

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MICHELLE LOUISE SCHOENBERGER

**PROJETO E IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA IT-MÉDICO DE UMA UTI
NEOPEDIÁTRICA: ESTUDO DE CASO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2023

MICHELLE LOUISE SCHOENBERGER

**PROJETO E IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA IT-MÉDICO DE UMA UTI
NEOPEDIÁTRICA: ESTUDO DE CASO**

Project and implementation of the medical IT system of a Neopediatric ICU: case study

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Joaquim de Mira Júnior

PONTA GROSSA

2023



Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

MICHELLE LOUISE SCHOENBERGER

**PROJETO E IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA IT-MÉDICO DE UMA UTI
NEOPEDIÁTRICA: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como
requisito para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná.

Data de aprovação: 28/novembro/2023

Joaquim de Mira Júnior
Pós-doutorado em Visão Computacional
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Josmar Ivanqui
Doutorado em Engenharia Elétrica
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Pércio Luiz Karam de Miranda
Mestrado em Engenharia Elétrica
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

PONTA GROSSA

2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus, por ter me dado saúde e discernimento para chegar até aqui, foi Ele quem olhou por mim em muitos momentos da minha vida em que tanto precisei.

Quero agradecer aos meus pais, Pedro Luiz Schoenberger e Maristela Aparecida Fernandes Schoenberger, que sempre prezaram pela minha educação e não mediram esforços para que eu pudesse estudar e me desenvolver, tanto pessoalmente quanto profissionalmente. Agradeço o amor incondicional que me deram e todo o apoio que foi fundamental para chegar até aqui.

Ao meu namorado Lucas dos Santos Varjão, por todos esses anos de cumplicidade. Mesmo perante todos os obstáculos, sempre me deu força e me trouxe alegria.

Ao meu orientador Prof. Dr. Joaquim de Mira Jr., por todo o conhecimento que me trouxe, pela amizade e a disposição em me orientar frente a este trabalho.

A todos os amigos que fiz durante a faculdade, os companheiros de estudos, de alegrias e de tristezas, de noites a dentro estudando para provas e realizando trabalhos acadêmicos. Com certeza me ajudaram a seguir para chegar até este momento.

Por fim, agradeço à empresa onde realizei meu estágio, por me dar a oportunidade para me desenvolver profissionalmente, assim como à instituição UTFPR e todos os meus professores, que me fizeram crescer como pessoa e me prepararam para o ambiente de trabalho.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais
voltará ao seu tamanho original”

(Albert Einstein)

RESUMO

Os aparelhos e equipamentos utilizados em hospitais tem alcançado cada vez mais eficácia e desempenho. Hoje em dia, é comum encontrarmos vários equipamentos elétricos que auxiliam em diversos processos médicos, transformando a medicina em uma ciência mais eficiente e consequentemente melhorando o atendimento aos pacientes. Porém, com a implementação da tecnologia neste meio, deve-se atentar aos perigos que isso pode trazer. Os equipamentos elétricos utilizados nesses ambientes, por serem alimentados através da energia elétrica, podem trazer riscos à saúde, através de fugas de corrente – o choque elétrico. O choque elétrico pode ser perigoso ao ser humano, e em situações em que ele se encontra em contato direto com algum equipamento, principalmente aqueles mais sensíveis como os de sobrevivência à vida, uma pequena corrente pode provocar sérios danos. Por essa razão, é necessário um sistema que possa oferecer segurança aos pacientes no momento de maior fragilidade e, para isso, o sistema IT-Médico foi desenvolvido. Ele traz o sistema de aterramento IT (terra isolado), porém voltado à área médica, que traz maior segurança aos pacientes tanto porque evita choques elétricos quanto porque confere continuidade ao serviço no caso da ocorrência de um curto-circuito. Isso porque o sistema possibilita que o circuito de alimentação continue fornecendo energia para um equipamento no caso de uma falha. Este trabalho apresenta o projeto e implementação desse sistema em uma UTI Neopediátrica de uma unidade hospitalar no município de Ponta Grossa, PR.

Palavras-chave: sistema IT; segurança hospitalar; UTI Neopediátrica.

ABSTRACT

The appliances and equipment used in hospitals have been increasingly achieving effectiveness and performance. Nowadays, it is common to find various electrical devices that assist in various medical processes, transforming medicine into a more efficient science and consequently improving patient care. However, with the implementation of technology in this field, attention must be paid to the dangers it can bring. The electrical equipment used in these environments, being powered by electricity, can pose health risks through current leaks - electric shock. Electric shock can be dangerous to humans, and in situations where a person is in direct contact with any equipment, especially those more sensitive, such as life-support devices, even a small current can cause serious damage. For this reason, a system is needed that can offer safety to patients at times of greatest difficulty, and for this purpose, the Medical IT System was developed. It introduces the IT grounding system (isolated ground), specifically tailored to the medical field, which provides greater safety to patients by preventing electric shocks and ensuring continuity of service in case of a short circuit. This is because the system allows the power supply circuit to continue providing energy to a device in the event of a failure. This paper presents the design and implementation of this system in a Neopediatric intensive care unit (NICU) in a hospital unit in the city of Ponta Grossa, PR.

Keywords: IT system; hospital security; Neopediatric ICU

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Percursos da corrente elétrica	18
Figura 2 –	Zonas tempo x corrente	19
Figura 3 –	Exemplo de aterramento elétrico residencial	21
Figura 4 –	Sistema de aterramento TT	22
Figura 5 –	Sistema de aterramento TN-C (à esquerda) e TN-S (à direita)	23
Figura 6 –	Sistema de aterramento TN-C-S	23
Figura 7 –	Sistema de aterramento IT com a) neutro isolado e b) aterrado por impedância	24
Figura 8 –	Distinção dos grupos no ambiente hospitalar	29
Figura 9 –	Transformador de Separação	32
Figura 10 –	Circuito aberto do secundário do transformador entre linha viva e terra	32
Figura 11 –	Dispositivo de Supervisão de Isolamento	33
Figura 12 –	Painel Anunciador	34
Figura 13 –	Caminho que a corrente percorre no sistema IT-Médico	35
Figura 14 –	Caminho que a corrente percorre nos demais sistemas de aterramento	36
Figura 15 –	Disjuntor bipolar para circuitos 127V e 220V	36
Figura 16 –	Exemplo de ligação de um sistema IT-Médico	38
Figura 17 –	Detalhe das tomadas de alimentação da UTI.....	42
Figura 18 –	Padrão de tomadas usado no sistema IT-Médico.....	42
Figura 19 –	Incubadora Fanem C 186 TS	43
Figura 20 –	Régua elétrica e de gases <i>Air Liquide Conectal</i>	43
Figura 21 –	Tipo de linha elétrica	44
Figura 22 –	Símbolo indicativo de equipamento hospitalar	46
Figura 23 –	Leiaute do hospital com localização da sala técnica e da UTI	48
Figura 24 –	Sala Técnica Sistema IT-Médico	49
Quadro 1 –	Levantamento das áreas alimentadas pelo IT-Médico	40
Fotografia 1 -	Transformador de Separação 127V	47
Fotografia 2 -	Transformador de Separação 220V	47
Fotografia 3 -	DSI	49
Fotografia 4 -	Sinalizador	50
Fotografia 5 -	Sala técnica do sistema IT-Médico	51
Fotografia 6 -	Indicação do DSI com curto-circuito e que da resistência de isolamento	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cargas do QD do sistema IT-Médico da UTI Neopediátrica 127V.....	45
Tabela 2 – Cargas do QD do sistema IT-Médico da UTI Neopediátrica 220V.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA	Agencia Nacional de Vigilância Sanitária
BT	Baixa Tensão
CC	Corrente Contínua
COBEI	Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações
DR	Dispositivo Diferencial Residual
DSI	Dispositivo de Supervisão de Isolamento
EAS	Estabelecimento Assistencial de Saúde
EEM	Equipamento Eletromédico
IEC	Comissão Eletrotécnica Internacional (<i>International Electrotechnical Commission</i>)
NEC	Código Elétrico Nacional (<i>National Electrical Code</i>)
NFPA	Associação Nacional de Proteção contra Incêndios (<i>National Fire Protection Association</i>)
UTI	Unidade de Terapia Intensiva

LISTA DE SÍMBOLOS

mA	Miliampères (unidade de medida de corrente)
ms	Milissegundos (unidade de medida de tempo)
kVA	Quilovolt Ampere (unidade de medida de potência aparente)
V	Volts (unidade de medida de tensão)
Ω	Ohm (unidade de medida de resistência)
mm ²	Milímetro quadrado (unidade de medida de área)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Tema (motivação)	12
1.2	Problema	13
1.3	Objetivo geral	14
1.4	Objetivos específicos	14
1.5	Justificativa	14
1.6	Organização do trabalho	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Uma breve história da eletricidade	17
2.2	O choque elétrico	17
2.3	Sistemas de aterramento elétrico	20
2.4	Normas referentes a instalações elétricas hospitalares	24
2.5	Equipamentos eletromédicos	25
2.5.1	Riscos relacionados aos equipamentos eletromédicos em uma UTI.....	25
2.6	Instalações elétricas em ambientes hospitalares	26
2.7	Instalações elétricas em UTIs	29
2.8	Problemas que a interrupção elétrica pode trazer em um EAS	30
3	METODOLOGIA.....	31
3.1	Sistema IT-Médico	31
3.1.1	Equipamentos do sistema IT-Médico	31
3.1.2	Operação do sistema IT-Médico	35
3.2	Vantagens e desvantagens	38
3.3	Hospitais com sistema IT-Médico no Brasil	39
4	DESENVOLVIMENTO.....	40
4.1	Equipamentos alimentados pelo sistema IT-Médico	43
4.2	Definição de cargas e circuitos	44
4.3	Infraestrutura e execução	50
5	RESULTADOS	51
5.1	Teste de funcionamento do sistema IT-Médico	52
6	CONCLUSÃO.....	54
	REFERÊNCIAS.....	56
	APÊNDICE 1 – PLANTA ELÉTRICA DO SISTEMA IT-MÉDICO.....	58

1 INTRODUÇÃO

1.1 Tema (motivação)

Os estudos e pesquisas realizados na área de instalações elétricas apresentam grande relevância nos tempos hodiernos. Isso é consequência de uma realidade em que muitas atividades cotidianas se relacionam diretamente com o uso da eletricidade.

Na área da saúde não é diferente. À medida que os estudos avançam, desenvolvendo equipamentos cada vez mais tecnológicos direcionados para uso médico, as instalações elétricas voltadas para ambientes hospitalares vêm se desenvolvendo e crescendo juntamente com a necessidade de fornecer um sistema sofisticado e de qualidade para atender hospitais e unidades de assistência médica.

Os Equipamentos Eletromédicos (EEM) são equipamentos hospitalares usados sob supervisão médica e destinados ao diagnóstico, monitoramento e tratamento de enfermos, utilizados em centros cirúrgicos ou em uma Unidade de Terapia Intensiva (UTI), desempenhando funções vitais aos pacientes (LIMA, 2017).

O uso destes equipamentos, porém, pode trazer consequências no caso de alguma falha de isolamento, uma vez que estes dispositivos se encontram em contato direto com os pacientes, através de procedimentos médicos invasivos ou com equipamentos que necessitam ter contato direto com a pele ou outras partes do corpo do paciente, dando condições para uma possível descarga elétrica em algum envolvido. Nessa ocasião, não somente o paciente corre o risco, mas também a equipe de médicos e enfermeiros envolvidos com os procedimentos em que se utilizam os EEM. Falhas de isolamento ou fiação defeituosa nesses aparelhos podem desencadear um choque elétrico para os pacientes ou profissionais de saúde.

É por essa razão que oferecer um sistema de instalações elétricas dentro de um ambiente hospitalar que seja capaz de fornecer segurança e qualidade aos pacientes e médicos é fundamental. Porém, assim como há necessidade de um sistema de qualidade, há também necessidade de uma equipe preparada e que saiba utilizar os equipamentos corretamente (LIMA, 2017).

Com o propósito de promover segurança e confiabilidade, especialistas iniciaram pesquisas direcionadas a um sistema capaz de proteger os pacientes e os dispositivos contra o principal risco relacionado à eletricidade – o choque elétrico. O choque elétrico se caracteriza

pela passagem de corrente elétrica no corpo humano, e origina-se de uma falha na isolação de um equipamento ou da própria instalação elétrica (CASTELLARI, 2013).

Atentando-se ao possível problema de isolação de equipamentos é importante que os sistemas de isolamento e aterramento funcionem corretamente, pois qualquer falha nesse sentido pode gerar correntes indevidas. Por essa razão, é necessário que haja normas vigentes que auxiliem os projetos de instalações elétricas desses locais de modo a não comprometer a segurança dos pacientes e do corpo clínico (LIMA, 2017).

No intuito de idealizar um sistema capaz de fornecer energia elétrica aos EEM, oferecendo proteção contra riscos elétricos aos pacientes e equipe médica envolvida, estudiosos da área desenvolveram o sistema IT-Médico. Este é um sistema que utiliza de um dos tipos de aterramento apresentados na Norma Brasileira de Regulamentação NBR 5410 (2004), o sistema IT, sendo capaz de prever e prevenir falhas elétricas responsáveis por causar danos aos EEM ou aos pacientes e envolvidos, realizando o monitoramento da corrente de fuga dos circuitos aos quais são ligados estes equipamentos (ALVES; SILVA; CARVALHO, 2017).

1.2 Problema

Sabendo do perigo que o choque elétrico pode representar em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS), é de grande importância que haja uma forma de evitá-lo, possibilitando um maior controle sobre a segurança do ambiente.

Uma unidade hospitalar da cidade de Ponta Grossa - PR contratou uma equipe de profissionais da área de instalações elétricas, a qual fez parte, para desenvolver um projeto elétrico em uma área do hospital que se tornaria uma UTI Neopediátrica.

Por se tratar de um ambiente responsável pelo atendimento, tratamento e monitoramento de recém-nascidos e crianças que apresentem algum problema de saúde e, seguindo a exigência da NBR 13534 (2008), houve uma necessidade de desenvolver e estruturar o projeto do sistema IT-Médico, com intuito de auxiliar na proteção da equipe médica e principalmente dos pacientes que estariam sob condições de fragilidade, evitando assim possíveis acidentes com fuga de corrente e também com a possibilidade do corte no fornecimento de energia por conta de um curto-circuito.

1.3 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral o projeto e a implantação do sistema IT-Médico, realizados na UTI Neopediátrica de um hospital no município de Ponta Grossa - PR, visando a segurança da equipe médica e dos pacientes.

1.4 Objetivos específicos

O seguinte trabalho tem como objetivos específicos:

- Levantar informações do ambiente que seria realizado o projeto de instalações elétricas, a fim de definir qual seria o tipo de instalação adequada;
- Buscar as normas técnicas específicas necessárias para adequação do projeto, a fim de proporcionar segurança dentro da UTI e estar em conformidade com as normas vigentes;
- Listar os equipamentos utilizados dentro da UTI Neopediátrica, assim como dos materiais necessários para a execução da instalação elétrica;
- Apresentar como foi projetada a instalação elétrica na UTI Neopediátrica utilizando o sistema IT-Médico bem como as justificativas para seu uso, demonstrando as vantagens desse tipo de sistema para estes ambientes;
- Realizar testes a fim de avaliar e validar o funcionamento do sistema.

