar um maior risco de leucemia, porém devido às pequenas amostras, os intervalos de confiança dos estudos isolados são, em geral, amplos, aumentando o grau de incerteza. Quando

considerados em conjunto, os resultados são consistentes, apontando um risco relativo de 1,5³⁴, o que evidencia um excesso de risco de 50% entre os expostos a campos eletromagnéticos de baixa frequência em relação aos não expostos. Em contraste, as medições de curto prazo do campo magnético, em alguns dos estudos, não forneceram nenhuma evidência de associação entre exposição a campos de 50/60 Hz e risco de leucemia ou de outro tipo de câncer em crianças. O Comitê ficou convicto de que os aumentos de risco reportados pudessem ser explicados pela exposição a campos magnéticos, pois não houve nenhuma associação aparente quando a exposição foi estimada pela leitura de medidores de campos magnéticos, tanto nas residências de casos de leucemia, como nas residências de controles. Foi sugerido que a explicação poderia estar na junção de algum outro fator de risco de leucemia na infância, vinculado à residência e sua vizinhança às linhas de transmissão.

Após o Comitê da NAS ter completado sua revisão, foram publicados os resultados de um estudo na Noruega²⁶ com mais de 500 casos de todos tipos de câncer infantil. A exposição de cada indivíduo foi estimada pelo cálculo do nível do campo magnético produzido na residência por linhas de transmissão na vizinhança, estimativa essa feita pela média do ano inteiro. Não foi observada nenhuma associação entre leucemia e campos magnéticos para residentes na época do diagnóstico. Distância da linha de transmissão, exposição durante o primeiro ano de vida, exposição das mães durante a gravidez e exposição maior que a mediana do grupo de controle, não revelaram nenhuma associação com leucemia, câncer do cérebro ou linfoma. Contudo, o número de casos expostos era reduzido.

Foi também publicado um estudo feito na Alemanha, depois de concluída a revisão da NAS ²⁴. Refere-se a um estudo caso-controle sobre leucemia na infância, baseado em 129 casos e um grupo de controle de 328 indivíduos. A avaliação da exposição compreendeu medições de campo magnético por mais de 24 horas no quarto de dormir da criança, na residência em que ela havia morado por mais tempo antes da data do diagnóstico. Notou-se um elevado risco relativo (3,2) para campos mais intensos que 2 mG.

Linnet (1997) ²⁵ publicou um longo estudo caso-controle realizado nos Estados Unidos (638 casos de leucemia e 620 indivíduos como controles) para testar se a leucemia linfóide aguda na infância estaria associada à exposição a campos magnéticos de 60 Hz. As exposições a campos magnéticos foram determinadas usando a média de medições, ponderadas pelo tempo, efetuadas durante 24 horas no quarto de dormir e medições de 30 segundos em vários outros quartos. Também foram feitas medições nas residências em que a criança havia morado por 70% dos cinco anos anteriores ao ano do diagnóstico ou o período correspondente para crianças do grupo controle. Para pares de casos e controles com residência estável, nos quais ambos não haviam mudado de residência durante os anos anteriores ao diagnóstico, foi avaliada a “configuração dos condutores” das linhas de distribuição (“wire code”), como forma indireta de avaliação da exposição. Essas determinações puderam ser feitas para 416 pares. Não houve nenhuma indicação de uma associação entre a configuração de condutores da linha e leucemia. Quanto às medições de campos magnéticos, os resultados são mais intrigantes. Para o limite de 2 mG, a análise de risco comparando casos e controles, resultou em riscos de 1,2 (análise de regressão logística não pareada) e 1,5 (análise de regressão logística pareada); ambos

valores não significantes estatisticamente. Para o conjunto de exposições de 3 mG ou mais, o risco relativo estimado foi de 1,7 e estatisticamente significativo; essa análise foi baseada em 45 casos e 28 controles. Assim, os resultados de medições sugerem uma associação positiva entre os campos magnéticos e o risco de leucemia. Esse estudo constitui uma contribuição importante devido ao seu tamanho, número de indivíduos em categorias de exposição elevada, período das medições dos campos eletromagnéticos após o diagnóstico de leucemia linfoblástica aguda (geralmente dentro de 24 meses após o diagnóstico), outras medidas usadas para obter dados de exposição e qualidade da análise, permitindo avaliar a presença de múltiplos fatores de confusão.

Os resultados relacionando câncer em adultos e exposição residencial a campos magnéticos são escassos ³⁴. Nenhuma conclusão pode ser extraída dos poucos estudos publicados até agora, já que todos foram compostos por um número muito pequeno de casos ^{19, 35 - 40}.

A *International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP), reconhecida pela Organização Mundial da Saúde (OMS), entende que na ausência de apoio em pesquisas experimentais, os resultados de pesquisas epidemiológicas sobre exposição a campos magnéticos e câncer, inclusive leucemia infantil, não são suficientemente seguros para servirem como base científica às diretrizes que estabelecem limites de exposição a campos elétricos e magnéticos. Esta avaliação está de acordo com publicações de outras instituições internacionais ^{41, 42}.

Em relação à exposição ocupacional, um grande número de estudos epidemiológicos tem sido realizado para avaliar as possíveis ligações entre exposição

a campos de baixa frequência e o risco de câncer entre trabalhadores do setor elétrico. O primeiro estudo deste tipo realizado por Milham (1982)⁴³, que utilizou uma base de dados fundamentada em atestados de óbito, incluía tipos de trabalho e informações sobre a mortalidade por câncer. Como método para avaliar a exposição, considerado impreciso, Milham classificou os tipos de atividade de acordo com a exposição presumida a campo magnético. Assim, encontrou um excesso de risco para a leucemia entre os trabalhadores do setor elétrico. Em outro estudo, Savitz e Ahlbom (1994)⁴⁴ utilizaram bases de dados similares; os tipos de câncer para os quais foram notados riscos elevados variaram nos diversos estudos, particularmente quando foram caracterizados por subtipos de câncer. Foram relatados aumento de risco para vários tipos de leucemia e tumores de tecido nervoso, e em alguns casos, para câncer de mama feminino e masculino^{45 - 48}.

Três outros estudos tentaram superar algumas das deficiências em trabalhos anteriores, medindo a exposição a campos de baixa frequência no local de trabalho e levando em conta a duração da jornada de trabalho^{49 - 51}. Foi observado um elevado risco de câncer entre os indivíduos expostos, sendo que o tipo de câncer variou de um estudo para o outro. Floderus e col. (1993)⁴⁹ verificaram uma associação significativa com a leucemia; Theriault e col. (1994)⁵⁰ também notaram uma associação positiva, embora fraca e não significativa. Savitz e Loomis (1995)⁵¹, não observaram nenhuma ligação. Para os subtipos de leucemia, houve uma inconsistência ainda maior, mas o número de pacientes incluídos na análise foi pequeno. Floderus e col. (1993)⁴⁹ acharam um excesso de glioblastoma (astrocitoma III-IV) no tecido nervoso, enquanto Theriault e col. (1994)⁵⁰ e Savitz e Loomis

(1995) ⁵¹, acharam somente evidências sugestivas de um aumento de glioma (astrocitoma I-II).

As três concessionárias de energia elétrica que participaram do estudo de campos magnéticos realizado por Theriault e col. (1994) ⁵⁰, também analisaram os dados relativos a campos elétricos. Comparando trabalhadores do grupo controle e trabalhadores com leucemia numa das concessionárias, notaram que esses últimos possivelmente teriam sido mais expostos a campos elétricos. A associação foi mais forte num grupo que havia sido exposto a uma combinação de campos elétricos e magnéticos intensos ⁵². Numa segunda concessionária, os pesquisadores não encontraram nenhuma associação entre leucemia e exposição cumulativa a campos elétricos no local de trabalho, mas algumas das análises mostraram uma associação com o câncer de cérebro ⁵³. Foi também relatada uma associação com o câncer de cólon; porém, em outros estudos, com grande número de trabalhadores das concessionárias, não foi encontrado este tipo de câncer. Na terceira concessionária, não foi observada nenhuma associação entre campos elétricos intensos e câncer do cérebro ou leucemia, mas este estudo foi pouco abrangente e com menor possibilidade para detectar pequenas alterações, caso estivessem presentes ⁵⁴.

Estudos de coorte de trabalhadores de companhias elétricas examinaram a mortalidade por doença cardiovascular. O primeiro estudo ⁵⁴ foi conduzido com 20.000 trabalhadores de uma companhia elétrica em Quebec, no Canadá. A exposição a campos elétricos e magnéticos de 60 Hz foi avaliada por meio de uma matriz de exposição ocupacional. Entre os expostos, a taxa de mortalidade foi geralmente menor do que a taxa nos grupos de não expostos, incluindo a mortalidade

por doenças cardiovasculares. Savitz e col. (1999) ⁵⁵ acompanharam cerca de 139.000 trabalhadores de uma empresa fornecedora de energia. Os resultados revelaram que a mortalidade por doenças cardiovasculares e isquemia foi menor na coorte de estudo do que na população americana, porém mortes por arritmias cardíacas e infarto agudo do miocárdio foram relacionadas às exposições crescentes a campos elétricos e magnéticos entre 5 e 20 anos anteriores à morte.

Alguns estudos buscaram relacionar a exposição a campos eletromagnéticos e distúrbios psiquiátricos, como suicídio ^{54, 56, 57}, e depressão ^{58 - 63}.

Estudos epidemiológicos sobre efeitos na gravidez em mulheres trabalhando com monitores de vídeo não têm fornecido nenhuma evidência consistente ^{64 - 67}. Por exemplo, estudos combinados, comparando mulheres grávidas que usam monitores de vídeo, com mulheres que não usam, não revelaram nenhum excesso de risco de aborto espontâneo ou malformação congênita ⁶⁵. Dois outros estudos concentraram-se em medidas reais dos campos elétricos e magnéticos emitidos por monitores de vídeo: um estudo sugeriu uma associação entre campos magnéticos de baixa frequência e aborto ⁶⁸, enquanto o outro não verificou tal associação ⁶⁹. De um estudo que incluiu um grande número de casos, com alto índice de participação e uma detalhada avaliação das exposições ⁷⁰, resultou que nem o peso ao nascer, nem a taxa de crescimento intra-uterino tinham relação com qualquer exposição a campos de baixa frequência. Conseqüências adversas não foram associadas aos níveis mais altos de exposição. As medições de exposição incluíram a capacidade de corrente das linhas de transmissão fora das residências, medições de exposição individual por sete dias, medições nas residências por 24 horas, relatórios individuais sobre o uso de

cobertores elétricos, colchões com água aquecida e monitores de vídeo. As informações, em sua maioria, não apóiam uma associação entre exposição ocupacional a monitores de vídeo e efeitos nocivos à reprodução^{66, 67}.

A despeito do grande número de estudos empreendidos para descobrir os efeitos biológicos dos campos elétricos e magnéticos de frequências extremamente baixas, poucos estudos sistemáticos definiram os limiares para os campos que produzem perturbações significativas nas funções biológicas. Está bem estabelecido que correntes elétricas induzidas possam estimular tecidos nervosos e musculares diretamente, desde que a densidade da corrente induzida exceda valores limiares^{67, 71, 72}.

Muitos estudos têm sugerido que a transferência de sinais elétricos fracos na faixa de baixas frequências envolve interações com a membrana celular, conduzindo a respostas bioquímicas citoplasmáticas, que, por sua vez, implicam mudanças em estados funcionais e de proliferação das células. A partir de modelos simples do comportamento de células individuais em campos fracos, foi calculado que o sinal elétrico, na região extracelular, deve ser maior que aproximadamente $10 - 100 \text{ mV.m}^{-1}$ (correspondente a uma densidade de corrente induzida de $2 - 20 \text{ mA.m}^{-2}$), para exceder o nível de ruído endógeno físico e biológico, em membranas celulares⁷³. Evidências também sugerem que várias propriedades estruturais e funcionais das membranas, podem ser alteradas em resposta a campos de baixa frequência induzidos, de valor igual ou abaixo de 100 mV.m^{-1} ^{74, 75}. Alterações neuroendócrinas (por exemplo: supressão da síntese noturna de melatonina), foram observadas em

resposta a campos elétricos induzidos de 10 mV.m^{-1} , ou menos, correspondentes a densidades de corrente induzidas de aproximadamente 2 mA.m^{-2} , ou menos^{67, 76}.

