ARTIGO DE REVISÃO

MELLO, Antonio Carlos de Oliveira e ^[1], FLAUZINO, Victor Hugo de Paula ^[2], CESÁRIO, Jonas Magno dos Santos ^[3]

MELLO, Antonio Carlos de Oliveira e. FLAUZINO, Victor Hugo de Paula. CESÁRIO, Jonas Magno dos Santos. Os Efeitos Da Eletricidade Estática Nos Equipamentos Médicos. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 06, Ed. 05, Vol. 14, pp. 138-178. Maio de 2021. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/equipamentos-medicos>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/equipamentos-medicos

Contents

- RESUMO
- INTRODUÇÃO
- METODOLOGIA
- REFERENCIAL TEÓRICO
- RESULTADOS
- DISCUSSÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS
- REFERÊNCIAS
- APÊNDICE – REFERÊNCIA DE NOTA DE RODAPÉ

RESUMO

Equipamentos em instalações hospitalares representam, hoje em dia, sinônimos de alta tecnologia e eficiência. As pessoas possuem cada vez mais à sua disposição o melhor que a ciência poderia oferecer relacionado aos métodos de diagnóstico e tratamentos. A segurança e o bom desempenho dessas instalações e equipamentos médicos são de extrema importância para os hospitais, tanto quanto para o paciente. Essa pesquisa teve como tema central a eletricidade estática e os seus efeitos nos equipamentos e componentes eletrônicos. Apresentamos os pontos de vista de autores contemporâneos sobre a

eletricidade estática, em especial sua influência no ambiente hospitalar e seus riscos durante a manipulação de equipamentos médicos. Os objetivos específicos referiram-se à questão das formas de geração da eletricidade estática, seus efeitos nos equipamentos e os métodos propostos para evitá-los. Na pesquisa, utilizamos descritores validados pelo DECS e as buscas foram realizadas nas bases de dados do *SciELO* e do Google Acadêmico. Ao ser realizado a soma das duas plataformas, obtivemos inicialmente uma quantidade muito grande de retornos na busca. Utilizamos, então, alguns filtros como estratégia para delimitar a quantidade e qualidade dos resultados próximos dos objetivos desse estudo e da pergunta investigativa. Baseamos nosso trabalho em publicações técnicas recentes, artigos científicos e livros que abordam o tema de forma categórica e elucidativa, os quais corroboraram uma resposta positiva quanto à resposta da nossa pergunta investigativa. Trouxemos informações e ilustrações que de forma intuitiva esclarece o assunto proposto e proporciona uma melhor fixação do que foi exposto.

Palavras-chave: Eletricidade estática, Eletrônica Médica, Acidentes por descargas elétricas, Hospitais.

INTRODUÇÃO

A eletricidade é uma forma de energia indispensável e sempre representou um papel importante na humanidade. Ela está presente na iluminação das ruas e das moradias, nos transportes, nas comunicações, nos equipamentos utilizados no trabalho, no lazer e na saúde. A eletricidade é responsável por diversos fenômenos físicos que influenciam o meio em que vivemos, ao ser utilizada de forma controlada proporciona enormes benefícios para a humanidade, como um fator facilitador na execução de diversas tarefas do cotidiano, além de promover o bem-estar e a saúde de todos.

A eletricidade controlada corretamente pode fazer muito do trabalho exigido para manter nossa sociedade em pleno funcionamento, porém, a falta de controle como nos casos dos raios, a energia elétrica pode ser muito destrutiva. A eletricidade sem controle pode oferecer enorme perigo aos seres vivos, e como um fenômeno físico, efeito das cargas elétricas estáticas ou em movimento, pela concentração de cargas numa superfície ou pelo deslocamento de elétrons por um condutor, pode apresentar potencial risco durante a sua

circulação pelo corpo humano ou no momento em que entra em contato com circuitos eletrônicos, já que pode alterar o funcionamento normal de um equipamento ou simplesmente destruir os componentes eletrônicos internos essenciais para seu correto desempenho. (FOWLER, 2013)

Segundo Sanches (2010), a influência do ambiente eletromagnético pode se notar desde a simples indicação errada de um instrumento até uma completa indisponibilidade do sistema; afeta diretamente o desempenho e a confiabilidade do equipamento/sistema, e que tais comportamentos imprevisíveis podem colocar vidas humanas em risco e ou acarretar perdas de bens materiais.

De acordo com Passos Junior (2016, *apud* GUTIÉRREZ et al., 2014), em uma pesquisa que foi realizada com 55 universidades da Argentina e da Espanha, constatou-se que 81,25% dos hospitais espanhóis e 89,4% dos argentinos nunca realizaram estudos prévios sobre compatibilidade eletromagnética, e, nesta mesma pesquisa, 37,5% dos hospitais espanhóis e 27,6% dos argentinos identificaram problemas em equipamentos eletromédicos devido a IEMs[4].

No ambiente hospitalar, com equipamentos cada vez mais sofisticados, existe uma preocupação constante dos projetistas e engenheiros no que se refere à influência da eletricidade estática nos equipamentos. A influência da eletricidade estática nos equipamentos eletrônicos, sobretudo naqueles utilizados na área hospitalar, como monitores multiparamétricos, respiradores artificiais, eletrocardiógrafos e eletroencefalógrafos, equipamentos de imagem e demais equipamentos médicos que utilizam composição de circuitos eletrônicos e softwares para o seu funcionamento, por meio desta problemática surgiu o seguinte problema de pesquisa, os equipamentos médicos podem ser danificados pela eletricidade estática do ambiente ou do operador?

A partir da pergunta norteadora surgiu indagações e constatações sobre a geração e efeitos da eletricidade estática, as pesquisas nessa área podem contribuir de forma relevante no cuidado e na utilização de materiais e medidas protetivas durante a fase de projeto e manutenção de equipamentos, além das medidas de segurança no funcionamento e manuseio dos mesmos. Essas pesquisas podem influenciar as transformações dos métodos e tecnologias atuais de contenção dos efeitos da eletricidade estática, permite uma operação

cada vez mais segura, com enorme ganho para os fabricantes, instituições de saúde e pacientes.

O objetivo desse estudo foi analisar a influência da eletricidade estática nos equipamentos médicos. De uma maneira mais específica, analisamos as formas de geração de eletricidade estática em corpos e materiais presentes no ambiente hospitalar, os efeitos nocivos da eletricidade estática em equipamentos médicos com eletrônica embarcada[5], e as maneiras de se evitar os problemas decorrentes da eletricidade estática nos equipamentos médicos.

Nesse trabalho, nos debruçamos sobre a questão da influência dos efeitos da eletricidade estática no meio hospitalar, em especial, seus efeitos nos equipamentos médicos, motivado pela nossa própria experiência e vivência de mais de 30 anos na área de manutenção de equipamentos médicos hospitalares e manutenção predial, onde observamos que os efeitos da eletricidade estática e os problemas decorrentes dela eram frequentes, mas, praticamente desconhecidos.

Vivenciamos situações em que médicos, enfermeiros e demais profissionais da saúde, além de profissionais da área de serviços diversos, que, de uma forma ou de outra, tiveram acesso aos ambientes onde estavam locados equipamentos hospitalares, sofreram e promoveram efeitos adversos da eletricidade estática, inclusive com casos em que as reações a esses efeitos foram tipicamente confundidas com outros problemas distintos, visto o pouco conhecimento sobre o tema.

É importante observar que os ensinamentos a respeito da eletricidade e a eletricidade estática em si, normalmente eram ministrados nas instituições de ensino em disciplinas técnicas ligadas às profissões relativas às engenharias, à eletrônica ou eletrotécnica, e dessa forma, isso caracterizou uma situação em que apenas um núcleo restrito de profissionais teve acesso aos conhecimentos acerca da eletricidade estática e seus efeitos. Profissionais de fora desse âmbito, frequentemente desconheciam os princípios que regem a eletricidade. Eles geralmente não tinham conhecimento dessa temática, a qual normalmente não era abordada nos cursos de formação desses profissionais.

Ainda com base em nossas experiências pessoais na área da engenharia clínica, não observamos nos ambientes hospitalares, trabalhos relativos ao tema abordado nesse estudo,

e os núcleos de educação continuada de profissionais da saúde sequer incluíam materiais de esclarecimento sobre o assunto referente aos efeitos da eletricidade estática. Mesmo com o crescimento recente do número de profissionais de engenharia clínica, onde se promoveu um novo horizonte na abordagem dos conhecimentos técnicos e emprego da tecnologia no meio hospitalar, não observamos ainda uma integração desses profissionais à rotina de compartilhamento de conhecimentos com os ditos profissionais da saúde.

De certa forma no ambiente hospitalar, nos últimos anos a engenharia clínica convergiu para uma convivência diária com profissionais da saúde, mas, além da transferência de conhecimentos básicos dos equipamentos médicos e sua operação, observamos que isso não significou um compartilhamento de conhecimentos teóricos e práticos sobre a eletricidade estática e seus efeitos.

Nos ambientes corporativos como os hospitalares, normalmente o SESMT (Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho), promovia cursos e palestras sobre os perigos da eletricidade. Os perigos decorrentes do uso inadequado dessa forma de energia podiam trazer sérios riscos para as pessoas e para o ambiente em que estavam inseridos, mas observou-se que invariavelmente não foram abordados os efeitos da eletricidade estática especificamente. Essa forma de energia, normalmente desconhecida do grande público e a ausência de cursos e palestras que pudessem esclarecer sobre esse assunto, permitiam uma possibilidade enorme de riscos de acidentes e prejuízos materiais.

