



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO TECNOLOGIA
CURSO ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

SÓSTEMIS MANACÉS RAMALHO SANTOS

Análise da Radiação não Ionizante em áreas do Nordeste Brasileiro

João Pessoa

2021

SÓSTHEMIS MANACÉS RAMALHO SANTOS

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia de Produção Mecânica da Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção Mecânica.

Orientador Prof. Dr. Luiz Bueno da Silva

João Pessoa

2021

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S237a Santos, Sosthemis Manaces Ramalho.
Análise da Radiação não Ionizante em áreas do
Nordeste
Brasileiro / Sosthemis Manaces Ramalho Santos. - João
Pessoa, 2021.
38 f.

Orientação: Luiz Bueno da Silva Silva.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Radiação Não Ionizante. 2. Campos
Eletromagnéticos.
3. Extrema Baixa Frequência. 4. Leucemia Infantil. I.
Silva, Luiz Bueno da Silva. II. Título.

UFPB/BSCT CDU 658.5 (043.2)

Folha de aprovação

Agradecimentos

Agradeço a minha mãe, pelo apoio nos momentos difíceis e compreensão pela minha ausência enquanto me dedicava a este trabalho.

A minha noiva Luana que me apoiou e que sempre esteve ao meu lado, torcendo por mim ao longo de todo o período que me dediquei a este trabalho, sendo uma peça de suma importância para mim.

Ao professor Luiz Bueno, por me orientar e ter desempenhado tal função com dedicação e amizade, me ajudando nesta fase tão importante.

Ao Mestre Erivaldo e todos do LAT que me ajudaram de diversas formas, compartilhando comigo tantos momentos de descobertas e aprendizado e por todo o companheirismo ao longo deste percurso.

Aos meus amigos, pelo tempo compartilhado dentro e fora da universidade e pela amizade que levarei para o resto da minha vida.

RESUMO

A Radiação Não Ionizante (RNI) está cada vez mais presente no dia a dia das pessoas. Este tipo de radiação pode ser encontrado a partir de fontes emissoras comuns como aparelhos celulares, linhas de transmissão de energia, micro-ondas, entre outros. Com o avanço tecnológico e o aumento do uso de instrumentos que geram radiações eletromagnéticas para diversas finalidades, estudos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de analisar a relação entre a exposição prolongada à RNI de extrema baixa frequência e o aumento de problemas epidemiológicos em seres humanos. Diversos estudos sugerem um aumento de doenças associadas à exposição à RNI, como por exemplo, o surgimento de leucemia infantil quando a exposição é realizada durante longos períodos com intensidades superiores à 0,3 ou 0,4 μ T. Neste sentido, o presente trabalho busca analisar os níveis de RNI presentes em construções localizadas em três cidades do nordeste brasileiro, sendo elas: Recife (PE), Maceió (AL) e Arcoverde (PE). Os níveis de RNI analisados neste trabalho foram mensurados através do aparelho “Spectran NF-5035” na frequência de 60 Hz. Desta forma concluiu-se que apesar das diferentes oscilações obtidas e das características dos locais, todas as medições ficaram acima de 0,4 μ T na faixa de 60 Hz, valor considerado de risco, principalmente com problemas relacionados a leucemia infantil. Portanto, acredita-se que as edificações no entorno das duas capitais (Recife e Maceió) geram os “Canyons Urbanos”, formação essa que resulta num acúmulo de radiação, situação que não ocorre na casa de retiro em Arcoverde, pois observa-se que cidades como as duas capitais possuem ilhas de calor e verticalização de edificações elevada, que poderão contribuir para o aumento da concentração de radiação. Assim, a densidade urbana não atua como uma fonte considerável, mas sim como um potencializador da radiação recebida.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação não ionizante; Campos Eletromagnéticos; Extrema baixa frequência; leucemia infantil.

ABSTRACT

The Non-Ionizing Radiation (NIR) is each day more present on a daily basis. This type of radiation can be found from common emission sources such as cellphones, electric transmission lines, microwaves, among others. With the technological advance and the increased use of instruments that generate electromagnetic radiation for various purposes, studies have been developed in order to analyze the relation between prolonged exposure to extremely low frequency NIR and the increased epidemiological problems in humans. Several studies suggest an increase of diseases associated with the exposure to NIR, as for instance, the appearance of childhood leukemia when this exposure is held for long periods with intensities greater than 0.3 or 0.4 μT . In this regard, this paper seeks to analyze the levels of NIR present in three cities of the Brazilian northeast, them being: Recife (PE), Maceió (AL) and Arcoverde (PE). The levels of NIR analyzed in this paper were measured using the equipment "Spectran NF-5035" at a frequency of 60 Hz. Thus, it was concluded that despite the different oscillations obtained and the characteristics of the locations, all measurements were above 0.4 μT in the 60 Hz range, a value considered to be a risk, especially with problems related to childhood leukemia. Thereby, it is believed that the buildings around the two capitals (Recife and Maceió) generate the "Urban Canyons", a formation that results in an accumulation of radiation, situation that does not occur in the retreat house in Arcoverde, since cities like the two capitals have heat islands and high building verticalization, which could contribute to the increase in the radiation concentration. Thereby, urban density does not act as a considerable source, but rather as an enhancer of received radiation.

KEYWORDS: Non-Ionizing Radiation; Electromagnetic Fields; Extremely low frequency; Childhood Leukemia.

Lista de Figuras

Figura 1 - Espectro eletromagnético	15
Figura 2 - Aaronia SPECTRAN.....	22

Lista de Quadro

Quadro 1 – Tipos de Radiação não Ionizante	15
---	-----------

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Oscilação da RNI (Hotel Recife)	27
Gráfico 2 - Variação da RNI (Hotel Recife)	27
Gráfico 3 - Oscilação da RNI (Hotel Maceió)	28
Gráfico 4 - Variação da RNI (Hotel Maceió)	29
Gráfico 5 - Oscilação da RNI (Casa de Retiro Arcoverde).....	30
Gráfico 6 - Variação da RNI (Casa de Retiro Arcoverde).....	30

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Dados de Pesquisa (Hotel Recife).....	26
Tabela 2 - Dados de Pesquisa (Hotel Maceió)	28
Tabela 3 - Dados de Pesquisa (Casa de Retiro Arcoverde).....	29
Tabela 4 - Dados de Pesquisa (Média das Áreas)	31

Lista de Siglas

ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEM	Campos eletromagnéticos
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
FVC	Fator Visão do Céu
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
IARC	International Agency for Research on Cancer
OIT	Organização Internacional do Trabalho
OMS	Organização Mundial da Saúde
RI	Radiação Ionizante
RNI	Radiação Não Ionizante
UIT	União Internacional das Telecomunicações

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
1.2 Justificativa.....	12
1.3 Objetivo.....	13
1.3.1 Objetivo geral.....	13
1.3.2 Objetivos específicos.....	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Radiação Não Ionizante	14
2.1.1 Tipos de Radiação Não Ionizante.....	15
2.1.2 Fontes emissoras de Radiação Não Ionizante	17
2.1.3 Normas e padrões internacionais e nacionais.....	18
2.1.4 Os possíveis efeitos da exposição à Radiação Não Ionizante	18
2.2 Morfologia Urbana.....	21
2.3 Dispositivo analisador de espectro eletromagnético	22
Considerações Finais.....	23
3. METODOLOGIA	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
4.1 As Cidades.....	25
4.2 Comparação dos Níveis de Radiação	26
4.2.1 Ambiente 1 – Hotel em Recife	26
4.2.2 Ambiente 2 – Hotel em Maceió	28
4.2.3 Ambiente 3 – Casa de Retiro em Arcoverde.....	29
4.2.4 Comparação Entre as Três Áreas	30
5. CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

O ser humano está constantemente exposto a radiação proveniente de eventos cósmicos e naturais (EISENBUD; GESSEL, 1997). Porém com o avanço cada vez mais rápido da tecnologia e a utilização de equipamentos sem fios pelo mundo, houve um intenso aumento na radiação não ionizante proveniente de dispositivos eletroeletrônicos (LIMA; MACEDO, 2019).

A radiação eletromagnética pode ser caracterizada como Radiação Ionizante (RI), que possui energia suficiente para gerar íons, ou seja, remover elétrons dos átomos segundo o INCA (2021) e Radiação Não Ionizante (RNI) que possui baixa frequência e energia sendo propagada através de ondas eletromagnéticas, podendo ser geradas através de fontes naturais e não naturais (UNITED STATES, 2019). Os ELF-EMF¹ são os campos eletromagnéticos situados abaixo de 300Hz, sendo considerados de baixa e extrema baixa frequência (BRODIĆ, 2015) tais fontes de campo magnéticos são comumente encontrados na sociedade moderna, qualquer fio ou dispositivo que conduza, use ou gere eletricidade são considerados fontes, abrangendo desde dispositivos móveis, equipamentos eletrodomésticos até transmissão e distribuição de energia elétrica e demais aplicações industriais. Os maiores volumes de fluxo magnético são localizados nas proximidades de linhas de distribuição de energia e próximo a equipamentos que usam fortes correntes elétricas, porém também é possível encontrar tais fluxos em edifícios que possuam estações de transformadores internos.