Foi observado que campos elétricos e correntes induzidas em níveis excedendo aqueles de sinais endógenos bioelétricos presentes nos tecidos, causam numerosos efeitos fisiológicos que aumentam em severidade quando a densidade de corrente induzida aumenta^{67, 77}. Na faixa de densidades de corrente de 10 a 100 mA.m^{-2} , tem sido relatados efeitos nos tecidos e mudanças nas funções cognitivas do cérebro^{34, 78}. Os limiares para estímulo neuronal e neuromuscular são excedidos quando a densidade da corrente induzida ultrapassa valores de 100 ou várias centenas de mA.m^{-2} , para frequências entre 10 Hz e 1 kHz. As densidades de corrente limiares aumentam progressivamente nas frequências abaixo de vários hertz e acima de 1 kHz. Finalmente, nas densidades de corrente extremamente altas, com valor acima de 1 A.m^{-2} , podem ocorrer efeitos sérios e potencialmente letais, tais como extrasístole cardíaca, fibrilação ventricular, espasmo muscular e falha respiratória. A severidade dos efeitos sobre tecidos e a probabilidade de serem irreversíveis aumentam com a exposição crônica a densidades de corrente induzidas acima do nível de 10 a 100 mA.m^{-2} . Portanto, parece ser apropriado limitar a exposição humana a campos que induzem densidades de corrente não maiores que 10 mA.m^{-2} na cabeça, pescoço, e tronco, numa faixa de frequências de poucos hertz até 1 kHz. Um aspecto importante na avaliação dos efeitos de campos eletromagnéticos é a possibilidade de efeitos teratogênicos e no desenvolvimento, porém até o momento não há evidências científicas publicadas de que campos de frequências baixas tenham efeitos adversos em mamíferos, no seu desenvolvimento embrionário ou logo após o nascimento^{67, 79, 80}. Além do mais, evidências atualmente disponíveis indicam que mutações

somáticas e efeitos genéticos não são resultados prováveis da exposição a campos elétricos e magnéticos de frequências abaixo de 100 kHz⁸¹.

Existem numerosos relatos na literatura sobre efeitos “in vitro” de campos de baixa frequência nas propriedades das membranas celulares (transporte de íons e interação de mitógenos com receptores superficiais em células) e mudanças em funções celulares e propriedades de crescimento (por exemplo, o aumento de proliferação e alterações no metabolismo, expressão gênica, biossíntese de proteína e atividades enzimáticas)^{67, 75, 76, 81, 82}.

Nascimento e col. em 2003⁸³ submeteram *E.coli*, em caldo glicosado, a campo eletromagnético de 5G, gerado por fonte de tensão alternada de 60 Hz, por 8 horas, e observaram menor valor de glicose residual e maior turbidez no grupo exposto, sugerindo estimulação do sistema de transporte de glicose, como a Difusão Facilitada ou por ressonância ciclotrônica e o aumento do crescimento pelo encurtamento da *lag phase* e estimulação da *log phase*.

Uma considerável atenção foi dirigida aos efeitos de campos de baixa frequência sobre o transporte de Ca⁺⁺ através de membranas celulares e a concentração intracelular deste íon⁸⁴⁻⁸⁶. RNA mensageiro e padrões de síntese de proteína⁸⁷⁻⁹¹, e atividade de enzimas como ornitina descarboxilase (ODC) que são relacionadas à proliferação de células e promoção de tumores⁹²⁻⁹⁵.

Os resultados de estudos em laboratório projetados para detectar danos no DNA e em cromossomos, mutações e aumento na frequência de transformações, não demonstraram nenhuma evidência que campos de baixa frequência causem alteração na estrutura do DNA e cromatina, e não são esperados efeitos mutacionais e de

transformação neoplásica^{67, 78, 96, 97}. A falta de efeitos na estrutura dos cromossomos sugere que campos de baixa frequência, se é que tem algum efeito no processo de carcinogênese, é mais provável que ajam como promotores do que como iniciadores, ocasionando a proliferação de células geneticamente alteradas, mais do que propriamente causando lesão inicial em DNA ou cromatina. Uma influência no desenvolvimento do tumor poderia ocorrer por meio de efeitos epigenéticos desses campos, tais como as alterações nos caminhos de sinalização celulares ou expressão gênica. O foco de estudos recentes tem sido, portanto, no sentido de descobrir possíveis efeitos de campos de baixa frequência sobre fases de promoção e progressão de desenvolvimento de tumores, após seu início, provocado por um carcinógeno químico. Estudos de crescimento de células de tumores “in vitro” e o desenvolvimento de tumores transplantados em roedores, não proporcionaram nenhuma evidência significativa de possíveis efeitos carcinogênicos da exposição a campos de baixa frequência⁶⁷.

Diversos estudos, de aplicação mais direta a câncer humano, envolveram testes “in vivo” para determinar as atividades promotoras dos campos magnéticos de baixas frequências em tumores na pele, fígado, cérebro e nas mamas de roedores. Três estudos de promoção de tumor na pele^{98 - 101}, não demonstraram nenhum efeito da exposição contínua, ou intermitente, a campos magnéticos de 50/60 Hz, em promover tumores induzidos quimicamente.

Experiências sobre o desenvolvimento de focos neoplásicos no fígado iniciados por carcinógeno químico e promovido por éster de forbol em ratos parcialmente

hepatectomizados, não revelaram nenhuma promoção ou efeito de co-promoção pela exposição a campos de 50 Hz variando em intensidade de 5 a 500 mG^{102, 103}.

Estudos de desenvolvimento do câncer de mama em roedores tratados com um iniciador químico sugeriram um efeito de promoção de câncer pela exposição a campos magnéticos de 50/60 Hz, com intensidades na faixa de 0,1 a 300 G^{104, 109}. Estas observações levaram à hipótese de relacionar o aumento da incidência de tumores nos ratos expostos a campos, com a supressão de melatonina pineal induzida pelos campos e um conseqüente aumento dos níveis de hormônios esteróides e do risco de câncer de mama^{110, 111}.

Para a *International Agency for Research on Cancer* (IARC), os resultados dos estudos para campos magnéticos de frequência extremamente baixa (ELF) evidenciam que uma associação entre campos elétricos e leucemia infantil é *inadequado para avaliação*, ou seja, a avaliação dos estudos é de qualidade insuficiente, não há consistência ou poder estatístico que permita apresentar conclusão de presença ou ausência de associação causal entre exposição e câncer ou não há dados de câncer humano avaliáveis. No entanto, classifica os Campos Magnéticos de Frequência Extremamente Baixa (ELF) como possivelmente carcinogênicos para seres humanos (GRUPO – 2B), ou seja, o agente é possivelmente carcinogênico para humanos¹¹².

As Tabelas 5 e 6, publicadas por John Moulder em 2001¹¹³, resumizam os riscos relativos (RR) dos estudos de exposição residencial e ocupacional respectivamente.

A Figura 5 mostra o RR de leucemias infantis de trabalhos realizados nos últimos 20 anos.

Tabela 5. Exposição residencial a campos eletromagnéticos gerados por linhas de transmissão e câncer infantil

Tipo de Câncer	Nº de estudos	Mediana RR	Intervalos dos RR
Leucemia em crianças	20	1.25	0.8-2.0
Câncer cerebral em crianças	9	1.2	0.8-1.7
Linfoma	8	1.8	0.8-4.0
Cânceres em crianças	7	1.3	0.9-1.6
Leucemias em adultos	6	1.15	0.85-1.65
Câncer cerebral em adultos	5	0.95	0.70-1.30
Cânceres em adultos	8	1.10	0.80-1.35

Fonte: Moulder, J.E. – Electromagnetic Fields and Human Health – 2001 (adaptado)

Figura 5. Risco relativo de leucemia em crianças e exposição a campos magnéticos gerados por linhas de transmissão e câncer

Os Riscos Relativos são apresentados com intervalos de confiança de 95% e os números esperados de casos expostos (a medida do poder estatístico do estudo) é mostrada entre parênteses. Quando mais de um ponto de corte da exposição foi usado pelos autores, o maior ponto de corte é mostrado com mais de 5 casos expostos esperados. A ponderação dos estudos na base do número de casos esperados, e todas as medidas de exposição são tratadas igualmente. Os dados da análise de 1980 a 1994 são de Moulder.

Tabela 6. Estudos epidemiológicos abordando câncer e exposição ocupacional a campos magnéticos gerados por linhas de transmissão

Tipos de Câncer	Número de estudos	Média RR	Intervalos dos RR
Leucemia	40	1.20	0.80-2.25
Cérebro	30	1.15	0.90-2.00
Linfoma	12	1.20	0.90-1.80
Pulmão	15	1.05	0.65-1.45
Mama feminina	10	1.10	0.85-1.50
Mama masculina	10	1.25	0.65-2.80
Todos os tipos de cânceres	15	1.05	0.85-1.15

Fonte: Moulder, J.E. – Electromagnetic Fields and Human Health – 2001 (adaptado).

As Figuras 6 e 7 resumizam os estudos sobre carcinogênese animal e seus efeitos adversos à saúde ¹¹³.

Figura 6. Estudos de carcinogênese em animais e exposição a campos magnéticos

Estudos de carcinogênese animal que avaliam o total de tumores malignos ou o total de sobrevivência. A figura mostra as razões (expostos/simulado) do número de animais com tumores até o final do experimento, ou o número de mortes durante o experimento. Todos os dados são mostrados com intervalos de confiança de 95%. Médias de campos residenciais típicas de 24 horas são apresentadas para comparação.

Figura 7. Estudos de carcinogênese em animais e exposição a campos eletromagnéticos.(leucemias e linfomas)

Estudos de carcinogênese animal que avaliam linfomas e/ou leucemias. A figura mostra as razões (expostos/simulado) do número de animais com linfoma ou leucemia até o final do experimento. Todos os dados são mostrados com intervalos de confiança de 95%. Médias de campos residenciais típicas de 24 horas são apresentadas para comparação.

Segundo JE Moulder uma revisão de 1996 efetuada por um grupo proeminente de cientistas na Academia Nacional norte-americana de Ciência concluiu que: “Não há nenhuma evidência conclusiva e consistente que exposições a campos elétricos e magnéticos residenciais produzem câncer, efeito neurocomportamental adverso, ou efeitos reprodutivos”, e outra revisão de 1999 do Instituto Nacional norte-americano de Saúde concluiu que: “A evidência científica que sugere que exposições [frequência de campo eletromagnético] possam causar qualquer risco sanitário é

fraco”, ainda uma terceira revisão de 2001 do U.K. National Radiation Protection Board (NRPB) concluiu que: “Experimentos de laboratório não têm provado boas evidências que campos eletromagnéticos de baixa frequência são capazes de produzir câncer, nem estudos epidemiológicos em humanos sugerem que eles causem câncer em geral”¹¹³. Os maiores estudos de leucemia infantil e fios de alta tensão já feitos entre 1997 e 2000 informam que eles não puderam encontrar nenhuma evidência significativa de uma associação de fios de alta tensão com leucemia infantil. Por outro lado estudos publicados em 2000 informaram que se fossem agrupados todos os estudos nos quais pudessem ser medidos campos magnéticos ou calculados, uma associação estatisticamente significativa poderia ser achada para leucemia infantil nas crianças com os campos comuns mais altos. Por outro lado, uma série de estudos mostrou que exposição de longo tempo em animais a frequências de campos magnéticos causa câncer. Globalmente, a maioria dos cientistas considera fraca a evidência que campos de fios de alta tensão causam ou contribuem para câncer¹¹³. Em 2005, Gerald Draper e colaboradores concluíram que há uma associação entre leucemia infantil e a proximidade de suas residências desde o nascimento, com linhas de transmissão de energia elétrica de alta tensão, e que um risco relativo de 1.7 se estende a distâncias de 200 a 600 metros destas linhas, porém não encontraram mecanismo biológico aceitável para explicar os resultados epidemiológicos encontrados¹¹⁴.

Figura 8. Risco Relativo para leucemia infantil (Draper e col.) comparado com campos magnéticos de mesma distância

Risco Relativo para leucemia infantil em função da distância das linhas de transmissão de alta tensão como reportado por Draper e col. em comparação com a intensidade do campo magnético das linhas de transmissão de alta tensão pelas distâncias (os dados de intensidade do campo magnético vieram do US National Research Council). O risco elevado de leucemia infantil reportado por Draper estende-se muito além do campo magnético real.

O que se pode afirmar é que campos magnéticos de frequência extremamente baixa produzidos por sistemas de energia elétrica são “possivelmente carcinogênicos”; que meta análises de estudos caso-controle encontraram riscos duas vezes maiores de leucemia em crianças que vivem próximo às linhas de transmissão

de energia elétrica de alta tensão em que os campos magnéticos são maiores que $0.4\mu\text{T}$; e que linhas de alta tensão são uma das fontes de campos magnéticos.

Figura 9. Campos de frequência de energia e distância das linhas de alta tensão

Campos de frequência de energia e distância das linhas de energia elétrica em comparação com campos típicos em residências que não são próximas de linhas de energia elétrica. Dados do US National Research Council .

Deste modo, se pode deduzir que, toda esta profusão de estudos, relatórios científicos e revisões sugerem um aumento constante da preocupação, principalmente nas três últimas décadas, com os possíveis efeitos biológicos causados por emissão de campos magnéticos, principalmente para exposições de longa duração.