Nesses anos de vivência na área da eletromedicina, atuei com diversas marcas e modelos de equipamentos hospitalares e diversas tecnologias diferentes no decorrer dos anos, desde os tempos dos equipamentos valvulados (tubos de raios catódicos), até os transistores, depois circuitos integrados TTL (*Transistor-transistor Logic*) e circuitos com tecnologia CMOS (*Complementary metal-oxide-semiconductor*), observamos inúmeros casos de problemas decorrentes de efeitos da eletricidade estática, os quais provocavam desde funcionamento inadequado do equipamento, até danos irreversíveis nos componentes eletrônicos que os constituíam.

METODOLOGIA

O presente estudo é uma Revisão bibliográfica com abordagem descritiva qualitativa, conforme Cesário, Flauzino e Mejia (2020), fundamenta-se com base em material que já foram construídos, o que inclui artigos científicos publicados em periódicos acadêmicos. Na primeira fase foi realizada a busca para reunir evidências com a finalidade de responder a seguinte pergunta de pesquisa, os equipamentos médicos podem ser danificados pela eletricidade estática do ambiente ou do operador?

No DeCS (Descritores em Ciências da Saúde), encontrou-se os seguintes descritores: Eletricidade Estática, Eletrônica Médica, Acidentes por Descargas Elétricas, Hospitais e Infraestrutura. Os bancos de dados utilizados foram o Google Acadêmico e *SciELO (ScientificElectronic Library Online)*. No Google Acadêmico utilizou-se cada um dos descritores entre aspas (""). Na *SciELO (ScientificElectronic Library Online)*, foi utilizada a opção pesquisa avançada e o operador lógico booleano "OR" e "AND".

Estabeleceu-se como critérios de inclusão, livros, monografias e artigos acadêmicos publicados entre 2010 a 2020, disponíveis de forma gratuita e nos bancos de dados já mencionados, que respondessem à pergunta de pesquisa. Excluíram-se artigos repetidos encontrados nas bases de dados, resumos, artigos inferiores a 2010 e artigos que não respondiam o problema da pesquisa. A coleta dos dados foi realizada no mês de março, por 2 pesquisadores de forma independente. Os resultados das buscas pelos dados e do número final de publicações que irão compor a revisão serão apresentados por meio de Prisma na forma de fluxograma.

Figura 1. Diagrama de fluxo dos artigos encontrados

Fonte: elaborado pelos autores, 2021.

REFERENCIAL TEÓRICO

A Matéria:

A Constituição Dos Materiais

A eletricidade estática não é uma novidade, é um fenômeno corriqueiro que, entretanto, poucos conhecem sua origem e dinâmica. Chavante (2016) apontou que a eletricidade se originou no século VI a.C, na Grécia antiga a partir da descoberta por Thales de Mileto. Explica Chavante (2016) que Thales de Mileto descobriu uma resina vegetal fóssil petrificada, chamada âmbar (eléktron em grego), e esfregou-a com pele de lã de animais, e pode então observar o seu poder de atrair objetos leves como palhas, fragmentos de madeira e penas. Assim, o termoeletricidade originou-se da palavra eléktron, derivada do grego âmbar.

Aqueles choques que tomamos ao tocarmos objetos metálicos ou os relâmpagos são a forma mais comum de manifestação dessa forma de eletricidade. Todos nós já vivenciamos a desagradável experiência de ficar com os cabelos ouriçados, revoltos e espetados num dia seco e quente. Também percebemos como alguns tipos de tecidos e roupas ficam repletos de poeira e pelos, parece que as roupas os atraem propositadamente após serem cuidadosamente lavadas e passadas, ou ainda aqueles discos de vinil cuidadosamente guardados e que se transformam em verdadeiras antenas para atrair partículas de todas as direções assim que são retirados de suas embalagens.

Para entendermos o que acontece nas situações descritas no parágrafo anterior é necessário compreendermos a composição da matéria. Fowler (2013) afirmou que toda matéria no universo é composta por átomos. A madeira, as flores, o copo de vidro, o teclado do computador, a nossa pele e órgãos, tudo é composto de átomos e a sua constituição difere de acordo com as características dos átomos que o compõem.

A menor porção da matéria que preserve então suas características próprias é denominada molécula. Subdivide um átomo, encontramos muitas partículas, as mais importantes são os elétrons, prótons e nêutrons (Figura 01).

Chavante (2016), afirma que os átomos são formados por um núcleo, onde se encontram os prótons (carga elétrica positiva) e os nêutrons (carga elétrica neutra), e por uma eletrosfera constituída de órbitas onde giram os elétrons (carga elétrica negativa). Observamos então que os elétrons e os prótons possuem cargas elétricas opostas.

Figura 02 – Estrutura do átomo

Fonte: Modificado de Júlio César Lima (2010, p. 3).

O Processo De Geração Da Eletricidade Estática

Um átomo em seu estado natural está em equilíbrio e os elétrons e prótons se encontram em harmonia, pois suas cargas elétricas se anulam mutuamente. No momento em que o equilíbrio é perdido a matéria constituída por esses elementos fica carregada eletricamente. Para acontecer esse desequilíbrio é necessário que um corpo perca ou ganhe elétrons.

A eletrização é o processo de aquisição de carga elétrica por um corpo com a passagem de elétrons de um corpo para outro. Ela eletrização provoca o desequilíbrio entre as cargas positivas (prótons) e negativas (elétrons), torna o átomo eletrizado. “Podemos considerar que os elétrons acumulados são atraídos firmemente e se esforçam para serem atraídos em direção aos prótons, a fim de retornar à condição neutra” (FRENZEL, 2015, p. 20).

Bauer; Westfall e Dias (2012), disse que os dois tipos de carga elétrica encontradas na

natureza são cargas positivas e cargas negativas, e que o processo de eletrização, ou carregamento, consiste na transferência de partículas carregadas (elétrons). Chavante (2016) afirma que os processos básicos de eletrização, ou seja, de se retirar ou adicionar elétrons ao corpo, podem ser por atrito, por contato ou por indução. Na eletrização há a retirada ou inserção de elétrons da órbita do núcleo de um átomo. No momento em que ocorre o atrito entre dois corpos, um perde elétrons enquanto o outro recebe, e os corpos então adquirem cargas elétricas opostas – Série Triboelétrica (CHAVANTE, 2016).

A série triboelétrica classifica os materiais que se eletrizam por atrito quanto à sua facilidade de perder elétrons (Figura 02). Quanto mais alta sua posição na figura, mais facilidade esse corpo tem de doar elétrons. Então, ao atritarmos materiais descritos no topo da figura com aqueles da parte inferior, a eficiência dessa troca de cargas elétricas (eletrização) será tanto mais eficiente conforme suas posições antagônicas na Figura 2.

Figura 03 – Série Triboelétrica

Ar	+++++	<p>Acúmulo de cargas positivas</p>
Mãos	+++++	
Vidro	+++++	
Cabelo	+++++	
Quartzo	+++++	
Nylon	++++	
Pele	++++	
Seda	+++	
Alumínio	++	
Papel	+	
Algodão (relativamente neutro)		<p>Acúmulo de cargas negativas</p>
Aço		
Madeira	-	
Borracha	--	
Ouro	---	
Poliéster	----	
Poliuretano	-----	
Polietileno	-----	
Vinil	-----	
Celulose	-----	
Silício	-----	
Teflon	-----	

Fonte: Modificado de Azambuja (2017, p.2).

Uma carga estática positiva então é gerada quando os elétrons são retirados de um material qualquer, assim fica com a falta de elétrons, enquanto uma carga estática negativa é o resultado do excesso de elétrons recebidos por um objeto. O campo elétrico entre dois

materiais carregados com cargas opostas torna-se muito intenso, pode haver o rompimento da rigidez dielétrica[6] do meio que os separa, resulta em uma faísca que nada mais é que os elétrons que possuem excesso em carga entram em e passam para outro material próximo em que há falta de elétrons.

No momento em que os dois corpos carregados com potenciais diferentes se aproximam ou se tocam, haverá transferência de cargas, a descarga eletrostática mais conhecida como ESD[7] (SANCHES, 2010). Observamos então que uma descarga eletrostática ocorre na ocasião que há transferência de cargas elétricas de potenciais diferentes entre dois corpos que se aproximam ou se tocam.

A intensidade da descarga produzida entre corpos carregados dependerá não só da intensidade do campo elétrico entre elas, mas também de outros fatores, como o tempo de duração da ação do atrito, a pressão do contato entre as partes, a velocidade da separação entre os objetos após o contato ou aproximação, a área total de contato e a condição de limpeza das superfícies, influenciam diretamente no nível de carga produzida.

Todos os materiais podem ser classificados como condutores ou isolantes, quanto à sua natureza de condução de cargas elétricas. Os condutores são aqueles materiais que não oferecem alta resistência à passagem das cargas elétricas, como por exemplo, metais como o cobre, o alumínio. Os isolantes pelo contrário, apresentam alta dificuldade de circulação às cargas elétricas (resistência). Exemplo de material isolante típico são a madeira, a borracha, e o ar ambiente.