Com o advento de equipamentos eletrodomésticos e eletroportáteis, houve a necessidade de regulamentar o nível máximo de exposição à radiação não ionizante propagada por esses aparelhos, uma vez que uma exposição excessiva pode causar danos à saúde conforme mostrou o estudo de Stodolnik-Baranska (1967). Desta forma, em 15 de julho de 1999 a ANATEL² adotou as diretrizes que regulam a emissão e o nível máximo de exposição que as pessoas podem receber desse tipo de radiação proposto pela *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP, 1999).

Houve também diversos estudos abrangendo o tema da exposição à RNI, com o objetivo de evidenciar os possíveis sintomas em indivíduos que estão em contato direto

¹ ELF-EMF, sigla oriunda do inglês significando Frequência Extremamente Baixa e Campo Eletromagnético respectivamente.

² ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações) é a entidade estatal responsável por regular o setor brasileiro de telecomunicações: <https://www.gov.br/anatel>.

com as fontes geradoras, sendo arritmia, cansaço, náuseas, dificuldade de concentração e memória, rigidez nos músculos, dores nas extremidades do corpo, sensação de queimação e visão turva são alguns dos sintomas relacionado ao que a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2002) chama de hipersensibilidade eletromagnética.

Após diversos experimentos e dados epidemiológicos que sugeriram possíveis associações entre a exposição às ELF-EMF e os efeitos na saúde, que resultaram em dados inconclusivos, a *International Agency for Research on Cancer* (IARC) classifica como um "possível fator cancerígeno" o ELF-EMF (IARC, 2002), considerando achados epidemiológicos, sem suporte de dados experimentais.

1.2 Justificativa

A exposição a fontes que emitem RNI presentes em ambientes externos e internos, possivelmente geram efeitos prejudiciais à saúde (SAGE, 2012). Diariamente a população é exposta a RNI, através de fontes externas que transmitem eletricidade e fontes internas como os telefones e demais equipamentos que funcionam na frequência de rádio, esses em níveis muito mais baixos de radiação. (KESMINIENE; SCHÜZ, 2014). Com o aumento da demanda por eletricidade, aprimoramento tecnológico, mudança do comportamento social e usabilidade de eletroportáteis, a partir do século XXI foi observado um grande aumento da exposição humana aos campos eletromagnéticos (INCA, 2021).

Um dos fatores que aumenta a emissão de radiação não ionizante é a concentração de edificações que é o resultado de um mal planejamento urbano, podendo gerar um grande acúmulo de edifícios e residências, diminuindo assim a área verde e resultando em maiores níveis de radiação solar e da temperatura (FERREIRA, 2014). Tendo também como consequência uma maior necessidade energética e exposição à radiação ionizante proveniente dessas fontes (MUSLIM, 2015).

Segundo a *World Health Organization* (2019), a exposição crônica a fontes de RNI e de campos eletromagnéticos de baixa e extrema baixa frequência pode aumentar o risco de câncer em crianças e adultos, como sugerem as evidências. Além de que, o tempo de exposição pode variar e mudar seus efeitos sobre o corpo humano, sendo demonstrado em estudos, que a exposição por um curto período pode ocasionar estimulação das células cerebrais, nervos periféricos, musculatura, sensação térmica elevada e queimaduras, e problemas respiratórios (BELARDO, 2004). Já nos casos de longa exposição, os efeitos

são menos conhecidos e estudados, não sendo bem definido seus efeitos sobre o corpo humano, apesar de casos de longa exposição estarem associados à leucemia infantil em consistentes estudos epidemiológicos (CALVENTE et al., 2010; SAGE, 2012; GRELLIER, 2014).

Foi relacionado por Zaryabova (2013) e Elwood (2017) o surgimento de problemas epidemiológicos, relacionado principalmente a leucemia infantil em recém-nascidos, à apartamentos expostos a campos eletromagnéticos de extrema baixa frequência com intensidade de RNI superiores à 0,4 μ T na frequência de 50 Hz e 60 Hz.

A exposição de moradores à RNI pode estar ligada ao alto grau de urbanização, levando com que uma boa parte da população esteja condicionada a moradias verticais e transformadores de energia elétrica adjacente a estas construções, tais condições elevam a exposição dos moradores, alertam os autores Ilonen et al (2008), Hareuveny et al. (2011), Huss et al. (2013) e Kandel et al. (2013).

Foi observado que não tem sido desenvolvido muitos estudos relacionados às oscilações dos campos eletromagnéticos levando em consideração observações da morfologia urbana. Assim é importante uma breve revisão da literatura e a comparação dos dados obtidos, colaborando desta forma com a discussão que envolve a RNI de extrema baixa frequência e os limites de exposição dos três ambientes analisados.

1.3 Objetivo

1.3.1 Objetivo geral

Analisar os níveis de radiação não ionizante em áreas das cidades de Recife, Maceió e Arcoverde.

1.3.2 Objetivos específicos

- Descrever uma breve revisão bibliográfica;
- Analisar o comportamento da radiação não ionizante;
- Comparar os níveis de radiação não ionizante entre os ambientes construídos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será apresentado o referencial teórico necessário para o entendimento deste trabalho, iniciando com as definições inerentes à Radiação Não Ionizante, seguido por outros aspectos relevantes para o desenvolvimento desta pesquisa.

2.1 Radiação Não Ionizante

Com o advento do aumento populacional, a necessidade de grande demanda de energia elétrica e com o avanço de novas tecnologias, a emissão de radiação eletromagnética, a partir de fontes artificiais, teve um aumento significativo (CARREIRO JÚNIOR, 2019). Com esse aumento de radiação eletromagnética proveniente de fontes artificiais, houve uma maior exposição da população à uma mistura de campos eletromagnéticos de diferentes frequências (SOUZA, 2017).

A radiação eletromagnética refere-se à propagação de energia, resultante de um campo eletromagnético (CEM). O campo eletromagnético é composto por campos elétricos e magnéticos, variando no tempo de acordo com Henshaw (2002), sendo caracterizados pelo comprimento de onda, sua frequência e a energia irradiada no espectro eletromagnético, conforme apresentado na Figura 1. As ondas emitidas pela radiação eletromagnética podem ser classificadas como ionizantes e não ionizantes.

As radiações ionizantes são transmitidas por partículas de grande potencial energético que possuem capacidade de remover elétrons das camadas de valência dos átomos, produzindo conseqüentemente a sua ionização (PINO; GIOVEDI, 2013). Dentre as radiações ionizantes estão os raios gama, raios-x e luz ultravioleta.

Já as radiações não ionizantes apresentam grande potencial energético para ionizar moléculas, ou seja, não possuem capacidade de expulsar elétrons da camada de valência dos átomos (LIMA; MACEDO, 2019). De acordo com Másculo (2008), as radiações não-ionizantes não são capazes de gerar ionizações porque não possuem energia suficiente para a emissão de elétrons, átomos ou das moléculas, classificando-as como sônicas e eletromagnéticas. Dentre as radiações não-ionizantes estão a luz visível, raios infravermelhos, micro-ondas, ondas de rádio e ondas mais baixas.

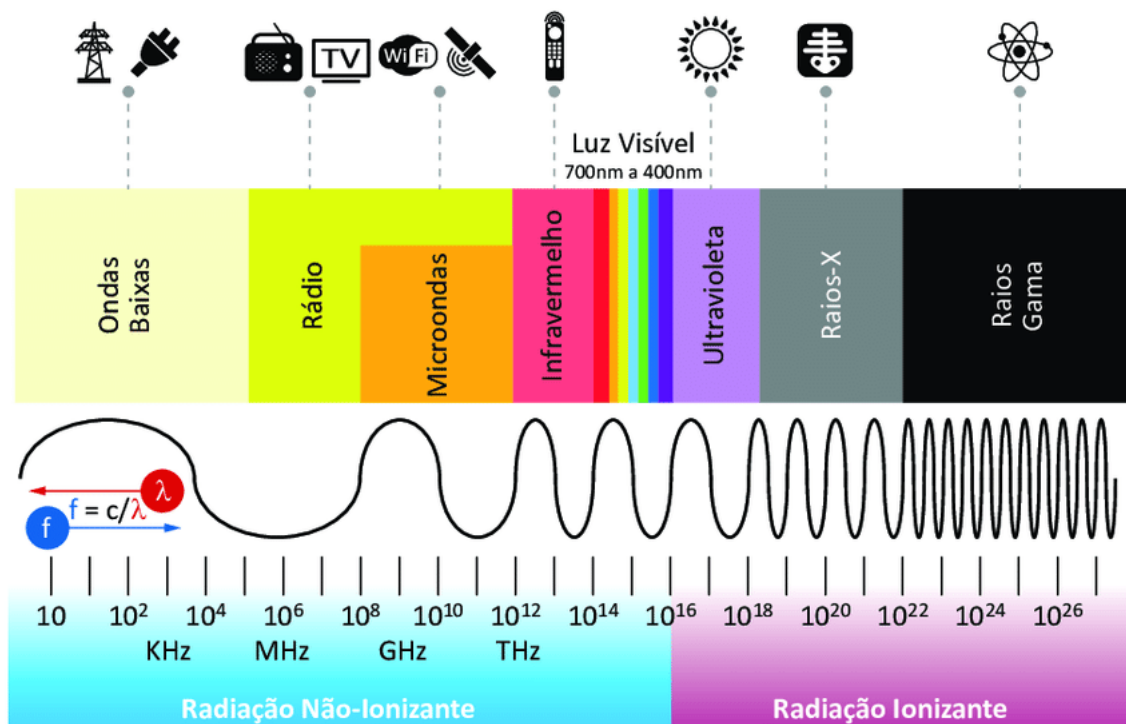


Figura 1- Espectro eletromagnético (Imagem: Google)