I.6 Leucemias:

Segundo o INCA a leucemia é uma doença maligna dos glóbulos brancos (leucócitos) de origem, na maioria das vezes, não conhecida. Ela tem como principal característica o acúmulo de células jovens (blásticas) anormais na medula óssea, que substituem as células sangüíneas normais. A medula é o local de formação das células sangüíneas, ocupa a cavidade dos ossos (principalmente esterno e bacia) e é conhecida popularmente por tutano. Nela são encontradas as células mães ou precursoras, que originam os elementos figurados do sangue: glóbulos brancos, glóbulos vermelhos (hemácias ou eritrócitos) e plaquetas ¹¹⁵.

Os principais sintomas da leucemia decorrem do acúmulo dessas células na medula óssea, prejudicando ou impedindo a produção dos glóbulos vermelhos (causando anemia), dos glóbulos brancos (causando infecções) e das plaquetas (causando hemorragias). Depois de instalada, a doença progride rapidamente, exigindo com isso que o tratamento seja iniciado logo após o diagnóstico e a classificação da leucemia ¹¹⁵.

O tipo de leucemia mais freqüente na criança é a leucemia linfóide aguda (ou linfoblástica) (LLA). A leucemia mielóide aguda (LMA) é mais comum no adulto. Esta última tem vários subtipos: mieloblástica (menos e mais diferenciada), promielocítica, mielomonocítica, monocítica, eritrocítica e megacariocítica ¹¹⁵.

A associação entre câncer pediátrico e fatores de risco ainda não está totalmente bem estabelecida nos casos em que fatores de risco e comportamentais como

tabagismo, alcoolismo, alimentação, prática de atividade física regular, exposição ao sol, entre outros, já estão bem descritos na literatura como associados a vários tipos de neoplasias e à população adulta. Sabe-se ainda que, do ponto de vista clínico, os tumores pediátricos apresentam menores períodos de latência, em geral crescem rapidamente e são mais invasivos, porém respondem melhor ao tratamento e são considerados de bom prognóstico. A sobrevida média cumulativa em cinco anos é considerada razoavelmente boa nos Estados Unidos, onde a taxa da sobrevida é cerca de 77%. Na Europa, a sobrevida observada é semelhante à dos Estados Unidos, variando de 77% (no norte europeu) a 62% (no leste) ¹¹⁶.

Dos cânceres infantis, a leucemia é o tipo mais freqüente, dentre essas, a Leucemia Linfóide Aguda (LLA) é de maior ocorrência em crianças na maioria das populações do mundo, com exceção do Japão, da China e do Zimbábue – países onde a LLA é menos freqüente que a Leucemia Mielóide Aguda (LMA).

Não existe uma causa única para todos os tipos de leucemias. Suspeita-se de ser causada por fatores diversos, dentre eles: herança genética, desencadeamento após contaminação por certos tipos de vírus, radiação, poluição, tratamento quimioterápico entre outros. Algumas vezes, pensa-se muito a respeito da baixa imunidade (onde células podem destruir células cancerígenas) ou alguma falha no sistema imunológico que fizesse com que alguma célula anormal não fosse destruída e se reproduzisse, dando início ao câncer. Não se pode determinar de forma exata como a leucemia se desencadeia em um indivíduo específico, mas é possível verificar através de seu próprio histórico a possível causa ¹¹⁵.

A leucemia infantil é o tipo mais comum de câncer em crianças, embora a incidência total seja rara, acometendo 30% de todos os cânceres diagnosticados em crianças menores de 15 anos ¹¹⁶.

O câncer pediátrico representa entre 0,5% e 3% de todas as neoplasias na maioria das populações. Em geral, a incidência total de tumores malignos na infância é maior no sexo masculino. Internacionalmente, os tumores pediátricos mais comuns são as leucemias, os linfomas e os tumores do Sistema Nervoso Central (SNC) ¹¹⁷.

Enquanto os tumores nos adultos estão, em geral, relacionados à exposição a vários fatores de risco como o tabagismo, estilos de vida, alimentação, ocupação e agentes carcinógenos específicos, a maior parte das causas dos tumores pediátricos ainda é completamente desconhecida ¹¹⁸.

Estudos epidemiológicos de leucemias agudas em crianças têm examinado possíveis fatores de risco como ambientais, genéticos ou infecciosos, num esforço em determinar a etiologia da doença.

Somente um fator ambiental (radiação ionizante) tem uma associação significativa com LLA e LMA; outros fatores de risco ambientais como campos eletromagnéticos e fumaça de cigarro, têm tido resultados inconsistentes associados com ambas formas de leucemias infantis. Por ter uma ocorrência rara, estudos prospectivos são difíceis de conduzir e, por isso, freqüentemente são utilizados desenhos de estudos retrospectivos de caso-controle, que apesar de serem mais fáceis de conduzir, possuem sérias limitações, como por exemplo, vieses podem ser introduzidos pelas medidas inderetas, por ser auto-reportado e por relatos de pais de crianças doentes e não doentes, ou por seguimentos da população que não sobreviêm, ou por limitações

como o pequeno número de casos, o número dos resultados comparativos, e a questionável relevância das amostras associadas. Apesar de todas as limitações, os resultados de pesquisas epidemiológicas que identificam fatores de risco ambientais de leucemias infantis, podem dar suporte às medidas de potencial alívio às exposições perigosas e reduzir o risco de doenças ¹¹⁹.

Reis et al. ¹¹⁸, publicaram em 2007, estudo relacionado a incidência dos tumores pediátricos no Brasil, cujas informações provêm dos Registros de Câncer de Base Populacional (RCBP), que são centros onde a coleta, o armazenamento e a análise da ocorrência de casos novos de câncer em uma população são realizados de maneira sistemática, e concluíram que, para as leucemias, os percentuais observados nos 17 RCBPs analisados são análogos aos encontrados na literatura científica, variando de 25% a 35% de todas as neoplasias pediátricas. Na maioria dos países, crianças menores de cinco anos são as mais frequentemente acometidas por este tipo de neoplasia.

De acordo com o INCA “o percentual mediano dos tumores pediátricos observados nos RCBP brasileiros encontra-se próximo de 3%. Para o cálculo do número estimado de tumores pediátricos no ano de 2008, optou-se por considerar apenas os valores estimados para todas as neoplasias, sem incluir os tumores de pele não melanoma, justificado pelo fato de sua magnitude em adultos diferir tanto da observada em crianças e adolescentes” ¹¹⁵.

Estima-se que para o Brasil, no ano de 2008, ocorrerão 351.720 casos novos de câncer, à exceção dos tumores de pele não melanoma. Depreende-se, portanto, que ocorrerão cerca de 9.890 casos novos de câncer em crianças e adolescentes até os 18 anos de idade ¹¹⁵.

1.7 Epidemiologia:

A epidemiologia é uma disciplina básica da saúde pública voltada para a compreensão do processo saúde-doença no âmbito de populações. "Epidemiologia é o estudo da frequência, da distribuição e dos determinantes dos estados ou eventos relacionados à saúde em específicas populações e a aplicação desses estudos no controle dos problemas de saúde"¹²⁰.

Segundo T. C. Timmreck, 1994 ¹²¹, os objetivos básicos da epidemiologia podem ser:

- identificar o agente causal ou fatores relacionados à causa dos agravos à saúde;
- entender a relação entre causa e efeito dos agravos à saúde;
- definir os modos de transmissão;
- definir e determinar os fatores contribuintes aos agravos à saúde;
- identificar e explicar os padrões de distribuição geográfica das doenças;
- estabelecer os métodos e estratégias de controle dos agravos à saúde;
- estabelecer medidas preventivas;
- auxiliar o planejamento e desenvolvimento de serviços de saúde;
- prover dados para a administração e avaliação de serviços de saúde.

Nas últimas décadas, a epidemiologia tem aperfeiçoado de forma significativa seu arsenal metodológico. Tal fato deve-se, de um lado, à melhor compreensão do processo saúde-doença que nos permitiu uma visão mais clara dos múltiplos fatores que interagem na sua determinação e, de outro, ao desenvolvimento de novas técnicas estatísticas aplicadas à epidemiologia e também à utilização, cada vez mais ampla, dos computadores pessoais e à criação de novos programas (*softwares*), tornando acessíveis, a um número cada vez maior de pesquisadores, a aplicação de análises estatísticas de dados obtidos em investigações epidemiológicas. De uma maneira geral, podemos identificar três delineamentos na aplicação do método epidemiológico: epidemiologia descritiva, epidemiologia analítica e epidemiologia experimental.

Os delineamentos dos estudos epidemiológicos descritivos abrangem: estudos ecológicos ou de correlação, relatos de casos ou de série de casos e estudos seccionais ou de corte transversal.

Os estudos ecológicos analisam dados globais de populações inteiras, comparando a frequência de doenças entre diferentes grupos populacionais durante o mesmo período ou a mesma população em diferentes momentos. Esses estudos são desenvolvidos com o objetivo de elaborar hipóteses.

1.7.1 A abordagem do espaço em epidemiologia:

Espaço é um conceito básico em epidemiologia. Os estudos epidemiológicos tradicionais abordam a categoria “lugar” que, assim como as categorias “tempo” e “pessoas”, constitui um de seus principais elementos de análise. Além disso, tais estudos sempre ressaltaram que o conhecimento da distribuição geográfica da enfermidade é importante para *“a formulação de hipóteses etiológicas, além de ser útil para propósitos administrativos”* ¹²². O espaço era compreendido, separado do tempo e das pessoas, como o lugar geográfico que predispõe a ocorrência de doenças. Sua qualificação restringia-se, assim como na geografia médica, ao determinismo ambiental, associando problemas de saúde a variáveis climáticas, hidrografia, topografia, vegetação, etc. Dessa visão nasce a “Medicina Tropical”, focada nos problemas de saúde daquelas regiões do globo onde as condições ambientais, *per se*, seriam condicionantes das enfermidades. Frequentemente a categoria espaço é abordada, nos estudos epidemiológicos, através da mera localização dos problemas de saúde ¹²³.

Tal visão contrasta, contudo, com aquela proposta pelo geógrafo Milton Santos, expoente da Geografia Crítica, que considera os elementos sociais e a historicidade como componentes indissociáveis da categoria espaço. Para esse autor a configuração do espaço urbano é resultado da estrutura social e de sua dinâmica, acumulando as transformações ocorridas na sociedade, refletindo mais seu passado do que propriamente seu presente. O espaço urbano é necessariamente heterogêneo ao mesmo tempo em que é produto e produtor de diferenciações sociais. Esse espaço

produzido socialmente exerce pressões econômicas e políticas sobre a sociedade, criando condições diferenciadas para evolução de uma população ou atividade humana. Mais do que o “local” do problema de saúde o espaço funciona, sob esta ótica, como uma instância capaz de encerrar diferentes contextos de saúde, decorrentes do manejo histórico do ambiente físico, de fluxos de circulação de bens e serviços e da heterogeneidade dos grupos populacionais que o ocupam ¹²⁴.

O processo de ocupação do espaço, desde seu início até o momento presente, refletir-se-á no futuro, e é parte inerente aos determinantes das condições de vida. Assim, o espaço urbano é necessariamente produto de uma série de decisões que orientam sua organização, segundo os critérios hegemônicos em uma dada formação econômica e social, seja pela movimentação do capital, seja pela ação organizada e planejada da sociedade pelo Estado, sendo um processo cheio de densidade histórica ¹²⁴.

Nos últimos tempos, vários autores têm procurado novas abordagens do espaço no âmbito dos estudos epidemiológicos, buscando revesti-lo de caráter social. Tal caráter passa a atender às necessidades explicativas da concepção de determinação social da doença, uma vez que permite que os diferentes fatores que compõem a estrutura epidemiológica sejam analisados numa perspectiva dinâmica e histórica, estando a sua compreensão diretamente articulada à formação econômico-social ¹²⁵, ^{126, 127}.

Dessa forma, a distribuição espacial da doença representa a realização manifesta ou empírica dos processos geradores subjacentes. O seu estudo, portanto, faz-se pertinente, pois capta a dinâmica da estrutura epidemiológica, uma vez que o perfil

epidemiológico dos diferentes espaços é criado pela interação das relações sociais que caracterizam a sua organização. Além disso, esse perfil modifica-se através do tempo conforme o momento histórico em que se encontrem os estágios de desenvolvimento das forças produtivas e das relações sociais, as quais são os fatores definidores da organização do espaço ¹²⁶.

Apesar do conceito de espaço social adequar-se enquanto formulação teórica para a explicação da ocorrência e da distribuição da doença é indispensável, além do referencial teórico, o emprego de métodos e técnicas competentes para que se alcance a construção do coletivo ^{123, 126}. Nesse sentido, a Cartografia vem sendo utilizada com mais frequência face à disponibilidade de modernas técnicas de computação eletrônica ^{128 - 131}. Tal evolução fez emergir o Geoprocessamento, que vem sendo utilizado como uma importante ferramenta auxiliar de maior precisão e capacidade operacional na apresentação e interpretação de informações espaciais. Além disso, o desenvolvimento da estatística espacial tem propiciado uma melhor compreensão de aspectos sociais e, especialmente temporais, do espaço urbano ^{132, 133}.