1.5 Justificativa

As UTIs são ambientes internos de unidades hospitalares em que, devido às suas características intrínsecas, submetem pacientes e funcionários a riscos e situações de perigo provocadas por fenômenos de natureza elétrica. Esses problemas são muitas vezes de difícil identificação e controle (LIMA, 2017). Por se tratar de um ambiente onde há maior vulnerabilidade, a preocupação com a eficiência nas instalações elétricas é redobrada.

Quando pensamos em segurança elétrica em ambientes hospitalares, chegamos à questão do paciente que muitas vezes se encontra debilitado, necessitando o uso do EEM para continuidade a vida, principalmente em ambientes de terapia intensiva. Nessa circunstância, o

paciente já vulnerável pode se submeter a um risco de choque elétrico caso o equipamento ou o sistema elétrico apresentem alguma falha na isolamento.

A presença de líquidos e umidade em uma UTI ainda pode agravar a situação, aumentando os riscos de curtos-circuitos e choques elétricos, especialmente se a infraestrutura elétrica não estiver adequadamente protegida contra essas condições. Ou ainda, no caso de um curto-circuito, o EEM pode perder sua fonte de energia, deixando de operar e complicando a situação do paciente que no momento está dependente dele.

Pensando em situações como esta, é possível entender a necessidade que as unidades de saúde têm de possuir energia de qualidade e sistemas de confiança, para que seus equipamentos possam desempenhar suas funções e atender as exigências de confiabilidade.

A fim de solucionar grande parte desses problemas apresentados, o sistema IT-Médico foi normatizado pela NBR13534 (2008) e se mostra como uma alternativa eficaz e se faz necessária porque, além de permitir a continuidade do funcionamento desse sistema, também previne a ocorrência de choque elétrico em uma dimensão que possa oferecer risco ao paciente.

O sistema IT-Médico é voltado à segurança elétrica na área da saúde. Ademais, esse tipo de sistema é obrigatório em locais do ambiente hospitalar em que haja equipamentos de continuidade à vida, através do regimento da NBR 13534 (2008). No Brasil esse sistema não se encontra na grande maioria dos hospitais, por se tratar de uma obrigatoriedade relativamente recente.

A instalação desse tipo de sistema é então justificável, sendo que o motivo é não somente a segurança do paciente, mas também sua obrigatoriedade para novas instalações neste tipo de local. Este trabalho relata o estudo realizado para adequar essa nova instalação aos parâmetros estabelecidos pelas normas vigentes.

1.6 Organização do trabalho

O presente trabalho está dividido da seguinte maneira:

- Introdução, onde são apresentados, respectivamente, o tema a ser tratado, o problema encontrado que deve ser solucionado, os objetivos gerais e específicos e a justificativa para o desenvolvimento do presente trabalho.

- Referencial teórico, que aborda uma Revisão Bibliográfica de todos os conceitos e normas técnicas utilizadas como base para o desenvolvimento do projeto.
- Metodologia, que explica mais detalhadamente sobre os equipamentos necessários para a implantação, bem como a forma em que deve ser realizado o projeto, seguindo as normas vigentes.
- Desenvolvimento, que relata todos os passos dados para a estruturação, desenvolvimento e execução do projeto.
- Resultados, apresentando a execução do projeto e seus respectivos resultados e análises.
- Conclusão, onde será avaliado a implementação do sistema, tão como sua conformidade com a norma, além de mencionar os principais pontos de melhoria levantados posteriormente pelos envolvidos no projeto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A corrente elétrica

A corrente elétrica consiste em um movimento das cargas elétricas de forma ordenada, seguindo um fluxo, sendo gerada através de uma diferença de potencial em dois pontos do sistema. A corrente alternada é a corrente utilizada nos sistemas de transmissão de energia para as cidades, transmitida através de redes de alta tensão, a qual é rebaixada com transformadores locais ao chegar próximo de residências e comércios. A eletricidade representa hoje em dia um papel fundamental em toda a sociedade, tendo em vista que praticamente todo o nosso dia gira em torno do uso da energia elétrica ou de produtos que foram fabricados graças a ela.

Na medicina, inclusive, o emprego da eletricidade tem contribuído positivamente na melhoria dos procedimentos de diagnóstico e terapia. A utilização dos EEM é fundamental para que se possa cuidar da saúde da população. Por outro lado, este benefício traz riscos associados, como o choque elétrico que pode vir a ocorrer no paciente (SPALDING et al., 2010).

2.2 O choque elétrico

O choque elétrico é o efeito causado pela passagem da corrente elétrica (por conta de uma diferença de potencial) sobre o corpo humano, podendo ser fatal dependendo do tempo de exposição e intensidade do choque (KILDERMANN, 1995). Ele pode ocorrer de duas maneiras: através do potencial de passo ou o potencial de toque.

O potencial de passo é a diferença de potencial que pode haver em diferentes pontos do solo, podendo afetar uma pessoa que caminha sobre essa superfície energizada. Já o potencial de toque, como o próprio nome já diz, refere-se à uma diferença de potencial que pode atingir uma pessoa que está em contato com o solo ao tocar em partes metálicas ligadas a um equipamento energizado (NBR 15749, 2009).

Todo e qualquer tipo de instalação elétrica é suscetível a falhas que podem ocasionar o choque elétrico. Por essa razão, as instalações devem possuir um sistema que assegure a disponibilidade aos usuários, além de proteger a instalação em si e os equipamentos conectados a ela, retirando o sistema de serviço no caso de um curto-circuito. (CAMINHA, 1977).

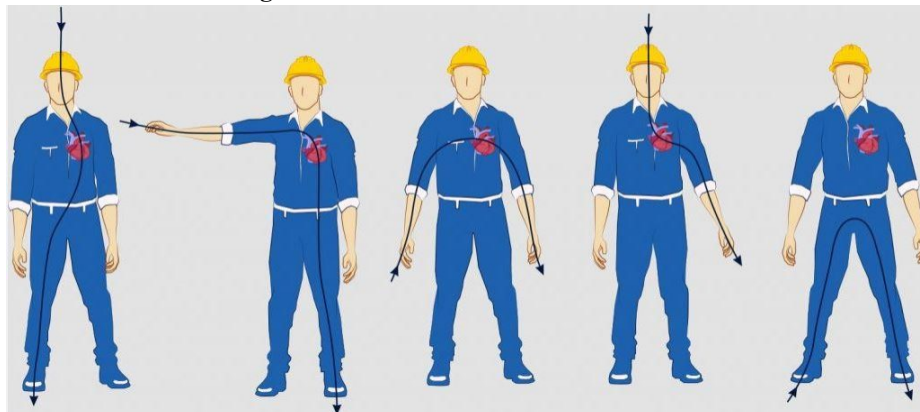
A NBR 5410 (2004) é a norma mais conhecida e utilizada na área, pois trata das instalações elétricas em baixa tensão (BT), estabelecendo as condições necessárias para satisfazê-las, garantindo assim segurança de pessoas e animais, além do funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens.

A incidência de um choque elétrico em um ser humano pode trazer consequências graves, pois o uso de equipamentos elétricos que entram em contato com um indivíduo pode acarretar em uma corrente elétrica fluindo pelo corpo do mesmo (CASTELLARI, 2013). A periculosidade que este evento pode causar depende, entre outros fatores, do caminho que a corrente elétrica percorre no corpo.

O corpo humano apresenta partes em que oferecem maior resistência a passagem de corrente, como a pele e os ossos. Porém, também apresenta partes com menor resistência, como é o caso da epiderme e dos músculos, bem como vasos sanguíneos e nervos. Os fatores que determinam a gravidade do choque elétrico são: percurso da corrente elétrica; características da corrente elétrica (alternada ou contínua) e resistência elétrica do corpo humano.

Os percursos que a corrente elétrica pode percorrer no corpo humano são variados. A Figura 1 mostra os possíveis caminhos que a corrente elétrica pode percorrer no corpo humano.

Figura 1 – Percursos da corrente elétrica



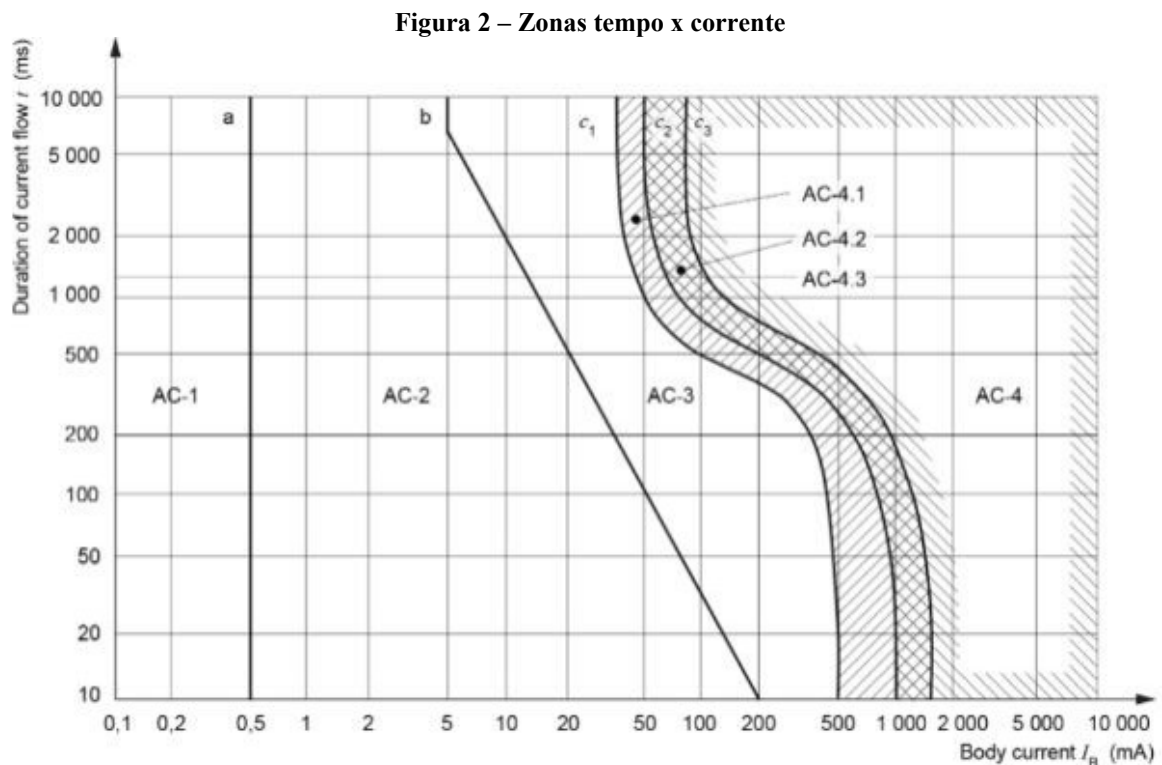
Fonte: Risco zero (2018)

Outro fator a ser considerado é o tempo de exposição ao choque. Em algumas condições, apenas alguns milissegundos já são suficientes para causar danos ao ser humano, como queimaduras, parada cardiorrespiratória ou até mesmo a morte (IEC 60479-1, 2018).

Dependendo da intensidade da corrente elétrica fluindo e o tempo de exposição a essa corrente que causou o choque elétrico, podem ocorrer algumas alterações físicas, como leve formigamento, contração muscular involuntária, traumas físicos (como quedas), queimaduras e

fibrilação ventricular (arritmia cardíaca). Em casos extremos, pode gerar parada cardíaca e até lesões neurológicas. Tudo depende da situação e da resposta do corpo de cada indivíduo (KILDERMANN, 1995).

A IEC 60479-1 (2018) traz um gráfico que demonstra em um choque elétrico as zonas que relacionam tempo x corrente. Esse gráfico pode ser visualizado na Figura 2. A corrente elétrica é medida em miliampères (mA) e o tempo em milissegundos (ms).



Fonte: IEC 60479-1 (2018)

A IEC 60479-1 (2018) classifica o choque elétrico em 4 zonas, baseado na intensidade da corrente e no tempo de exposição à corrente.

Zona AC-1 – Normalmente imperceptível: correntes de até 0,5mA não causam efeitos no corpo;

Zona AC-2 – Perceptível: Esta zona delimita a intensidade e o tempo de exposição no qual a pessoa sentirá a sensação do choque, mas sem reação muscular. Normalmente nenhum efeito fisiológico prejudicial;

Zona AC-3 – Reações reversíveis (contrações musculares): Esta zona delimita a intensidade e o tempo de exposição no qual a pessoa terá contração muscular, com risco de ficar presa ou causar outro acidente como consequência;

Zona AC-4 – Possibilidade de efeitos irreversíveis: efeitos patofisiológicos perigosos, como parada cardíaca, parada respiratória e queimaduras severas podem ocorrer. Esta zona apresenta a região na qual há risco à vida, ela é subdividida em:

AC-4.1: até aproximadamente 5% de probabilidade de fibrilação ventricular;

AC-4.2: de aproximadamente 5% a 50% de probabilidade de fibrilação ventricular;

AC-4.3: acima de 50% de probabilidade de fibrilação ventricular.

A fibrilação ventricular é um descontrole das contrações dos ventrículos do coração, fazendo com que o coração deixe de bombear sangue, podendo ser fatal ao indivíduo (SPALDING et al., 2010).

Em uma unidade hospitalar é importante mensurar e obter informações do uso da eletricidade e os possíveis riscos, como choques elétricos e os efeitos fisiológicos que eles podem causar. A fim de evitar esse tipo de circunstância é necessário conhecer os tipos de choques elétricos para poder aplicar medidas de proteção contra os mesmos, de acordo com as normas vigentes, garantindo assim segurança e confiabilidade tanto ao ambiente hospitalar quanto aos profissionais e pacientes.

O choque elétrico é o principal problema das instalações elétricas. Por conta disso, existem algumas formas de proteção normatizadas para que se tenha um maior controle sobre a segurança das instalações no geral. Ao se tratar de projetos hospitalares, o cuidado deve ser ainda maior. As instalações elétricas, de maneira geral, já possuem um sistema de proteção contra sobrecargas, denominados sistemas de aterramento elétrico, que serão explorados na Seção 2.3 deste trabalho.

2.3 Sistemas de aterramento elétrico

Um aterramento elétrico consiste em uma ligação elétrica proposital entre um sistema físico (conectado à instalação elétrica) e o solo (NEC Artigo 100). O objetivo principal é oferecer um caminho de baixa resistência no qual a corrente elétrica possa percorrer do sistema elétrico até o solo. As principais maneiras em que o aterramento protege o sistema são: desviando a corrente excedente, criando uma equipotencialização no sistema, evitando diferencial de potencial e protegendo contra descargas atmosféricas na estrutura (VISACRO FILHO, 2002).