De acordo com Vieira (2015), às RNI provenientes de fontes artificiais podem ser categorizadas em dois tipos: campos eletromagnéticos de extrema baixa frequência, resultantes de dispositivos elétricos e eletrônicos e; radiação gerada por radiofrequência, através de dispositivos sem fio como telefones celulares, torres de transmissão de TV e rádio, wi-fi, entre outros.

2.1.1 Tipos de Radiação Não Ionizante

A radiação não ionizante possui diferentes tipos de classificação e varia de acordo com o seu comprimento de onda e fonte emissora de radiação. Os tipos de radiação não ionizantes do espectro eletromagnético estão apresentados no quadro abaixo.

Tipo de Radiação Não Ionizante	Descrição
Ondas Baixas	Possuem frequência até 300Hz e longo comprimento de onda. São emitidos a partir de fontes naturais, como trovões e relâmpagos, por exemplo, ou fontes artificiais como os transmissores de

	energia (BRODIC; AMELIO, 2015; MCCOLL et al., 2015)
Ondas de Rádio	As Ondas de Rádio/Radiofrequência são caracterizadas por possuir um grande comprimento de onda, e possuir frequências até 107 Hz. São comumente identificadas a partir de ondas de TV, e entre as bandas de AM e FM (TORRES et al. 2013).
Ondas de Luz Visível	As Ondas de Luz Visível são ondas visíveis à olho nu. É compreendida entre as faixas de radiação infravermelha e radiação ultravioleta e possui comprimento de onda de 400nm a 800nm, de acordo com Torres et al. (2013).
Radiação Infravermelha	A radiação infravermelha está compreendida entre as micro-ondas e a luz visível. Esta pode ser classificada em três tipos: IVA curtos, próximo da luz visível, IVB médios e IVC longos, distantes da luz visível (SILVA, 2018). Este tipo de radiação tem como fonte o calor gerado por movimentos atômicos e moleculares (TORRES et al. 2013).
Micro-ondas	A Micro-ondas estão compreendidas entre as ondas de rádio e as ondas infravermelhas. Podem ser emitidas a partir de fontes como os fornos micro-ondas, satélites e radares (TORRES et al. 2013).

Quadro 1 – Tipos de Radiação não Ionizante

2.1.2 Fontes emissoras de Radiação Não Ionizante

A presença de campos eletromagnéticos de baixa intensidade faz parte do cotidiano das pessoas e sua fonte emissora pode ser caracterizada como natural ou artificial. As radiações naturais são provenientes da natureza como por exemplo, a radiação solar, e as artificiais são aquelas criadas pelo homem (GOMES, 2000).

As principais fontes de exposição à radiação não ionizante são aquelas provenientes de campos eletromagnéticos de frequência extremamente baixa, como as Ondas de Rádio, oriundas da rede elétrica e de equipamentos eletroeletrônicos e a partir da Radiofrequência/Micro-ondas geradas por dispositivos sem fio, antenas de celulares, transmissores de rádio e Tv, distribuidores de eletricidade, torres de transmissão, entre outros.

A radiação solar, é a principal fonte de radiação não ionizante natural no qual o ser humano está constantemente exposto. Mesmo na sombra, uma pessoa pode estar exposta à radiação ultravioleta (UV) devido a claridade natural do sol (AUSTRALIAN RADIATION PROTECTION AND NUCLEAR SAFETY AGENCY, 2004a).

Os campos eletromagnéticos gerados pela rede de distribuição elétrica, que possuem frequência de 60 *Hz*, são considerados de extrema baixa frequência (HENSHAW, 2002). Já os campos eletromagnéticos com frequências inferiores à 300 *Hz* estão relacionados a fontes naturais que constituem o campo geomagnéticos da Terra e fenômenos naturais como trovões e relâmpagos, ou relacionados à geração artificial, que incluem os transformadores de energia, o uso de eletrodomésticos, bem como outros equipamentos alimentados por energia elétrica (BRODIĆ; AMELIO, 2015; MCCOLL et al., 2015).

Já as fontes emissoras de RNI artificiais são diversas, como dispositivos móveis, os telefones celulares, computadores portáteis, bem como a presença de subestações de transformadores de energia elétrica, geradores, entre outros. De acordo com Dias (2018), as fontes de radiação internas são comumente geradas a partir de eletrodomésticos presentes nas residências, enquanto as fontes externas podem ser emitidas por subestações de transformadores de energia elétrica, internas ou externas às edificações.

2.1.3 Normas e padrões internacionais e nacionais

Existem diferentes comissões internacionais e nacionais, que se reúnem periodicamente para elaborar recomendações legais e normativas quanto à exposição às RNIs. No cenário internacional, as recomendações são feitas levando em consideração os resultados de estudos epidemiológicos e pesquisas laboratoriais que fornecem estimativas aos riscos da exposição humana a esse tipo de radiação, que, por sua vez, são usados para estabelecer os limites de exposição (OKUNO, 2009).

O ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) é uma comissão internacional responsável por realizar recomendações sobre os riscos da exposição à radiação não-ionizante na saúde humana. Em 1998, a comissão publicou um documento que define restrições para faixas de frequência até 300 GHz, que posteriormente foram aprovadas pela Organização Mundial de Saúde (OMS), pela Organização Internacional do Trabalho (OIT) e pela União Internacional das Telecomunicações (UIT), e foram estabelecidas como padrão por mais de 50 países do mundo (INSTITUTO EDUMED, 2010).

Após a aprovação do documento proposto pelo ICNIRP, o art. 4º da Lei nº 11.934, de 5 de maio de 2009, propõe que o limite da exposição recomendado pela OMS deve ser seguido. Essa recomendação refere-se à exposição ocupacional e da população a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos provenientes de estações de transmissão de rádio e sistemas de energia elétrica na frequência de até 300 GHz (SANTOS, 2021).

No Brasil, a Lei nº 11.934 atribui à Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) a responsabilidade de regular e fiscalizar o cumprimento dos limites de exposição recomendados pela OMS, no que se refere à distribuição, geração e transmissão de energia elétrica. Quanto à exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos de radiofrequências, a Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) aprovou na Resolução Anatel nº 303, de 2 de julho de 2002, o regulamento sobre o limite de exposição na faixa de Radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz.

2.1.4 Os possíveis efeitos da exposição à Radiação Não Ionizante

A radiação não ionizante é um tipo de radiação considerada de baixa frequência e energia, também conhecida como campo eletromagnético, que se propaga a partir de uma onda eletromagnética constituída por um campo elétrico e um campo magnético, podendo

ser gerada a partir de fontes naturais e artificiais (UNITED STATES, 2019). Alguns estudos relatam possíveis efeitos causados pela exposição excessiva à Radiação Não Ionizante. Havas (2017) explica que tanto a Radiação Ionizante, quanto a Radiação Não Ionizante oferecem efeitos biológicos ao ser humano, uma vez que a Radiação Ionizante causa danos diretos ao DNA e a Radiação Não Ionizante promove um acúmulo de radicais livres no corpo.

Sobre as consequências geradas pela exposição à RNI, são destacados os efeitos adversos e biológicos. Os efeitos adversos são identificados no agravamento de saúde de indivíduos quando expostos ao campo eletromagnéticos, enquanto os efeitos biológicos são identificados quando existem reações às mudanças do ambiente (OMS, 2002).

Os efeitos biológicos gerados pela exposição a campos eletromagnéticos podem ser categorizados em efeitos térmicos e efeitos não térmicos, e estes variam de acordo com a frequência dos campos (BALBANI; KRAWCZYK, 2009). Os efeitos térmicos são aqueles que resultam em um aquecimento do tecido, como por exemplo, queimaduras resultantes da exposição excessiva à radiação solar, enquanto os efeitos não térmicos, são aqueles causados por radiações de menor comprimento de onda, e que podem gerar alterações em tecidos mais profundos. Estes efeitos são comumente causados por radiação produzida por radiofrequência e micro-ondas (VIEGAS et al, 2004).