Segundo Bauer; Westfall e Dias (2012), Há também o grupo de materiais denominado de semicondutores, que podem deixar de ser isolantes e conduzir e depois voltar a ser isolantes e o grupo dos supercondutores, materiais que apresentam resistência nula à passagem da corrente elétrica ao ser submetidos a temperaturas extremamente baixas. Os semicondutores não são bons nem maus condutores de eletricidade, na verdade a sua condutividade depende da temperatura a qual ele está submetido (CHAVANTE, 2016).

Shamieh (2020) comenta que resistência é a medida da oposição imposta por um objeto ao fluxo de elétrons, e que resistividade é a propriedade do material que reflete sua estrutura química. Condutores tem uma resistividade relativamente baixa enquanto materiais isolantes

tem uma resistividade relativamente alta. Abaixo temos no Quadro 01, a resistividade de alguns materiais.

Quadro 01- Resistividade de materiais

Material	Resistividade ρ ($\Omega.m$)
Condutores	
Prata	$1,58 \times 10^{-8}$
Cobre	$1,67 \times 10^{-8}$
Alumínio	$2,65 \times 10^{-8}$
Tungstênio	$5,6 \times 10^{-8}$
Ferro	$9,71 \times 10^{-8}$
Semicondutores	
Carbono (grafite)	$(3 - 60) \times 10^{-5}$
Germânio	$(1 - 500) \times 10^{-3}$
Silício	$0,1 - 60$
Isolantes	
Vidro	$10^9 - 10^{12}$
Borracha	$10^{13} - 10^{15}$

6

Fonte: (SILVA, 2021, p. 6).

Rigidez Dielétrica E A Umidade

No momento que há um contato ou aproximação de superfícies carregadas eletricamente, há a distribuição de cargas entre as superfícies e a umidade relativa do ar influencia na quantidade de cargas distribuídas até que cesse a aproximação ou o contato entre as mesmas. Isso acontece porque a rigidez dielétrica do meio decresce com o aumento da umidade relativa do ar, torna-se fácil a circulação das cargas elétricas (descarga eletrostática). No Quadro 02 temos valores de rigidez dielétrica de alguns materiais e no Quadro 03 exemplos da influência da umidade relativa do ar na geração de Eletricidade estática.

Azambuja (2017) afirma que o nível de umidade relativa do ar no ambiente de trabalho também interfere nas tensões eletrostáticas. Ambientes com baixos níveis de umidade produzem maiores tensões, e que menores cargas são conduzidas na umidade do ar e nos materiais em ambientes com alta umidade.

Quadro 02 – Rigidez dielétrica de materiais

	Material	Rigidez dielétrica (kV/cm)
1	Ar	30 ^[1]
2	Mica	600
3	Vidros	75 a 300

Fonte: (WIKIPÉDIA, 2019).

Quadro 03 – Potencial eletrostático acumulado.

Meios de geração da estática	Potencial eletrostático (Volts)	
	10 a 20% umidade relativa	65 a 90% umidade relativa
Caminhar sobre carpete	35.000	1.500
Caminhar sobre piso de vinil	12.000	250
Envelope de vinil com manual de instruções	7.000	600
Técnico na bancada	6.000	100
Pegar um saco de polietileno	20.000	1.200
Levanta-se de uma cadeira com espuma de poliuretano	18.000	1.500

Fonte: (AZAMBUJA, 2017, p.2).

A Eletricidade Estática E Seus Efeitos

Muitas pessoas já sofreram os efeitos da eletricidade estática, mas a imensa maioria, sem ter a mínima ideia do que aconteceu. Aborreceram-se por um inesperado e desagradável choque ao tocar no botão de um elevador, ou sempre que ao entrar em casa no momento em que pegam na maçaneta da porta, tomaram aquele “tranco”. Mesmo sem compreenderem o que aconteceu, continuam suas vidas normalmente sem saberem o quanto que a eletricidade estática está presente e influência no dia a dia.

Imaginemos uma hipotética tarde ensolarada e seca em que alguém percebe o vento a balançar seus cabelos revoltos e deixá-los desalinhados, e prossegue na tentativa de adequar-se à situação para retocar o penteado ou aplicar um gel para fixar os cabelos. Em seguida, acaricia o carro com suas cores reluzentes e observa a lataria encerada a arrepiar os pelos das mãos e braços, na qual transmite uma agradável sensação de algo aveludado e macio.

Ao adentrar em seu veículo, irrita-se com os pelos dispersos no banco a grudarem na sua roupa, e com safanões tenta se desvencilhar daquelas partículas de pó que insistem em se manter ali grudadas no seu blazer escuro. Liga o rádio, parte o motor e observa os instrumentos de navegação enquanto procura sintonizar sua estação preferida, cujo som é às vezes encoberto por um ruído estranho que acompanha a aceleração do motor.

O velocímetro, conta-giros e marcadores de combustível e temperatura e outros tantos controles estão ali, repletos de componentes eletrônicos que foram cuidadosamente projetados numa plataforma resistente o tanto quanto possível dos efeitos da eletricidade estática, mas isso também passa despercebido aos seus olhos. No seu percurso, começa a chover e o prazer da audição daquela música preferida começa a se transformar em irritação, pois o rádio passa a reproduzir estalidos e interferência, por causa dos raios cada vez mais frequentes e perigosos, justamente na parte mais agradável da música.

Todos nós enfrentamos situações semelhantes à relatada, porém, mal percebemos e compreendemos a presença da eletricidade estática e que ela é parte inseparável do nosso cotidiano. Os choques inexplicáveis, o eriçar dos cabelos (Figura 03), as descargas atmosféricas são apenas manifestações desagradáveis da eletricidade estática.

Figura 04 – Manifestação da Eletricidade Estática.

Fonte: Modificado de Marta Miranda (2021, p.1).

Contudo, existem também aplicações benéficas dessa forma de energia, como os precipitadores eletrostáticos que retiram a poeira do ar de um ambiente (filtros eletrostáticos de poeira), a fabricação de lixas e abrasivos e a pintura eletrostática (Figura 04), que permite a deposição de uma cobertura uniforme de tinta no objeto a ser pintado, além de evitar uma pintura irregular, que se utilizam dos princípios da estática e outros tantos exemplos práticos de aplicação da eletricidade estática. “A maioria das aplicações industriais da eletricidade estática, não se baseia nas descargas que ionizam o ar. Pelo contrário, se baseia no uso da força de atração ou repulsão entre cargas diferentes” (FOWLER, 2013, p.13).

Figura 05 – Pintura Eletrostática.

Fonte: Modificado de Color Art Pintura Eletrostática e Indústria PVC (2021).

Os Circuitos Eletrônicos E Componentes Eletrônicos

A eletrônica evoluiu muito nessas últimas décadas. Equipamentos passaram a contar com um grau de miniaturização de componentes eletrônicos e essa redução de dimensões é cada vez mais frequente. Desde os tempos das válvulas eletrônicas, aonde equipamentos (computadores) chegavam a ocupar uma sala inteira, até os dias atuais em que um alto poder de miniaturização faz caber na palma da nossa mão um equipamento que executa um número enorme de funções complexas; a eletrônica tem se modernizado com a invenção de novos dispositivos e a melhoria na tecnologia de construção.

A eletrônica utiliza aparelhos especializados conhecidos como componentes eletrônicos (por exemplo, interruptores, resistores, capacitores, indutores e transistores) para controlar a corrente (também conhecida como fluxo de elétrons) de tal forma que uma função específica seja desempenhada (SHAMIEH, 2020).

Os Transistores e Circuitos Integrados são componentes eletrônicos muito sofisticados, mas também delicados. São muito comuns na fabricação de equipamentos eletrônicos em geral e estão presentes em praticamente todos eles, tanto que os equipamentos médicos os utilizam

aos montes. A técnica de montagem em superfície (SMD - *Surface Mounted Device*), exemplificada na Figura 05, se constitui na inserção de componentes eletrônicos ultraminiaturizados em uma placa de circuito impresso e tornam os equipamentos ainda menores e mais delicados.

Figura 06 – Placa de componentes SMD.

Fonte: Modificado de Valexcell Projetos Eletrônicos (2021).

Nos equipamentos médicos como Ventiladores Pulmonares, Eletrocardiógrafos, Monitores de sinais vitais, equipamentos de imagem como a Ressonância Magnética, Tomógrafos e muitos outros, há uma enorme variedade de placas de circuitos eletrônicos repletos de transistores e circuitos integrados. Esses equipamentos têm circuitos que demandam uma alta amplificação, e isso determina o uso de componentes muito sensíveis, que podem ter seu funcionamento prejudicado por ruído.

Equipamentos como Eletrocardiógrafos e Monitores de sinais vitais são projetados para

trabalharem com sinais elétricos de baixíssima intensidade na sua entrada. Seus amplificadores aumentam a intensidade dos sinais elétricos milhares de vezes antes de enviarem às etapas posteriores. Por isso, nesses equipamentos os estágios iniciais de amplificação frequentemente utilizam Transistores bipolares, Transistores FET[8] e MOSFET[9], Circuitos integrados TTL[10] e CMOS[11] de alto ganho e baixo ruído[12]. São componentes eletrônicos complexos, os quais precisam ser manuseados com muito cuidado.