Quando é feita uma conexão entre o sistema elétrico e o solo, devemos compreender que essa ligação apresenta resistência, indutância e capacitância. Portanto, a princípio deve-se

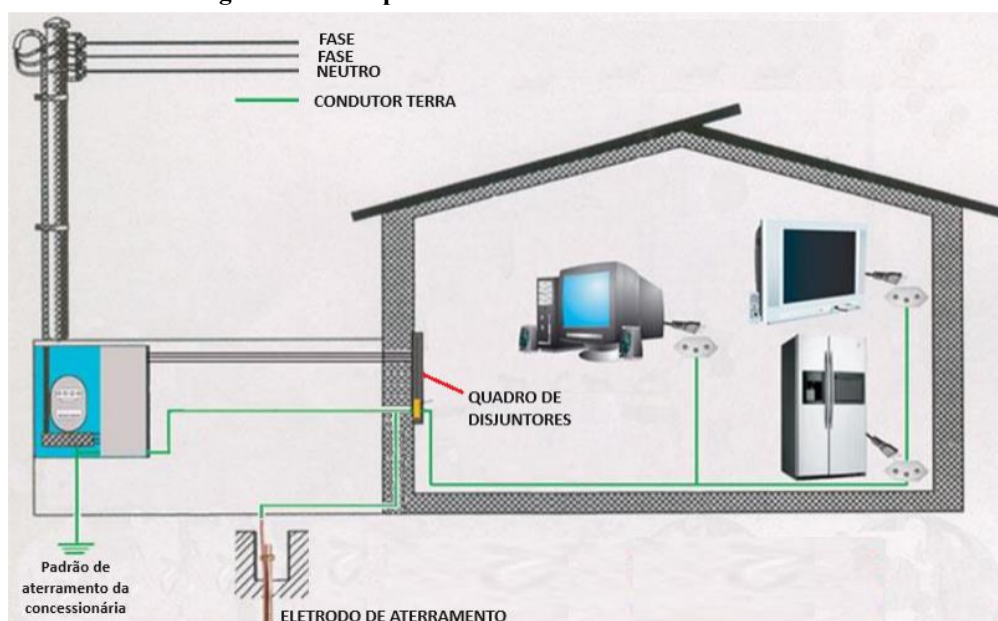
pensar em uma impedância. Nas melhores condições onde a frequência é baixa, correntes baixas e baixa resistividade do solo, podemos considerar apenas a resistência pois os outros efeitos são desprezíveis.

De maneira geral, o aterramento elétrico deve possuir capacidade de dispersar a corrente de fuga para o solo sem deixar que essas correntes apresentem perigo tanto na instalação elétrica, quanto no solo ao serem dissipadas. Para que isso seja possível, ele deve possuir basicamente três características: capacidade de condução, baixo valor de resistência e eletrodos instalados de forma que não haja risco de segurança por conta da corrente que será injetada no solo (VISACRO FILHO, 2002).

O aterramento é um sistema que possibilita uma maior proteção contra choques elétricos e sobretensões em circuitos. Cada sistema tem suas propriedades e para cada caso é utilizado o esquema de aterramento que mais se adequa. Ele é um ponto do circuito que apresenta tensão zero e, quando há uma sobrecarga no sistema, o aterramento tem o papel de dissipar essa carga, mantendo os potenciais dentro dos limites adequados.

Através do aterramento é possível conectar um sistema energizado à terra, proporcionando um caminho seguro e de baixa resistência para a dissipação de possíveis correntes de falta (fuga para massa), raios e descargas estáticas, impedindo que ocorra um acúmulo de cargas elétricas. Na Figura 3 é possível observar uma representação de uma ligação elétrica residencial que possui o aterramento elétrico ligando os circuitos das tomadas ao solo.

Figura 3 – Exemplo de aterramento elétrico residencial



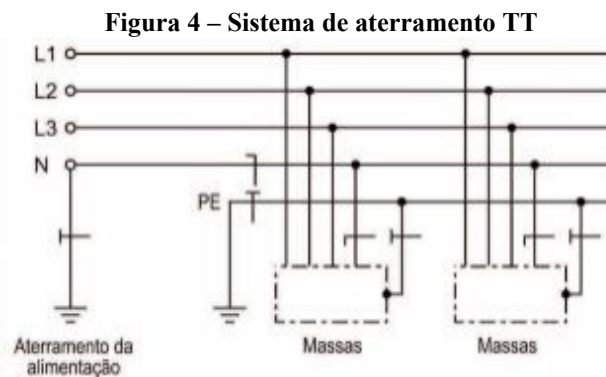
Fonte: Adaptado de DRB Engenharia (s.d)

O sistema de aterramento deve oferecer baixa resistência à passagem de corrente e, consequentemente, alta capacidade de condução de corrente, pois só assim é possível garantir que o sistema agirá de forma rápida e eficaz.

Ao projetar um sistema de aterramento é necessário analisar qual sistema utilizar em cada situação. Os tipos de aterramento são divididos em topologias diferentes e nomeados através de letras específicas, seguindo as especificações da ABNT NBR 5410, que é baseada na norma internacional IEC 60364-7-710 (2021) e trata de Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

A primeira letra se refere ao tipo de alimentação em relação à terra, podendo ser um ponto diretamente aterrado (T) ou isolado de qualquer outra parte viva em relação à terra ou até o aterramento de um ponto através de uma impedância (I). A segunda letra se refere à ligação da carga no circuito. As cargas podem ser diretamente aterradas (T) ou ligadas ao neutro (N) (NBR 5410, 2004).

O sistema TT, que pode ser observado na Figura 4, possui um ponto diretamente aterrado. Os demais pontos metálicos estranhos à instalação como também as partes metálicas expostas são ligadas a um eletrodo de terra separado, ou seja, independente do eletrodo de aterramento da fonte.

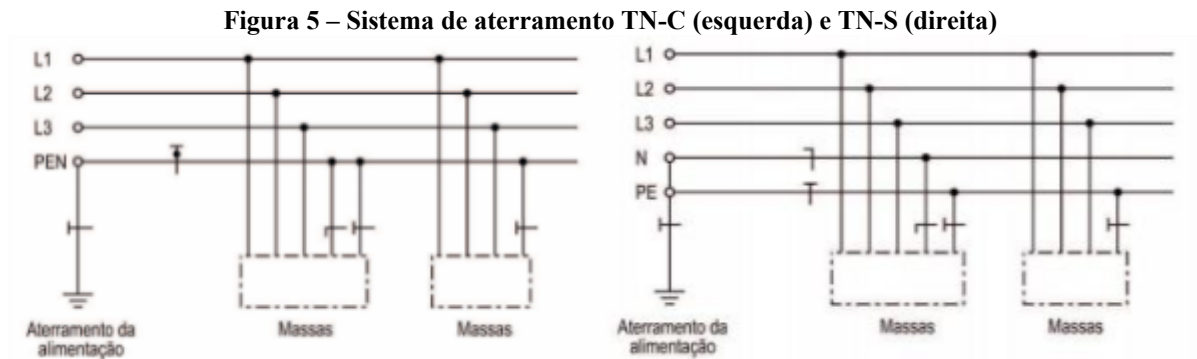


Fonte: NBR 5410 (2004)

No sistema TN a fonte é aterrada da mesma forma do sistema TT, porém as partes metálicas expostas e os pontos metálicos estranhos à instalação são conectados no condutor de neutro, que por sua vez é aterrado no mesmo ponto de aterramento da fonte. Este esquema possui três versões, sendo elas o esquema TN-C, o TN-S e o TN-C-S.

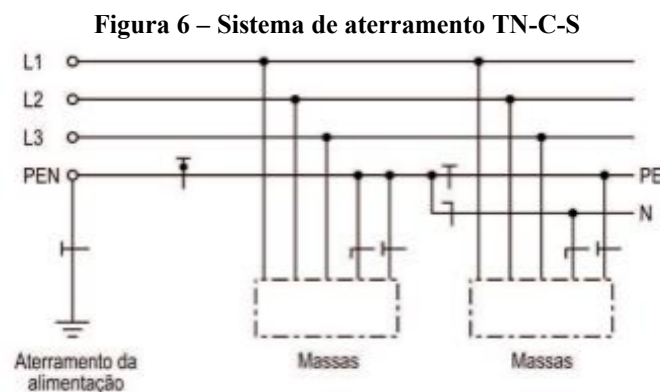
No sistema TN-C, o condutor de neutro é usado também como condutor de proteção e recebe o nome de PEN. Um único condutor é usado para o neutro e a proteção. O esquema TN-

S difere do esquema TN-C apenas no fato de que ele também possui neutro e proteção conectados, porém cada um em um condutor próprio. A Figura 5 mostra o esquemático desses dois sistemas.



Fonte: NBR 5410 (2004)

O esquema TN-C-S, como se percebe em sua nomenclatura, trata-se da junção dos esquemas TN-C e TN-S. Uma parte do circuito é feita utilizando-se o TN-C e a outra parte utiliza o TN-S, sendo que são alimentados e aterrados no mesmo ponto. Esta junção pode ser melhor observada na Figura 6.

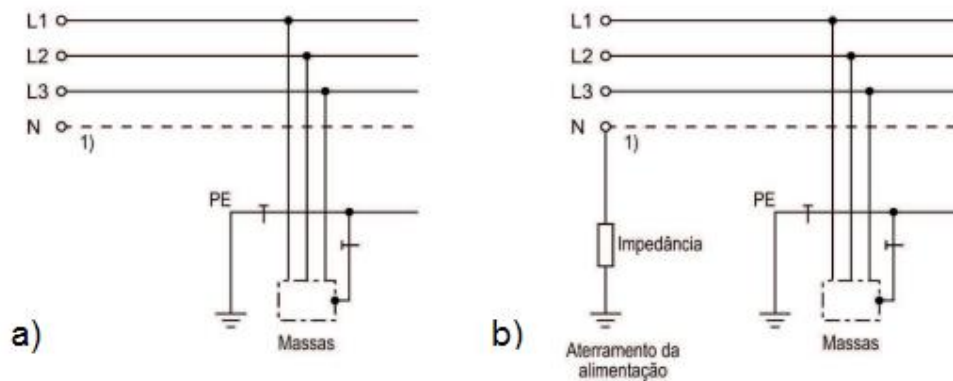


Fonte: NBR 5410 (2004)

Os tipos mais encontrados em projetos elétricos são o TT, TN-C e TN-S. O aterramento tipo IT é encontrado com menor frequência, por ter uma aplicação mais específica. Este tipo de sistema apresenta uma particularidade em relação ao seu funcionamento em caso de curto-circuito, pois nessa situação o sistema de aterramento permite que o circuito elétrico não seja desacionado.

No esquema IT não há conexão entre o ponto de neutro da fonte e o terra. Todas as outras partes metálicas condutoras e expostas não pertencentes à instalação são aterradas. Como mostra a Figura 7, o neutro pode ser: a) isolado ou b) aterrado através de uma alta impedância.

Figura 7 – Sistema de aterramento IT com a) neutro isolado e b) aterrado por impedância



Fonte: NBR 5410 (2004)

O sistema de aterramento para hospitais deve funcionar de forma que garanta a segurança dos EEM que estão ligados na rede elétrica, além de garantir a segurança dos envolvidos, e é por esse motivo que existem normas que regulamentam a utilização de sistemas específicos de aterramento. A NBR 13534 (2008) permite o uso dos diferentes esquemas de aterramento para a instalação elétrica geral dos hospitais, excetuando o uso do esquema TN-C, que não é admitido neste tipo de ambiente.

Os demais esquemas são aceitos, porém seu uso dentro de unidades hospitalares é definido de acordo com o grupo definido na NBR 5410 (2004) ao que o local se enquadra.

2.4 Normas referentes a instalações elétricas hospitalares

Com o objetivo de normatizar as instalações elétricas em ambientes hospitalares, foram elaborados alguns documentos normativos e regulamentos que devem ser observados no momento de se projetar uma instalação. A NBR 5410 (2004) é com certeza a norma mais conhecida e utilizada no Brasil quando o assunto é projetos elétricos, mas quando entramos em um assunto mais específico, como instalações elétricas em EAS, existem outras normas que também devem ser levadas em consideração. Assim como as NBRs, há também algumas portarias do Ministério da Saúde e documentos internacionais que são utilizados como base para projetos de instalações elétricas hospitalares.

A normas, regulamentos e portarias que trazem informações importantes a respeito de instalações elétricas hospitalares são:

- NBR 5410 (2004);
- NBR 13534 (2008);

- IEC 60364-7-710 (2021);
- IEC 60601-1 (2010);
- Portaria 2662 (1995);
- IEC 61557-8 – DSI (1997);
- IEC 61558-2-15 - Transformador de separação (2014);
- RDC 50 (2002).

A partir desse conjunto de normas e instruções é possível estruturar um projeto elétrico em um ambiente de UTI com garantia de segurança e confiabilidade.

2.5 Equipamentos eletromédicos

Um equipamento eletromédico (EEM) é qualquer equipamento elétrico que possui uma parte aplicada ao paciente, transferindo ou recebendo energia, sendo destinado seu uso para diagnóstico, tratamento ou monitoramento do paciente (IEC 60601-1, 2010).

Os EEM são equipamentos essenciais dentro de um ambiente hospitalar, e por estarem em contato com pacientes, a IEC 60601-1 (2010) determina que eles devem oferecer segurança e eficácia aos usuários, estabelecendo as condições mínimas de desempenho.

2.5.1 Riscos relacionados aos equipamentos eletromédicos em uma UTI

Apesar de se apresentarem grandes aliados da medicina, os EEM podem trazer alguns problemas ao paciente, por expô-lo à possibilidade de uma corrente elétrica fluir por seu corpo podendo causar danos. Pesquisas realizadas mostram que há muitos acidentes elétricos em hospitais e que a maioria dos acidentes advém de problemas relacionados à infraestrutura elétrica inadequada, causando mau funcionamento destes equipamentos (CASTELLARI, 2013).

Pedro Gewehr, em 1986, descreveu a ocorrência de choques e micro choques elétricos em âmbito hospitalar em vários países. Estas pesquisas foram realizadas entre os anos de 1960 a 1980. Nessa época, nos Estados Unidos, médicos relatavam que o número de pessoas que vinham a óbito anualmente por consequência de eletrocussão era superior a 1000 (mil).

Os estudos realizados por Gewehr (1986), juntamente com outras pesquisas de outros estudiosos, foram fundamentais para ajudar a orientar ações de grupos e Engenharia Biomédica no Brasil, que passaram a dar maior importância a esse assunto.

Ainda que haja o conhecimento do risco elétrico nesses ambientes, no Brasil os sistemas ainda são precários em muitos hospitais, justificando a preocupação com as instalações elétricas nesses estabelecimentos (SPALDING et al., 2010). Na maioria dos hospitais, elas foram projetadas há anos e até mesmo décadas atrás, e acabaram não recebendo a devida atenção no momento do projeto, já que antigamente não se exigia certos requisitos de proteção que hoje em dia são essenciais, fazendo com que não somente o ambiente, mas principalmente os pacientes sofressem as consequências advindas dessas instalações.