I.8 Geoprocessamento:

O Geoprocessamento é a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos

Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica SIG -, permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados geo-referenciados¹³⁴.

Num país de dimensão continental como o Brasil, com uma grande carência de informações adequadas para a tomada de decisões sobre os problemas urbanos, rurais e ambientais, o Geoprocessamento apresenta um enorme potencial, principalmente se baseado em tecnologias de custo relativamente baixo, em que o conhecimento seja adquirido localmente.

A ferramenta do geoprocessamento permite a incorporação de uma gama de variáveis, como a extensão, localização, tempo e características sócio-econômicas, aos estudos em saúde. O geoprocessamento permite a utilização destas variáveis por meio do processamento de imagens e da manipulação de bancos de dados de interesse para a análise de saúde. A disponibilidade de técnicas de processamento de imagens permite a identificação de padrões de uso do solo com certa facilidade e precisão. Algumas variáveis extraídas destas imagens (densidade de construções, vegetação, hidrografia) podem servir à análise espacial de eventos de saúde por estar relacionada a outras de interesse mais direto (formas de habitação, densidade demográfica e qualidade ambiental). A escolha da escala de análise e do nível de agregação de dados deve ser compatível com a extensão prevista do risco associado a uma atividade poluidora ou agente químico ou físico. A união entre modelos matemáticos de dispersão e ciclagem de poluentes com o geoprocessamento pode

contribuir para a análise de cenários e a avaliação da extensão de efeitos de contaminação ambiental ¹³².

Devido ao conjunto de elementos inter-relacionados presentes no espaço, torna-se difícil o estabelecimento de relações de causalidade entre condições ambientais e saúde. O geoprocessamento de informações ambientais e de saúde permite a identificação de variáveis que revelem a estrutura social, econômica e ambiental, onde riscos à saúde estão presentes. Com isso, a categoria espaço contribui para o entendimento dos processos envolvidos em determinado fenômeno ambiental que se deseja estudar.

Produto direto da evolução experimentada pela informática, o Geoprocessamento constitui-se num ramo do processamento de dados que opera transformações nos dados contidos em uma base referenciada territorialmente (geocodificada), usando recursos analíticos, gráficos e lógicos para a obtenção e apresentação das transformações desejadas. A técnica de geocodificação (ou georreferenciamento) consiste em prover referências espaciais (latitude e longitude, por exemplo) passíveis de tratamento automatizado ¹²⁸. Uma base de dados referenciada espacialmente contém dois tipos de informação, os dados de localização (dados geográficos ou espaciais) que são expressos por coordenadas de duas dimensões referentes a pontos, linhas ou áreas e descrevem sua posição e sua topologia (relações de vizinhança ou conexão com outros elementos) e os atributos (dados não-espaciais ou não-geográficos) que compreendem informações quantitativas ou qualitativas referentes aos dados localizados espacialmente ¹²⁸.

Num mapa, os dados de localização espacial referem-se às coordenadas geográficas (latitude e longitude) que permitem sua localização no dado local. Já os atributos são informações desses casos como nome, sexo, idade, sintomas, etc.

Dentre as tecnologias empregadas no Geoprocessamento, merece especial atenção os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) por seu promissor e cada vez mais freqüente emprego no setor saúde. Os SIGs são estruturas de processamento eletrônico de dados (freqüentemente *softwares*) que permitem a captura, armazenamento, manipulação, análise, demonstração e relato de dados referenciados geograficamente^{130, 132}. Constitui-se numa poderosa ferramenta eletrônica capaz de armazenar grande quantidade de dados referenciados geograficamente ou de seus atributos, focalizando o relacionamento de fenômenos da realidade com sua localização espacial. Por conseguinte, pode-se estudar outros aspectos mais complexos como os de vizinhança e contigüidade envolvendo áreas extensas. Além disso, fenômenos distintos podem ser representados em sua interação e evolução, abrangendo-se toda a complexidade do sistema, inclusive a dimensão temporal¹²⁸.

¹³⁰ .

O processo automático chamado de georreferenciamento é utilizado para criar referências geográficas explícitas a partir de referências implícitas. Estas referências permitirão localizar o fenômeno na superfície terrestre e observar sua associação com as feições geográficas de interesse. O georreferenciamento de bancos de dados tabulares pode ser feito através de pares de coordenadas ou relacionando os dados com unidades espaciais (setores censitários, bairros, etc.) presentes no mapa. Alguns programas permitem localizar determinado evento de interesse com grande precisão

através da utilização de malhas de logradouros (ruas) com numeração, de modo que o evento repousa sobre sua localização quase exata. Como exemplo, o *software* Maptitude localiza eventos a partir do endereço fornecido (nome da rua e número da casa) com erro máximo de 100 metros. O georreferenciamento pode ser considerado como a operação básica do SIG. Especialmente para a localização de eventos pontuais (como casos de uma doença), a etapa de georreferenciamento será crucial para posteriores análises acerca do comportamento espacial do dado fenômeno. Deste modo, o tratamento dos endereços (grafia correta, observação de duplicidades, homônimos, etc.) é uma etapa importante para que a distribuição espacial seja o mais fiel possível à realidade. Alguns *softwares* permitem padronizar os endereços constantes num banco de dados tabular de modo que eles exibam a mesma grafia daquela constante no mapa digital, evitando erros de localização. Esse processo, conhecido como “padronização de endereços”, torna mais fácil o relacionamento entre a base geográfica e o banco não-geográfico. O *software* “LOC_MSP” permite que o endereço constante em bancos tabulares tenha grafia exata daquela expressa na malha de ruas do município. Outra questão bastante relevante no tratamento espacial de dados é a escolha da escala e da unidade de análise. Tal procedimento dependerá, além do fenômeno estudado, da disponibilidade de informações em cada nível. Assim, freqüentemente os dados de notificação de doenças podem ser analisados no nível do indivíduo, enquanto a maioria dos dados de coleta como, por exemplo, os índices entomológicos, costumam estar agregados em unidades maiores, como distritos administrativos ou regiões de saúde. A maioria dos dados socioeconômicos encontra-se agregado em nível de setor censitário. Os setores censitários, por sua vez, são polígonos bastante heterogêneos, cuja definição é puramente operacional. Para o

IBGE, setor censitário é a área coberta por um recenseador no período de um dia de trabalho ¹.

Uma ampla variedade de visualizações, cores, escalas, símbolos e seleções são possíveis no SIG. Por conseguinte, mapas temáticos podem ser produzidos para retratar o fenômeno de interesse com os elementos considerados relevantes.

Freqüentemente os bancos de dados trabalhados em saúde pública referem-se a dados pontuais e àqueles com contagens agregadas. Os eventos pontuais fazem referência à localização de casos de certa doença, unidades de saúde, pontos estratégicos, etc. Já os dados agregados costumam estar relacionados a dados socioeconômicos e ambientais.

A descrição do padrão de distribuição de dados pontuais é de grande relevância para o estudo de agravos que acometem as populações, uma vez que seu comportamento espacial pode trazer informações valiosas acerca dos fenômenos relacionados à sua ocorrência. A análise espacial pode permitir a identificação de fatores comuns de contaminação, trajetos influenciados por variáveis ambientais, padrões ou diferenças de situações de saúde ante perspectivas de agregações particulares em diversos níveis, bem como o planejamento, a avaliação de intervenções e fatores sócio-econômicos especializados que afetam perfis de saúde ^{123, 124}. Do mesmo modo, a identificação de aglomerados espaciais de doenças (*clusters*) permite a caracterização de cenários propícios a essa concentração e fornece subsídios para a delimitação de áreas prioritárias para as ações de vigilância. Caso um padrão de concentração espacial seja identificado, está-se diante do fenômeno de dependência espacial que, em última análise, evidencia a influência do

espaço no comportamento deste agravo. A caracterização do espaço que alberga aglomerado de casos de certa enfermidade representa a oportunidade de identificação dos fatores socioeconômicos e ambientais que possam oferecer risco às populações residentes na área ou em seu entorno. Assim, caminha-se para a construção de modelos de risco associados a contextos espaciais, em detrimento ao modelo de risco individual freqüentemente abordado nos estudos epidemiológicos ¹²³.

As possibilidades encerradas no contexto do geoprocessamento e, em especial, da análise espacial, são promissoras para um aprofundamento da abordagem do espaço em epidemiologia.

II OBJETIVOS

II. 1 Objetivo Geral

Investigar a relação de casos notificados de leucemias na faixa etária de 0 a 19 anos e a proximidade de residência com linhas de energia elétrica na cidade de São Paulo, entre os anos de 1997 e 2004.

II. 2 Objetivos Específicos

Geocodificar os casos notificados de leucemias em crianças e adolescentes com idade entre 0 e 19 anos, registrados na cidade de São Paulo referentes ao banco de dados fornecido pelo Registro de Câncer de Base Populacional (RCBP-SP);

Georreferenciar os casos da doença na faixa etária especificada, em relação às linhas de energia elétrica, aos distritos administrativos da cidade e aos setores censitários;

Calcular a incidência dos casos georreferenciados para o município de São Paulo utilizando como base os dados demográficos do censo de 2000, publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE);

Calcular a incidência dos casos georreferenciados de acordo com o local de residência e a distância das linhas de energia elétrica, construindo mapas temáticos a partir de instrumentos disponíveis nos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) da cidade.

III CASUÍSTICA E MÉTODOS:

III.1 Área de Estudo:

São Paulo é a maior cidade e o mais importante centro econômico do Brasil, localizada no Estado de São Paulo na região sudeste do país, cujas coordenadas geográficas são: 760 m de altitude, 46°38'10" de longitude oeste e 23°32'51" de latitude sul, o que lhe confere uma posição a sudoeste do Estado ² (Figura 10). Conta com uma área de 1509 Km² onde se distribui uma população de 10.927.985 habitantes, com uma concentração média de 7077,4 habitantes/Km² segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística ¹.

América do Sul

Brasil

Estado de São Paulo

Região Metropolitana

Cidade de São Paulo

Figura 10. Localização geográfica da cidade de São Paulo em relação ao Estado e ao País.

Figura 11. Divisões Administrativas (DA) e Subprefeituras do Município de São Paulo

Do ponto de vista administrativo a cidade encontra-se dividida em 96 Distritos Administrativos (DA) agrupados em 31 subprefeituras (Figura 11). A Secretaria Municipal de Saúde classifica o município em cinco grandes regiões: norte, centro-oeste, sudeste, leste e sul. Nestas regiões, segundo o censo do ano de 2000 do IBGE, distribui-se um total de 13505 setores censitários, bastante heterogêneos em sua constituição.

III.2 Dados e Mapas:

Os casos notificados de leucemias em crianças e adolescentes com idade entre 0 e 19 anos foram obtidos junto ao serviço de Registro de Câncer de Base Populacional (RCBP-SP) da cidade de São Paulo entre os anos de 1997 e 2004. O banco de dados enviado continha as variáveis: ano do registro, data de nascimento, idade, sexo, cor, estado civil, nacionalidade, naturalidade, endereço de residência com complemento, profissão, topografia, morfologia, Classificação Internacional de Doenças-10^a revisão (CID-10), código por distrito da cidade, data do primeiro diagnóstico e data do óbito.

Foram utilizadas informações demográficas por faixa etária do município de São Paulo a partir do censo de 2000, por setor censitário, publicadas pelo IBGE.

A base geográfica utilizada para obtenção dos mapas de logradouros, dos setores censitários e das linhas de energia elétrica do Município de São Paulo foi o GEOLOG, base cartográfica digital (geocodificação de logradouros) elaborado a partir do Mapa Oficial da Cidade/MOC, desenvolvido pela Secretaria de Finanças por meio da ampliação, para a escala 1:5.000, do mapa produzido pelo Grupo Executivo da Grande São Paulo (GEGRA), em escala 1:10.000, proveniente da restituição do aerolevante de 1972.

Figura 12. Bases geográficas dos Setores Censitários e das Linhas de Energia Elétrica do Município de São Paulo

III.3 Georrefenciamento dos Casos:

Os endereços residenciais dos casos notificados, com seus complementos, foram inicialmente padronizados pelo *Software* “LOC_MSP” de propriedade da Companhia de Processamento de Dados Municipais (PRODAM). O processo de padronização permitiu que os nomes das ruas constantes no banco de notificações do RCBP-SP exibissem a mesma grafia dos nomes presentes na base geográfica do município (mapa de logradouros).