Idoeta e Capuano (2018) afirma que a família de circuitos integrados CMOS possui problemas com o manuseio, pois devido à ação da eletricidade estática, ocorre a degradação das junções internas dos chips, além de comprometer a sua vida útil. Ainda de acordo com Idoeta e Capuano (2018), as versões mais modernas dessa família de circuitos integrados (CMOS), possuem entradas e saída dos blocos protegidas por diodos para evitar a ação da eletricidade estática. Porém, lembra que mesmo assim é aconselhável seguir com as normas de manuseio adequado.

Os danos sofridos por um equipamento médico ou seus componentes internos, podem ocorrer desde a produção ao usuário final. A descarga eletrostática pode queimar uma junção semicondutora, perfurar ou fundir uma camada de óxido metalizado. Essas cargas elétricas podem ser recebidas em dias secos ao se caminhar sobre um carpete e podem se mover com relativa facilidade através do nosso corpo, no qual inclui as mãos.

Ao tocarmos num objeto metálico (como os terminais de um cabo de ECG, ou ainda componentes em uma placa de circuito eletrônico, por exemplo), haverá uma descarga elétrica, que poderá gerar uma faísca.

O simples contato de um corpo carregado eletrostaticamente com os componentes de uma PCB pode vir a causar uma descarga eletrostática nos mesmos e danificá-los. O correto manuseio e um ambiente de trabalho bem aterrado são as melhores recomendações para evitar maiores consequência (MACHADO, 2016, p. 24).

Apresentamos na Figura 06 o diagrama funcional em blocos de um Eletrocardiógrafo. Podemos ver que, na entrada dos sinais captados pelo cabo que vai conectado ao corpo do paciente, são utilizados amplificadores de instrumentação, que nada mais são do que

amplificadores de altíssimo ganho que foram projetados para detectar sinais fisiológicos que variam de microvolts (μV) a milivolts (mV).

Figura 07 – Diagrama de blocos de um Eletrocardiógrafo.

Fonte: Modificado de Dário Guilherme Toginho (2016).

Na Figura 07 temos a representação de um monitor de ECG utiliza placas de circuitos integrados. São utilizados amplificadores de instrumentação com entradas protegidas contra sobretensão e transientes.

Figura 08 – Placas de circuitos integrados em monitor de ECG

Fonte: Modificado de Botnroll.com (2021).

Equipamentos Médicos Computadorizados

Com a explosão da informática[13] nas últimas décadas, que também foi adotada nos projetos de equipamentos médicos das mais variadas funções, a questão da influência da

eletricidade estática tomou proporções ainda maiores. O perigo da perda de dados e corrosão da informação passou a tirar o sono dos projetistas de equipamentos. Dados de pacientes, digitalização de resultados de exames e prontuário eletrônico são termos comuns nos hospitais de hoje em dia e representam informações de elevada importância e privacidade. A perda ou corrosão de informações dessa magnitude pode comprometer seriamente o tratamento e a segurança dos pacientes.

Sistemas computacionais, servidores, computadores de postos de enfermagem, recepção e outros, também são equipamentos eletrônicos que dispõem no seu interior de todos os componentes eletrônicos já citados, os quais correm o risco de danos irreversíveis com os efeitos perigosos da eletricidade estática. Shamieh (2020) afirma que nos sistemas de computação, padrões armazenados de energia elétrica são usados para representar números, letras e outras informações, e os cálculos são realizados com manipulação desses padrões para usar componentes eletrônicos.

A extensão dos danos que a eletricidade estática pode provocar no ambiente hospitalar vai além dos equipamentos específicos para diagnósticos e tratamentos, além de alcançar também àqueles voltados para armazenamento de dados e gestão da informação dentro de um hospital. Nos equipamentos médicos e seus componentes eletrônicos, os efeitos da eletricidade estática são terrivelmente perigosos, já que podem levá-los à destruição. Hoje em dia os componentes eletrônicos sofrem um processo cada vez maior de miniaturização, e a eletricidade estática é um terrível perigo que ameaça o seu bom funcionamento. Sempre que um componente sofre uma descarga de milhares de volts (Figura 08), ele pode falhar severamente, ter seu desempenho prejudicado, ou funcionar de maneira não conforme. Cargas estáticas superiores a 30.000 volts podem ser geradas ao caminhar sobre um determinado tipo de piso; descargas de apenas 10 volts já podem destruir componentes eletrônicos.

Figura 09 – Descarga eletrostática em Circuito Integrado.

Fonte: Modificado de Eletrônica-Downloads Blogspot.com (2021)

Segundo a NBR5462 de novembro de 1994, a falha catastrófica é uma falha repentina que resulta na incapacidade completa de um item desempenhar todas as funções requeridas.

Monteiro, Sousa e Luz (2019) apontaram que:

Falha catastrófica: “Falha simultaneamente repentina e completa (NBR5462)”. Fusão da metalização: “Fusão de camadas de metal pela alta temperatura, proveniente de EOS (Electrical Overstress) (NBR 14544)”. Electrical Overstress: “Fadiga catastrófica do material, provocado por tensão ou campo elétrico que ultrapasse os limites tolerados por este material”.

Com uma descarga de milhares de volts decorrentes de uma descarga eletrostática, os componentes eletrônicos podem simplesmente levar o sistema a uma pane crítica, como por exemplo, provocar o mau funcionamento ou a parada de um respirador, um bisturi eletrônico, um monitor de sinais vitais ou um equipamento de hemodiálise, durante a sua aplicação. Isso pode resultar em consequências terríveis e condições perigosas e inseguras para pessoas.

O Quadro 04 apresenta uma ideia quantitativa dos valores de tensão de descargas eletrostáticas que podem provocar danos aos componentes comuns nos projetos eletrônicos. Como podemos observar, as tensões a partir de 100 Volts já podem ser “sentidas” por esses componentes além de trazer efeitos imprevisíveis.

Quadro 04 – Sensibilidade de dispositivos eletrônicos à ESD

Tipo de dispositivo	Faixa de sensibilidade a EDS (V)
MOSFET de potência	100 a 200
JFET	140 a 10000
CMOS	250 a 2000
Diodos Schottky e Lógica TTL	300 a 2500
Transistores Bipolares	380 a 7000
Dispositivos ECL	500
Tiristores e TRIACs	680 a 1000

Fonte: Modificado de BIGBLOG (2021).

Azambuja (2017, p. 3) conclui que:

Com o avanço da tecnologia, componentes eletrônicos tendem a se tornar cada vez menores. Com o tamanho reduzido dos componentes, o espaço entre isoladores e circuitos internos é microscópico, o que aumenta a sensibilidade ao ESD. A necessidade de proteção ao ESD aumenta com o avanço da tecnologia. Os efeitos da ESD sobre componentes eletrônicos são invariavelmente destrutivos. Após uma descarga eletrostática, o componente pode apresentar falha total, degradação de desempenho, redução da expectativa de vida ou operação

errática.

O Ambiente Hospitalar

Materiais E Instalações Hospitalares

Os hospitais são instituições que promovem cuidados da saúde e procuram oferecer às pessoas, ambientes propícios para tal. Eles têm evoluído muito nos últimos anos e sua capacidade de renovação é sempre constante, com a tecnologia é a principal parte integrante dessa evolução e confere uma complexidade cada vez maior e traz as atualizações tanto na parte de processos como na parte de infraestrutura.

Sob a ótica da infraestrutura, o ambiente hospitalar tem sofrido mudanças diversificadas, sempre condizentes com a realidade da necessária adequação à legislação, quanto à renovação da tecnologia de materiais e equipamentos, voltados ao conforto e qualidade da assistência à saúde. Os hospitais passaram a utilizar diversos tipos de materiais, em concordância com a evolução da arquitetura, mas sempre se mantem dentro dos parâmetros exigidos pelo Ministério da Saúde e ANVISA[14].

O ambiente hospitalar pode ser dividido de acordo com a criticidade dos processos envolvidos e essa divisão foi estabelecida em 27 de agosto de 1992, pelo Ministério da saúde, através da Portaria nº 930, de 27 de agosto de 1992, leva-se em conta a questão das necessidades hospitalares e a prevenção da Infecção hospitalar.

Assim, num hospital o ambiente foi dividido em áreas críticas, áreas semicríticas e áreas não críticas. Em todas essas áreas é necessário prover meios de conforto e medidas especiais de segurança, além daqueles necessários à execução das tarefas específicas dos profissionais da saúde. No centro cirúrgico, por exemplo, normalmente usa-se piso condutivo com aterramento[15], uma forma de tornar o piso dissipativo para que possa escoar cargas elétricas para o potencial de terra mais facilmente.

É comum no ambiente hospitalar o uso de tapetes, mantas, aventais, pincéis, objetos plásticos, sapatos isolantes de borrachas em todos os setores. Nas áreas de utilização e/ou manutenção de equipamentos médicos existem também muitos materiais geradores de cargas eletrostáticas. O mobiliário nos hospitais é bastante diverso e incluem pisos

especiais, cadeiras, sofás, superfícies de trabalho (bancadas), dutos de ar-condicionado com circulação de ar pressurizados, dutos de elétrica em plástico ou PVC[16], luminárias, equipamentos diversos, materiais para embalagem, setores em que é obrigatório o uso de roupas especiais e muitos outros elementos e estruturas, além é claro, de pessoas em circulação.

