

Ana Cristina Maurício Ferreira  
Wagner Barbosa da Costa  
Eliana Ferreira Santos  
(Organizadores)

# SISTEMAS BIOMEDICOS:

## Tecnologia em prol da vida



**Ana Cristina Maurício Ferreira  
Wagner Barbosa da Costa  
Eliaana Ferreira Santos  
(Organizadores)**

# **SISTEMAS BIOMEDICOS:**

**Tecnologia em  
prol da vida**

FERREIRA, A. C. M; COSTA, W. B; SANTOS, E. (Orgs).  
Sistemas biomédicos: tecnologia em prol da vida. 1<sup>ª</sup> Ed:  
Gradus Editora. Bauru, São Paulo. 2022.

## **FICHA TÉCNICA**

### **Editor-chefe**

Lucas Almeida Dias

### **Projeto gráfico**

Paulo Ricardo Cavalcante da Silva

### **Diagramação e Projeto gráfico**

Natália Huang Azevedo Hypólito

### **Revisão**

Ana Karolina de Melo Pessoa Oliveira

### **Comitê Editorial Científico – Gradus Editora 2021/2022**

Dra. Ana Beatriz Duarte Vieira

Dra. Ana Cláudia Bortolozzi

Dra. Andreia de Bem Machado

Dr. Carlos Gomes de Castro

Dra. Cintya de Oliveira Souza

Dra. Daniela Marques Saccaro

Dr. Douglas Manoel Antonio de Abreu Pestana Dos Santos

Dr. Fábio Roger Vasconcelos

Dra. Gladys del Carmen Medina Morales

Dr. Gustavo Schmitt

Dra Janaína Muniz Picolo

Dr. Leandro Antônio dos Santos

Dr. Luís Rafael Araújo Corrêa

Dra. Manuela Costa Melo

Dra. Márcia Lopes Reis

Dra. Renata Cristina Lopes Andrade

Dr. Thiago Henrique Omena

Dr. Yan Corrêa Rodrigues



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistemas biomédicos: tecnologia em prol da vida  
/ organizadores, FERREIRA, A. C. M; COSTA,  
W. B; SANTOS, E. F . - Bauru, SP: Gradus  
Editora, 2022. 166p.. : il. (algumas color.) ; PDF.

Inclui bibliografias.

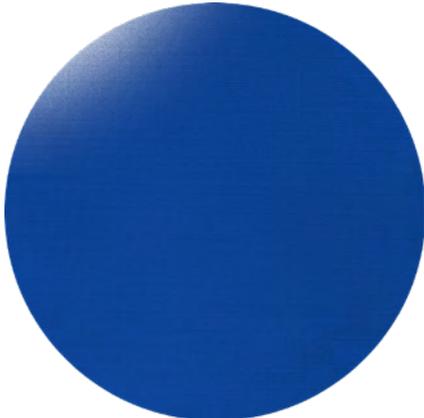
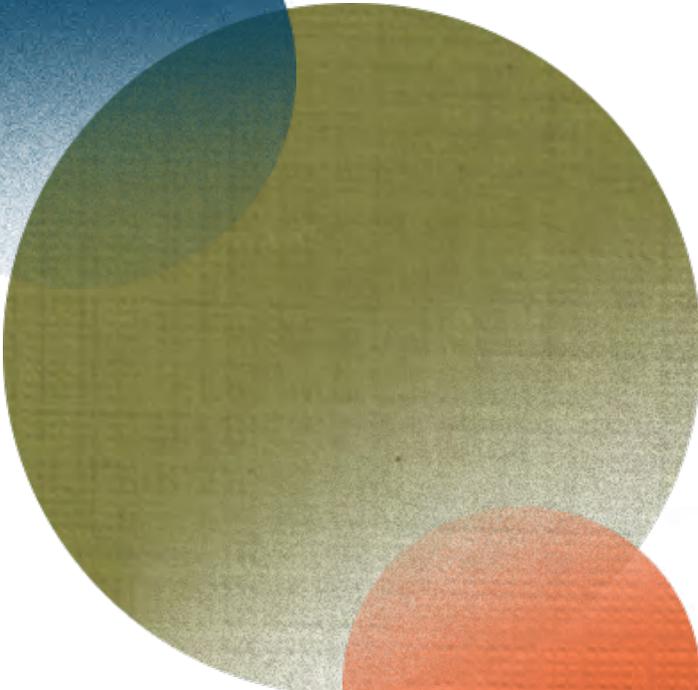
978-65-88496-76-3