Com o aumento da exposição à radiação não ionizante, em função do aumento de demandas por eletricidade e crescimento tecnológico, houve a necessidade de investigar os efeitos causados pela exposição a esse tipo de radiação. Em estudos realizados pela OMS (2002), foi constatado que os campos eletromagnéticos de frequências baixas promovem correntes no interior do corpo humano e a intensidade dessas correntes dependem da intensidade do campo magnético.

De acordo com o World Health Organization (2019), evidências apontam que a exposição à radiação não ionizante de baixa e extrema baixa frequências, pode aumentar o risco de câncer em crianças e adultos. Estudos de Balbani e Krawczyk (2009) apontam que apesar das ondas eletromagnéticas não ionizantes, não possuem capacidade de afetar diretamente o DNA, ainda possuem capacidade de aumentar a temperatura do tecido humano. Braune et al. (1998) mostraram em seus estudos que as ondas eletromagnéticas geradas a partir de aparelhos celulares possibilitam o aumento da pressão arterial, além de outros sintomas como dores de cabeça, queimação na pele, aumento na temperatura da orelha e fadiga.

Alguns estudos foram realizados para analisar a correlação entre a exposição à radiação não ionizante e o aumento de câncer (SAVITZ, 1993; KHEIFFETS, 1995; BURCH, 1999). Em estudos da OMS em 2001, observou-se relações entre o desenvolvimento de câncer e a exposição à RNI, considerando como base a classificação padrão da International Agency for Research on Cancer (IARC) que classifica como possível carcinogênico para o humano, a exposição à campos com frequência extremamente baixa (0 Hz – 300 Hz).

Calvente et al. (2010) mostrou em seus estudos a existência de uma associação entre a exposição de crianças à radiação não ionizante, em um campo eletromagnético de 0,3 μT , e um maior risco ao desenvolvimento de leucemia. Estudos epidemiológicos realizados, indicam que a exposição diária ao campo magnético de baixa frequência energética poderia estar associada com um aumento do risco de leucemia infantil, contudo, estudos em laboratórios não apoiam esta correlação (ICNIRP, 2010). Segundo Elwood (2017), é aumentado o risco de leucemia em crianças, quando a exposição à RNI é realizada durante longos períodos com intensidades superiores à 0,3 ou 0,4 μT , comumente emitidos por fontes de energia elétrica doméstica. Além disso, de acordo com Huss et al. (2013), ambientes que apresentam exposição à fluxos magnéticos iguais ou maiores que 0,4 μT , em uma faixa de 50 a 60 Hz, podem ser considerados ambientes de risco, principalmente no tocante da problemática da leucemia infantil.

Os estudos de Padilha (2011), mostram que a exposição à radiação não ionizante acima do limite de 4,35 W/m^2 podem produzir cataratas, queimaduras, derrame, alterações cardíacas, e má formação fetal, dependendo do tempo de exposição à radiação. Labbafinejad et al. (2010) realizaram um estudo para verificar a correlação entre alterações no sono e o uso prolongado do computador e foi observado que o tempo de exposição a computadores está associado a relatos de problemas na qualidade do sono.

Embora exista uma grande quantidade de estudos científicos publicados relacionados ao tema, há estudos que não relatam efeitos à saúde em decorrência da exposição de radiações eletromagnéticas não ionizantes. Blettner et al. (2009) não encontraram associações com o aumento do risco de desenvolvimento de câncer e o fato de morar próximo a uma estação de rádio base. Segundo Saravi (2007), seus estudos mostram que o efeito gerado pelas radiações eletromagnéticas não ionizantes emitidas por rádio bases de telefonia celular não estão relacionadas com efeitos nocivos à saúde.

Observa-se, portanto, que a relação entre a exposição às radiações não ionizantes e o aumento de problemas de saúde apresenta resultados controversos, necessitando uma investigação maior sobre os riscos de exposição a este tipo de radiação.

2.2 Morfologia Urbana

A morfologia urbana trata-se do estudo a respeito da forma e/ou padrão urbano (HEINEBERG, 2007). Ultimamente a urbanização se intensificou, gerando assim mudanças nas formas urbanas (MUSLIM, 2015). Em síntese, este processo aumenta a verticalização dos centros urbanos resultando numa maior área de exposição à radiação, além de afetar a velocidade com que o vento passa pelas áreas edificadas (FERREIRA, 2014).

De acordo com Tomitsch, Dechant e Frank (2010) o tipo de residência e local onde está inserida, afetam diretamente na intensidade e exposição de ELF EMF, uma vez que em seus estudos foi constatado que em áreas urbanas e com residências verticais apresentam níveis de radiação consideravelmente maiores se comparados a residências rurais.

Com o advento das grandes edificações o fator de visão do céu (FVC) ou ângulo de obstrução do horizonte (ψ s) são afetados, termos esses utilizados para parametrizar a quantidade de céu visível do local, indicando uma relação geométrica entre a terra e o céu. Isso ocorre devido a morfologia urbana do local, quanto mais intensa for a verticalização do local, maior será a área exposta a radiação, aumentando assim a absorção da radiação solar (FERREIRA, 2014). Portanto quanto menor for o FVC em um meio urbano, pior será para o ambiente dispersar a energia térmica proveniente da atmosfera, resultando numa maior absorção desta energia pelas edificações próximas.

Os materiais que compõem os ambientes urbanos possuem características de condução térmica específicas, tais parâmetros físicos podem influenciar diretamente a radiação recebida pelos materiais. Segundo Muslim (2015), com a falta de um planejamento urbano adequado e diminuição das áreas verdes nas cidades, o balanço de energia é alterado aumentando a emissão de ondas longas pela superfície urbana, intensificando as ilhas de calor. Tais ilhas são resultados do processo de urbanização e características do meio urbano (PARK, 2016). Os materiais usados nas superfícies urbanas como, por exemplo, betume, tijolo e asfalto e os diferentes tamanhos de prédios contribuem para uma variação no balanço de energia da superfície (MORRIS, 2016).

O comportamento da radiação solar nas edificações varia dependendo das propriedades da superfície, podendo haver a absorção, reflexão e/ou transmissão da radiação (CASTRO, 2002) resultando no ganho de calor. Barirato et al (2007) relata que a capacidade dos materiais de refletir e absorver a radiação solar, depende diretamente das propriedades físicas como textura e densidade.

Segundo Akbari, H. (2009), áreas urbanas que possuem grande parte de sua superfície pavimentada, tem como característica uma alta temperatura se comparado a áreas rurais menos pavimentadas, materiais de pavimentação absorvem a radiação retendo o calor e elevando a temperatura localmente, resultando nas ilhas de calor.

2.3 Dispositivo analisador de espectro eletromagnético

O analisador de espectro eletromagnético é um dispositivo que possibilita analisar um campo em tempo real, a partir de um intervalo de frequência estabelecido. Este tipo de equipamento pode ser utilizado em conjunto com um software de análise, permitindo exibir graficamente os resultados das medições (AARONIA AG, 2009).

Os analisadores de espectro exibem sinais no domínio da frequência, permitindo aos usuários rastrear níveis de sinal e ruído de fase, bem como identificar sinais hipotéticos e frequências de sinais (AARONIA USA, 2017)



Figura 2 - Aaronia SPECTRAN NF-5035 (Imagem: Google)

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi utilizado como ferramenta de medição, o dispositivo Low-frequency Spectrum Analyzer Aaronia SPECTRAN NF-5035, apresentado na Figura 2. Este dispositivo possui um sensor magnético REAL 3D (isotrópico) e um sensor de placa de campo que possibilita a medição de campos elétricos e magnéticos em todos os eixos coordenados X, Y e Z, sendo calculados com uma média quadrática utilizando a equação 3D $(X, Y, Z) = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$. Além disso, permite detectar fontes de interferência, saber mais sobre suas causas e determinar a frequência e intensidade das fontes de sinal.

Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados os principais conceitos a respeito da radiação não ionizante. Foi apresentado o analisador de espectro eletromagnético Aaronia SPECTRAN NF-5035, dispositivo utilizado no presente trabalho. Além disso, foram discutidas algumas normas nacionais e internacionais para a exposição a RNIs e seus possíveis efeitos e riscos à saúde. Também foram apresentadas as principais fontes emissoras de RNIs e a influência de acordo com a morfologia urbana. Observa-se que existe uma série de estudos relacionados à exposição à RNIs, porém, pouco é debatido sobre a exposição a esta radiação em relação ao tipo de morfologia urbana.

No capítulo a seguir será apresentada a metodologia utilizada neste trabalho junto a análise e comparação dos dados obtidos nas áreas das medições.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho tem como procedimento metodológico a análise dos dados coletados em regiões distintas do nordeste brasileiro. Sendo este trabalho embasado em um paralelo entre a teoria e a prática. A parte prática ocorreu por meio da análise e plotagem dos dados e a parte teórica ocorreu por uma breve revisão bibliográfica.