Conforme vimos lá na Figura 02, o corpo humano é um excelente “meio” de transporte de eletricidade estática, e pode ocasionar muitos problemas de descargas eletrostáticas nos equipamentos e instalações hospitalares. Segundo Monteiro, Sousa e Luz (2019) “Atualmente, com a larga utilização de materiais sintéticos altamente isolantes, tanto na cobertura de pisos, mesas, cadeiras, roupas, sapatos e em quase todos os objetos de utilização diária, o aparecimento da eletricidade estática tem sido muito frequente, pois nestas situações as cargas elétricas não podem ser escoadas”.

Em nossa vivência no meio hospitalar, observamos que existe a geração de eletricidade estática durante manuseio de TNT[17] (materiais utilizados para embalagem de caixas de instrumentais cirúrgicos) momentos antes de enviá-los para a esterilização (Figura 09). Balanças de precisão utilizadas no setor também sofrem a ação de cargas estáticas próxima ao prato, altera o resultado das medições realizadas.

Figura 10 – TNT (Tecido Não Tecido)

Fonte: Autor da pesquisa (2021).

Pudemos verificar então que um grande universo de objetos geradores de estática está presente no ambiente hospitalar, como simples objetos de decoração ou utensílios, ou acessórios importantes de equipamentos imprescindíveis na dinâmica de atendimentos de uma instituição de saúde ou nos procedimentos de manutenções corretivas e preventivas dos equipamentos médicos.

Medidas De Contenção Dos Efeitos Da Eletricidade Estática

Existem diversos tipos de equipamentos no âmbito hospitalar que podem expor um paciente a risco, caso ocorra alguma falha. Com o avanço tecnológico recente, os médicos necessitam cada vez mais de equipamentos para estabelecer um diagnóstico mais preciso (NETO, 2019). Os efeitos dos distúrbios eletromagnéticos[18] como a estática causam extrema preocupação ao se tratar de equipamentos médicos que estão em uso contínuo nos pacientes.

Os sinais vitais apresentam baixíssima intensidade e normalmente são captados por sensores e eletrodos muito sensíveis, isso demanda uma grande amplificação desses sinais para as etapas posteriores processarem essa informação. Isso expõe esses circuitos à

influência da eletricidade estática, que pode vir a corromper toda a informação e inclusive destruir componentes eletrônicos, a medida que materiais e superfícies armazenam milhares de volts, podem descarregar nas entradas sensíveis de equipamentos médicos, através do toque das mãos dos operadores ou por causa de aterramento deficiente ou ausente nos circuitos eletrônicos.

As correntes elétricas e/ou arcos elétricos decorrentes das descargas de eletricidade estática, provocam interferência eletromagnética nos circuitos eletrônicos, provocam ruídos de modo comum[19] ou modo diferencial[20]. As descargas eletrostáticas provocam mau funcionamento pelo acoplamento dos campos eletromagnéticos, e estes podem provocar falha total ou parcial dos componentes e também a geração de tensões espúrias (SANCHES, 2010, p.20).

Por esses motivos, a Compatibilidade Eletromagnética - (EMC)[21], é um fator crucial no projeto e na utilização dos equipamentos que possuem eletrônica embarcada, principalmente nos que envolvem vidas e elevados custos materiais, como nos casos dos produtos médicos, militares e espaciais. (SANCHES, 2010, p.9)

É importante que os equipamentos estejam operantes com a devida segurança, para isso, existem alguns recursos que podem ser aplicados, de forma a diminuir a susceptibilidade a danos, e reduzir a sensibilidade natural de equipamentos sofisticados aos efeitos da eletricidade estática.

Algumas das principais medidas contra aos efeitos nocivos da eletricidade estática são aplicáveis aos profissionais da eletrônica, operadores de linhas de montagem de placas de circuitos, técnicos de informática e outros tantos profissionais que manipulam componentes eletrônicos e placas de circuitos eletrônicos. Outras medidas protetivas descritas nesse estudo são dirigidas ao público em geral. Pessoas que podem ter acesso a equipamentos e instalações durante uma visita a um paciente, ou são acompanhantes dos mesmos.

Como meios de proteção contra os efeitos da eletricidade estática temos o aterramento de corpos condutores carregados; a blindagem de circuitos sensíveis à estática, manter o afastamento entre si de corpos isolantes carregados, ou seja, evitar aproximar corpos

isolantes carregados do equipamento; controlar a umidade relativa do ar do ambiente, já que a umidade reduz o acúmulo de cargas elétricas nas superfícies e citamos também necessidade de neutralizar as cargas dos corpos isolantes carregadas (SANCHES, 2010, p. 21).

O aterramento (Figura 10) é a maneira mais frequente de se evitar danos. Essa simples medida de proteção presente nos equipamentos no momento que esses estão conectados apropriadamente ao potencial de terra através do seu cabo de alimentação elétrica, já evita muitos problemas de descargas eletrostáticas.

Figura 11 – Aterramento de equipamentos

Fonte: Modificado de Desmonta & CIA (2021).

Outras medidas de importante adoção para redução dos efeitos da estática:

- Manter placas e componentes em caixas e embalagens antiestáticas nas áreas de trabalho (Figura 11).

Figura 12 – Embalagens antiestáticas.

Fonte: Modificado de Instituto Fateam Educação e Tecnologia (2021, p.42).

- Atentar-se para não tocar componentes eletrônicos diretamente nos seus terminais sem antes fazer um procedimento de descarga ao tocar no fio de aterramento ou em alguma superfície metálica aterrada.
- No momento em que for tocar ou manipular equipamentos sensíveis à estática, procurar descarregar-se ao tocar os pés descalços ou as mãos em um ponto aterrado ou no piso, por alguns segundos.
- Utilizar sempre que necessário as ferramentas, roupas e calçados especiais permitem reduzir boa parte dos riscos da eletricidade estática:
- Mantas e tapetes antiestáticos: Muito utilizada na forração de bancadas que são utilizadas nos trabalhos com eletrônica. O acúmulo de cargas pode acontecer ao entrar em contato com as bancadas e a manta antiestática pode eliminar essa fonte.
- Calcanheiras dissipativas: O uso de sapatos especiais que tem calcanheiras e assim permitem a dissipação de cargas acumuladas para o piso é muito importante, pois a maioria dos calçados tem a sola de borracha e por ser esse tipo de material um excelente isolante, ela evita que as cargas acumuladas no corpo escoem para a terra (Figura 12).

Figura 13- Calcanheira ESD

Fonte: Modificado de Instituto Fateam Educação e Tecnologia (2021, p.41).

- Pulseiras antiestática: Esse acessório é muito eficiente para evitar a descarga eletrostática. Ela consiste num tipo de bracelete que é colocada no pulso e está conectada ao aterramento (Figura 13). Isso evita que componentes e placas sofram danos, pois a estática é escoada para o potencial de terra. Shamieh (2020) citou que é necessário o uso de pulseiras especiais aterradas para evitar que cargas que se acumulem em seu corpo, atinjam e provoquem problemas potencialmente danosos em circuitos integrados[22] estaticamente sensíveis durante o manuseio.

Figura 14 – Pulseira antiestática

Fonte: Modificado de Instituto Fateam Educação e Tecnologia (2021, p.40).

- Luva antiestática: No trabalho de técnicos e engenheiros de manutenção que tem contato direto com componentes e placas eletrônicas, esse acessório é essencial para se evitar a descarga de eletricidade estática nos mesmos.

Figura 15 – Luvas antiestática.

Fonte: Modificado de Grupo New Horizon (2021).

- Jaleco antiestático: Fabricado com fios de carbono agregados aos tecidos, esse tipo de roupa especial permite proteção contra descarga eletrostática (Figura 13).

Figura 16 – Jalecos antiestáticos.

Fonte: Modificado de AliExpress (2021).

No Quadro 05, no manual de instalação de uma placa mãe de uma unidade de reconstrução de imagem, da SUPERMICRO, fornecedora de CPU[23] dedicada para tomógrafos da empresa Siemens, temos várias recomendações para manipulação dos componentes e cuidados com a energia estática, além de referências ao uso de pulseira antiestática e de uso de uma embalagem antiestática para acomodar a placa mãe.

Quadro 05 – Manual da placa mãe SUPERMICRO MNL-0737 – Pg. 21.

Chapter 2: Installation

Chapter 2 Installation

2-1 Static-Sensitive Devices

Electric-Static-Discharge (ESD) can damage electronic components. To prevent damage to your system board, it is important to handle it very carefully. The following measures are generally sufficient to protect your equipment from ESD.

Precautions

- Use a grounded wrist strap designed to prevent static discharge.
- Touch a grounded metal object before removing the board from the anti-static bag.
- Handle the board by its edges only; do not touch its components, peripheral chips, memory modules or gold contacts.
- When handling chips or modules, avoid touching their pins.
- Put the motherboard and peripherals back into their antistatic bags when not in use.
- For grounding purposes, make sure your computer chassis provides excellent conductivity between the power supply, the case, the mounting fasteners and the motherboard.
- Use only the correct type of onboard CMOS battery. Do not install the onboard upside down battery to avoid possible explosion.

Unpacking

The motherboard is shipped in antistatic packaging to avoid static damage. When unpacking the board, make sure the person handling it is static protected.

Fonte: Modificado de SuperMicro (2021, p.21).

A Norma Brasileira NBRIEC61000-4-2 de 11/2013 discorre sobre métodos de ensaios, técnicas de medição e ensaios de imunidade de descarga eletrostática. Ela tem como objetivo estabelecer uma base comum e reproduzível que avalia o desempenho de um equipamento eletroeletrônico que está sujeito a descargas eletrostáticas. A simbologia de um equipamento, componente ou uma área sensível à estática está representada na Figura 15.