A fim de minimizar estes problemas, pesquisadores apresentaram propostas como a utilização de sistemas isolados de fornecimento de energia, onde a tensão elétrica dos condutores não ficaria referenciada ao potencial do solo (SPALDING et al., 2010), que resultou no sistema hoje nomeado como IT-Médico.

O Brasil segue essa tendência e vem se preocupando mais com esse assunto desde a década de 80, e a partir daí vem aperfeiçoando normas que englobam especificações para os dispositivos eletromédicos e seus usos em ambientes hospitalares.

2.6 Instalações elétricas em ambientes hospitalares

Ao se tratar de estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS), as instalações elétricas devem ser consideradas de maneira especial com várias particularidades.

Hoje sabemos a necessidade de projetar uma instalação de acordo com o local, porém nem sempre foi assim. Antigamente, as instalações elétricas hospitalares não recebiam a devida atenção. Em meados de 1930 começaram as discussões sobre formas diferentes de sistemas elétricos isolados, porém esse assunto ainda estava em etapas iniciais. Foi apenas décadas depois, aproximadamente em 1971, que surgiu uma proposta real de um sistema voltado para a área hospitalar.

Depois desse início de estudos, no ano de 1973, a NFPA (*National Fire Protection Association*) por meio da NFPA 76B-T propôs a adoção de um sistema isolado, que estava em fase de estudo, que seria responsável em fornecer energia elétrica para salas de cirurgia

(WEBSTER; COOK, 1979). Somente mais tarde que este tema virou oficial, por meio da IEC60364-7-710, que trazia regulamentos e normas de como a instalação deste sistema isolado deveria ser realizada.

Na década de 80 a Engenharia Clínica Hospitalar começou a decolar e foi ganhando cada vez mais fôlego, com vários pesquisadores publicando diversos trabalhos na área. Porém, por mais que houvesse um interesse maior nessa área, eram poucos os estabelecimentos que davam a devida importância e projetavam as instalações elétricas hospitalares de acordo com os requisitos mínimos especificados por norma.

Somente a partir dos anos 90 e, por meio de um esforço maior na regulamentação e promulgação de normas para atividades relacionadas a essa área, o assunto ganhou força. Nesse período, o COBEI (Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações) iniciou pesquisas e estudos com a finalidade de publicar uma norma que tivesse valor nacional para instalações elétricas de EAS.

Foi então que no Brasil, a partir do ano de 1995, que a ABNT publicou a NBR 13534 que trata a respeito desse tema, estabelecendo juntamente com a portaria 2662 (1995) do Ministério da Saúde, padrões e regras que deveriam ser seguidos para procedimentos realizados com o uso de equipamentos médicos e instalações elétricas hospitalares. Essa norma brasileira foi baseada em normas internacionais, garantindo assim que houvesse conformidade com a maioria dos outros países.

A NBR13534 trouxe com ela a padronização do termo EAS, a fim de englobar todos os ambientes que de alguma maneira tratam da saúde dos seres vivos, a fim de que todos garantam qualidade e segurança contra riscos elétricos. Esta mesma norma determina a utilização do sistema IT-Médico em alguns locais específicos desses estabelecimentos. Ela foi atualizada em 2008 e segue sendo referência para projetos de instalações elétricas hospitalares, pois descreve com maiores detalhes as condições de funcionamento desse sistema (NUPEHA, 2019).

Esta norma estabelece os requisitos mínimos de segurança para esses ambientes localizados em hospitais, clínicas médicas e demais áreas de tratamentos medicinais. Porém, ela trata apenas da parte predial fixa da instalação elétrica, não levando em conta equipamentos eletromédicos. Esses são especificados na norma internacional IEC 60601-1 (2010). A utilização aliada dessas normas compõe os requisitos de segurança em ambientes hospitalares com pacientes. Estas normas devem ser respeitadas para projetos tanto em estabelecimentos

públicos quanto privados, também devendo ser aplicadas no caso de reforma de estabelecimentos já existentes.

Ao projetar uma instalação elétrica é necessário levar em conta os equipamentos que serão utilizados e os demais componentes, chegando em um projeto capaz de funcionar perfeitamente e atender a demanda, sempre considerando todas as normas vigentes que englobam esse assunto.

Se tratando de projetos realizados no Brasil, em âmbito hospitalar, a RDC 50 de 21 de fevereiro de 2002 é uma resolução elaborada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), com o propósito de regulamentar o Brasil com um instrumento norteador para novas construções, reformas ou ampliações, a respeito de instalações e funcionamento de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde tanto em unidades públicas quanto privadas, atendendo a quesitos específicos que geram mais qualidade nos serviços prestados à população, adequando as instalações às novas tecnologias na área da saúde. Todos os projetos ou reformas realizadas em EAS deverão obrigatoriamente ser elaborados em conformidade também com as disposições da RDC 50 (2002).

As instalações elétricas em EAS devem ser aterradas levando em consideração a equipotencialidade das massas metálicas expostas no ambiente (RDC 50, 2002). As especificações de aterramento desses ambientes devem atender as normas da ABNT NBR 13534 (2008), NBR 5410 (2004) e NBR 5419 (2015).

Para saber qual o tipo de instalação ideal para cada ambiente relacionado à serviços de saúde deve-se considerar os diferentes grupos existentes, previstos na NBR 13534 (2008), que classifica em três diferentes grupos, de acordo com algumas especificações, como os procedimentos realizados no local; as partes aplicadas dos aparelhos eletromédicos utilizados e os riscos elétricos envolvidos.

Grupo 0: Parte do estabelecimento hospitalar em que não são utilizados equipamentos eletromédicos alimentados pela rede elétrica.

Grupo 1: Parte do estabelecimento em que são utilizados equipamentos eletromédicos, porém estes não são destinados a aplicação cardíaca direta.

Grupo 2: Parte do estabelecimento hospitalar em que é previsto o uso de equipamentos eletromédicos destinados a aplicação cardíaca direta.

A Figura 8 demonstra de maneira simplificada os diferentes grupos e suas especificações, trazendo exemplos dos locais que cada grupo engloba.

Figura 8 – Distinção dos grupos no ambiente hospitalar

	Local médico Grupo 0	Local médico Grupo 1	Local médico Grupo 2
			
Uso de parte aplicada de EEM	NÃO	SIM em partes internas e externas do corpo (exceto as do grupo 2)	SIM em procedimentos intracardíacos, cirúrgicos e de sustentação a vida
Descontinuidade da alimentação pode resultar em morte	NÃO	NÃO	SIM
EXEMPLOS	→ Consultórios médicos → Sala de triagem → Sala de curativos	→ Quartos de internação → Sala de hemodiálise	→ Centro cirúrgico → UTI adulto e neonatal → Sala de cateterismo

Fonte: Autoria própria (2023)

A partir dessas definições, é possível concluir que uma UTI se enquadra no Grupo 2.

2.7 Instalações elétricas em UTIs

As UTIs, também conhecidas como centros de tratamento intensivo, são unidades que realizam o tratamento e monitoramento constante dos pacientes internados, que na maioria das vezes necessitam ficar nesses ambientes por estarem em uma condição debilitada, com risco de vida.

Esses locais caracterizam-se pela utilização de equipamentos eletromédicos como os de monitoramento e de manutenção da vida. Estas unidades normalmente são divididas em UTIs para adultos, pediátricas e neonatais. Porém, apesar dessa divisão de categorias, as necessidades elétricas dentro desses ambientes são praticamente as mesmas.

O projeto de instalação elétrica para esses locais deve oferecer possibilidade para que sejam usados os EEM necessários sem que a equipe médica venha a se preocupar com sua utilização, devido à criticidade e consequências que podem ocorrer em um momento de falha. O fornecimento de energia para esses equipamentos é muito importante e é necessário que o projeto seja realizado de maneira correta, seguindo as normas específicas, buscando garantir o

correto dimensionamento da instalação elétrica para atender as cargas específicas dos equipamentos e desta forma assegurar a eficiência e segurança da instalação.

O projeto de instalações elétricas em ambientes hospitalares é composto por quadros de força, condutores para a alimentação das tomadas de corrente e elementos específicos do sistema IT-Médico, contando ainda com o sistema de aterramento e equipotencialização (DOBES, 1997).

A NBR 13534 (2008) traz de forma resumida os requisitos mínimos que um projeto elétrico deve possuir nesses ambientes do grupo 2, como quantidade mínima de transformadores, de pontos de tomada, de potência por circuito, entre outros parâmetros. Ela traz ainda a informação de que não é permitido a utilização de DR (Dispositivo Diferencial Residual), que é responsável pela proteção contra os efeitos do choque elétrico, pois falhas de isolamento disparam esse dispositivo de proteção acarretando na falta de energia e deixando o paciente suscetível a riscos de vida. Os transformadores, disjuntores e demais equipamentos devem ser dimensionados obedecendo as especificações mínimas conforme indicado em norma.

Estes locais exigem um alto nível de segurança e confiabilidade, destacando a importância de ser obedecidas as normas vigentes, tanto no momento de projetar o sistema elétrico quanto no momento da manutenção desse sistema. Por esse motivo é interessante conhecer muito bem as normas aplicáveis e obedecê-las, levando em conta também a necessidade específica do estabelecimento para o qual será dimensionada a instalação (DOBES, 1997).

2.8 Problemas que a interrupção elétrica pode trazer em um EAS

Uma unidade de saúde tem a finalidade de oferecer serviços de tratamento para os clientes, e para que isso possa ocorrer de maneira efetiva é essencial que as instalações elétricas ofereçam segurança, principalmente em ambientes que tratam pacientes com risco de vida.

A ocorrência de uma interrupção elétrica em EAS pode ser fatal em ambientes do grupo 2, prejudicando a vida do paciente, por isso é necessário um sistema que garanta continuidade no fornecimento de energia.

3 METODOLOGIA

3.1 Sistema IT-Médico

O sistema IT-Médico é internacionalmente normatizado pela IEC 60364-7-710 (2021). No Brasil, algumas normas foram baseadas nesta IEC, a fim de padronizar esse tipo de instalação no país. O sistema IT-Médico, tratado com essa mesma nomenclatura pela NBR 13534 (2008), também recebe a descrição pela NBR 5410 (2004) de Esquema IT de Aterramento. Apesar de os dois termos possuírem o mesmo significado, julga-se mais correto tratar o tema como sistema IT-Médico.

Este sistema oferece uma solução de segurança no monitoramento de estabelecimentos assistenciais de saúde que possuem ambientes de tratamentos mais invasivos aos pacientes, como centros cirúrgicos e UTIs, sendo uma solução de alta performance. Ele é responsável por fornecer energia aos aparelhos de suporte a vida, garantindo a segurança do paciente e dando continuidade no fornecimento de energia elétrica no caso de um curto-circuito ou sobrecarga.

O sistema IT-Médico, assim como os outros tipos de sistemas de aterramento já citados anteriormente, oferece ao usuário o mesmo grau de segurança no contato indireto, porém só este confere a continuidade, sem riscos, do fornecimento de energia na presença de uma falha de isolamento, sem a possibilidade de um choque elétrico. Ele isola o terra da parte viva do sistema (os cabos alimentadores de energia). Gerando fornecimento isolado, o sistema garante continuidade após uma primeira falha sem risco de choque elétrico.

O grande diferencial do sistema IT-Médico é que ele conta obrigatoriamente com o uso de três equipamentos: um transformador de separação, um dispositivo de supervisão de isolamento (DSI) e um painel anunciador. Ele apresenta estas características principais, diferenciando-se de uma instalação elétrica comum (CASTELLARI, 2013).

3.1.1 Equipamentos do sistema IT-Médico

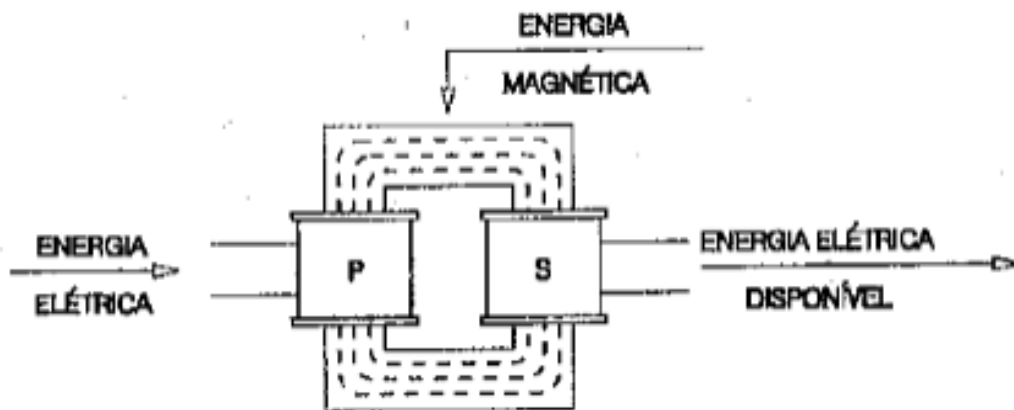
- Transformador de Separação

O Transformador de Separação tem papel fundamental nesse tipo de instalação. É ele quem separa o esquema de aterramento TN-S, já presente no hospital, do sistema IT-Médico, possibilitando diferentes referências entre os sistemas. O que acontece, nesse caso, é que como

o secundário do transformador não possui interligação com o primário e eles não possuem o mesmo referencial de terra, o secundário fica seguro pois não existe o diferencial de tensão entre fase e terra que existe no primário do transformador.

A relação entre a bobina primária e a bobina secundária desse transformador é magnética, garantindo segurança no isolamento do sistema de energia da rede. A Figura 9 mostra de maneira simplificada o transformador de separação.

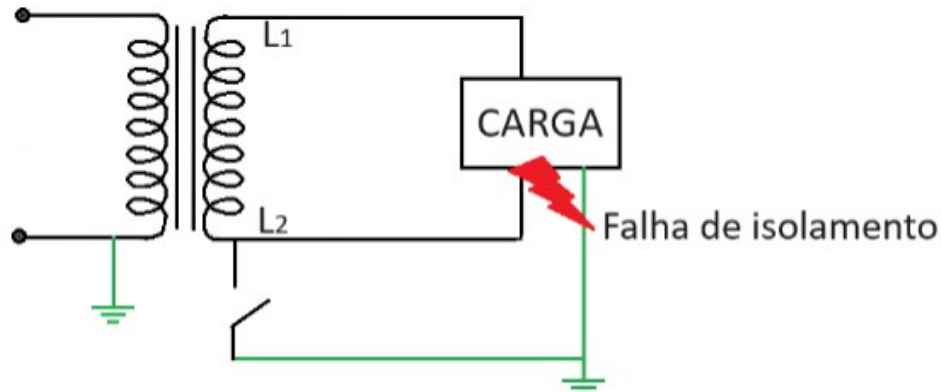
Figura 9 – Transformador de Separação



Fonte: Núcleo ATS (2022)

O transformador de separação isola o circuito secundário do circuito primário, e no secundário do transformador não há aterramento, possibilitando que uma pessoa não receba descarga elétrica ao tocar em um condutor energizado, pois nesse caso não há caminho direto de retorno para uma corrente fluindo através de uma pessoa em contato com o condutor, o sistema torna-se um circuito aberto, como mostra a Figura 10. Um circuito aberto impossibilita a passagem da corrente elétrica, fornecendo segurança no caso de uma falha de isolamento. É o transformador de separação quem confere a característica do aterramento IT ao sistema.