Os três locais de estudos pertencem ao nordeste brasileiro, sendo Recife e Arcoverde no estado de Pernambuco e Maceió no estado de Alagoas. Na cidade de Recife a medição ocorreu em um hotel situado no bairro de Boa Viagem, já em Arcoverde as medições foram feitas em uma casa de retiro e em Maceió a medição ocorreu em um hotel no litoral. Tendo em vista que nas cidades de Maceió e Recife a verticalização é mais intensa do que na cidade de Arcoverde, logo faz-se necessário uma comparação entre os ambientes analisados.

A escolha das cidades se deu pelo fácil acesso, sendo Recife e Maceió cidades litorâneas de estados diferentes com características morfológicas semelhantes, já a escolha de Arcoverde se deu pela característica totalmente oposta as duas capitais analisadas, sem edificações no entorno do prédio nem quantidades significativas de características urbanas.

A coleta dos dados foi realizada por meio do equipamento “SPECTRAN NF-5035” sendo analisada a frequência de 60Hz (frequência local da rede elétrica).

Posteriormente a coleta dos dados, fez-se necessário a criação de uma base de dados, sendo utilizado para isso o *software* Excel, subsidiando assim a construção dos gráficos necessários. Para a criação dos gráficos foi utilizado a ferramenta Power BI, sendo consolidada as informações das medições das três áreas e posteriormente a plotagem dos gráficos, sendo utilizado o gráfico de linha para cada ambiente analisado. No próximo capítulo serão apresentados com maiores detalhes os resultados da pesquisa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para este capítulo será descrito todos os resultados da análise dos dados obtidos nas três áreas mensuradas, partindo da metodologia explicadas anteriormente no capítulo três, após uma breve caracterização das cidades analisadas, será apresentado e discutido os resultados obtidos com as medições e suas oscilações de RNI.

4.1 As Cidades

Em Recife o clima predominante é o tropical úmido, conhecido por elevadas temperaturas e umidade relativa do ar, devido à influência marítima. Com uma temperatura média de 25 °C, máximas de 30 °C, e mínimas entre 22 °C e 23 °C. As chuvas se concentram nas estações de outono e início do inverno. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2020, a cidade conta com 1.653.461 habitantes, sendo a nona capital mais populosa do Brasil.

Maceió é uma cidade litorânea com o clima predominantemente tropical úmido, é caracterizada pelas temperaturas elevadas e umidade na maior parte do ano, tendo máximas de até 30 °C e médias de 25 °C. A estação mais seca do ano é o verão, amenizando as temperaturas nas estações outono e inverno, quando ocorrem as chuvas. Maceió tem um índice populacional de 1.025.560 habitantes (estimativa IBGE, 2020), concentrando quase 30% da população alagoana, sendo a 17ª cidade mais populosa do Brasil.

O município de Arcoverde tem como clima predominante o semiárido devido ao seu índice pluviométrico (índice de aridez e o risco de seca). Na cidade a temperatura máxima pode chegar a 32 °C e mínimas de 15 °C a 20 °C, com os meses mais chuvosos entre março e julho. Em 2020, o IBGE estimou a população em 74.822 habitantes, sendo a cidade com a maior população do sertão pernambucano.

4.2 Comparação dos Níveis de Radiação

Com o aumento da exposição à radiação não ionizante, em função do aumento de demandas por eletricidade e crescimento tecnológico, houve a necessidade de investigar os efeitos causados pela exposição a esse tipo de radiação. Em estudos realizados pela OMS (2002).

Atualmente com o grande desenvolvimento urbano e suas particularidades de layout e de densidade urbana, se faz necessário uma comparação entre as áreas estudadas, no intuito de identificar qual dessas áreas apresenta maior exposição à radiação na frequência de 60 Hz.

4.2.1 Ambiente 1 – Hotel em Recife

No hotel localizado no litoral de Recife, as medições ocorreram nos dias 15 e 16 de agosto de 2018 e 02 de outubro de 2018, na Tabela 1 é apresentado os valores médios, máximos e desvios padrão dos níveis de RNI do local analisado.

Dia	Média (μT)	Valor Máximo (μT)	Desvio Padrão (μT)
15/08/2018	1,60	3,17	1,11
16/08/2018	1,83	6,50	3,31
02/10/2018	1,54	3,27	1,22

Tabela 1 - Dados de Pesquisa (Hotel Recife)

A partir das informações da Tabela 1, é possível notar que a média da emissão de RNI em todos os dias foi muito superior a $0,4 \mu\text{T}$. Locais com índice de exposição superior a $0,4 \mu\text{T}$ aumentam o risco em doenças como a leucemia infantil (AHLBOM et al., 2000; ROOSLI, 2011) e problemas epidemiológicos se o morador for exposto por um longo período (ELWOOD, 2017).

No gráfico 1 é possível perceber uma grande oscilação da RNI no local da medição, corroborando assim com os estudos de Ferreira (2014) quanto mais intensa for a verticalização do local, maior será a área exposta a radiação, aumentando assim a absorção da radiação solar. É provável que o fator de visão do céu seja pequeno, ou seja, a distancias entre as edificações seja pequena, criando assim um campo eletromagnético.

A oscilação que está o problema. Quanto mais intensa for a verticalização do local, maior será a área exposta a radiação, aumentando assim a absorção da radiação solar (FERREIRA, 2014).

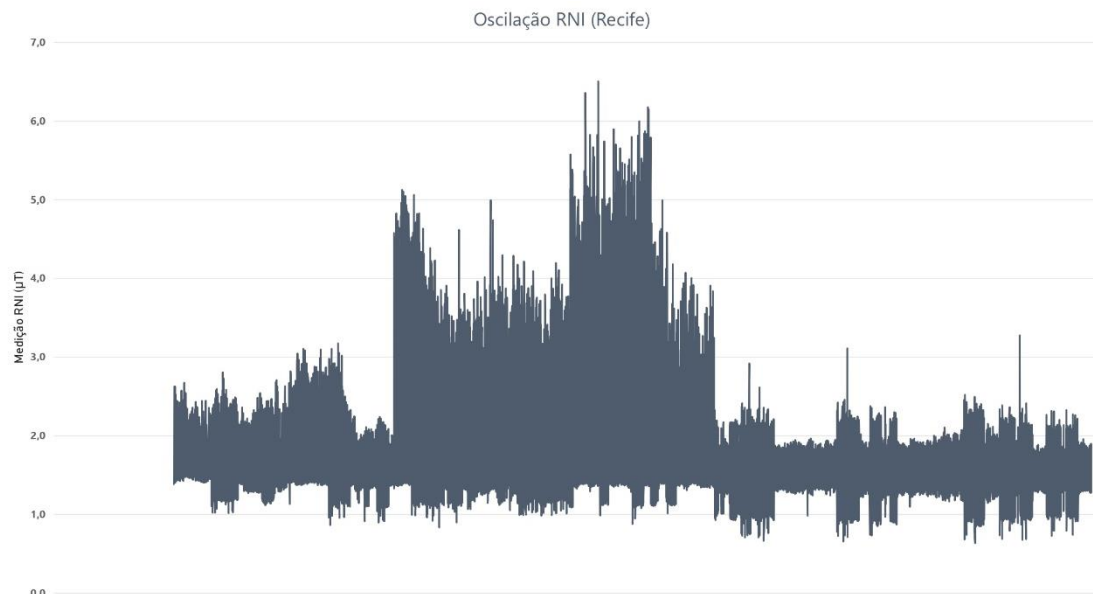


Gráfico 1 - Oscilação de RNI (Hotel Recife)

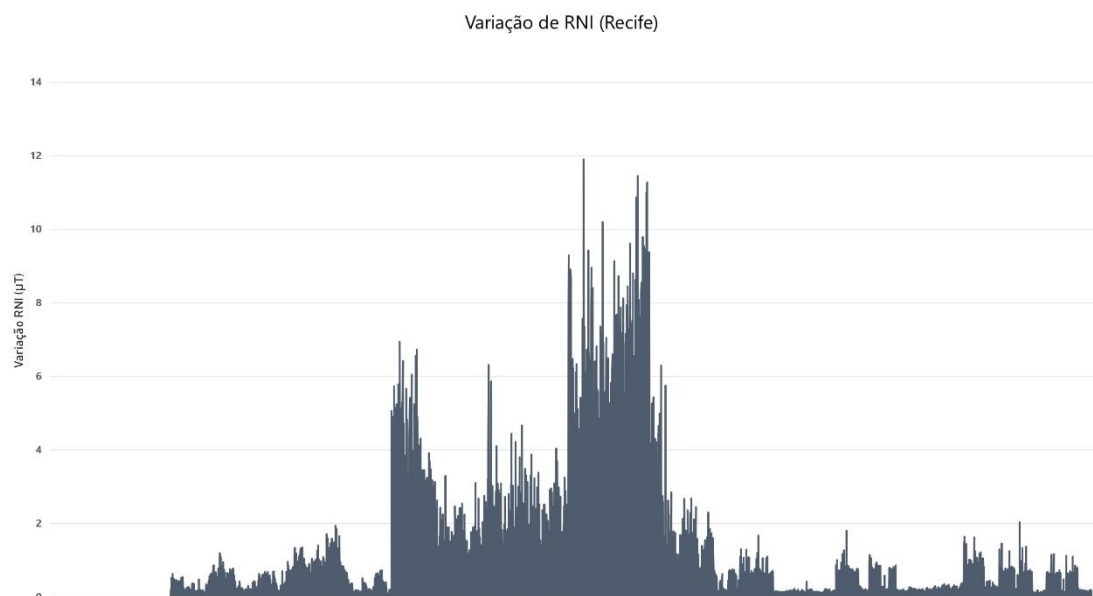


Gráfico 2 - Variação de RNI (Hotel Recife)

4.2.2 Ambiente 2 – Hotel em Maceió

Na Tabela 2 temos os dados referentes a medição feita em um hotel no litoral de Maceió, os dados foram obtidos nos dias 22, 23 e 24 de fevereiro de 2019.