Figura 17 – Símbolo de ESD

Fonte: Modificado de SNC Sistemas de Controle Numérico (2012).

RESULTADOS

O conhecimento humano está sempre em expansão. A publicação de artigos científicos e livros é uma forma eficiente de divulgar e disponibilizar esse saber e os descritores facilitam as buscas desses materiais, pois são catalogados de maneira organizada, com a utilização de palavras-chave que tenham relação direta com o tema da pesquisa a ser realizada.

Nosso estudo, por exemplo, utilizou descritores da plataforma DECS (Descritores em ciências

da saúde), por ser uma plataforma ligada à área da saúde, assim como o curso de engenharia clínica, motivo desse trabalho de conclusão de curso, que também faz interface com a área da saúde. Utilizamos palavras-chave como eletricidade estática e também palavras correlacionadas ao tema da pesquisa, como acidentes por descargas elétricas, eletrônica médica, hospitais e infraestrutura.

Porém, pelo fato de o DECS não ser uma plataforma específica de engenharia e sim da área da saúde, o retorno de alguns desses descritores pesquisados não foi satisfatório na base de dados SciELO. O retorno dos descritores “Eletricidade estática” e “Acidentes por descargas elétricas”, por exemplo, foi nulo. A busca pelos descritores “Eletrônica Médica” utiliza o filtro para Ciências da Saúde e Engenharias, retornou 15 resultados, embora nenhum deles tivesse ligação com a pesquisa desse estudo.

Abaixo segue o Quadro 06 com o resumo dos resultados obtidos na base de dados SciELO.

Quadro 06 – Retornos da base de dados SciELO.

DESCRIPTOR	Eletricidade estática	Acidentes por descargas elétricas	Eletrônica Médica	Hospitais	Infraestrutura
RETORNOS	Zero	Zero	16	1297	506

Fonte: Elaborado pelo autor do estudo (2021).

A base de dados que retornou uma quantidade de resultados satisfatórios do tema de nossa pesquisa foi a do Google Acadêmico (Google Scholar). A maior parte das obras, artigos e livros consultados em nosso estudo foram encontrados nas buscas realizadas nessa base de dados.

Abaixo temos o Quadro 07, com os resultados encontrados para nossos descritores no Google Acadêmico.

Quadro 07- Retornos da base de dados do Google acadêmico

DESCRIPTOR	Eletricidade estática	Acidentes por descargas elétricas	Eletrônica Médica	Hospitais	Infraestrutura
RETORNOS	16700	11300	15900	53000	77700

Fonte: Elaborado pelo autor do estudo (2021).

Como pudemos constatar, obtivemos um número muito elevado de retornos para os descritores nessa base de dados. Isso motivou a necessidade de traçarmos estratégias de pesquisas, com a utilização de filtros de pesquisa avançada disponíveis na base de dados Google Acadêmico, de maneira a delimitar o retorno de artigos e assim condicionar os resultados dentro da pergunta de investigação e dos objetivos do nosso estudo.

Quadro 08- Retornos da base de dados do Google acadêmico com filtro de pesquisa avançada.

DESCRIPTOR	Eletricidade estática + Eletrônica Médica	Acidentes por descargas elétricas + Eletricidade estática + hospitais	Eletrônica Médica (Eletricidade estática)	Hospitais (Eletricidade estática)	Infraestrutura (Infraestrutura Hospitalar)
RETORNOS	10100	3780	415	338	703

Fonte: Elaborado pelo autor do estudo (2021).

Para os novos resultados obtidos acima (Quadro 08), foram utilizados filtros de pesquisas avançadas nas buscas do Google Acadêmico, conforme descrito abaixo:

2. Para o descritor “Eletricidade estática” a busca foi condicionada com a utilização do filtro “Com no mínimo uma das palavras” “Eletrônica médica”.
4. Para o descritor “Acidentes por descargas elétricas” foi utilizado o filtro de busca “Com no mínimo uma das palavras” “Eletricidade estática, hospitais”.
6. Para o descritor “Eletrônica Médica” foi utilizado o filtro de busca “Com a frase exata” da palavra “Eletricidade estática”.
8. Para o descritor “Hospitais” foi utilizado o filtro de busca “Com a frase exata” da palavra “Eletricidade estática”.
10. Para o descritor “Infraestrutura” a busca foi condicionada com a utilização do filtro “Com a frase exata” da palavra “Infraestrutura Hospitalar”.

Durante a seleção, utilizamos os critérios de inclusão e eliminamos os artigos que não se relacionavam com nenhum dos nossos objetivos e que não elucidasse a pergunta da nossa

pesquisa.

DISCUSSÃO

Verificamos que os artigos relativos ao tema dos efeitos da eletricidade estática especificamente no universo dos equipamentos médicos e hospitalares, foram poucos. Ainda assim, foi possível observar um consenso entre os autores quanto à realidade da existência, influência e efeitos da eletricidade estática atuante em pessoas, objetos e equipamentos eletrônicos em geral e seus componentes, principalmente àqueles direcionados à área da informática, e há uma razoável quantidade de trabalhos disponíveis na literatura que apresentaram investigações sobre os efeitos da eletricidade estática nesse tipo específico de equipamento (SILVA; ARAÚJO, 2019).

A origem, as propriedades da eletricidade estática e suas formas de geração foram bastante exploradas em várias obras, principalmente em livros direcionados ao ensino médio, nas disciplinas da Física e da Eletricidade. Autores como Richard Fowler, Dina Chavante, Durval Sanches, Cathleen Shamieh entre outros, publicaram livros com abordagem profunda sobre os princípios da matéria, origem da eletricidade estática, seus efeitos, além de exemplos da aplicação de suas propriedades.

Observamos na maioria dos artigos e livros, uma abordagem ampla no que tange aos equipamentos eletroeletrônicos que utilizam componentes sensíveis e que são aplicados em diversos ramos da indústria. Sabemos que há uma enorme gama de equipamentos médicos para diversas finalidades e com particularidades únicas, como um eletroencefalógrafo, por exemplo, mas não encontramos estudos detalhados que abordassem exclusivamente esses tipos específicos de equipamentos utilizados na área médica, e que pudessem expor as fragilidades de cada um deles, quanto ao aspecto amplamente aceito dos efeitos nocivos da eletricidade estática (FERREIRA et al., 2019).

No entanto, esses equipamentos utilizam componentes eletrônicos especialmente sujeitos à ação da eletricidade estática, como vimos no decorrer do nosso estudo. Essa abordagem generalista vista nos artigos e livros consultados, nos ajudou a expor os riscos da exposição dos equipamentos e componentes a esse tipo de energia (estática), mas não encontramos

estatísticas com dados recentes sobre essa realidade dentro das instituições de saúde.

Nas buscas realizadas em nossa pesquisa, apenas uma referência trouxe dados estatísticos sobre essa realidade em hospitais argentinos e espanhóis, já citados na introdução desse estudo. Esses dados trazidos pelo Engenheiro Eletricista pela Universidade de Brasília (UnB), David Pereira Passos Júnior, que também é especialista em Ciências Forenses IFAR/LS, encontram-se na sua obra intitulada como modelo de gerenciamento para interferências eletromagnéticas aplicadas a equipamentos eletromédicos de 2016.

Apesar do exposto, constatamos que os estudos apresentados trazem em si a unanimidade quanto ao fato da eletricidade estática produzir efeitos danosos principalmente no momento em que os equipamentos e componentes eletrônicos são manipulados nas linhas de produção ou em ocasiões em que são realizadas as manutenções corretivas, preventivas e calibrações; todos esses trabalhos realizados por engenheiros ou técnicos nos locais de instalação desses equipamentos (FERREIRA et al., 2019).

Quanto aos efeitos da eletricidade estática que possa ter como veículo pessoas comuns que não tem formação técnica relacionada a essa área (elétrica e eletrônica), como por exemplo, pacientes e acompanhantes, enfermeiros e médicos, os quais normalmente desconhecem a eletricidade estática; é comum eles não terem acesso à parte interna dos equipamentos, e por isso normalmente não manipulam diretamente componentes e placas de circuitos eletrônicos, e por isso, a afirmativa de que nesses casos o risco de problemas com a eletricidade estática também existe, é ainda válida e inclusive fatores como baixa umidade e os meios diversos de geração da estática podem potencializá-lo.

Conforme vimos no decorrer desse estudo, alguns equipamentos médicos lidam com sinais de baixíssima intensidade. Seus amplificadores de entrada utilizam cabos de coleta de dados como os terminais metálicos de cabos de eletrocardiógrafos, "Holters[24]", monitores de ECG e eletroencefalógrafos, por exemplo, e normalmente os profissionais de enfermagem nos preparativos de exames, tocam nos eletrodos ao fixá-los na pele dos pacientes, ou no momento que os próprios pacientes manipulam esses cabos, seja no momento de vestir-se, ou tomar um banho, ou mover-se no leito de um hospital.

Ainda que nas pesquisas realizadas não tenham sido encontradas referências às

consequências da ação da eletricidade estática sempre que esses terminais (eletrodos) são tocados durante a manipulação, acreditamos que essas situações trazem menor risco associado, pois, conforme Idoeta e Capuano (2018) afirmam no seu livro “Elementos de Eletrônica Digital”, existem medidas protetivas na construção e fabricação de componentes eletrônicos e equipamentos, através de diodos de proteção nas entradas e saídas dos blocos, que oferecem uma maior resistência a agentes externos, mas que ainda assim devem inspirar cuidados, e seguir da mesma forma as normas de manuseio.