Figura 10 – Circuito aberto do secundário do transformador entre linha viva e terra



Fonte: Autoria própria (2023)

Para que o transformador seja considerado um transformador de separação e possa ser utilizado no sistema IT-Médico ele deve obrigatoriamente possuir algumas características construtivas, segundo a IEC 61558-2-15 (2014), que são:

- O transformador deve ser monofásico e possuir um selo que define que sua destinação é exclusiva para locais médicos;
- Sua potência nominal de saída deve ser no mínimo 0,5kVA e máximo 10kVA;
- Tensão nominal do secundário $\leq 250V_{ac}$.

Estas principais características, entre outras, diferem um transformador comum de um transformador de separação.

- Dispositivo de Supervisão de Isolamento (DSI)

O Dispositivo de Supervisão de Isolamento (DSI), como o próprio nome diz, é responsável por supervisionar o isolamento do sistema IT-Médico. Esse dispositivo supervisiona constantemente a temperatura e resistência de isolação do transformador de separação, conferindo segurança ao sistema. Para isso ele injeta no sistema uma corrente e uma tensão (valores insignificantes para o sistema), que não oferecem riscos ao paciente. Caso seja detectado pelo DSI um valor fora do considerado seguro, ele dispara um alarme indicando que há algum problema de isolação no sistema. A Figura 11 mostra um desenho padrão de um DSI.



Fonte: Autoria própria (2023)

Nesse dispositivo é possível acompanhar os indicadores de *led* caso haja alguma alteração na resistência de isolação, impedância de isolação, temperatura do transformador, corrente da linha, entre outros indicadores que mostram se o sistema está funcionando dentro dos parâmetros estabelecidos. Segundo a NBR 13534 (2008), o DSI deve preencher os seguintes requisitos:

- Resistência interna em corrente alternada mínima de 100 kΩ;

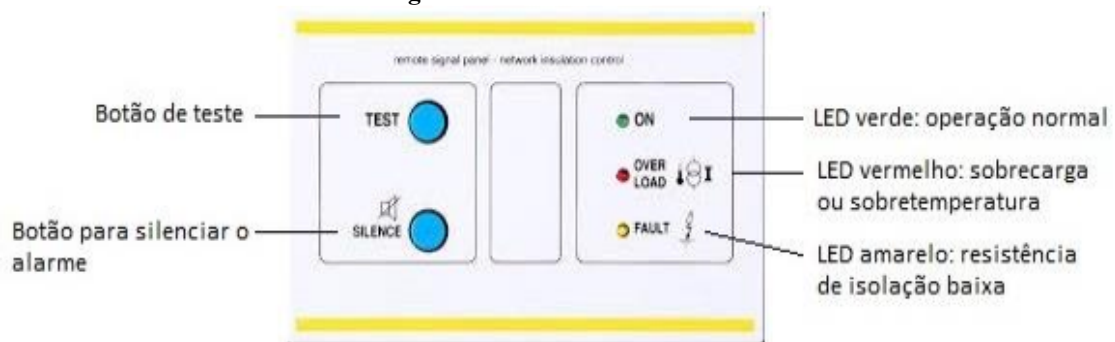
- Tensão de medição $\leq 25V_{cc}$;
- A indicação feita pelo DSI da queda da resistência de isolamento deve ocorrer antes que esta resistência atinja o valor de no máximo $50k\Omega$;
- A corrente de medição (corrente injetada no sistema) não deve ser superior a 1mA, mesmo sob condições de curto-circuito.

Se a resistência de isolamento estiver próxima ou no máximo em $50K\Omega$, que é um valor considerado muito baixo para essa isolação, deve ocorrer indicação de falha no painel, indicando que há um curto-circuito (DOBES, 1997).

- Painel anunciador (sinalizador)

É o dispositivo responsável por avisar, através de alarme sonoro e visual, que há alguma anomalia no sistema. O painel pode ser visualizado na Figura 12. Ele basicamente recebe a informação do DSI e, se houver alguma falha, aciona um alarme sonoro a fim de avisar aos responsáveis que estiverem próximos de que há algum problema no sistema. Esse dispositivo deve ser posicionado de maneira que possa ser facilmente supervisionado pela equipe médica.

Figura 12 – Painel Anunciador



Fonte: Autoria própria (2022)

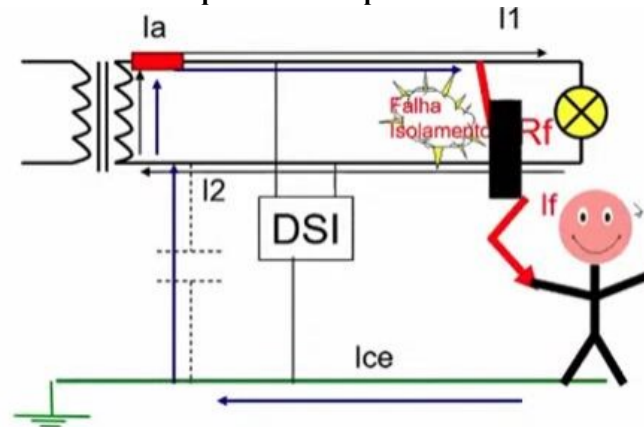
O LED verde apresenta o funcionamento normal do sistema. O LED amarelo, quando ligado, indica que a resistência de isolamento alcançou o valor mínimo pré-fixado ($50k\Omega$); o LED vermelho é aceso no caso de ocorrer uma sobrecarga ou sobretemperatura.

Quando o sistema atinge o valor da resistência mínima de isolamento é acionado automaticamente um alarme audível, que pode ser silenciado no mesmo momento, pois sua função é apenas informar aos responsáveis que ocorreu uma falha, porém não pode ser cancelado, somente após remoção da falha e solução do problema (DOBES, 1997).

3.1.2 Operação do sistema IT-Médico

O princípio do funcionamento desse sistema tem início no transformador de separação. É através dele que temos a parte mais importante desse sistema elétrico. O transformador é dividido entre primário e secundário. O circuito primário é aquele que está ligado à instalação elétrica do hospital, aterrado por um de seus terminais, e o circuito secundário é aquele que vai alimentar os circuitos isolados do sistema IT-Médico. Como o primário do transformador é isolado do secundário, isso confere ao sistema o isolamento necessário para seu funcionamento. Sendo que o sistema não possui aterramento no secundário do transformador, uma pessoa não recebe choque elétrico ao tocar o condutor energizado, pois não há caminho direto de retorno para uma corrente que está fluindo pelo seu corpo. Na Figura 13 é possível compreender melhor essa isolação.

Figura 13 – Caminho que a corrente percorre no sistema IT-Médico

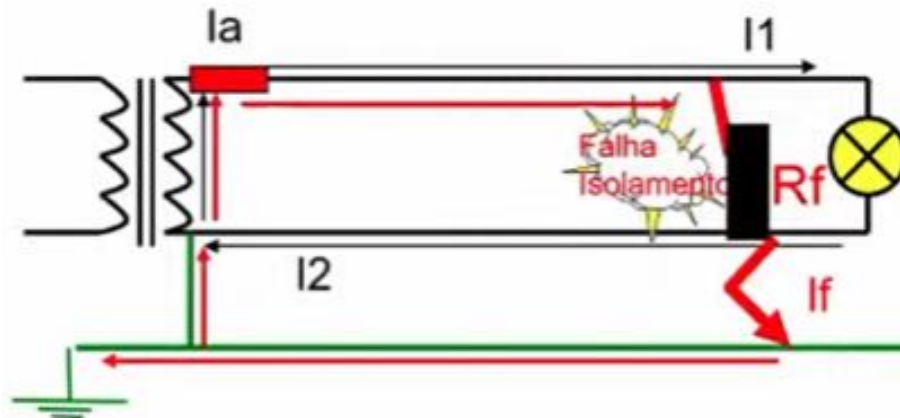


Fonte: Curso Projeto Elétrico (2021)

De maneira mais técnica, uma corrente de fuga (I_f) vai circular, porém a mesma é limitada pela resistência de falha (R_f) mais a resistência do corpo e soma-se com a resistência da terra para o sistema, esta que por sua vez tem um valor muito alto, visto que não há caminho direto entre o terra e o sistema do secundário, havendo uma capacitância, porém, essa corrente que flui no sistema apresenta valores insignificantes, diminuindo ou eliminando o risco de choque elétrico. Por esse motivo, uma pessoa não receberá um choque elétrico ao tocar em um condutor energizado ou carcaças e partes vivas de equipamentos.

Ao se comparar com um sistema de aterramento TN ou TT, pode-se observar que o secundário do transformador é aterrado, isso torna favorável que a corrente flua pelo sistema, ocasionando o choque elétrico. Na Figura 14 podemos observar a diferença entre esses sistemas, pois nesse caso a corrente elétrica encontra um caminho para percorrer.

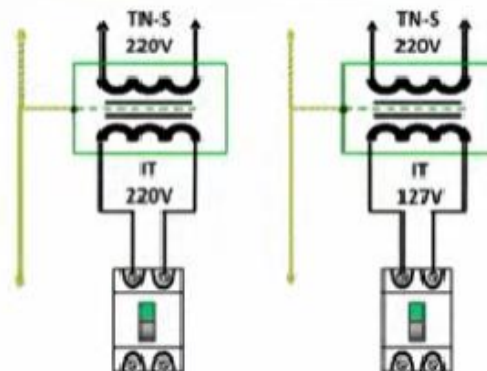
Figura 14 – Caminho que a corrente percorre nos demais sistemas de aterramento



Fonte: Curso Projeto Elétrico (2021)

No sistema IT-Médico, os cabos condutores que alimentam as cargas são como dois condutores vivos que saem do transformador (podemos chamá-los de linha 1 e linha 2), tanto para o circuito de 127V quanto o de 220V. Por conta disso, a NBR 13534 (2008) chama atenção para os disjuntores que devem ser utilizados no projeto para proteção dos circuitos. Cada circuito alimentado pelo transformador de separação deve ser protegido por um disjuntor bipolar, que é capaz de seccionar simultaneamente os condutores de alimentação, como pode ser observado na Figura 15.

Figura 15 – Disjuntor bipolar para circuitos 127V e 220V



Fonte: Curso Projeto Elétrico (2021)

Se ocorrer, em uma instalação elétrica equipada com o sistema IT-Médico, uma corrente de falta, podendo ser ela uma única falta à massa ou à terra, a mesma será de pequena intensidade, não ocasionando o seccionamento automático da alimentação. Entretanto, devem ser tomadas providências para evitar a ocorrência de uma segunda falta, envolvendo outro condutor vivo, pois esse sistema somente consegue suportar uma primeira falha. Se nesse sistema vier a ocorrer uma segunda falha ou uma falha de isolamento entre os dois condutores vivos, o sistema também será desacionado.

Se nesse sistema houver uma segunda falha simultânea, o circuito pode desenvolver uma corrente elevada que encontra um caminho de retorno, percorrendo um condutor e retornando pelo outro, podendo oferecer risco ao paciente. É importante compreender que esse sistema apenas oferece proteção de uma falha de isolamento entre um condutor vivo e o terra.

De maneira prática, podemos imaginar uma situação em que um curto-circuito acontece entre fase (linha 1) e terra, no momento em que acidentalmente uma das fases fica em contato com a carcaça metálica de um equipamento aterrado. Nesse primeiro caso o sistema se mantém em funcionamento pois não haverá percurso para a corrente fluir por causa do transformador de separação que não possui aterramento no secundário. Porém, se imaginarmos nessa situação, que a outra fase (linha 2) também acabe acidentalmente em contato com essa mesma carcaça, a corrente de fuga encontrará um caminho para percorrer (passando entre as linhas 1 e 2) e então poderá causar o choque elétrico. É por esse motivo que o sistema suporta apenas uma primeira falha de isolação.

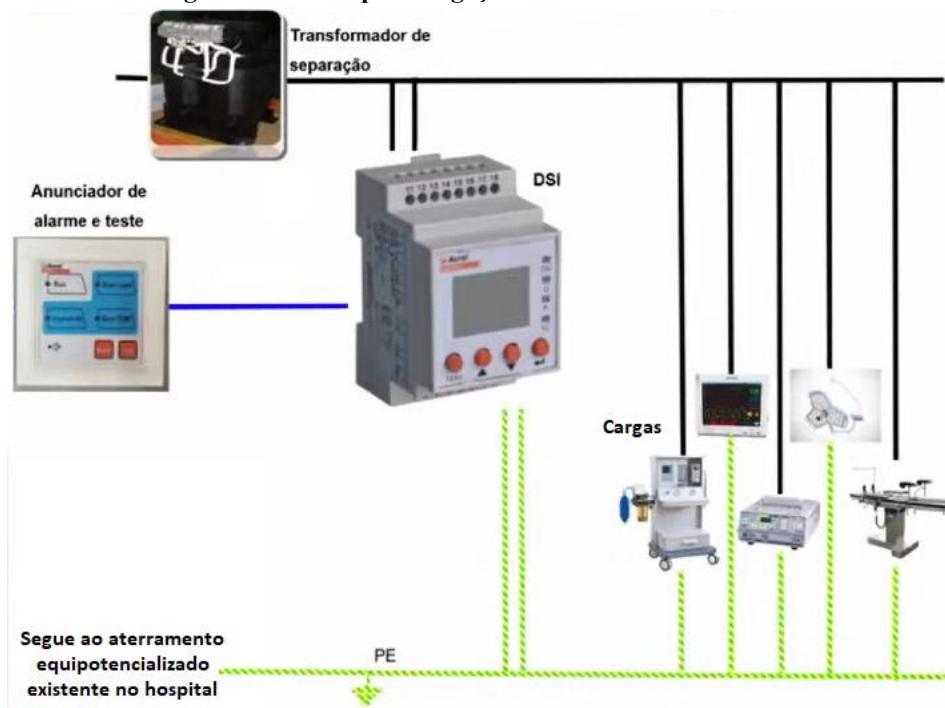
O uso dos transformadores de separação acaba também por limitar falhas consecutivas por possuírem, por norma, potência máxima de 10kVA justamente para evitar que estejam muitas cargas concentradas em uma só alimentação. Se houvessem muitas cargas, ficaria mais difícil encontrar uma falha e o risco estatístico de uma segunda falha seria maior.

Outro ponto importante a se destacar é que o sistema de alimentação é totalmente isolado da terra, porém as cargas alimentadas por ele devem sim ser aterradas, ligando-as ao aterramento equipotencial da edificação já existente no restante do hospital (TN-S).