Dia	Média (μT)	Valor Máximo (μT)	Desvio Padrão (μT)
22/02/2019	1,54	2,54	0,70
23/02/2019	1,51	3,65	1,51
24/02/2019	1,50	3,27	1,25

Tabela 2 - Dados de Pesquisa (Hotel Maceió)

Para os valores obtidos em Maceió, é demonstrado no gráfico 3 uma maior constância nos valores medidos, bem diferente do resultado do Hotel em Recife, possivelmente esta constância se dá devido a um maior fator de visão do céu e/ou uma verticalização mais planejada, tendo uma boa dissipação de radiação.

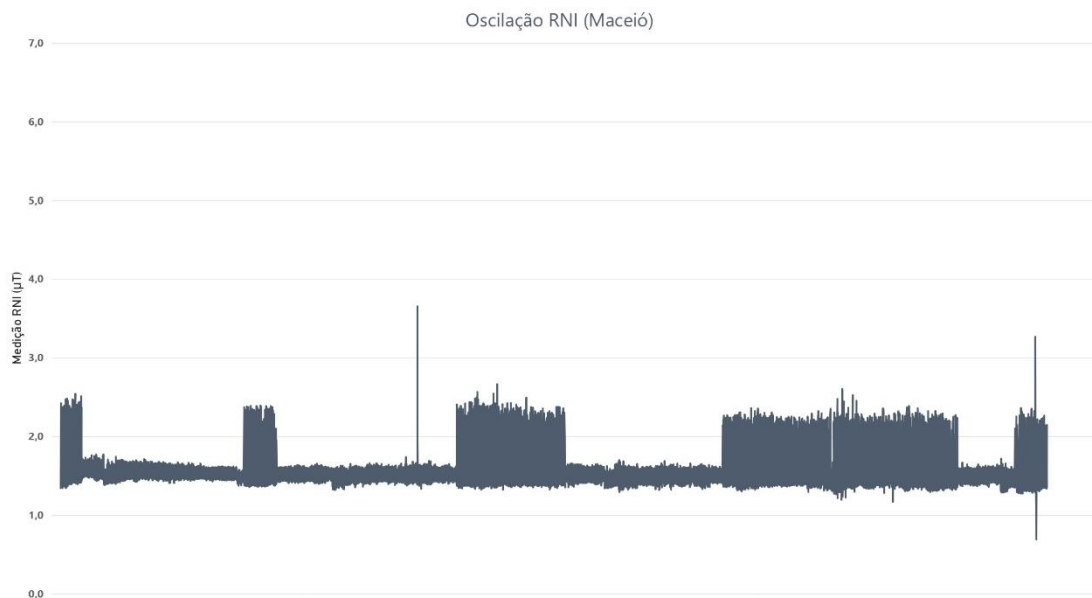


Gráfico 3 - Oscilação de RNI (Hotel Maceió)

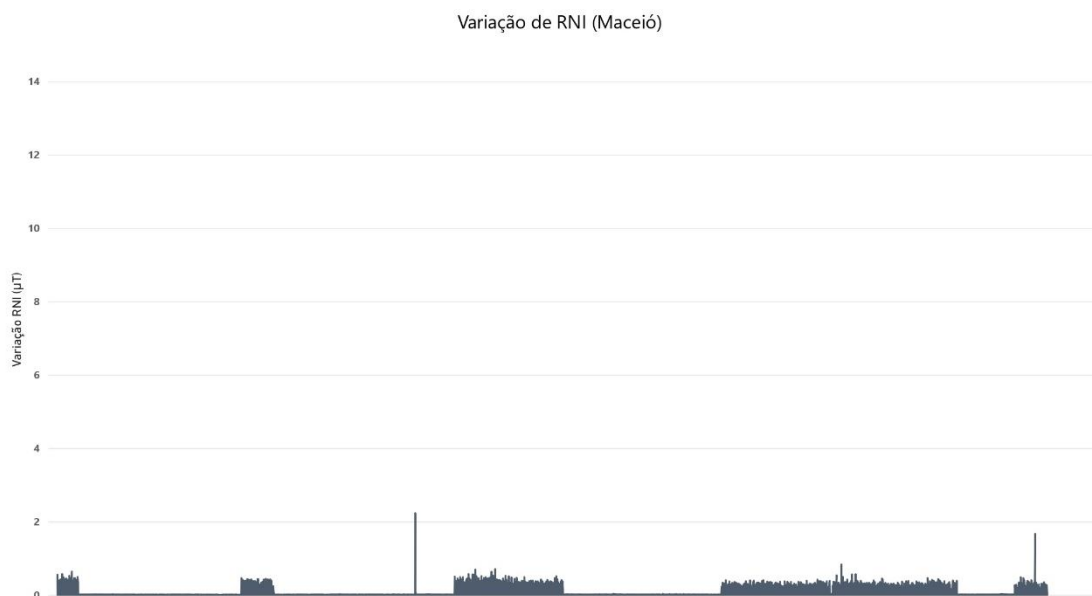


Gráfico 4 - Variação de RNI (Hotel Maceió)

4.2.3 Ambiente 3 – Casa de Retiro em Arcoverde

Na Casa de retiro em Arcoverde, as medições ocorreram nos dias 14 e 15 de setembro de 2018. Na Tabela 2 são apresentados os valores médios, máximos e os desvios padrão dos dados coletados.

Dia	Média (μT)	Valor Máximo (μT)	Desvio Padrão (μT)
14/09/2018	1,50	2,22	0,51
15/09/2018	1,50	2,21	0,50

Tabela 3 - Dados de Pesquisa (Casa de Retiro Arcoverde)

Ao contrário do que se observou nos ambientes anteriores, em Arcoverde a radiação se praticamente manteve constante, possível de ser observado tanto na tabela 3 quanto no gráfico 5 e 6. Devido a pouca verticalização do local, os materiais e o ambiente não retêm o calor proveniente da radiação solar, sendo dissipado pelos ventos. No entanto, mesmo a casa de retiro se mantendo constante nos valores, ambos foram superiores ao valor de $0,4 \mu\text{T}$, que segundo a literatura vigente, é observado que ambientes que apresentam valores superiores a esta faixa de $0,4 \mu\text{T}$ aumenta em até 200% o agravamento da leucemia infantil (AHLBOM et al, 2000; ROOSLI, 2011).

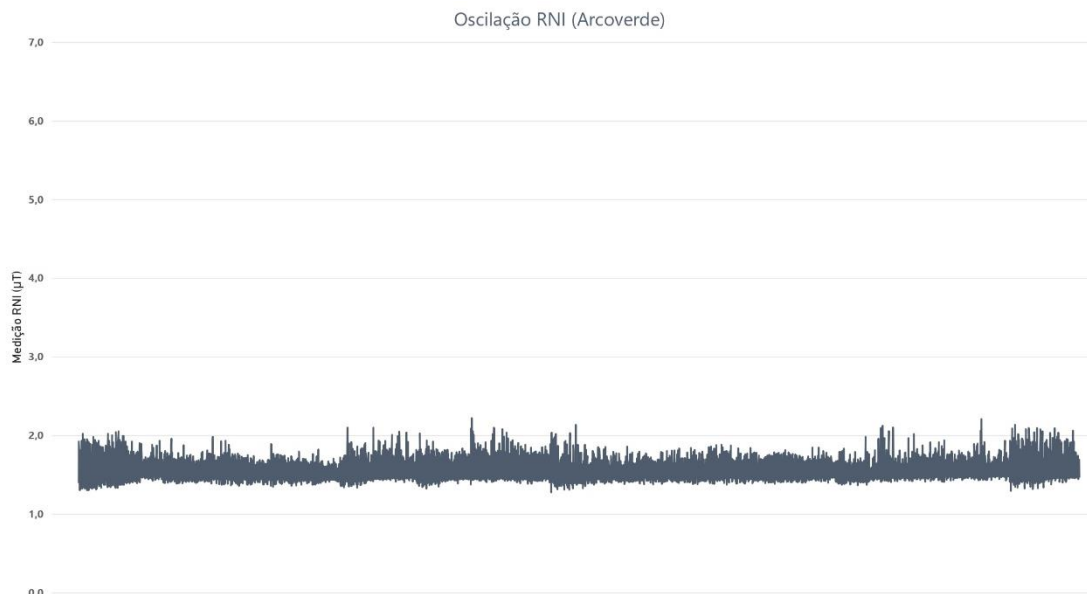


Gráfico 5 - Oscilação de RNI (Casa de Retiro Arcoverde)



Gráfico 6 - Variação de RNI (Casa de Retiro Arcoverde)

4.2.4 Comparação Entre as Três Áreas

Para a Tabela 4 temos o consolidado das medições de cada local, com as informações dos valores médios, valor máximo do local e o desvio padrão. O hotel analisado em Recife se destaca com seu valor máximo e desvio padrão quase duas vezes maior que os valores do hotel localizado no litoral de Maceió.