Algumas medidas foram criadas para amenizar ou eliminar os prejuízos e riscos que a eletricidade estática pode oferecer. Recomendações comuns encontradas em diversas obras pesquisadas referem-se ao uso de equipamentos de proteção individual, como calçados, aventais e uniformes especialmente desenvolvidos com materiais antiestáticos; o uso de pulseira antiestática nos trabalhos em que há manipulação direta de placas e componentes eletrônicos, e o projeto de instalações devidamente planejadas com materiais específicos em pisos e bancadas, que dificultem a geração da eletricidade estática, além do aterramento correto dos equipamentos e instalações.

Finalmente, nas pesquisas realizadas não foram achadas referências quanto à simbologia oficial da ESD. Numa pesquisa informal realizada no Google Acadêmico, foram encontradas diversas variantes da simbologia apresentada nesse estudo. Também não foram encontradas referências em que houvesse orientações e recomendações para o uso do símbolo da ESD, em quais locais, pontos ou região de um equipamento, deveria ser aplicada a simbologia. Acreditamos que em futuros trabalhos seria um ponto interessante a esclarecer. A simbologia é imprescindível e é uma forma eficaz de alertar ao usuário sobre a existência do risco de descargas de origem eletrostática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso adequado da eletricidade é um fator imprescindível atualmente. Compreender as imensas possibilidades que ela oferece e explorar seus inúmeros benefícios nos possibilitou chegar até aqui, permite que a tecnologia avançasse de forma cada vez mais rápida. Mas é preciso saber que existem consequências perigosas no uso inadequado da eletricidade, caso não haja uma compreensão ampla das suas propriedades e dos riscos inerentes.

A eletricidade estática é uma dessas manifestações da eletricidade que podem provocar mais danos e prejuízos que benefícios, caso não haja um perfeito equilíbrio no seu uso. Saber dominar os princípios, causas e efeitos dessa forma de energia pode nos poupar de muitos dissabores, que no caso dos equipamentos médicos hospitalares, em última análise pode significar a diferença entre a vida e a morte de uma pessoa.

Nosso estudo trouxe uma visão de razoável profundidade da origem da eletricidade estática no ambiente hospitalar e como ela pode afetar máquinas e seres humanos. A partir desse estudo e da visão das fontes de pesquisas consultadas, o meio acadêmico pode ampliar, aprofundar seus conhecimentos sobre os efeitos da eletricidade estática no meio hospitalar, nos equipamentos e instalações hospitalares, apresenta novos dados à luz da realidade da área da saúde, de forma a renovar ou corroborar conceitos já conhecidos pelos profissionais da área, mas, sobretudo propiciar o desenvolvimento da sociedade com novas descobertas, desenvolvimento de novas técnicas e materiais, elaboração de programas de conscientização e treinamentos, na abre espaços para as melhorias e maior segurança no uso da tecnologia como forma de suporte à vida.

Com o embasamento dos vários estudos, livros e artigos apresentados aqui, podemos realmente acreditar que a eletricidade estática tem a capacidade de danificar equipamentos médicos, seja ela proveniente do operador ou dos materiais presentes no ambiente. Seus efeitos nefastos podem, segundo os estudiosos, provocar sérias avarias nos componentes eletrônicos e levar um equipamento ao mau funcionamento ou a uma parada total.

A influência da eletricidade estática nos equipamentos médicos mostrou-se como uma séria ameaça aos pacientes que deles se utilizam com frequência para tratamentos e diagnósticos, e de maneira mais grave também para aqueles que necessitam do seu suporte contínuo.

Além do risco de pane total provocado por um evento de eletricidade estática, o funcionamento errático do equipamento pode causar males consideráveis ao alterar, por exemplo, o resultado de um exame, ou ao amostrar dados surreais que condicionem um médico ou à sua equipe, cometer um erro no diagnóstico de enfermidades e na tomada de medidas inconsistentes com a situação real do paciente, no qual poderá agravar perigosamente a sua condição de saúde.

Como demonstramos nesse estudo, não é uma fantasia a possibilidade de conduzir cargas estáticas em nosso corpo, sem que na maioria das vezes nos conscientizemos disso. Aprendemos que a eletricidade estática pode ser gerada de forma quase imperceptível nos momentos que atritamos nosso corpo, roupas ou objetos, e que os ambientes modernos, como é a tendência hoje em dia nos hospitais, repletos de materiais diversos, apresentam inesgotáveis possibilidades de nos carregarmos com eletricidade estática. Por isso, é importante termos o conhecimento técnico sobre o assunto, mesmo que seja através de uma abordagem mais amigável aos leigos em geral, pois é um fator que pode reduzir os estragos decorrentes dos efeitos da eletricidade estática.

As formas de geração da eletricidade estática e dos seus riscos potenciais, que podem vir a destruir componentes e equipamentos com um simples tocar dos dedos, nos leva a pensar numa efetiva maneira pela qual seja possível conter esses riscos dentro de uma condição aceitável e controlada. Ao estimular os conhecimentos sobre a eletricidade estática, amplia o leque de pessoas que possam ter acesso a eles, podemos de fato reduzir o alcance desses riscos.

Utilizar materiais, equipamentos de proteção individual e ferramentas especialmente projetadas para dificultar a geração de eletricidade estática, além das medidas adicionais de contenção como aterramento e treinamento na manipulação de peças e componentes sensíveis, faz parte do rol de medidas acertadas na condução de um programa de controle de riscos inerentes à eletricidade estática.

Nesse estudo, constatamos que não é possível vivermos num mundo sem eletricidade estática. Ela sempre estará lá, ou de outra forma, sempre a geraremos propositalmente ou não, mas, é importante termos a consciência dos seus riscos e do seu potencial benéfico. Apostamos na disseminação do conhecimento sobre a eletricidade estática e suas manifestações, seu potencial destrutivo ou criativo, e as maneiras de convivência nesse mundo de elétrons em movimento. A partir do momento que esse conhecimento chega ao leigo, reforçado por treinamentos e campanhas educativas, temos então a condição ideal para um mundo mais seguro, principalmente no sensível âmbito hospitalar.

REFERÊNCIAS

ALIEXPRESS. <https://pt.aliexpress.com/>, 2021. Jalecos antiestáticos. Disponível em: https://pt.aliexpress.com/item/4000986447168.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.5b89788emGsspG&algo_pvid=0ab1833f-cd9b-4940-bd6a-984374c6eaed&algo_expid=0ab1833f-cd9b-4940-bd6a-84374c6eaed-0&btsid=0bb0623e16161145256327444e7a56&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_,searchweb201603_. Acesso em: 21 de janeiro de 2021.

AZAMBUJA, Victor Gabriel Bennert, Série Triboelétrica. 29 de Maio de 2017. Il. color. Disponível em: <https://silo.tips/download/descarga-eletrostatica>. Acesso em 15 de janeiro de 2021.

AZAMBUJA, Victor Gabriel Bennert. Potencial eletrostático acumulado, Silo.Tips, 2017. Disponível em: <https://silo.tips/download/descarga-eletrostatica#>. Acesso em 17 de janeiro de 2021.

AZAMBUJA, Victor Gabriel Bennert. Descarga Eletrostática, Silo.Tips, 2017. Disponível em: <https://silo.tips/download/descarga-eletrostatica#>. Acesso em 17 de janeiro de 2021.

BAUER, Wolfgang; WESTFALL. Gary; DIAS, Hélio. Física Para Universitários, Eletricidade e Magnetismo, AMGH Editora, 2012. ISBN 8580551269, 9788580551266.

BIGBLOG. <https://pxblogblog.wordpress.com/>. 2021. Sensibilidade de dispositivos eletrônicos à ESD. Disponível em: <https://pxblogblog.wordpress.com/2017/06/26/eletricidade-estatica-definicao-causa-efeito-e-solucao/>. Acesso em: 25 de janeiro de 2021.

BOTNROLL.COM. <https://www.botnroll.com/pt/>. 2021. Placas de circuitos integrados em monitor de ECG. Disponível em: <https://www.botnroll.com/pt/sensores/2465-gravity-analog-heart-rate-monitor-sensor-ecg-for-arduino.html>. Acesso em: 24 de janeiro de 2021.

CESÁRIO, Jonas Magno Santos.; FLAUZINO, Victor Hugo de Paula.; MEJIA, Judith Victoria

Castillo. Metodologia científica: Principais tipos de pesquisas e suas características. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, ano 5, v. 5, n. 11, p. 23-33, nov. 2020. DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/educacao/tipos-de-pesquisas. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/tipos-de-pesquisas>. Acesso em 15/2/2021

CHAVANTE, Dina. Eletrônica III. Governo do Amazonas – Centro de Educação Tecnológica do Amazonas. 2016.

COLOR ART PINTURA ELETROSTÁTICA E INDÚSTRIA PVC. <http://colorartindustria.com.br/>, 2021. Pintura Eletrostática. Disponível em: <http://colorartindustria.com.br/wp-content/uploads/2018/03/pintura-eletrstatica-1.jpg>. Acesso em: 19 de janeiro de 2021.