Por recomendação da NBR 13534 (2008), cada circuito do sistema IT-Médico deve possuir um cabo de terra que deve ser identificado conforme o circuito. Esse tipo de ligação facilita a localização de uma falha sem ter a necessidade de desligar o circuito.

Após o transformador, é adicionado o Dispositivo Supervisor de Isolamento (DSI) ao sistema. Esse dispositivo, obrigatório para uso do IT-Médico em locais do grupo 2 (NBR 13534, 2008), é o responsável em monitorar o sistema e identificar possíveis falhas. Por fim, o Painel anunciador recebe a mensagem do DSI e, em caso de falha, avisa a equipe que há um problema no sistema, emitindo um alarme sonoro e também visual. Esse equipamento deve estar posicionado em um local que possa ser constantemente supervisionado e em um local que possa ser possível de ser ouvido (NBR 13534, 2008). A Figura 16 demonstra de maneira simplificada exemplo de ligação de um sistema IT-Médico.

Figura 16 – Exemplo de ligação de um sistema IT-Médico



Fonte: Adaptado de Curso Projeto Elétrico (2021)

Na ocorrência da primeira falha, o DSI faz a indicação da mesma através do alarme sonoro e visual. Uma baixa corrente se desenvolve então, devido às capacidades de dispersão da rede. Esta falha então monitorada deverá ser localizada obrigatoriamente para que seja rapidamente eliminada. No caso de ocorrer uma segunda falha antes da eliminação da primeira, o sistema terá duas falhas simultâneas, e os quadros das cargas afetadas serão levados ao potencial desenvolvido pela corrente de falta no condutor de proteção, conectando-os e causando risco de choque elétrico por toque, o que acarreta na interrupção total do sistema através de proteção contra sobrecorrente (disjuntores).

3.2 Vantagens e desvantagens

A principal vantagem de usar o sistema IT-Médico é sem dúvida a continuidade de serviço em caso de ocorrência de uma primeira falha. Outro ponto forte desse sistema é a limitação da corrente de curto-circuito de forma que não resulte em choques elétricos para os seres humanos e que também não danifique os componentes da instalação.

Algumas desvantagens podem ser percebidas na aplicação desse sistema. Entre elas, o fato de que o sistema requer pessoal de manutenção para monitoramento e operação do mesmo,

além do aumento no custo total do projeto por inclusão de equipamentos auxiliares no controle do sistema e detecção de falha.

O sistema IT-Médico constitui um sistema responsável pela alimentação dos circuitos dentro da UTI que serão destinados ao uso de EEM, por apresentar características específicas para esses tipos de equipamentos. Estes sistemas são específicos para contribuir positivamente na segurança contra acidentes elétricos. Se um hospital possui esse sistema implantado, sem dúvidas se torna mais confiável e, considerando a importância de uma vida, auxiliar para que haja o fornecimento de energia com qualidade é fundamental.

O uso do esquema IT (feito através do transformador de separação) no projeto oferece a melhor continuidade de fornecimento de energia. Se a primeira falha for corrigida assim que detectada, o sistema garante a prevenção sistemática de interrupções de fornecimento.

3.3 Hospitais com sistema IT-Médico no Brasil

No ano de 1995 foi criada a primeira norma no Brasil específica para EAS. Desde então, novos projetos têm a obrigatoriedade de usar o sistema IT-Médico em ambientes do grupo 2. Porém, instalações já existentes não são obrigadas a adequar seu projeto elétrico, apenas em caso de reformas do local. Junto a isso, o alto custo para a implantação e a falta de pessoal capacitado podem ser outro fator pelo qual unidades mais antigas de saúde não aderem a esse sistema.

Apesar de ser uma regulamentação relativamente nova, alguns hospitais brasileiros já possuem o sistema IT-Médico em funcionamento, sejam em UTIs ou salas de cirurgia. Como exemplo podemos citar o Complexo Hospitalar de Uberlândia, o Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia (no Rio de Janeiro), o Hospital Moinhos de Vento (em Porto Alegre), o Hospital do Câncer e o Hospital Sírio Libanês, ambos em São Paulo (ELOMED, 2022).

4 DESENVOLVIMENTO

Este projeto foi desenvolvido através do levantamento de dados de uma unidade hospitalar situada em Ponta Grossa – PR, e de estudos baseados em normas a fim de atender a necessidade do ambiente da UTI Neopediátrica do hospital. Essa UTI teria a finalidade de receber pacientes recém-nascidos e também crianças.

Inicialmente o hospital forneceu o projeto arquitetônico com descrição do leiaute da UTI, bem como a quantidade e localização dos leitos, da área da enfermaria, além dos equipamentos que seriam utilizados dentro da UTI que o hospital já possuía. A partir disso foi possível dar início ao projeto elétrico.

Com as informações obtidas, como a quantidade de leitos e os equipamentos necessários para cada um deles e, atentando-se às especificações das normas referidas anteriormente a estes tipos de ambiente (grupo 2), foi verificado através da NBR 13534 (2008) a obrigatoriedade da utilização do sistema IT-Médico. Após aprovação do hospital, foi iniciado o desenvolvimento do projeto elétrico na planta.

Inicialmente foi definida a quantidade e o uso de pontos baseando-se na NBR 13534 (2008), que estabelece o mínimo de pontos que uma UTI deve possuir. Além disso, foi realizado um levantamento de todos os equipamentos eletromédicos já adquiridos pela unidade hospitalar que seriam instalados na UTI.

O projeto elétrico da UTI Neopediátrica foi realizado por um todo, desde a iluminação, projeto de voz e dados e até pontos gerais de tomada e ar condicionado, com alimentação específica e obedecendo às normas específicas. Porém, no presente desenvolvimento deste trabalho trataremos apenas dos pontos do sistema IT-Médico e sua alimentação.

O levantamento das áreas dentro da UTI a serem alimentadas pelo sistema IT-Médico pode ser observada no Quadro 1.

Quadro 1 – Levantamento das áreas alimentadas pelo IT-Médico

Descrição do local	Quantidade
Box pediátrico	3
UTI Neopediátrica	2
UTI Neopediátrica - isolamento	1

Fonte: Autoria própria (2023)

O leiaute da UTI contendo a localização dos boxes e leitos pode ser observada na planta elétrica no Apêndice 1. Após, foi realizado o levantamento dos equipamentos a serem utilizados em cada local:

- Box pediátrico: em cada box ficaria uma régua hospitalar com tomadas para alimentação dos equipamentos (tanto 127V quanto 220V) com o sistema IT-Médico.
- UTI Neopediátrica: nessa área para recém-nascidos, além dos pontos elétricos na régua (127V e 220V), também foi disposta uma tomada na parede, específica para alimentação da incubadora que seria um equipamento fixo para esse local, totalizando duas incubadoras pois esse local tinha uma área maior e caberiam dois leitos.
- UTI Neopediátrica isolamento: essa área também teria os mesmos equipamentos da UTI para recém-nascidos: uma incubadora com tomada específica, além da régua com tomadas das duas tensões (127V e 220V), para eventual necessidade de uso de outros equipamentos.

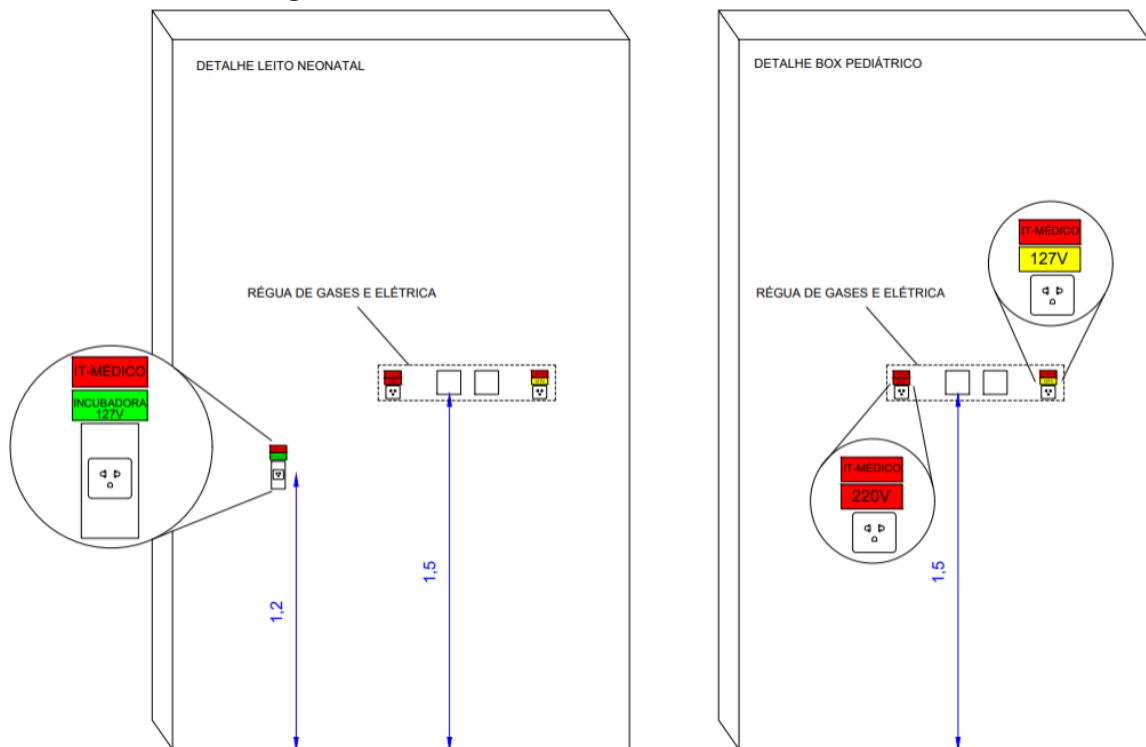
A UTI possui então, no total, 3 incubadoras para recém-nascidos, sendo uma delas em área de isolamento, além de 3 boxes pediátricos, com camas de leito. Por este ser um local de intensa utilização de variados equipamentos biomédicos e, levando em consideração os equipamentos já existentes no hospital, a instalação elétrica foi projetada de modo a oferecer ambas as tensões elétricas nas tomadas: 127V e 220V.

A partir disso e, de acordo com o leiaute da planta e a quantidade de leitos, foram definidas as posições dos pontos e tomadas que seriam atendidos pelo sistema IT-Médico. Foi especificado então que, para cada leito de recém-nascidos, os pontos do sistema IT-Médico nas tensões 127V e 220V seriam alocados na régua hospitalar, e mais um ponto na parede para alimentação 127V da incubadora neonatal. Nos boxes pediátricos foram especificados apenas pontos de alimentação 127V e 220V alocados na régua.

A Figura 17 mostra um detalhe da posição das tomadas e régua para os leitos de recém-nascidos (à esquerda) e dos boxes pediátricos (à direita), com suas respectivas identificações.

Nesse detalhe é possível verificar também que todas as tomadas pertencentes ao sistema IT-Médico seriam devidamente identificadas para que não fossem utilizadas na alimentação de outros equipamentos. Na identificação, além da tensão da tomada, constaria também a identificação “IT-Médico”.

Figura 17 – Detalhe das tomadas de alimentação da UTI



Fonte: Autoria própria (2023)

Lembrando que outros pontos de tomadas gerais foram projetados para os leitos e boxes, porém não estão inclusos no sistema IT-Médico pois servirão para alimentar aparelhos adjacentes, ou seja, aparelhos que não necessitam de alimentação contínua ou que não apresentem risco à vida no caso de desligamento. Os pontos alimentados pelo sistema IT-Médico são pontos específicos projetados a fim de suprir a necessidade de qualquer aparelho que necessite permanecer ligado.

Como pode ser observado no detalhe da figura 16, o padrão de tomadas utilizado nas régua hospitalares que são alimentadas pelo sistema IT-Médico são diferentes dos demais (que seguiram o novo padrão de três pinos redondos), de forma que dificulte a utilização dessa tomada específica com outros equipamentos que não devam ser alimentados por esse sistema. O mesmo padrão foi utilizado na parede para as incubadoras, pois o plug do cabo de alimentação era do mesmo modelo, que é no caso o padrão antigo de tomadas, como mostra a Figura 18.

Figura 18 – Padrão de tomadas usado no sistema IT-Médico



Fonte: Autoria própria (2023)

Além dos pontos de tomada, foram também alocados os dispositivos sinalizadores obrigatórios para o sistema IT-Médico, posicionados estrategicamente próximo ao posto de enfermagem da UTI. Essa central de alarme deve estar posicionada em um local de fácil acesso. A planta com o projeto de todos os pontos pode ser visualizada no Apêndice 1.

Após todo o levantamento dos locais a serem atendidos pelo sistema IT-Médico, assim como a quantidade de leitos e a quantidade de pontos por leito, foi possível iniciar o cálculo das demandas que o sistema deveria alimentar.

4.1 Equipamentos alimentados pelo sistema IT-Médico

As incubadoras que o hospital já possuía e seriam utilizadas nos três leitos neonatais são do modelo da Figura 19.

Figura 19 - Incubadora Fanem C 186 TS



Fonte: Catálogo Fanem (2012)

As réguas hospitalares alocadas em todos os leitos teriam tanto tomadas elétricas quanto o fornecimento de gases, como mostra o modelo da Figura 20. Pode-se notar nessa figura a diferença do padrão das tomadas gerais (na parte superior da régua) e as tomadas alimentadas pelo sistema IT-Médico (na parte inferior da régua).

Figura 20 - Régua elétrica e de gases Air Liquide Conectal



Fonte: Autoria própria (2018)

4.2 Definição de cargas e circuitos

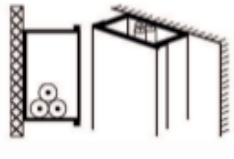
Após o levantamento de todos os equipamentos a serem instalados ou possivelmente utilizados e o posicionamento dos pontos na planta, os circuitos foram divididos conforme a maneira que seriam alimentados pelos quadros do sistema IT-Médico. O critério para divisão dos circuitos foi o seguinte: cada régua receberia um circuito 127V e um 220V. As duas tensões foram utilizadas em todos os leitos para que se tivesse as duas opções de alimentação elétrica para os diferentes equipamentos eletromédicos.

Os circuitos das incubadoras foram especificados com a tensão 127V por ser a tensão de alimentação das incubadoras já existentes, sendo especificado circuitos individuais para cada incubadora. A potência dos circuitos de tomada das incubadoras foi considerada de 500VA, considerando a potência do equipamento. Para os demais circuitos que alimentariam diferentes equipamentos (dependendo da necessidade), a potência foi considerada de acordo com a norma técnica NBR 13534 (2008).

Em UTIs pediátricas e neonatais, deve ser previsto pelo menos uma tomada por leito, com potência mínima de 1000VA, com circuito exclusivo, aterrado e devidamente especificado. Estas tomadas devem estar a uma distância de 1,20m do piso, a fim de facilitar a instalação dos equipamentos. As partes metálicas que não pertencem à instalação devem ser equipotencializadas com o sistema da unidade (NBR 13534, 2008).