Áreas	Média (μT)	Valor Máximo (μT)	Desvio Padrão (μT)
Hotel (Recife)	1,66	6,50	3,43
Hotel (Maceió)	1,52	3,65	1,51
Casa de Retiro (Arcoverde)	1,50	2,22	0,51

Tabela 4 - Dados de Pesquisa (Consolidado)

Os resultados alcançados nesta tabela, podem ser mais bem explicados se levarmos em consideração os estudos que demonstram que quanto maior for a verticalização da área, maior será a área de contato e subsequente absorção da RNI (FERREIRA 2014).

Em Arcoverde, a radiação é predominantemente solar, sem edificações no entorno, resultando numa melhor circulação do ar dissipando a radiação, reduzindo bastante a oscilação das medições e valores máximos, porém as medições ultrapassam o valor de $0,4 \mu\text{T}$, em Maceió e Recife o que possivelmente interfere nas medições são as edificações e equipamentos emissores de RNI próximas ao local da medição e densidade demográfica, sendo o resultado mais alarmante o de Recife que pode ser visto nos gráficos 1 e 2 e nas tabelas 1 e 4, resultado de um mal planejamento urbano que não favorece a dissipação da RNI.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve seu escopo definido em torno de analisar os níveis de RNI presentes em construções localizadas em três cidades do nordeste brasileiro, sendo elas: Recife (PE), Maceió (AL) e Arcoverde (PE). Para realizar a medição da radiação, foi utilizado o dispositivo *Low-frequency Spectrum Analyzer Aaronia SPECTRAN NF-5035* e para análise dos dados, foram levados em consideração os níveis de radiação e aspectos observacionais da morfologia urbana.

Apesar das diferentes oscilações obtidas e das características dos locais, todas as medições ficaram acima de $0,4 \mu\text{T}$ na faixa de 60 Hz, valor considerado de risco, principalmente com problemas relacionados a leucemia infantil, como foi exposto pelo Huss et al. (2013). No caso do hotel localizado em Recife e do hotel localizado em Maceió, temos características morfológicas semelhantes, com uma verticalização intensa, podendo afirmar que a densidade urbana presente em Maceió e prédios mais espaçados resultam em menos oscilações da RNI, visto no gráfico 3, diferente do caso analisado em Recife que devido à proximidade das edificações a oscilação de RNI é bem superior, visto no gráfico 1. Na casa de retiro em Arcoverde, a densidade urbana e sua morfologia são totalmente diferentes, não havendo edificações no entorno da construção. Portanto, acredita-se que as edificações no entorno das duas capitais (Recife e Maceió) geram os “Canyons Urbanos”, formação essa que resulta num acúmulo de RNI, sendo o mal planejamento urbano das cidades uma das principais causas do aumento das oscilações da RNI, associadas a utilização de equipamentos eletrônicos, existência de transformadores adjacentes às edificações e subestações.

A explicação para tal comportamento pode ser devido à proximidade das edificações, retendo as ondas eletromagnéticas que ao não conseguir se dispersar resultam em um efeito de Ilha Eletromagnética como foi levantado no estudo do Ferreira (2014), enfatizando que quanto mais intensa for a verticalização do local, maior será a área exposta à radiação. Assim, a densidade urbana não atua como uma fonte considerável, mas sim como um potencializador da radiação recebida, como é possível perceber na medição da cidade de Arcoverde, onde a principal radiação é proveniente da radiação solar e por não ter tantas edificações sua variação é bem menor do que a das capitais analisadas.

REFERÊNCIAS

AARONIA AG. EMC Spectrum Analyzer SPECTRAN® NF Series. 2009. Disponível em: <http://www.aaronia.com/Datasheets/Spectrum_Analyzer/Spectran-NF-Series.pdf>. Acessado em 20 de setembro de 2021.

AARONIA USA. What is a Real Time Spectrum Analyzer (RTSA)? 2017. Disponível em: <<https://aaroniausa.com/featured-blog/real-time-spectrum-analyzers-rtsa/#more-8214>>. Acessado em 20 de setembro de 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Limites à Exposição Humana a Campos Elétricos e Magnéticos Originários de Instalações de Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica. Resolução normativa nº 398, de 23 de março de 2010

ANGUERA, M. das G. Exposição à radiação não-ionizante emitida por equipamentos terapêuticos de micro-ondas e morbidade referida em fisioterapeutas. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

AUSTRALIAN RADIATION PROTECTION AND NUCLEAR SAFETY AGENCY. Ultraviolet radiation. Australia: ARPANSA, [2004a].

BALBANI, A. P.; KRAWCZYK A.L. Efeitos da exposição aos campos eletromagnéticos do telefone celular. RBM 2009;(chapter 4):Page 87-96.

BELARDO, C.A. et al. Exposição Humana a Campos Elétricos e Magnéticos Gerados por Instalações Elétricas 50 e 60 Hz. 2004.

BERG-BECKHOFF, G., BLETTNER, M., KOWALL, B., BRECKENKAMP, J., SCHLEHOFER, B., SCHMIEDEL, S. et al. Mobile phone base stations and adverse health effects: phase 2 of a cross-sectional study with measured radio frequency electromagnetic fields. *Occup Environ Med* 2009; 66:124-30.

BLETTNER, M., SCHLEHOFER, B., BRECKENKAMP, J., KOWALL, B., SCHMIEDEL, S. REIS, U. et al. Mobile phone base stations and adverse health effects: phase 1 of a population-based, cross-sectional study in Germany. *Occup Environ Med* 2009; 66:118-23.

BRAUNE, S., WROCKLAGE C., RACZEK, J., GAILUS, T., LUCKING, C. H. Resting blood pressure increase during exposure to a radio-frequency electromagnetic field. *Lancet*. 1998 Jun 20;351(9119):1857-8.

BRODIĆ, D. Measurement of the extremely low frequency magnetic field in the laptop neighborhood. *Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia*, n. 76, p. 39-45, 2015.

BRODIĆ, D.; AMELIO, A. Classification of the extremely low frequency magnetic field radiation measurement from the laptop computers. *Measurement Science Review*, v. 15, n. 4, p. 202-209. 2015.

BURCH, J.B.; REIF, J.S. YOST, M.G.; KEEFE, T.J.; PITRAT, C.A. Reduced Excretion of a Melatonin Metabolite in Workers Exposed to 60 Hz Magnetic Fields. *American Journal of Epidemiology* Copyright. 150, n.1, p. 27-36. 1999. C95.6-2002. IEEE New York, USA; 2002

CALVENTE, I.; FERNANDEZ, M. F.; VILLALBA, J.; OLEA, N.; NUÑEZ, M. I. Exposure to electromagnetic fields (non-ionizing radiation) and its relationship with childhood leukemia: A systematic review. *Science of the Total Environment*, v. 408, n.16, p. 3062–3069, 2010.

CARREIRO JÚNIOR, P. E. CARACTERIZAÇÃO DA RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA EM ÁREAS URBANAS. 2019.

DIAS, Rodrigo. Avaliação dos níveis de radiação não ionizante de residências verticais em áreas das regiões brasileiras. 2018. 136p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia de Produção, Universidade Federal da Paraíba. 2018.

EISENBUD, M., GESELL T. Environmental radioactivity: from natural, industrial and military sources. 4a. edição. New York: Academic Press, Inc., 655pp. 1997.

ELWOOD, Mark. Epidemiological studies of low-intensity ELF fields and diseases in humans. In: WOOD, Andrew W.; KARIPIDIS, Ken. *Non-ionizing – Radiation protection*. USA: Wiley, cap. 20, p.313-321, 2017.

FERREIRA, C. C. M. Modelo para análise das variáveis de cobertura da terra e a identificação de microclimas, em centros urbanos. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.14, p. 50-75. 2014.

GOMES, A. T. Telecomunicações: Transmissão e Recepção AM/FM. 16ª Edição. Editora Érica Ltda - 2000.

GRELLIER, J.; RAVAZZANI, P.; CARDIS, E. Potential health impacts of residential exposures to extremely low frequency magnetic fields in Europe. *Environment international*, v. 62, p. 55-63, 2014.