CONSTANTINO NETO, Domingos Alves. Requisitos de Segurança Elétrica para Equipamentos Médicos, 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Biomédica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/26181>. Acesso em 23 de janeiro de 2021.

DESMONTA & CIA. <https://desmontacia.wordpress.com/>. 2021. Aterramento de equipamentos. Disponível em: <https://desmontacia.files.wordpress.com/2011/02/image93.gif>. Acesso em: 24 de janeiro de 2021.

ELETRÔNICA. <https://eletronica-downloads.blogspot.com/>. 2021. Descarga eletrostática em Circuito Integrado. Disponível em: https://eletronica-downloads.blogspot.com/2012/09/video-aula-treinamento-em-descarga_29.html. Acesso em: 25 de janeiro de 2021.

FERREIRA, L. S et al. Estudo de tecnologia de redução de cargas iônicas (cargas estáticas) no corpo humano. Cad. Pós-Grad. Distúrb. Desenvol. vol.19 no.2 São Paulo jul./dez. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/cadernosdisturbios.v19n2p25-37>. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-03072019000200003. Acesso em 22 de janeiro de 2021.

FOWLER, Richard. Fundamentos de Eletricidade, corrente contínua e magnetismo, 7ª edição,

AMGH Editora Ltda, 2013.

FRENZEL, J. R, Louis E. Eletrônica Moderna, Editora McGraw Hill Brasil, 2015. ISBN 8580555361, 9788580555363.

GRUPO NEW HORIZON. <https://www.newhorizon.com.br/>, 2021. Luvas antiestática. Disponível em: <https://www.newhorizon.com.br/produtos/luva-antiestatica-emborrachada-nhe-440ep/>. Acesso em 22 de janeiro de 2021.

IDOETA, Ivan Valeije.; CAPUANO, Francisco Gabriel. Elementos de Eletrônica Digital, Editora Saraiva Educação S. A, 2018. ISBN 8536509651, 9788536509655.

INSTITUTO FATEAM EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA. <https://fateam.com.br/>, 2021. Embalagens eletrostáticas. Disponível em: https://fateam.com.br/wp-content/uploads/2020/07/Ebook_TBO.pdf. Acesso em 22 de janeiro de 2021.

INSTITUTO FATEAM EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA. <https://fateam.com.br/>, 2021. Calcanheira ESD. Disponível em: https://fateam.com.br/wp-content/uploads/2020/07/Ebook_TBO.pdf. Acesso em 22 de janeiro de 2021.

INSTITUTO FATEAM EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA. <https://fateam.com.br/>, 2021. Pulseira antiestática. Disponível em: https://fateam.com.br/wp-content/uploads/2020/07/Ebook_TBO.pdf. Acesso em 22 de janeiro de 2021.

LIMA, Júlio César, Estrutura do átomo. 23 de julho de 2010. Il. color. Disponível em: <https://www.infoescola.com/quimica/atomo/>. Acesso em: 15 de janeiro de 2021.

MACHADO, Phillipe Leroy. Projeto e Construção De Um Hardware Para Condicionamento e Aquisição De Sinais ECG, 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2016. Disponível em: [http://www2.dee.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/18/2017/11/TCC_2016_1_PLMachado.p](http://www2.dee.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/18/2017/11/TCC_2016_1_PLMachado.pdf)df. Acesso em: 25 de janeiro de 2021.

MIRANDA, Marta, Manifestação da Eletricidade Estática. 15 de janeiro de 2021. Il. Color. Disponível em: <https://dobem.pt/saude/eletricidade-estatica-choques-explicacao/>. Acesso em: 15 de janeiro de 2021.

MONTEIRO, Hallyson.; MAGALHÃES, Wellington.; LUZ, Iremar Bezerra Da. Implementação de Controle ESD em Indústria Eletroeletrônica com Foco na Manutenção da Qualidade dos Produtos. Revista Científica Semana Acadêmica. v. 1, n. 000169, 2019. Disponível em: <https://semanaacademica.com.br/artigo/implementacao-de-controle-esd-em-industria-eletroeletronica-com-foco-na-manutencao-da>. Acesso em: 28 de janeiro de 2021.

PASSOS JÚNIOR, Davi Pereira. Modelo de Gerenciamento Para Interferências Eletromagnéticas Aplicado a Equipamentos Eletromédicos. Revista Científica Acta De Ciências e Saúde. v. 1, n. 1, 2016. Disponível em: <https://www2.ls.edu.br/actacs/index.php/ACTA/article/view/114>. Acesso em 18 de janeiro de 2021. ISSN 2178-2105.

SANCHES, Durval. Interferência Eletromagnética. 1º edição Emi, Clube de Autores, 2010. E-book. Disponível em: <https://www.profibus.org.br/images/arquivo/pdf-6-543ec6bc451ff.pdf>. Acesso em: 15 de janeiro de 2021.

SHAMIEH, Cathleen. Eletrônica Para Leigos, 3ª Edição, Alta Books, 2020. ISBN 6555200804, 9786555200805.

SILVA, D. L.; ARAÚJO, F. J. C. PERTURBAÇÕES EM UMA REDE ELÉTRICA HOSPITALAR. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC Palmas/TO – Brasil 17 a 19 de setembro 2019 Disponível em: <https://www.confea.org.br/sites/default/files/uploads-imce/Contecc2019/EI%C3%A9trica/PERTURBA%C3%87%C3%95ES%20EM%20UMA%20REDE%20ELETRICA%20HOSPITALAR.pdf>. Acesso em 22 de janeiro de 2021.

SILVA, Clebes André da. Resistividade dos materiais. 15 de janeiro de 2021. Il. Color. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17345/material/Aula1.pdf>. Acesso em: 15 de janeiro de 2021.

SNC SISTEMAS DE CONTROLO NUMERICO LDA. <http://snc.com.pt/index.html>, 2021. Símbolo de ESD. Disponível em: <http://snc.com.pt/assistencianormas.html#>. Acesso em: 19 de janeiro de 2021.

SUPERMICRO. <https://www.supermicro.com/en/>. Manual da placa mãe SUPERMICRO MNL- v. 7, n. 37, p. 21. Disponível em: <https://www.supermicro.com/manuals/motherboard/E7520/MNL-0737.pdf>. Acesso em 20 de janeiro de 2021.

VALEXCELL PROJETOS ELETRÔNICOS. <https://valexcell.com.br/blog/>. 2021. Placa de componentes SMD. Disponível em: <https://valexcell.com.br/blog/montagem-de-placas-smd-como-otimizar-custos-e-prazos-de-seu-projeto/>. Acesso em: 23 de janeiro de 2021.

WIKIPÉDIA. https://pt.wikipedia.org/wiki/Wikip%C3%A9dia:P%C3%A1gina_principal, 18 de maio de 2019. Rigidez dielétrica de materiais. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Rigidez_diel%C3%A9trica. Acesso em: 17 de janeiro de 2021.

APÊNDICE – REFERÊNCIA DE NOTA DE RODAPÉ

4. Interferências Eletromagnéticas.

5. Sistema de *Eletrônica embarcada* é a combinação de hardware e software do computador, projetado para funções específicas dentro de um sistema maior.

6. 4 Valor máximo de campo elétrico no qual os materiais isolantes passam a se comportar como condutores, permite, assim, a formação de correntes elétricas.

7. Descarga eletrostática (em inglês, *ESD* ou *Electrostatic Discharge*).

8. Field Effect Transistor

9. Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor

10. TTL- Transistor-Transistor Logical
11. CMOS- Complementary metal-oxide-semiconductor.
12. Distúrbio indesejado sobreposto ao sinal aplicado
13. Termo usado para descrever o conjunto das ciências relacionadas à coleta, armazenamento, transmissão e processamento de informações em meios digitais.
14. Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
15. Segundo a ABNT, aterramento elétrico significa colocar instalações e equipamentos no mesmo potencial, de modo que a diferença de potencial entre a terra e o equipamento seja o menor possível.
16. Polímero de adição policloreto de vinila, que na forma rígida é usado principalmente em dutos e tubos para água e esgoto.
17. O TNT – Tecido não tecido, é produzido a partir de fibras desorientadas que são aglomeradas e fixadas, não passam pelos processos têxteis convencionais, como a fiação e tecelagem.
18. Fenômenos eletromagnéticos quaisquer, que podem degradar o desempenho de um dispositivo, equipamento ou sistema, ou adversamente afetar a vida ou matéria inerte (IEC 60050 (161) de 1990, pág. 2).
19. Sinais elétricos que circulam com mesma direção pelos condutores de sinais, dados ou alimentação e também pelo condutor de retorno (GND).
20. Sinais elétricos que circulam em um sentido pelas linhas de sinais, dados ou alimentação e na direção oposta na linha de retorno (GND).
21. EMC é a capacidade de um produto, equipamento ou sistema eletrônico funcionar sem sofrer interferências eletromagnéticas do ambiente e também não ser uma fonte de emissão.

22. Circuitos eletrônicos miniaturizados (compostos principalmente por dispositivos semicondutores) sobre um substrato fino de material semicondutor.

23. Sigla para Central Process Unit, ou Unidade Central de Processamento.

24. Pequeno monitor que fica na cintura que serve para gravar o número de batimentos do coração e eventuais alterações no ritmo cardíaco.

^[1] Especialista.

^[2] Especialista.

^[3] Orientador. Mestrado em Medicina.

Enviado: Maio, 2021.

Aprovado: Maio, 2021.