Os cabos de alimentação utilizados foram unipolares. O cabeamento do sistema IT-Médico, desde os quadros de disjuntores até a sala da UTI, foi suportado por uma eletrocalha aparente, utilizando o método de instalação 32 da NBR 5410 (2004) conforme a Figura 21, ficando assim definido o método de referência B1 na determinação de capacidade de corrente.

Figura 21 – Tipo de linha elétrica

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
31 32		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical	B1

Fonte: NBR 5410 (2004)

Os cabos de alimentação foram definidos através dos valores das potências dos circuitos, e o cálculo da corrente elétrica é realizado dividindo o valor da potência pelo valor da tensão de alimentação. Considerando que todos os circuitos haviam potências relativamente baixas (500 e 1000 VA), foi utilizado como padrão o cabo de 2,5mm², que é o padrão mínimo definido pela empresa responsável pelo projeto. Esse cabo suporta corrente máxima de 21A para o método de referência B1 (cabos unipolares em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical), conforme a NBR 5410 (2004). Como nenhum dos circuitos possui corrente maior que esse valor, todos os cabos utilizados (com exceção dos cabos de alimentação dos quadros elétricos) foram de mesma bitola.

Além disso, segundo a NBR13534 (2008), todos os condutores de alimentação devem ser protegidos por disjuntores bipolares, como já descrito anteriormente. Isso porque esse dispositivo deve seccionar simultaneamente os condutores da alimentação.

Após definidos os circuitos, foi necessário definir a potência dos transformadores de separação. Como os transformadores de separação de um sistema IT-Médico são monofásicos, para suprir a necessidade dessa UTI foram necessários dois equipamentos distintos. Cada nível de tensão vem de quadros distintos que, por sua vez, vieram de transformadores distintos. Neste projeto foram utilizadas as tensões 127V e 220V, e os quadros de alimentação foram nomeados como QDUTINEO127V e QDUTINEO220V, respectivamente.

Os circuitos com suas respectivas descrições e valores das potências, da seção do cabo, do disjuntor e da tensão de cada um podem ser observados nas Tabelas 1 e 2. A Tabela 1 traz os circuitos alimentados pelo quadro 127V e a Tabela 2 traz os circuitos de 220V.

Tabela 1 – Cargas do QD do sistema IT-Médico da UTI Neopediátrica 127V

Circuito	Descrição do circuito	Potência (VA)	Seção do cabo (mm²)	Disjuntor (A)	Tensão (V)
1	Incubadora	500	2,5	6	127
2	Incubadora	500	2,5	6	127
3	Incubadora	500	2,5	6	127
4	Tom.régua UTIneo isolamento	1000	2,5	10	127
5	Tom.régua UTIneo 1	1000	2,5	10	127
6	Tom.régua UTIneo 2	1000	2,5	10	127
7	Tom.régua UTIbox pediátrico 1	1000	2,5	10	127
8	Tom.régua UTIbox pediátrico 2	1000	2,5	10	127
9	Tom.régua UTIbox pediátrico 3	1000	2,5	10	127
TOTAL		7500	16	63	127

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 2 – Cargas do QD do sistema IT-Médico da UTI Neopediátrica 220V

Circuito	Descrição do circuito	Potência (VA)	Seção do cabo (mm²)	Disjuntor (A)	Tensão (V)
1	Tom.régua UTIneo isolamento	1000	2,5	6	220
2	Tom.régua UTIneo 1	1000	2,5	6	220
3	Tom.régua UTIneo 2	1000	2,5	6	220
4	Tom.régua UTIbox pediátrico 1	1000	2,5	6	220
5	Tom.régua UTIbox pediátrico 2	1000	2,5	6	220
6	Tom.régua UTIbox pediátrico 3	1000	2,5	6	220
TOTAL		6000	6	32	220

Fonte: Autoria própria (2022)

Após o levantamento das cargas, o valor total da potência demandada foi de 7,5kVA para o sistema com tensão de alimentação de 127V e de 6kVA para o sistema com tensão de alimentação 220V. Porém, ao se definir as potências dos transformadores de separação que seriam utilizados no sistema, optou-se por utilizar dois transformadores com potência de 7,5kVA.

Isso porque no momento do projeto foi discutido que seria interessante que houvesse uma sobra já prevista para uma futura possibilidade de instalação de mais algum ponto ou novo equipamento que poderia ser adquirido mais adiante. Nesse caso, não havia necessidade de fazer isso para duas diferentes tensões, uma já seria suficiente, visto que conforme maior a potência do transformador maior o custo envolvido.

A NBR 13534 (2008) prevê que cada sala do grupo 2 deve possuir um transformador de separação exclusivo. A UTI em questão, por se tratar de um ambiente único, necessitaria apenas de um transformador de separação para todo o ambiente. Neste caso foram considerados dois transformadores pela necessidade do hospital de possuir duas diferentes tensões. É importante ressaltar que os transformadores devem ser equipamentos próprios para uso hospitalar. Para fácil identificação, esses equipamentos possuem um símbolo na sua etiqueta, conferindo que passaram nos testes exigidos pela norma IEC 61558-2-15 (2014) e NBR13534 (2008). A Figura 22 apresenta o símbolo que o transformador deve apresentar.

Figura 22 – Símbolo indicativo de equipamento hospitalar

Fonte: Autoria própria (2018)

Os transformadores utilizados no projeto são transformadores separadores da empresa CM Comandos Lineares, as Fotografias 1 e 2 dispostas abaixo descrevem suas especificações.

Fotografia 1- Transformador de separação 127V



Fonte: Autoria própria (2018)

Fotografia 2 - Transformador de separação 220V



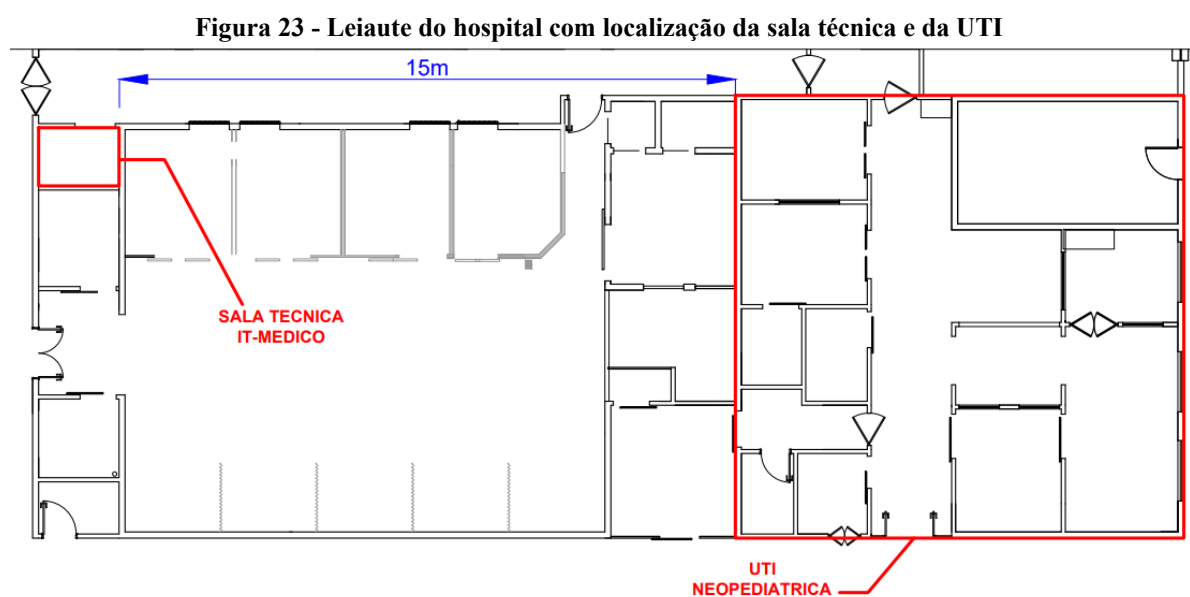
Fonte: Autoria própria (2018)

Os quadros com seus respectivos transformadores do sistema IT-Médico foram alimentados por um quadro elétrico já existente na unidade. O hospital possui um sistema de gerador que, no caso da queda da rede da concessionária, assume a alimentação desses equipamentos, a fim de garantir o fornecimento de energia.

O uso de *nobreaks* para o sistema IT-Médico não é obrigatório segundo a NBR 13534 (2008), pois todos os equipamentos do grupo 2 já possuem baterias internas. Nesse caso a norma já utiliza desse benefício que o aparelho possui no caso da ocorrência de uma queda de energia advinda da concessionária, pois quando ocorre há um pequeno tempo em que demora para o gerador assumir o fornecimento da energia elétrica.

Para definir o local onde os transformadores seriam alocados, juntamente com os quadros do sistema IT-Médico, foi considerado a distância que eles ficariam do local da UTI, obedecendo as especificações da NBR 13534 (2008), onde é determinado que o transformador deve ser instalado em um local próximo ao local que ele alimenta, porém de forma segregada.

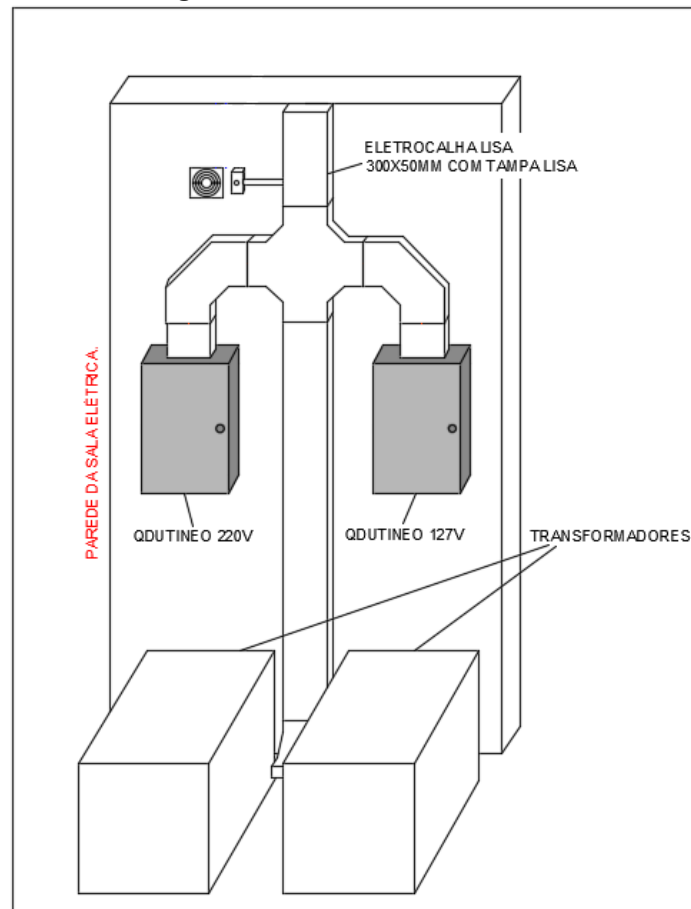
Obedecendo às normas vigentes, foi projetada então uma sala técnica exclusiva para alocar a sala técnica à distância de aproximadamente 15 metros do local a ser alimentado. A Figura 23 mostra a localização da sala técnica com os transformadores em relação à UTI Neopediátrica, ambos demarcados pelos retângulos em vermelho.



Fonte: Autoria própria (2022)

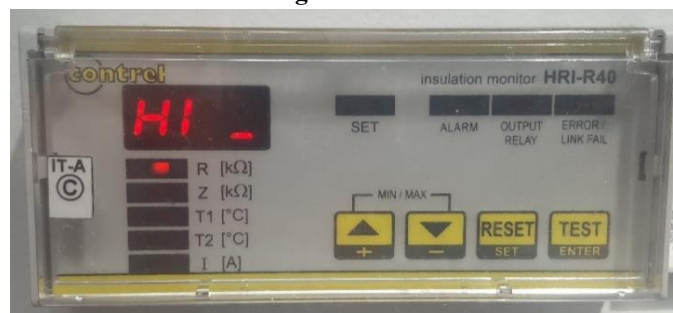
Na Figura 24 é possível verificar um detalhe ilustrativo de como foi projetada a sala técnica com a disposição dos dois transformadores separadores e seus respectivos quadros elétricos do sistema IT-Médico. Os transformadores alimentam os quadros elétricos, e os quadros elétricos alimentam os circuitos do sistema IT-Médico através da eletrocalha que passa entre os dois transformadores e vai até a UTI, para então distribuir a alimentação para cada circuito.

Dentro de cada um dos quadros elétricos foram alocados o disjuntor geral, os disjuntores de proteção de cada circuito (todos bipolares) e o dispositivo de supervisão de isolamento (DSI), além do barramento de terra onde seriam conectados os cabos de terra dos circuitos para aterramento dos equipamentos alimentados pelo sistema.

Figura 24 – Sala Técnica Sistema IT-Médico

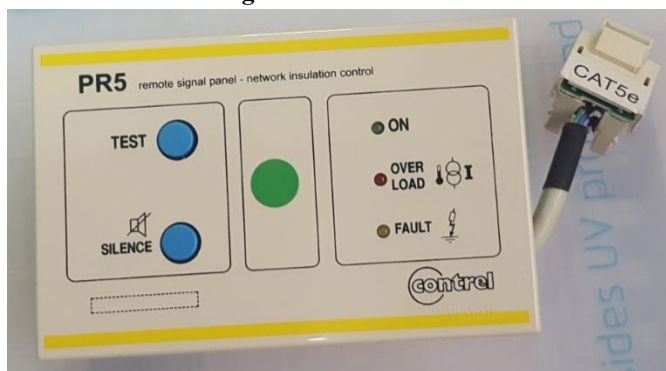
Fonte: Autoria própria (2022)

Os DSIs foram instalados dentro de cada um dos dois quadros e os anunciadores foram instalados no local onde situava-se o posto de enfermagem da UTI Neopediátrica, um ponto estratégico para que o alarme possa ser ouvido de qualquer parte da UTI e para que possa ser facilmente manuseado pelos responsáveis. Cada anunciador contém um aviso sonoro e um visual. As Fotografias 3 e 4 mostram um dos DSIs utilizados e um dos sinalizadores instalados, respectivamente. Para os dois sistemas com tensão 127V e 220V foi utilizado o mesmo modelo de DSI e sinalizador.

Fotografia 3 – DSI

Fonte: Autoria própria (2018)

Fotografia 4 – Sinalizador.



Fonte: Autoria própria (2018)

4.3 Infraestrutura e execução

Por haver dentro do hospital outro sistema de aterramento para os demais ambientes (sistema TN-S), foi necessário que as tomadas do sistema IT-Médico fossem devidamente identificadas como pertencentes do mesmo, não podendo haver conexão entre tomadas com diferente sistema de aterramento.

A distribuição da fiação dos circuitos referentes ao sistema IT-Médico foi feita isoladamente dos demais circuitos já existentes do hospital, e ao longo das eletrocalhas exclusivas do sistema IT-Médico foram fixadas placas de aviso dizendo que ali passam somente circuitos do sistema IT-Médico, como descrito na NBR13534 (2008). A infraestrutura da instalação foi projetada de maneira que nenhuma fiação entrasse em contato com os circuitos gerais do hospital, sejam nos eletrodutos ou nas eletrocalhas.