Uma vez padronizados, os endereços foram submetidos ao georreferenciamento pelo “*Software*” Maptitude versão 4.6, o que permitiu a confecção do “layer” de pontos, que indica a distribuição dos casos no município e dos “buffers”, com diferentes distâncias das linhas de energia elétrica, indicando o número de casos encontrados em cada uma destas distâncias, elaborando-se deste modo, os mapas temáticos, plotados sobre o mapa de distritos administrativos do município, para fins de comparação de sua distribuição.

Para a avaliação da exposição foram consideradas as seguintes distâncias das residências em relação às linhas de energia elétrica: 200, 400, 600, 800 e 1000 metros.

III.4 Análise Estatística:

A análise descritiva das variáveis utilizadas no estudo foi feita utilizando-se o “software” SPSS.

As incidências dos casos de leucemia na faixa etária de interesse, foram calculadas para o Município de São Paulo e para cada uma das distâncias estabelecidas das linhas de energia elétrica, por meio dos dados demográficos do censo do ano de 2000 publicados pelo IBGE para os setores censitários.

$$\text{Incidência} = \frac{\text{Número de casos novos no período}}{\text{Número total da população}} \times 100.000$$

IV RESULTADOS:

O banco de dados recebido do Registro de Câncer de Base Populacional da cidade de São Paulo (RCBP-SP) continha um total de **6078** casos registrados de leucemias no período de 1997 a 2004, para todas as idades. Este apresentava-se em formato DBF, tabela em Excel, permitindo a utilização de filtros para a verificação da quantidade de registros com endereços e sua divisão por faixa etária, que assim puderam ser retabulados.

Para tanto, utilizando-se a ferramenta de filtragem na coluna de endereços, não vazias, verificou-se que o total de casos com endereço era de, apenas, **1935**, ou 32% do total.

Para a tabulação da variável idade, novamente utilizou-se a ferramenta de filtragem, agora na coluna idade, filtrando-se a idade maior ou igual a zero e menor ou igual a 19, resultando em **1409** casos registrados de 0 a 19 anos, ou 23% do total de casos registrados de todas as idades, no período de 1997 a 2004.

Novamente filtrou-se a coluna endereço, não vazias, resultando em **721** casos registrados com endereço em crianças e adolescentes entre 0 e 19 anos de idade, ou seja, somente 51% dos casos registrados continham endereço. Este, portanto, foi o número total de casos que puderam ser submetidos à geocodificação, pois continham, no mínimo, o nome da rua, na variável endereço de cada caso registrado.

Tabela 7 Casos notificados de leucemia com endereço de residência por ano na faixa etária de 0 a 19 anos

ANO	0-4	%	5-9	%	10-14	%	15-19	%	Total	%
1997	12	1,7	13	1,8	13	1,8	13	1,8	51	7,1
1998	17	2,4	10	1,4	08	1,1	18	2,5	53	7,3
1999	35	4,8	27	3,7	36	5,0	26	3,6	124	17,2
2000	68	9,4	33	4,6	41	5,7	32	4,4	174	24,1
2001	55	7,6	33	4,6	28	3,9	45	6,2	161	22,3
2002	56	7,8	38	5,3	32	4,4	31	4,3	157	21,8
2003	00		00		00		00		00	
2004	01	0,1	00		00		00		01	0,1
Total	244	33,8	154	21,4	158	21,9	165	22,9	721	

Tabulando-se os casos passíveis de geocodificação, ou seja, os que continham, no mínimo, o nome da rua no campo endereço, verificou-se que o maior número de casos de leucemias por faixa etária, ocorreu em crianças de 0 a 4 anos de idade.

Observou-se ainda que, o número de registros aumentou, significativamente, no ano de 1999 e que o maior número de casos registrados foi no ano de 2000, porém, no ano de 2003 nenhum caso foi notificado e em 2004 registrou-se apenas um caso.

Os **721** casos registrados com endereço, foram então submetidos à padronização por meio do “software” “LOC_MSP” de forma automática, utilizando-se os campos endereço, número e complemento, tendo como resultado a localização de 470 casos com 100% de confiança, 1 com 99%, 42 com 90%, 65 com 50%, 9 com porcentagem menor que 90% e diferente de 50, nenhum cruzamento, 67 registros não localizados e 67 com duplicação de codlog. Assim prosseguiu-se com a localização manual das pendências, verificando-se 257 endereços manualmente, dos quais 231 foram confirmados e 26 zerados.

Com os **721** casos padronizados, passou-se ao georreferenciamento utilizando-se a ferramenta de “localização por endereço” do “software” Maptitude versão 4.6. Do total, 56 registros não foram localizados automaticamente, deste modo passou-se à localização manual, por meio da ferramenta “localização por pontos” encontrando-se 28 dos 56 endereços não localizados, totalizando, por fim, georreferenciados **693** casos (Figura 13).

Figura 13. Casos de leucemia em crianças e adolescentes georreferenciados segundo o endereço de residência no Município de São Paulo no período entre 1997 e 2004

Passou-se então para a etapa da construção das camadas dos mapas a serem utilizadas para a análise espacial referente às distâncias das linhas de energia elétrica. Para tanto utilizando-se a camada das linhas de energia elétrica, disponível no GEOLOG, foram construídos as bandas de 200, 400, 600, 800 e de 1000 metros de distância (Figura 14).

Figura 14. Bandas relativas às distâncias das linhas de energia elétrica no Município de São Paulo

Por meio da sobreposição das camadas de pontos, referente aos casos, de linhas, referente às linhas de energia elétrica, e de distritos administrativos, foi possível obter o mapa temático da distribuição dos casos georreferenciados no município e as distâncias das residências das linhas de energia (Figura 15).

Figura 15. Mapa temático referente à sobreposição das camadas dos casos georreferenciados e bandas de 200 a 1000 metros de distância das linhas de energia elétrica

Utilizando-se, então os dados demográficos do IBGE, calculou-se a incidência de casos em relação ao total de habitantes da cidade com idade entre 0 e 19 anos e a incidência em relação ao número de habitantes em cada uma das bandas de distâncias das linhas de energia elétrica, conforme mostra a Tabela 8.

Tabela 8. Número de casos de leucemia em crianças e adolescentes e a incidência relativa a cada uma das bandas de 200 a 1000 metros de distância das linhas de energia elétrica

BANDA	CASOS	POP_0_19	INCIDÊNCIA*
1000	53	264011	20,07
800	59	278721	21,17
600	50	310889	16,08
400	52	347459	14,97
200	89	396309	22,46
TOTAL	303	1597389	18,97

* Incidência por 100.000 habitantes

De acordo com o censo 2000 do IBGE, a população de 0 a 19 anos de idade na cidade de São Paulo era de 3.582.770 habitantes, portanto a incidência no município, relativa aos 693 casos georreferenciados é de 19,34/100.000 habitantes.

Observa-se, pela análise espacial, que os casos georreferenciados têm uma distribuição homogênea, quando observados em relação ao município como um todo, porém ao especificar-se a distribuição pelas distâncias das residências em relação às linhas de energia elétrica, denota-se que a incidência revela-se maior à distância de 200 metros (22,46/100.000 hab.), do que às distâncias de 400 (14,97/100.000 hab.), 600 (16,08/100.000 hab.), 800 (21,17/100.000 hab.) e 1000 metros (20,07/100.000 hab.) e

que esta incidência também é maior quando comparada com a incidência geral do município (19,34/100.000 hab.).

Foi construído, ainda, um mapa coroplético relacionando as incidências por distritos administrativos para demonstrar a homogeneidade da distribuição dos casos em relação ao município como um todo (Figura 16).

Figura 16. Mapa coroplético das incidências dos casos georreferenciados de leucemia em crianças e adolescentes segundo Distrito Administrativo da cidade de São Paulo no período entre 1997 e 2004, com a sobreposição da camada de linhas de energia elétrica

V DISCUSSÃO:

A poluição decorrente da ação humana sempre existiu e é fato notório que antigas civilizações, mesmo com baixa tecnologia, agrediram o ambiente com substâncias nocivas e dejetos, por vezes com repercussão global ¹³⁵.

No último século tem-se assistido ao apogeu da intervenção do homem sobre o planeta, com o surgimento dos motores a combustão, com a queima de combustíveis fósseis, com o surgimento de indústrias siderúrgicas e de produtos químicos. Processos esses que não foram acompanhados das devidas análises de impacto ambiental e dos prováveis danos à saúde humana advindos dessa intervenção descontrolada. Por isso, nos últimos 70 anos, a humanidade tem se deparado com os resultados desastrosos desse processo desordenado e lutado para entender quais as conseqüências dessa corrida desenvolvimentista, tentando evitar os seus efeitos deletérios para o planeta e seus habitantes ¹³⁷.

No final da década de 1960, o conceito de metropolização foi ampliado, modificando a orientação do urbanismo ultrapassando assim os aspectos físicos, transformando-se num processo contínuo que afeta não só o projeto de reconstrução, mas também recobre temas de regulamentação social, econômica e política e, mais recentemente, as questões ambientais.

A partir da década de 70, ocorre a difusão generalizada das modernizações, tanto no campo como na cidade. A construção e expansão de estradas de rodagem e a

criação de um moderno sistema de telecomunicações possibilitaram maior fluidez no território, além de permitir a unificação do mercado em escala nacional ⁴.

Com a expansão recente da moderna economia de serviços de apoio à produção surgiu uma nova urbanização, marcada pela demanda e conseqüente aumento exponencial de trabalho intelectual. As cidades de todos os níveis acolhem os novos trabalhos - altamente especializados e qualificados - envolvendo profissionais voltados à inovação tecnológica e à regulação mais eficaz da distribuição e circulação dos produtos. Justamente estas novas demandas do sistema produtivo é que encontram correspondência, por sua vez, em uma maior demanda de urbanização e consequentemente maior demanda por novas e mais modernas fontes de energia ³.

As três formas principais pelas quais o ambiente urbano afeta a saúde manifestam-se por meio das mudanças sociais que acompanham o urbanismo, modificando comportamentos; o risco proporcionado pela urbanização através de novos agentes tóxicos e infecciosos; de impactos, em grande escala, no ecossistema da biosfera, levando ao desequilíbrio ecológico ¹³⁶.

Avaliando a história da humanidade, constata-se um aumento da demanda de energia desde os primórdios da civilização, que se intensificou no século dezenove com a revolução industrial. Hoje, o consumo de energia per capita é dez vezes maior do que o do homem primitivo. A utilização do carvão e, posteriormente, do petróleo e da eletricidade, trouxeram o avanço tecnológico necessário para o desenvolvimento dessa sociedade ¹³⁶, tendo, no entanto, o custo da degradação ambiental e a utilização de matrizes energéticas que são finitas, como mal necessário para o progresso.

Novas modalidades de poluição atmosférica têm surgido em decorrência do desenvolvimento e da busca crescente dessas novas matrizes energéticas. No último século, foram estudados elementos químicos radioativos produtores de energia, que, no entanto, emitem grandes quantidades de radiações ionizantes, identificadas posteriormente como deletérias a saúde. O episódio ocorrido em Chernobyl, com o vazamento de grande quantidade de energia radioativa para o ambiente, causou contaminação em diversos ecossistemas, levando à morte milhares de pessoas. A escolha desse tipo de matriz energética não levou em conta a relação custo-benefício do ponto de vista ambiental e, principalmente, da sua relação com a saúde humana no sentido mais amplo da sua definição.

A evolução e transformação das formas de energia utilizadas pelo homem sugerem que os campos magnéticos emitidos por diversas fontes em diferentes frequências, tendem a aumentar vertiginosamente na mesma proporção e velocidade dos avanços tecnológicos, suscitando uma preocupação tanto do meio científico, quanto dos órgãos públicos gerenciais e até mesmo da sociedade civil, a respeito de como essa nova forma de poluição “invisível” pode influenciar o meio ambiente e, conseqüentemente a saúde humana.

Desde que a poluição é definida como a introdução de substâncias ou energia no meio ambiente, alterando suas condições naturais e gerando prejuízos à saúde, podemos então dizer que as emissões de campos magnéticos como forma de energia liberada no ambiente, podem ser consideradas como uma forma de poluição, a eletromagnética, que, alterando as condições naturais pode desequilibrar até mesmo

o metabolismo de sistemas biológicos, e consequentemente interferir na morbimortalidade dos indivíduos mais susceptíveis.

A crescente utilização de equipamentos eletroeletrônicos tem pautado a vida moderna. O desconhecimento e, muitas vezes, a falsa impressão que essa exposição não acarreta efeitos à saúde, pode levar a falta de controle social dessas emissões mesmo em países desenvolvidos.