HAREUVENY, R. et al. Exposure to 50Hz magnetic fields in apartment buildings with indoor transformer stations in Israel. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, v. 21, n.4, p. 365–371, 2011.

HAVAS, M. When theory and observation collide: Can non-ionizing radiation cause câncer? *Environmental Pollution*, 221, 501-505, 2017.

HEINEBERG, H. 2007. German geographical urban morphology in an international and interdisciplinary framework. *Urban Morphology*. v. 11, n. 1, p. 5-24.

HENSHAW, D. L. Does our electricity distribution system pose a serious risk to public health? *Medical Hypotheses*, v.59, n.1, p. 39–51, 2002.

HUSS, A. et al. Does apartment's distance to an in-built transformer room predict magnetic field exposure levels? *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, v. 23, n. 5, p. 554-558, 2013.

IARC. Non-ionizing radiation, Part 1: static and extremely lowfrequency (ELF) electric and magnetic fields. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 80. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer, IARC Press; 2002.

ICNIRP. DIRETRIZES PARA LIMITAÇÃO DA EXPOSIÇÃO A CAMPOS ELÉTRICOS, MAGNÉTICOS E ELETROMAGNÉTICOS VARIÁVEIS NO TEMPO (ATÉ 300 GHz) Comissão Internacional de Proteção contra Radiações Não-. *Health Physics*, 1999.

ICNIRP. Fact Sheet (2010). Disponível em: <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPFactSheetLF.pdf>>. Acesso em 28 de setembro de 2021.

ILONEN, K. et al. Indoor Transformer Stations as Predictors of Residential ELF Magnetic Field Exposure. *Bioelectromagnetics*, v. 29, n.3, p. 213-218, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. (2021). Disponível em: <<https://ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao>>. Acessado em 15 de novembro de 2021.

INSTITUTO EDUMED PARA EDUCAÇÃO EM MEDICINA E SAÚDE. Revisão científica sobre radiação eletromagnética no espectro de radiofrequência e seus efeitos na saúde humana. Comissão de Especialistas Latino-Americanos em Campos Eletromagnéticos de Alta Frequência e Saúde Humana. Disponível em: <<http://www.wireless-health.org.br/downloads/LASR2010-PadroesPoliticasProtecaoPort.pdf>>. Acesso em 10 de setembro de 2021.

Instituto Nacional de Câncer (INCA). Radiações Não Ionizantes. Extraído de [<https://www.inca.gov.br/en/node/1918>], acesso em [23 de agosto de 2021].

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. Ambiente, trabalho e câncer: aspectos epidemiológicos, toxicológicos e regulatórios / Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. – Rio de Janeiro: INCA, 2021.

KESMINIENE, A.; SCHÜZ, J. Radiation: ionizing, ultraviolet, and electromagnetic. In: INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. World cancer report 2014. Lyon, France: IARC, 2014. p. 143-150.

KHEIFFETS, L.I.; ABDELMONEM, A.A.; BUFFLER, P.A. et al. Occupational electric and magnetic field exposure and brain cancer: a metaanalysis. *J Occup Environ Med*, n. 37, p. 1327- 1341, 1995.

KANDEL, S. et al. Magnetic Field Measurements near Stand-Alone Transformer Stations. *Radiation Protection Dosimetry*, v. 157, n.4, p. 619–622, 2013.

LABBAFINEJAD, Y.; AGHILINEJAD, M.; SADEGHI, Z. Association between Duration of Daily Visual Display Terminal Work and Sleep Disorders among Statistics Center Staff in Iran. *Iranian Red Crescent Medical Journal*, v. 12, n.4, p. 419- 423. 2010.

LIMA, A A; MACEDO, W P. Os potenciais efeitos da radiação não-ionizante no crescimento de microrganismos. *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 9, p. 13689-13702, 2019.

MARTIN, I. M.; GOMES, M. P.; ALVES, M. A. Medidas dos espectros das radiações não ionizantes de São José dos Campos e Taubaté, SP, Brasil. *Revista Telecomunicações*, v.15, n.1, 2013.

MÁSCULO, F. S. Ergonomia, higiene e segurança do trabalho. In: BATALHA, M. (Org.). *Introdução à engenharia de produção*. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2008.

MCCOLL, N. et al. European Code against Cancer 4th Edition: Ionising and nonionising radiation and cancer. *Cancer Epidemiology*, v. 39, n.1, p. 93–100. 2015.

MORRIS, C. J. G.; SIMMONDS, II. Associations between varying magnitudes of the urban heat island and the synoptic climatology in Melbourne, Australia. *International Journal of Climatology*, v. 20, n. 15, p. 1931-1954, 2016.

MUSLIM, M.; KOESMARYONO, Y. Analyse the urban energy balance of densely area Jakarta using single-layer urban canopy model. *Jurnal Teknologi*, v. 78, n. 5, 2016.

OKUNO, E. Epidemiologia do câncer devido a radiações e a elaboração de recomendações. *Revista Brasileira de Física Médica*, v.3, n.1, p. 43-55. 2009
OMS. Estabelecendo um diálogo campos eletromagnéticos. *Radiação e Saúde ambiental*. Departamento de Proteção do Ambiente Humano. Genebra – Suíça, 2001.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). Estabelecendo um diálogo sobre riscos de campos eletromagnéticos. *Radiação e saúde ambiental*, Departamento de proteção do ambiente humano. Genebra: 2002. Tradução de Hortencio A. Borges, providenciada pelo Centro de Pesquisas em Energia Elétrica (CEPEL).

PADILHA, F. C. Radiação não ionizante estudo de causas e efeitos diretos e indiretos no ser humano. Universidade do Alto Vale do Rio do Peixe - UNIARP curso de pós-graduação em lato sensu em Engenharia de Segurança do Trabalho, 2011.

PINO, E. S.; GIOVEDI, C. Radiação ionizante e suas aplicações na indústria. *UNILUS Ensino e Pesquisa*, v. 2, n. 2, p. 47-52, 2013.

SANTOS, J. da S., et al. Medidas de radiação eletromagnética não ionizante em biblioteca escolar. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 5, p. 48111-48123, 2021.

SAGE, C.; CARPENTER, D. O. BioInitiative report: a rationale for a biologically based public exposure standard for electromagnetic fields (ELF and RFR). 2012.

SARAVI, F. D. Telefonía móvil (celular) y salud humana. *Revista Médica Universitária* 2007; 3:29-32.

SAVITZ, D.A. Overview of epidemiological research on electric and magnetic fields and cancer. *Am Ind Hyg Assoc J*, n.54, p. 197-204, 1993.

SCHUZ, J.; ERDMANN, F. Environmental exposure and risk of childhood leukemia: an overview. *Archives of Medical Research*, v. 47, n.8, p. 607-614, 2016.

SILVA, Sonaly de Lima et al. Avaliação dos níveis de radiação não ionizante em ambientes de trabalho de uma universidade brasileira. 2018.

SOUZA, D. A. DE. estudo da exposição da população ocupacional a campos eletromagnéticos utilizando o método de elementos finitos. [S. l.: s. n.], 2017.

STODOLNIK-BARAŃSKA, W. Lymphoblastoid Transformation of Lymphocytes in vitro after Microwave Irradiation. *Nature* 214, 102-103 (1967). <https://doi.org/10.1038/214102a0>

TOMITSCH, J.; DECHANT, E.; FRANK, W. Survey of Electromagnetic Field Exposure in Bedrooms of Residences in Lower Austria. *Bioelectromagnetics*, v. 31, n. 3, p. 200-208, 2010.

TORRES, C.M.; FERRARO, N.G.; SOARES, P.A.T.; PENTEADO, P.C.P. Física Ciência e Tecnologia. 3. ed. São Paulo: Moderna, v.3, 2013.

UNITED STATES. Environmental Protection Agency. Radiation protection: radiation basics. [Washington, DC]: EPA, c2019.

VIEGAS, M. F. et al. Medidas da radiação não ionizante na cidade de São José dos Campos, SP. Disponível no URL <http://www.bibl.ita.br/xiencita/Artigos/Fund12.pdf>. Acesso em, v. 29, p. 2007, 2004.

VIEIRA, D. B. análise das radiações não ionizantes em antenas de provedor de serviços de internet. 2015. trabalho de conclusão de curso (programa de pós-graduação engenharia de segurança do trabalho) - especialização em engenharia de segurança do trabalho da universidade tecnológica federal do paraná, [S. l.], 2015. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5721/1/PB_CEEEST_V_2015_14.pdf. Acesso em: 20 set. 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Eletromagnetic fields (EMF). What are electromagnetic fields? Geneva: WHO, c2019.

ZARYABOVA, V.; SHALAMANOVA, T.; ISRAEL, M. Pilot study of extremely low frequency magnetic fields emitted by transformers in dwellings. Social aspects. *Electromagnetic biology and medicine*, v. 32, n. 2, p. 209-217, 2013.