É importante nessa etapa do projeto salientar a importância de se ter uma infraestrutura separada dos demais circuitos da unidade hospitalar pois, se em uma hipótese os circuitos do sistema IT-Médico estivessem em uma mesma eletrocalha que os circuitos gerais do hospital, qualquer alteração na instalação elétrica desse hospital poderia resultar em um futuro problema na detecção da falha do sistema, pois se por alguma desventura o responsável por essa alteração usasse a fiação do sistema IT-Médico e o utilizasse para instalar alguma tomada qualquer por exemplo, seria muito mais difícil encontrar o problema no caso de uma falha elétrica, pois os circuitos não seriam mais exclusivos da UTI Neopediátrica. Isso além da isolação do sistema, que poderia ser comprometida.

5 RESULTADOS

Após seguir todas as orientações das normas vigentes para projetar o sistema IT-Médico na UTI Neopediátrica e realizar a execução do projeto, é possível verificar na Fotografia 5 o resultado quase finalizado da sala técnica projetada. Importante salientar que essa sala técnica é exclusiva do sistema IT-Médico, sendo os dois transformadores de separação, assim como os respectivos quadros elétricos que eles alimentam e a eletrocalha exclusiva instalada, que leva toda a fiação elétrica desse sistema até a UTI.

Fotografia 5 – Sala técnica do sistema IT-Médico



Fonte: Autoria própria (2018)

Após finalizado o projeto elétrico e a execução, foram realizados testes do funcionamento do sistema IT-Médico, a fim de verificar e validar seu funcionamento.

Lembrando que os equipamentos elétricos que foram adquiridos e utilizados na obra são todos certificados e foram submetidos na fábrica a testes e inspeção, tanto da parte visual, quanto da parte mecânica e elétrica.

Foram realizados nos dois quadros elétricos, testes de isolamento entre terminais e terra, para garantir um valor de resistência não inferior a $100\text{M}\Omega$, além de testes de operação elétrica da continuidade de todos os circuitos.

5.1 Teste de funcionamento do sistema IT-Médico

Para que fosse comprovado o funcionamento do sistema antes de iniciar a operação e funcionamento da UTI, o sistema IT-Médico foi submetido a alguns testes. O principal teste realizado após a execução do projeto foi verificar o funcionamento do sistema em si, sem nenhum equipamento conectado à alimentação. Os disjuntores gerais dos dois quadros alimentadores foram acionados, porém inicialmente sem nenhuma carga conectada. Verificou-se então que nenhum alarme foi disparado e que o DSI não apontava nenhuma falha.

Após, foi analisado o funcionamento do sistema em uma condição de trabalho ideal, simulando o funcionamento no dia a dia. Para isso, foram conectados alguns aparelhos eletromédicos na tomada do sistema, entre eles um monitor de sinais vitais, um ventilador pulmonar, um eletrocardiógrafo e as incubadoras, e novamente sem a ocorrência de nenhuma falha.

O próximo teste foi um curto-circuito intencional da fase com o terra, feito através de um *jumper* que conectava os cabos alimentadores de fase e terra na própria tomada da UTI. Para esse teste, o sistema deveria entrar em funcionamento tanto a parte de alarmes quanto a continuidade do fornecimento de energia. Quando realizado o curto-circuito, os alarmes presentes nos sinalizadores soaram, indicando falha no sistema. Foi possível silenciá-los, porém a luz continuou acesa indicando que havia um problema. O DSI apontou no seu visor que o valor da resistência estava abaixo do limite mínimo ($50\text{k}\Omega$), evidenciando a falha. Esse teste demonstrou que o sistema estava funcionando conforme projetado para a detecção da falha e continuidade do serviço.

A Fotografia 6 mostra o indicador no visor do DSI no momento em que a resistência atinge um valor abaixo do pré-estabelecido, acendendo uma luz indicativa na resistência de isolamento. É possível identificar no visor que o aparelho não nos dá o valor exato da resistência no momento, por se tratar de um dispositivo mais básico. Ele nos passa somente a informação de que o valor está abaixo do limite mínimo, indicando com a luz vermelha.

Fotografia 6 - Indicação do DSI com curto-circuito e queda da resistência de isolamento



Fonte: Autoria própria (2018)

O próximo teste foi verificar o desligamento dos disjuntores de proteção de cada circuito, a fim de testar se era possível identificar o circuito em que havia ocorrido a falha. Deixando um dos circuitos em curto-circuito, foi desligado os disjuntores de um em um, desarmando e rearmando novamente. A cada disjuntor desarmado, o sistema continuava apresentando a falha, até que fosse desligado o disjuntor que alimentava a tomada curto-circuitada. Nesse momento o alarme desligou e o sistema voltou ao seu funcionamento normal. Esse método foi aplicado nesse caso para testar uma maneira eficaz de como definir onde ocorreu a falha, visto que é um sistema mais simples entre os existentes hoje no mercado, pois alguns contam com uma tecnologia que localiza o ponto de falha.

Outra maneira de detectar possível falha no circuito seria desconectar o cabo de terra de cada circuito do barramento de terra no quadro elétrico, um por um, até que o sistema pare de alarmar, indicando que o problema está nesse circuito. Para isso é importante que cada circuito tenha seu cabo de terra separado, como realizado nesse projeto, e que sejam devidamente identificados antes de conectá-los ao barramento.

O valor da resistência com o funcionamento ideal do sistema, sem falhas, fica próxima a $1\text{M}\Omega$, certificando a boa isolação realizada pelos transformadores. Quando realizado o teste de curto-circuito, o valor da resistência diminuiu drasticamente, ficando próxima de $50\text{K}\Omega$. Nesse momento houve indicação no DSI que fica no quadro elétrico e também o alarme sonoro no sinalizador, conforme previsto. Com esses testes foi possível verificar todos os índices que demonstram o bom funcionamento do sistema. Após realizados todos esses testes, o projeto foi finalizado e a UTI pôde entrar em operação.

6 CONCLUSÃO

Por meio do presente trabalho foi possível enfocar todos os aspectos que envolvem instalações elétricas hospitalares, enfatizando as ações necessárias no momento de se projetar uma instalação para UTIs, de modo que o sistema elétrico funcione com qualidade, segurança e dentro das normas.

É importante ressaltar a qualidade que o sistema trouxe para a UTI Neopediátrica e para o hospital, conferindo maior garantia e segurança no tratamento dos pacientes.

O sistema elétrico para esses locais precisa ser bem projetado, caso contrário, ele não poderá oferecer a proteção necessária para o sistema, os aparelhos e principalmente para os pacientes envolvidos, causando choques elétricos, danificando os equipamentos ou interrompendo a alimentação elétrica em momento indevido. Além disso, também é válido ressaltar a importância de se ter pessoas capacitadas que estarão em contato direto com esse sistema, para poder utilizá-lo da maneira correta e saber os procedimentos corretos a se seguir no caso de uma não conformidade.

Tendo em vista o projeto realizado nesse hospital, podemos sugerir como melhoria a aquisição de um sistema mais robusto, com mais tecnologias e informações para rápida detecção do local da falha, a fim de detectá-la em menor tempo, garantido a manutenção com maior rapidez e eficácia. Porém isso envolve um custo maior, que no caso seria decisão do proprietário, em vista de que essa parte do sistema é opcional conforme a NBR 13534 (2008).

O sistema de aterramento IT é muito eficaz no que diz respeito a fornecer continuidade à uma rede mesmo apresentando uma falha, porém por ter uma maior complexidade e um custo maior, geralmente esse tipo de sistema fica restrito aos casos onde uma primeira falha não pode afetar uma rede causando o desligamento imediato da alimentação, como por exemplo, salas de cirurgia, processos metalúrgicos e UTIs. Hoje temos a RDC 50 (2002) e a NBR 13534 (2008) que são as principais regulamentadoras desse sistema no Brasil e tornam obrigatório seu uso em UTIs. Porém, no Brasil, a fiscalização em hospitais acerca desse assunto é precária, facilitando ainda mais para que alguns locais acabem projetando um sistema em desconformidade com as normas vigentes (CURSO PROJETO ELÉTRICO, 2021)

Portanto, ao construir, ampliar ou até mesmo ao reformar um hospital, é necessário se atentar à todas estas normas regulamentadoras, garantindo maior segurança aos pacientes, preservando a vida de quem de alguma forma vier a depender desse sistema.

Para fins acadêmicos, nota-se a importância de que esse assunto tenha uma abrangência maior, visto que ainda são poucos os relatos encontrados acerca desse sistema e, em vista de que apresenta uma solução que pode salvar uma vida, esse tema deve ganhar mais atenção de forma a torná-lo mais acessível e de fácil compreensão. A bibliografia se restringe basicamente às normatizações nacionais e internacionais e alguns artigos técnicos. A maioria dos livros existentes na área tratam de forma superficial as necessidades de instalações elétricas para unidades hospitalares. Mas por se tratar de uma solução recente, ainda há muito a se descobrir e desenvolver, tendo em vista que a cada ano que passa surgem novas tecnologias, voltadas a elevar a expectativa de vida, provocando uma mudança e um aprimoramento dos sistemas de proteção nesses estabelecimentos.

Tendo em vista que a área da saúde está em constante evolução, é evidente que as instalações elétricas hospitalares devam caminhar de forma que atendam às exigências previstas em norma, com o intuito de garantir qualidade, segurança e confiabilidade na utilização de equipamentos eletromédicos.

Por fim, é importante ressaltar que para minimizar os riscos de choque elétrico em uma UTI, é essencial não apenas um sistema eficiente, mas também é muito importante seguir rigorosamente os padrões de segurança elétrica, realizar manutenções preventivas regulares nos equipamentos e garantir ainda que os profissionais de saúde que estarão em contato diariamente com o sistema estejam devidamente treinados para interpretar um problema no sistema e saber o momento certo de acionar a equipe técnica de manutenção.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Lucimara; DA SILVA, Patrick K.; CARVALHO, Rafael O. G. **Instalações elétricas em hospitais e instituições de saúde**. Unijuí, 2017.
- ANVISA. Ministério da saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 50. Brasília: Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR IEC 60601-1: Equipamento eletromédicos - Parte 1 - Prescrições para segurança. Rio de Janeiro: Abnt, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR IEC 60364-7-710. **Requisitos para instalações ou locais especiais - Locais médicos**. 2021
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR IEC 60479-1: **Efeitos da corrente sobre seres humanos e animais domésticos**. Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR IEC 61558-2-15. **Safety of transformers, reactors, power supply units and combinations thereof - Part 2-15: Particular requirements and tests for isolating transformers for the supply of medical locations**. 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13534**: Instalações elétricas em estabelecimentos assistenciais de saúde – requisitos para segurança. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15749**: Medição de Resistência de Aterramento e de Potenciais na Superfície do Solo em Sistemas de Aterramento. ABNT, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações Elétricas. ABNT, 2004.
- BENDER, Rdi. **Sistema IT Médico**. Disponível em: <<http://rdibender.com.br/sistema-it/>>. Acesso em outubro de 2022.
- CAMINHA, A. C. **Introdução à proteção dos sistemas elétricos**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1977.
- CARPES, José Pereira, L. E. S. SPALDING, N. J. Bathistela. **A Method to Detect the Microshock Risk During a Surgical Procedure**. Vol.58, nº.7, 2009.
- CASTELLARI, Sérgio. **Instalações elétricas em estabelecimentos assistenciais de saúde**. Revista o setor elétrico. Capítulo 3, p. 28-40, 2013. Disponível em: <<https://www.osetoelettrico.com.br/capitulo-iii-instalacoes-eletricas-em-estabelecimentos-assistenciais-de-saude/>>. Acesso em maio de 2023.
- CURSO PROJETO ELÉTRICO. **Esquema IT Médico**: da teoria à prática de projeto | Projeto elétrico na prática EP-92. Youtube, 21 de setembro de 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=kY6kVQv_2q4>. Acesso em abril de 2023.
- DOBES, Maurício I. **Estudo em instalações elétricas hospitalares para segurança e funcionalidade de equipamentos eletromédicos**. Florianópolis, 1997.

DOMINGUES, Higor L. **Análise comparativa entre métodos de verificação das conexões de equipamentos à malha de aterramento em subestações energizadas**. Curitiba, 2011.

DRB Engenharia. (s.d.). **Aterramento Residencial**. DRB Engenharia. Disponível em: <<https://www.drb-m.org/aterramento-residencial.htm>>. Acesso em outubro de 2023.

ELOMED. **Sistemas IT-Médico – Elomed – desenvolvido para hospitais**. Disponível em: <<http://www.elomed.com.br/equipamento-hospitalar/12/sistema-it-medico--elomed--desenvolvido-para-hospitais>>. Acesso em outubro de 2022.

GEWEHR, Pedro M. **Riscos de choques elétricos presentes no ambiente médico-hospitalar: avaliação e prevenção**. Campinas, 1986.

KILDERMANN, G. **Choque elétrico**. Porto Alegre: Sagra, 1995.

LIMA, Deborah L. **Análise da qualidade e segurança elétrica em sala cirúrgica**. Universidade Federal do Mato Grosso do sul. Campo Grande, 2017.

NATIONAL ELECTRICAL CODE. **Artigo 100: Definitions**. Endereço eletrônico, disponível em: <<https://www.inwtraining.com/joomla1/images/documents/UNEC1/Art%20100%20Definitions.pdf>>. Acesso em maio de 2023.

NUPEHA. **IT médico evita falhas de energia e garante segurança do paciente**. Disponível em: <<http://hospitalarquitetura.com.br/servicoes-e-tecnologia/33-it-medico-evita-falhas-de-energia-e-garante-seguranca-do-paciente.html>>. Acesso em outubro de 2022.

PINHEIRO, Tiago F. L. **Sistemas de aterramento em baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2013.

RISCO ZERO. **Curso NR10 Reciclagem**. Disponível em: <<https://riscozerosc.com.br/curso/cursonr10-reciclagem/>>. Acesso em julho de 2023.

SPALDING, Luiz E. S. et al. **Capacitâncias parasitas no sistema IT-médico em instalações hospitalares**. Editora Berthier. 1ª ed. Passo Fundo, 2010.

VISACRO FILHO, S. **Aterramentos elétricos: conceitos básicos, técnicas de medição e instrumentação, filosofias de aterramento**. São Paulo: Artliber, 2002.

WEBSTER, J. G.; COOK, A. M. **Clinical engineering: principles and practices**. Cap. 7, Nova Jersey, 1979.

APÊNDICE 1
PLANTA ELÉTRICA UTI - SISTEMA IT-MÉDICO
ESCALA: 1:50



OBRA:	UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA NEOPEDIÁTRICA
REFERÊNCIA:	APÊNDICE 1
ESPECIFICAÇÃO:	PLANTA ELÉTRICA UTI - SISTEMA IT-MÉDICO