O estudo dos efeitos dessa exposição sobre a saúde humana tem uma relevância científica e social. Conseqüentemente, a exposição a campos magnéticos de frequência extremamente baixa tem sido investigada por diversos grupos de pesquisadores apresentando resultados ainda inconclusivos ¹¹³. Estudos experimentais, onde os fatores de confusão podem ser controlados, sugeriram que os campos magnéticos agem de diferentes maneiras nos diferentes sistemas biológicos, desde simples células isoladas até em organismos mais complexos ¹². Já os estudos epidemiológicos, importante ferramenta para confirmar ou refutar os achados em estudos experimentais, têm sido de difícil realização, já que, na maioria das vezes, muitos fatores de confusão podem estar envolvidos, dificultando a interpretação dos resultados¹¹. Diante desse quadro, ainda há uma grande dificuldade em sistematizar os resultados, gerando incertezas e preocupação da população devido à percepção do risco, ou seja, do potencial perigo que a exposição aos ELF pode trazer à saúde humana.

Em 1996, a Organização Mundial de Saúde (OMS) implantou o Projeto Internacional de Campos Eletromagnéticos para investigar os potenciais riscos para a saúde associados a tecnologias emissoras de EMF. Um Grupo de Trabalho da OMS

recentemente concluiu uma resenha das implicações para a saúde dos campos de baixa frequência ¹¹.

Vários estudos examinaram riscos de exposição de longo prazo a campos magnéticos ELF focalizando, principalmente, na leucemia infantil. Em 2002 a IARC publicou uma monografia classificando campos magnéticos ELF como “possível carcinogênico” para humanos. Esta classificação é usada para denotar um agente para o qual existe uma limitada evidência de carcinogênese em humanos e uma menos que suficiente evidência para carcinogênese em experimentos com animais (outros exemplos incluem café e emissões em processos de soldagem). Esta classificação foi baseada em análise de dados agregados de estudos epidemiológicos demonstrando um padrão consistente de incremento de duas vezes na leucemia infantil associado a uma exposição média residencial, a campos magnéticos de frequência de potência, acima de 0,3 a 0,4 μ T. Entretanto a evidência epidemiológica é enfraquecida por problemas metodológicos, tais como um potencial viés de seleção. Adicionalmente não há um mecanismo biofísico aceito que pudesse sugerir que exposições de baixo nível de intensidade estão envolvidas no desenvolvimento de câncer ¹¹.

Vale ressaltar que a exposição ocupacional tem sido apontada como um fator que possa causar danos à saúde em alguns grupos de profissionais que, cotidianamente se expõem a essas fontes de emissão ¹³.

Conforme mencionado no capítulo inicial deste estudo, a *International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP) ¹³ entende que os resultados de pesquisas epidemiológicas sobre exposição a campos magnéticos e

câncer, inclusive leucemia infantil, não são suficientemente seguros para servir de base científica a diretrizes que estabelecem limites de exposição a campos elétricos e magnéticos.

No entanto Draper e col. (2005) num estudo desenvolvido no Reino Unido e País de Gales, com 29000 casos de câncer em crianças, incluindo 9700 casos de leucemia, encontrou um risco aumentado de leucemia infantil em crianças que viveram a 200 metros das proximidades de linhas de alta tensão desde o nascimento, comparados com aquelas que viveram além de 600 metros (risco relativo de 1,7) ¹¹⁴.

A Epidemiologia tem como preocupação compreender e explicar o processo saúde-doença nos indivíduos e em populações. A Geografia da Saúde por sua vez, procura identificar na estrutura espacial e nas relações sociais que ela encerra associações plausíveis com os processos de adoecimento e morte nas coletividades. Ambas aceitam como premissa geral que os padrões de morbimortalidade e saúde não ocorrem de forma aleatória em populações humanas, mas sim em padrões ordenados que refletem causas subjacentes. A maior contribuição da geografia para os estudos de saúde é antiga, mas vem sendo retomada com a Geografia Crítica a partir da década de 1970. Segundo esta abordagem, o espaço geográfico não é um espaço abstrato, sinônimo de superfície ou área da geometria, nem o espaço natural ¹³¹.

Embora a incidência seja rara, as leucemias são o tipo mais comum de câncer infantil, 30% de todos os casos diagnosticados em crianças menores de 15 anos, assim, numerosos estudos epidemiológicos tem sido conduzidos para determinar se existe uma associação entre exposição às radiações não-ionizantes de EMF e

leucemias infantis, alguns têm encontrado uma pequena associação, enquanto outros não (Figura 5). A inconsistência dos resultados talvez seja, em parte, pelos diferentes métodos de medidas de exposição e pela dificuldade destas medições ¹¹⁹.

O grande número de estudos conduzidos nas grandes cidades de vários países, somado à inconsistência dos resultados e a variabilidade de metodologias empregadas, reforçou o interesse em desenvolver este estudo, desde que a cidade de São Paulo é a quarta maior cidade do planeta, possuindo todas as incongruências de uma grande metrópole, sofrendo com todas as dificuldades da urbanização desestruturada em franco crescimento.

Para tanto se optou por utilizar a metodologia do geoprocessamento, que nos últimos anos vem sendo amplamente aplicado em estudos na área da saúde pública, apresentando excelentes resultados na demonstração de inúmeros agravos à saúde das populações.

Os resultados demonstraram que os 693 casos georreferenciados estão bem distribuídos pelos distritos administrativos da cidade, assim como a rede de energia elétrica (Figura 13 e 14).

No entanto, constatou-se que houve uma perda significativa de registros de casos que poderiam ter sido georreferenciados, pela falta de endereço de residência, 32% do total de notificações e 49% dos casos de 0 a 19 anos, além da falta de registros nos anos de 2003 e, apenas um registro em 2004, conforme Tabela 7, sugerindo que a subnotificação de agravos à saúde somada à falta de informação das autoridades responsáveis pelas apurações e controle de banco de dados relativos à saúde da

população da cidade, ainda é um problema a ser equacionado pelos órgãos governamentais e gerenciais.

A Tabela 7 demonstra ainda que o maior número de casos ocorreu em crianças de 0 a 4 anos de idade, o que confere com a literatura nacional e internacional ^{118, 119}.

Apesar do baixo número de notificações e de que somente 49% dos casos registrados tenham sido trabalhados, quando se avaliou a incidência de casos em diferentes distâncias das linhas de energia, constatou-se que a 200 metros de distância ao redor das linhas de energia elétrica, a incidência (22,46/100.000 hab.) é maior do que à distâncias de 400 (14,97/100.000 hab.), 600 (16,08/100.000 hab.), 800 (21,17/100.000 hab.) e 1000 metros (20,07/100.000 hab.), além de ser também maior do que a incidência do município como um todo (19,34/100.000 hab.). Estes resultados corroboram com os estudos de caso-controle de autoria de Draper e col. desenvolvidos no Reino Unido em 2005 ¹¹⁴.

Deve-se ressaltar que devido ao baixo número de notificações que puderam ser georreferenciadas somado à descontinuidade dos registros, não foi possível avaliar diversos outros aspectos de interesse neste tipo de estudo, como exemplo, a relação entre as variáveis idade e sexo, as diferenças entre as diversas faixas etárias, a distribuição por distrito censitário e sua relação com as notificações anuais, etc.

VI CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES:

Foram geocodificados 693 dos 1409 casos registrados de leucemia em crianças e adolescentes de 0 a 19 anos de idade, por meio do banco de dados fornecido pelo RCBP-SP.

Os casos geocodificados foram georreferenciados em relação aos distritos administrativos, aos setores censitários e às linhas de energia da cidade, construindo-se, deste modo, os mapas temáticos representativos da distribuição espacial dos casos da doença em relação ao município, observando-se uma distribuição homogênea dos casos em relação ao município como um todo.

Utilizando os dados populacionais do IBGE, concluiu-se que a incidência dos casos de leucemia georreferenciados (693) em relação à população da cidade com idade entre 0 e 19 anos (3.582.770) é de 19,34 casos por 100.000 habitantes.

Entretanto, quando foi calculada a incidência em relação às distâncias das residências e linhas de energia elétrica, observou-se que, à distância de 200 metros, a incidência de casos é maior (22,46/100.000 hab.) do que a distâncias de 400 (14,97/100.000 hab.), 600 (16,08/100.000 hab.), 800 (21,17/100.000 hab.) e 1000 metros (20,07/100.000 hab.) das linhas de energia elétrica, assim como é maior do que a incidência geral do município (19,34/100.000 hab.).

Efeitos sobre a saúde relacionados à exposição aguda a altos níveis de campos foram estabelecidos e formam a base para duas recomendações internacionais de limites de exposição (ICNIRP, 1998; IEEE, 2002). Atualmente, estes órgãos consideram que a evidência científica relacionada com possíveis efeitos sobre a

saúde para exposição de longa duração a baixos níveis de campos ELF é insuficiente para justificar a redução destes limites quantitativos de exposição.

Com relação aos efeitos de longo prazo, dada a fragilidade da evidência de uma conexão entre a exposição a campos magnéticos ELF e a leucemia infantil, os benefícios de redução da exposição sobre a saúde não são claros. Em vista desta situação, são feitas as seguintes recomendações:

- O governo e a indústria devem monitorar a ciência e promover programas de pesquisa para aprofundar a redução da incerteza da evidência científica de efeitos sobre a saúde pela exposição a campos ELF. Através do processo de avaliação de risco de ELF, lacunas no conhecimento foram identificadas e formam a base para uma nova agenda de pesquisa (www.who.int/emf).
- Os Estados Membros são estimulados a estabelecer programas de comunicação abertos e efetivos com todos os interessados para possibilitar uma tomada de decisão fundamentada. Isto pode incluir incrementar a coordenação e a consulta entre indústria, governo local e cidadãos no planejamento de instalações emissoras de ELF-EMF.
- Quando construindo novas instalações e projetando novos equipamentos, incluindo eletrodomésticos, formas de baixo custo para a redução de campos devem ser exploradas. Medidas de redução da exposição variarão de um país para outro.

Entretanto, políticas baseadas na adoção de limites de exposição arbitrários mais baixos não são recomendadas.

VII CONSIDERAÇÕES FINAIS:

Além da aceitação das recomendações internacionais relativas à exposição humana a CEM, deve-se ressaltar que as autoridades médicas e governamentais devem ficar atentas para mais esta forma de poluição ambiental (eletromagnética) que pode colaborar para o aumento das incidências de cânceres e outros agravos à saúde das populações dos grandes centros urbanos, por meio de incentivo às pesquisas científicas e melhoria das informações de saúde.

Como foi evidenciado neste estudo e sugerido pela análise do mapa coroplético apresentado na Figura 16, outras evidências poderiam ser demonstradas se o banco de dados contivesse maior número de registros com informações completas, desta forma possibilitando um estudo mais aprofundado com relação a outras variáveis de interesse, como por exemplo: a distribuição da doença por sexo e idade; a distribuição dos casos por distrito administrativo e setor censitário relacionada à tensão das linhas de energia elétrica, podendo evidenciar uma possível evolução dos efeitos na saúde da população e relacioná-los com outras fontes de radiação de energia eletromagnética, como os sistemas de telecomunicações.

VIII REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1 IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2000.

Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em 23/03/06.

2 Atlas Ambiental do Município de São Paulo.2006.

Disponível em: <http://atlasambiental.sp.gov.br>. Acesso em 12 fev. 2008.

3 Bernardes A. [online]. Urbanização. [citado 4 abr. 2005]. Disponível em: www.mre.gov.br/cdbrasil/itamaraty/web/port/consnac/ocupa/procurb.

4 EMPLASA – Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano SA. Reconstituição da Memória Estatística da Grande São Paulo. 1983.

5 MacMichael AJ. Urbanização e Saúde: Questões no Terceiro Mundo. Bulletin of the World Health Organization. 2000. 78 (9).

6 Jr Roberto CP. [online]. Vivemos os últimos anos do juízo final. [citado 26 abr. 2005]. Disponível em: www.ecoambiental.com.br/.

7 Costa APF. [online]. Clima e Degradação Ambiental Urbana. [citado 12 abr. 2005]. Disponível em: www.cabano.com.br/conforto_ambiental_0.htm.

8 Jornal Folha de São Paulo. [online]. Veja cronologia do uso de fontes de energia pelo homem. São Paulo. 2003 jun. 05.

9 Menezes AA. Eletrotécnica. Livros Técnicos e Científicos. Ed. S/A 1981. Rio de Janeiro.

10 Toledo AP. Linhas e Sistemas de Transmissão, RF-AF. McGraw – Hill do Brasil. 1978. São Paulo.

11 World Health Organization - WHO. [online]. The International EMF Project. Disponível em: <http://www.who.int/peh-emf/project/en/>.

12 EMF Contents . Los Campos Electromagnéticos y La Salud Pública : Las Frecuencias Extremadamente Bajas (ELF). Novembro 1998. Nota descritiva nº 205.

13 ICNIRP – International Commission on Non-Ionising Radiation Protection – Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz). Health Physics. 1998. 74: (4) 494 – 522.

14 Wertheimer N, Leeper E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. Am. J. Epidemiol. 1979. 109: 273 – 284.

15 Fulton JP, Cobb S, Preble L, Leone L, Forman E. Electrical wiring configurations and childhood leukemia in Rhode Island. Am. J. Epidemiol. 1980. 111: 292 – 295.

16 Myers A, Cartwright RA, Bonnell JA, Male JC, Cartwright SC. Overhead power lines and childhood cancer. International Conference of Electric and Magnetic Fields in Med. and Biology, London, December 4-5. 1985. IEEE Conf. Publ. 257: 126.

17 Tomenius L. 50-Hz electromagnetic environment and the incidence of childhood tumors in Stockholm county. Bioelectromagnetic. 1986. 7: 191 - 207.

18 Savitz DA, Wachtel H, Barnes FA, John EM, Tvrdik JG. Case-control study of childhood cancer and exposure to 60-Hz magnetic fields. Am. J. Epidemiol. 1988. 128: 21 – 38.

- 19 Coleman MP, Bell CMJ, Taylor HL, Primic-zakelj M. Leukemia and residence near electricity transmission equipment: a case-control study. *Br. J. Cancer*. 1989. 60: 793 - 798.
- 20 London SJ, Thomas DC, Bowman JD, Sobel E, Cheng TC, Peters JM. Exposure to residential electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia. *Am. J. Epidemiol*. 1991. 134: 923 – 937.
- 21 Feychting M, Ahlbom A. Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high voltage power lines. *Am. J. Epidemiol*. 1993. 138: 467 - 481.
- 22 Olsen JH, Nielsen A, Schulgen G. Residence near high-voltage facilities and the risk of cancer in children. *Danish Cancer Registry; AG-NIR*. 1993. 1 – 26.
- 23 Verkasalo PK, Pukkala E, Hongisto MY, Valjus JE, Jörvlnen PJ, Heikkila KV, Koskenvuo M. Risk of cancer in Finnish children living close to power lines. *Br. Med. J*. 1993. 307: 895 – 899.
- 24 Michaelis J, Schüz J, Meinert R, Menger M, Grigat JP, Kaatsch P, Kärner H. Childhood leukemia and electromagnetic fields: results of a population-based case-control study in Germany. *Cancer Causes and Control*. 1997. 8: 167 – 174.
- 25 Linet MS, Hatch EE, Kleinerman RA, Robinson LL, Kaune WT, Friedman DR, Severson RK, Haines CM, Hartsock CT, Niwa S, Wacholder S, Tarone RE. Residential exposure to magnetic fields and acute lymphoblastic leukemia in children. *New Eng. J. Med*. 1997. 337: 1 – 7.

- 26 Tynes T, Haldorsen T. Electromagnetic fields and cancer in children residing near Norwegian high-voltage power lines. *Am. J. Epidemiol.* 1997. 145: 219 – 226.
- 27 Feychting M, Kaune TW, Savitz DA, Ahlbom A. Estimating exposure in studies on residential magnetic fields and cancer. *Epidemiology.* 1996. 7: 220 – 224.
- 28 Preston-Martin S, Peters JM, Yu MC, Garabrant DH, Bowman JD. Myelogenous leukemia and electric blanket use. *Bioelectromagnetics.* 1988. 9: 207 – 213.
- 29 Verreault R, Weiss NS, Hollenbach KA, Strader CH, Daling JR. Use of electric blankets and risk of testicular cancer. *Am. J. Epidemiol.* 1990. 131: 759 – 762.
- 30 Vena JE, Graham S, Hellman R, Swanson M, Brasure J. Use of electric blankets and risk of post-menopausal breast cancer. *Am. J. Epidemiol.* 1991.134: 180 – 185.
- 31 Vena JE, Freudenheim JL, Marshall JR, Laughli R, Swanson M, Graham S. Risk of premenopausal breast cancer and use of electric blankets. *Am. J. Epidemiol.* 1994.140: 974 – 979.
- 32 Li D, Ceckoway H, Mueller BA. Electric blanket use during pregnancy in relation to the risk of congenital urinary tract anomalies among women with a history of subfertility. *Epidemiology.* 1995. 6: 485 – 489.
- 33 Savitz DA, John EM, Kleckner RC. Magnetic field exposure from electric appliances and childhood cancer. *Am. J. Epidemiol.* 1990. 131: 763 – 773.
- 34 National Academy of Science/National Research Council. Possible health effects of exposure to residential electric and magnetic fields. 1996. Washington, DC: National Academy Press.

- 35 McDowall M. Mortality in persons resident in the vicinity of electricity transmission facilities. *Br. J. Cancer*. 1986. 53: 271 – 279.
- 36 Severson RK, Stevens RG, Kaune WT, Thomas DB, Houser L, Davis S, Server L E. Acute nonlymphocytic leukemia and residential exposure to power frequency magnetic fields. *Am. J. Epidemiol*. 1988. 128: 10 – 20.
- 37 Schreiber GH, Swaen GM, Meijers JM, Slangen JJ, Sturmans F. Cancer mortality and residence near electricity transmission equipment: a retrospective cohort study. *Int. J. Epidemiol*. 1993. 22: 9 - 15.
- 38 Feychting M, Ahlbom A. Magnetic fields, leukemia, and central nervous system tumors in Swedish adults residing near high-voltage power lines. *Epidemiology*. 1994. 5: 501 - 509.
- 39 Li CY, Thériault G, Lin RS. Epidemiological appraisal of studies of residential exposure to power frequency magnetic fields and adult cancers. *Occup. Environ. Med*. 1996. 53: 505 – 510.
- 40 Verkasalo PK, Pukkala E, Kaprio J, Heikkila KV, Koskenvuo M. Magnetic fields of high voltage power lines and risk of cancer in Finnish adults: nationwide cohort study. *Br. Med. J*. 1996. 313: 1047 – 1051.
- 41 National Radiological Protection Board. Electromagnetic fields and the risk of cancer. Summary of the views of the Advisory Group on Non-ionizing Radiation on epidemiological studies published since its 1992 report. Chilton. UK: National Radiological Protection Board. 1993. NRPB Documents 4(5).

- 42 National Radiological Protection Board. Electromagnetic fields and the risk of cancer. Supplementary report by the Advisory Group on Non-ionizing Radiation of 12 April 1994. Radiol. Prot. Bull. 1994b. 154: 10 – 12.
- 43 Milham S JR. Mortality from leukemia in workers exposed to electrical and magnetic fields. New Engl. J. Med. 1982. 307: 249.
- 44 Savitz DA, Ahlbom A. Epidemiologic evidence on cancer in relation to residential and occupational exposure. In: Biologic effects of electric and magnetic fields. New York: Academic Press. 1994. 2: 233 - 262.
- 45 Demers PA, Thomas DB, Sternhagen A, Thompson WD, Curnen MGM, Satariano W, Austin DF, Issacson P, Greenber RS, Key C, Kolonel LK, West DW. Occupational exposure to electromagnetic fields and breast cancer in men. Am. J. Epidemiol. 1991. 132: 775 – 776.
- 46 Matanoski GM, Breyse PN, Elliott EA. Electromagnetic field exposure and male breast cancer. Lancet. 1991. 337: 737.
- 47 Tynes T, Andersen A, Langmark F. Incidence of cancer in Norwegian workers potentially exposed to electromagnetic fields. Am. J. Epidemiol. 1992. 136: 81 – 88.
- 48 Loomis DP, Savitz DA, Ananth CV. Breast cancer mortality among female electrical workers in the United States. J. Nat. Cancer Inst. 1994. 86: 921 – 925.
- 49 Floderus B, Persson T, Stenlund C, Wennberg A, Ost A, Knave B. Occupational exposure to electromagnetic fields in relation to leukemia and brain tumors: a case-control study in Sweden. Cancer Causes and Control. 1993. 4: 465 – 476.

50 Thériault G, Goldberg M, Miller AB, Armstrong B, Guénel P, Deadman J, Imbernon E, To T, Chevalier A, Cyr D, Wall C. Cancer risks associated with occupational exposure to magnetic fields among electric utility workers in Ontario and Quebec, Canada, and France – 1970 - 1989. *Am. J. Epidemiol.* 1994. 139: 550 - 572.

51 Savitz DA, Loomis DP. Magnetic field exposure in relation to leukemia and brain cancer mortality among electric utility workers. *Am. J. Epidemiol.* 1995. 141: 123 - 134.

52 Miller AB, To T, Agnew DA, Wall C, Green LM. Leukemia following occupational exposure to 60-Hz electric fields among Ontario electric utility workers. *Am. J. Epidemiol.* 1996. 144: 150 – 160.

53 Guénel P, Nicolau J, Imbernom E, Chevalier A, Goldberg M. Exposure to 50-Hz electric field and incidence of leukemia, brain tumors, and other cancers among French electric utility workers. *Am. J. Epidemiol.* 1996. 144: 1107 – 21.

54 Baris D, Armstrong BG, Deadman J, Thériault G. A mortality study of electrical utility workers in Quebec. *Occup. Environ. Med.* 1996. 53: 25 - 31.

55 Savitz DA, Lino D, Sastre A, Kleckner RC, Kavet R. Magnetic field exposure and cardiovascular disease mortality and electric utility workers. *Am. J. Epidemiol.* 1999.149(Suppl2): 135 – 142.

56 Baris D, Armstrong B. Suicide among electric utility workers in England and Wales [Letter]. *Br. J. Ind. Med.* 1990. 47: 788 - 792.

- 57 Johansen C, Olsen JH. Risk of cancer among Danish utility workers – a nationwide cohort study. *Am. J. Epidemiol.* 1998. 147: 548 – 555.
- 58 Dowson DI, Lewitt GT. Overhead high voltage cables and recurrent headache and depression. *Practitioner.* 1988. 232: 22.
- 59 Perry FS, Pearl L, Binns R. Power frequency magnetic field: depression illness and myocardial infarction. *Public Health.* 1989. 103: 177 – 180.
- 60 Poole C, Kavet R, Funch DP, Donelan K, Charry JM, Dreyer N. Depressive symptoms and headaches in relation to proximity of residence to an alternating-current transmission line right-of-way. *Am. J. Epidemiol.* 1993. 137: 328 – 330.
- 61 Savitz DA, Boyle CA, Gikngreen P. Prevalence of depression among electrical workers. *Am. J. Ind. Med.* 1994. 25: 165 – 176.
- 62 McMahan S, Ericson J, Meyer J. Depression symptomatology in women and residential proximity to high voltage transmission lines. *Am. J. Epidemiol.* 1994. 139: 58 – 63.
- 63 Verkasalo PK, Kaprio J, Varjonen J, Romanov K, Heikkilä K, Koskenvuo M. Magnetics fields of transmission lines and depression. *Am. J. Epidemiol.* 1997. 146: 1037 – 1045.
- 64 Bergqvist U. Pregnancy outcome and VDU work - a review. In: Luczak H, Cakir A, An Cakir G, eds. *Work with display units '92 - Selected Proceedings of the 3rd International Conference WWDO '92, Berlin Germany, 1 - 4 September 1992.* Amsterdam: Elsevier.1993. 70 - 76.

- 65 Shaw GW, Croen LA. Human adverse reproductive outcomes and electromagnetic fields exposures: review of epidemiologic studies. *Environ. Health Persp.* 1993. 101: 107 – 119.
- 66 National Radiological Protection Board. Health effects related to the use of visual display units. Report by the Advisory Group on Non-ionizing Radiation. Chilton, UK: National Radiological Protection Board. 1994a. NRPB Documents 5(2).
- 67 Tenforde TS. Interaction of ELF magnetic fields with living systems. In: Polk, C. Postow E. eds. *Biological effects of electromagnetic fields*. Boca Raton, FL: CRC Press. 1996. 185 - 230.
- 68 Lindbohm ML, Hietanen M, Kyörönen P, Sallmen M, Van Nandelstadh P, Taskinen H, Pekkarinen M, Ylikoski M, Hemminki K. Magnetic fields of video display terminals and spontaneous abortion. *Am. J. Epidemiol.* 1992. 136: 1041 - 1051.
- 69 Schnorr TM, Grajewski BA, Hornung RW, Thun MJ, Egeland GM, Murray, WE, Conover DL, Halperin WE. Video display terminals and the risk of spontaneous abortion . *New Eng. J. Med.* 1991. 324: 727 – 733.
- 70 Bracken MB, Belanger K, Hellebrand K, Dlugosz L, Holford TR, Mcsharry JE, Addesso K, Leaderer B. Exposure to electromagnetic fields during pregnancy with emphasis on electrically heated beds: association with birthweight and intrauterine growth. *Epidemiol.* 1995. 6: 263 - 270.

71 ISSA - Internacional Social Security Association. Internacional Section for Eletricity. Biological Effects of Electromagnetic Fields. Information on various aspects of the EMF issue 2000.

72 Bernhardt JH. The establishment of frequency dependent limits of electric and magnetic fields and evaluation of indirect effect. Radiat. Environ. Biophys. 1988. 27: 1 - 27.

73 Astumian RD, Weaver JC, Adair RK. Rectification and signal averaging of weak electric fields by biological cells. PNAS. 1995. 92: 3740 - 3743.

74 Sienkiewicz ZJ, Saunders RD, Kowalczuk CI. The biological effects of exposure to non-ionizing electromagnetic fields and radiation: II Extremely low frequency electric and magnetic fields. Chilton, UK: National Radiological Protection Board. 1991. NRPB R239.

75 Tenforde TS. Cellular and molecular pathways of extremely-low-frequency electromagnetic field interactions with living systems. In: Blank, M. ed. Electricity and magnetism in biology and medicine. 1993. San Francisco, CA: San Francisco Press. 1 - 8.

76 Tenforde TS. Biological Interactions of extremely-low-frequency electric and magnetic fields. Bioelectrochem. Bioenerg. 1991. 25: 1 – 17.

77 Bernhardt JH. The direct influence of electromagnetic fields on nerve and muscle cells of man within the frequency range of 1 Hz to 30 MHz. Radiat. Environ. Biophys. 1979.16: 309 - 323.

78 EUA National Radiological Protection Board. Electromagnetic fields and the risk of cancer. Report of an Advisory Group on Non-ionizing Radiation. Chilton, UK: National Radiological Protection Board. 1992. Documents 3(1).

79 Chernoff N, Rogers JM, Kavet R. A review of the literature on potential reproductive and developmental toxicity of electric and magnetic fields. Toxicology. 1992. 74: 91 - 126.

80 Brent RL, Beckman DA, Landel CP. Clinical teratology. Curr. Opin. Pediatr. 1993. 5: 201 - 211.

81 Sienkiewicz ZJ, Cridland NA, Kowalczyk CI, Saunders RD. Biological effects of electromagnetic fields and radiations. In: Stone WR, Hyde G. Eds. The review of radio science: 1990-1992. Oxford: Oxford University Press. 1993: 737 - 770.

82 Tenforde TS. Biological interactions and potential health effects of extremely-low-frequency magnetic fields from power lines and other common sources. Ann. Rev. Public Health. 1992. 13: 173 – 196.

83 Nascimento LFC, Botura GJR, Mota RP. Glucose Consume and Growth of E.coli Under Electromagnetic Field. Rev. Inst. Med. Trop. S. Paulo. 2003. 45(2): 65 – 67.

84 Walleczek, J, Liburdy RP. Nonthermal 60 Hz sinusoidal magnetic-field exposure enhances $^{45}\text{Ca}^{++}$ uptake in rat thymocytes: dependence on mitogen activation. FEBS Letters. 1990. 271: 157 – 160.

85 Liburdy RP. Biological interactions of cellular systems with time-varying magnetic fields. Ann. NY Acad. Sci. 1992. 649: 74 – 95.

- 86 Walleczek J. Electromagnetic field effects on cells of the immune system: the role of calcium signalling. *The FASEB Journal*. 1992. 6: 3177 – 3185.
- 87 Goodman R, Bassett CA, Henderson AS. Pulsing electromagnetic fields induce cellular transcription. *Science*. 1983. 220: 1283 – 1285.
- 88 Goodman R, Henderson AS. Exposure of salivary gland cells to low-frequency electromagnetic fields alters polypeptide synthesis. *Proc. Nat. Acad. Sci*. 1988. 85: 3928 – 3232.
- 89 Goodman R, Henderson AS. Transcription and Translation in cells exposed to extremely low frequency electromagnetic fields. *Bioelectrochem. Bioenerg*. 1991. 25: 335 – 335.
- 90 Greene JJ, Skowronski WJ, Mullins JM, Nardone RM. Delineation of electric and magnetic field effects of extremely low frequency electromagnetic radiation on transcription. *Biochem. Biophys. Res. Comm*. 1991. 174: 742 - 749.
- 91 Phillips JL, Haggren W, Thomas WJ, Ishida-Jones T, Adey WR. Magnetic field-induced changes in specific gene transcription. *Biochim. Biophys. Acta*. 1992. 1132: 40 – 144.
- 92 Byus CV, Pieper SE, Adey WR. The effects of low-energy 60Hz environmental electromagnetic fields upon the growth-related enzyme ornithine decarboxylase. *Carcinogenesis*. 1987. 8: 1385 – 1389.

- 93 Byus CV, Kartun K, Pieper S, Adey WR. Increased ornithine decarboxylase activity in cultured cells exposed to low energy modulated microwave fields and phorbol ester tumor promoters. *Cancer Res.* 1988. 48: 4222 – 4226.
- 94 Litovitz TA, Krause D, Mullins JM. Effect of coherence time of the applied magnetic field on ornithine decarboxylase activity . *Biochem. Biophys. Res. Comm.* 1991. 178: 862 – 865.
- 95 Litovitz TA, Krause D, Penafiel M, Elson EC, Mullins JM. The role of coherence time in the effect of microwaves on ornithine decarboxylase activity. *Bioelectromagnetics.* 1993. 14: 395 – 403.
- 96 Murphy JC, Kaden DA, Warren J, Sivak A. Power frequency electric fields: a review of genetic toxicology. *Mutation Res.* 1993. 296: 221 – 240.
- 97 McCann J, Dietrich F, Rafferty C, Martin A. A critical review of the genotoxic potential of electric and magnetic fields. *Mutation Res.* 1993. 297: 61 – 95.
- 98 McLean J, Stuchly MA, Mitchel RE, Wilkinson D, Yang H, Goddard M, Lecuyer DW, Schunk M, Callary E, Morrison D. Cancer promotion in a mouse-skin model by a 60-Hz magnetic field: II. Tumor development and immune response. *Bioelectromagnetics.* 1991. 12: 273 – 287.
- 99 Rannug A, Ekström T, Mild KH, Holmberg B, Gimenez-Conti I, Slaga TJ. A study on skin tumour formation in mice with 50 Hz magnetic field exposure. *Carcinogenesis.* 1993a. 14: 573 – 578.

100 Rannug A, Holmberg B, Ekström T, Mild KH, Gimenez-Conti I, Slaga TJ. Intermittent 50 Hz magnetic field and skin tumour promotion in Sencar mice. *Carcinogenesis*. 1994. 15: 153 – 157.

101 Stuchly MA, McLean JRN, Burnett R, Goddard M, Lecuyer DW, Mitchel REJ. Modification of tumor promotion in the mouse skin by exposure to an alternating magnetic field. *Cancer Letters*. 1992. 65: 1 – 7.

102 Rannug A, Holmberg B, Ekström T, Mild KH. Rat liver foci study on coexposure with 50 Hz magnetic fields and known carcinogens. *Bioelectromagnetics*. 1993b.14: 17 – 27.

103 Rannug A, Holmber B, Mild KH. A rat liver foci promotion study with 50-Hz magnetic fields. *Environ. Res*. 1993c. 62: 223 – 229.

104 Beniashvili DS, Bilanishvili VG, Menabde, MZ. The effect of low-frequency electromagnetic fields on the development of experimental mammary tumors. *Vopr. Onkol*. 1991. 37: 937 - 941.

105 Löscher W, Mevissen M, Lehmacher W, Stamm A. Tumor promotion in a breast cancer model by exposure to a weak alternating magnetic field. *Cancer Letters*. 1993. 71: 75 – 81.

106 Mevissen M, Stamm A, Buntenkötter ,S Zwingelberg R, Wahnschaffe U, Löscher W. Effects of magnetic fields on mammary tumor development induced by 7,12-dimethylbenz(a)anthrance in rats. *Bioelectromagnetics*. 1993. 14: 131 – 143.

107 Mevissen M, Kietzmann M, Lösche W. In vivo exposure of rats to weak alternating magnetic field increases ornithine decarboxylase activity in the mammary gland by a similar extent as the carcinogen DMBA. Cancer Letters. 1995. 90: 207 - 214.

108 Baum A, Mevissen M, Kamino K, Mohr U, Löscher W. A histopathological study on alterations in DMBA-induced mammary carcinogenesis in rats with 50 Hz, 100 mT magnetic field exposure. Carcinogenesis. 1995. 16: 119 - 125.

109 Löscher W, Mevissen M. Linear relationship between flux density and tumor co-promoting effect of prolonging magnetic exposure in a breast cancer model. Cancer Letters. 1995. 96: 175 – 180.

110 Stevens RG, Davis S. The Melatonin hypotheses: electric power and breast cancer. Environ. Health Persp. 1996. 104(Suppl. 1): 135 – 140.

111 Stevens RG, Davis S, Thomas DB, Anderson LE, Wilson BW. Electric power, pineal function and the risk of breast cancer. The FASEB Journal. 1992. 6: 853 – 860.

112 IARC - International Agency for Research on Câncer. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans and their Supplements. Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields. 80. 2002.

113 Moulder JE. [online]. Electromagnetic Fields and Human Health. Medical College of Wisconsin. Version: 9.6.0. 8-Oct-2004. [citado 3 dez. 2004]. Disponível em: www.mcw.edu/gcrc/cop/powerlines-cancer-FAQ/toc.html.

114 Draper G, Vincent T, Kroll ME, Swanson J. Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study. British Medical Journal. 2005. 330: 1290.

115 INCA – Instituto Nacional do Câncer [online] [citado 12 nov. 2008]

Disponível em : <http://www.inca.gov.br>

116 Linet MS., Ries LA., Smith MA., Torone RE., Devesa SS. Cancer surveillance series: recent trends in childhood cancer incidence and mortality in the United States. J.Nati Cancer inst .1999. 91:1051 – 1058.

117 Parkin DM, Stiller CA, Draper GJ, Bieber CA, Terracini B, Young JL.editors. International incidence of childhood cancer. Lyon (France): International Agency for Research on Cancer; IARC. Scientific Publications nº 87. 1998.

118 Reis RS, Santos MO, Thuler LCS. Incidência de Tumores Pediátricos no Brasil. Revista Brasileira de Cancerologia. 2007. 53(1): 5 - 15

119 Belson M, Kingsley B , Holmes A. Risk Factors for Acute Leukemia in Children: A Review. Environmental Health Perspectives. 2007. 1:115:138 - 145.

120 Last J. A Dictionary of Epidemiology. New York, Oxford University Press, 2ªed., 1988.

121 Timmreck TC. Introduction to Epidemiology. Boston, Jones and Bartlett Publishers, 1994.

122 Lilienfeld DE. , Stolley PD. Foundations of Epidemiology. New York, Oxford University Press, 1994.

123 Barcellos C., Bastos FI. Geoprocessamento, ambiente e saúde: uma união possível? Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 1996. 12(3): 389 – 397.

124 Santos M. Espaço e Método. 4ª edição. São Paulo. 1997. Nobel.

125 Silva LJ. O conceito de espaço na epidemiologia das doenças infecciosas. Cadernos de Saúde Pública. 1997. 13: 585 - 593.

126 Costa MCN; Teixeira MGL. A concepção de “espaço” na investigação epidemiológica. Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 1999. 15(2): 271 - 279.

127 Bousquat A; Cohn A. A dimensão especial nos estudos sobre saúde: uma trajetória histórica. História, Ciências, Saúde, Rio de Janeiro. 2004. 11(3): 549 - 568.

128 Medronho RA. Geoprocessamento e Saúde: Uma Nova Abordagem do Espaço no Processo Saúde Doença. Rio de Janeiro. 1995 FIOCRUZ/CICT/NECT.

129 Rojas LI; Barcellos C; Peiter P. Utilização de mapas no campo da epidemiologia no Brasil: reflexões sobre trabalhos apresentados no IV Congresso Brasileiro de Epidemiologia. Informe Epidemiológico do SUS. 1999. 8(2): 27 - 35.

130 Organização Panamericana de Saúde – OPAS. Conceitos básicos de sistemas de informação geográfica e cartografia aplicados à saúde. Brasília: 2000. Ministério da Saúde.

131 Barcellos C; Ramalho W. Situação atual do geoprocessamento e da análise de dados espaciais em saúde no Brasil. Informática Pública. 2002. 4(2):221 - 230.

132 Vine MF; Degnan D; Hanchette C. Geographic Information Systems: Their Use in Environmental Epidemiologic Research. Environmental Health Perspectives. 1997.105(06): 598 - 605.

133 Bailey TC. Spatial statistical methods in health. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro. 2001. 17(5): 1093 - 1098.

134 Câmara G.; Davis C.; Monteiro AM.; D'Alge JC. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos. 2001.INPE.

135 Câmara I G. Meio Ambiente – Ciência e Tecnologia. Meio Ambiente no Século 21. Ed. Sextante. 2003. 158 – 169.

136 Trigueiro A. Meio Ambiente no Século 21: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento. Rio de Janeiro. 2003. Sextante.

137 Braga ALF, Conceição GMS, Pereira LAA, Kishi HS, Pereira JCR, Andrade MF, Gonçalves FLT, Saldiva PHN, Latorre MRDO. Air pollution and pediatric respiratory hospital admissions in São Paulo, Brazil. J. Environ. Med. 1999. 1: 95 – 102.