1. Desenvolvimento científico 2. Produção  
acadêmica 3. Sistemas biomédicos

CDD 606.6

## SUMÁRIO

PREFÁCIO _____	9
TECNOLOGIA ASSISTIVA: DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO PARA AUXÍLIO DA VIDA DIÁRIA _____	13
Fernanda Queiroz Pimenta; Ana Cristina Maurício Ferreira; Wangner Barbosa da Costa	
APROVEITAMENTO DO DESCARTE DE ÁGUA DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA HEMODIÁLISE _____	37
Dioclecio de Jesus Tavares Félix Corrêa; João Victor Rojas Luiz	
REGENERAÇÃO DA RESINA DO DEIONIZADOR _____	49
Julia Pagliuso Lehn; Larissa da Paixão Ferreira; Fernanda Raimunda de Abreu	
TECNOLOGIA ASSISTIVA: PROPOSTA DE UM ANDADOR DESTINADO A DIFERENTES USUÁRIOS COM ÊNFASE EM PESSOAS QUE SOFRERAM AVC _____	63
Flávia Rocha Piedade Oliveira; Jaqueline Batista da Silva; Regileide Freitas de Godoy; Ana Cristina Maurício Ferreira	
LASER E FOTODIODO COMO FERRAMENTAS METODOLÓGICAS DE BAIXO CUSTO PARA ANÁLISE QUALITATIVA DO TEOR DE GORDURA DO LEITE BOVINO _____	79
Macaulay Massahiro Naka; Orisson Ponce Gomes; Wangner Barbosa da Costa; Nilton Francelosi Azevedo Neto	
VARIÁVEIS AVALIADAS PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE HEMODIÁLISE PARA PACIENTES RENAIIS AGUDOS EM UMA INSTITUIÇÃO DE SAÚDE _____	89
Luana Ferreira da Silva; Michele Batiston	
INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA EM EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES ____	109
Vancléia Soares da Silva; José Rodrigo de Oliveira	
PORTA ESCOVAS DENTAIS DE BAIXO CUSTO, COM DISPOSITIVO PARA DESINFECÇÃO COM CLOREXIDINA _____	125
Graziela Meira Marins; Ursulina Miranda Rocha dos Santos; Rafael Balan Diman; Rogéria Maria Alves de Almeida; Ana Cristina Mauricio Ferreira	
EFICIÊNCIA DA CAIXA COM LUZ LED UV-C PARA DESINFECÇÃO DE APARELHOS INTRAORAIS _____	135
Roberta Yukari Ossugui; Rafael Balan Diman; Rogéria Maria Alves de Almeida	
EQUIPAMENTOS NA CENTRAL DE MATERIAL E ESTERILIZAÇÃO _____	145
Igor Thiago de Carvalho Nascimento; Rogéria Maria Alves de Almeida	
GUIA PRÁTICO PARA MANUSEIO, LIMPEZA E MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE MICROSCÓPIO ÓPTICO _____	157
Carlos Valério Piéri Tonin; Rafael Balan Diman; Adriana Sierra Assencio Almeida Barbosa	



## PREFÁCIO

Este livro nasceu da ideia de reunirmos trabalhos de alunos e de docentes do curso de Sistemas Biomédicos, com o intuito de difundir o conhecimento de um curso que, surpreendentemente, é pouco conhecido. Anteriormente intitulado tecnologia em saúde, o curso envolve todo conhecimento humano relacionado à pesquisa e desenvolvimento de sistemas biomédicos. Pode ser entendido como todo sistema utilizado em diagnósticos, tratamento e suporte à vida.

O uso da tecnologia é fundamental em todas as áreas do conhecimento humano, não sendo diferente na área médica. Os equipamentos médicos hospitalares, utilizados em diagnósticos, análises clínicas, monitoramento de funções vitais, tratamentos dos diversos sistemas corpóreos, reabilitação, estética, envolvem técnicas e métodos desenvolvidos cientificamente.

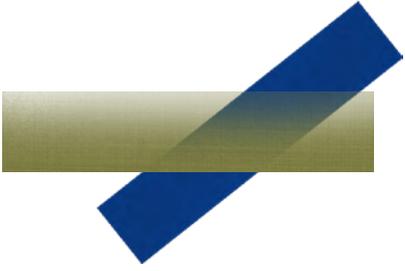
A diversidade de equipamentos nas instituições de saúde, resulta em benefícios aos gestores, eficácia e otimização do tempo aos profissionais envolvidos, rapidez no diagnóstico e segurança nos procedimentos médicos aos pacientes. Desta forma, é necessário e de suma importância a pesquisa voltada ao desenvolvimento de novas tecnologias e aprimoramento das existentes, para que se mantenha o nível de excelência e segurança de todo sistema biomédico.

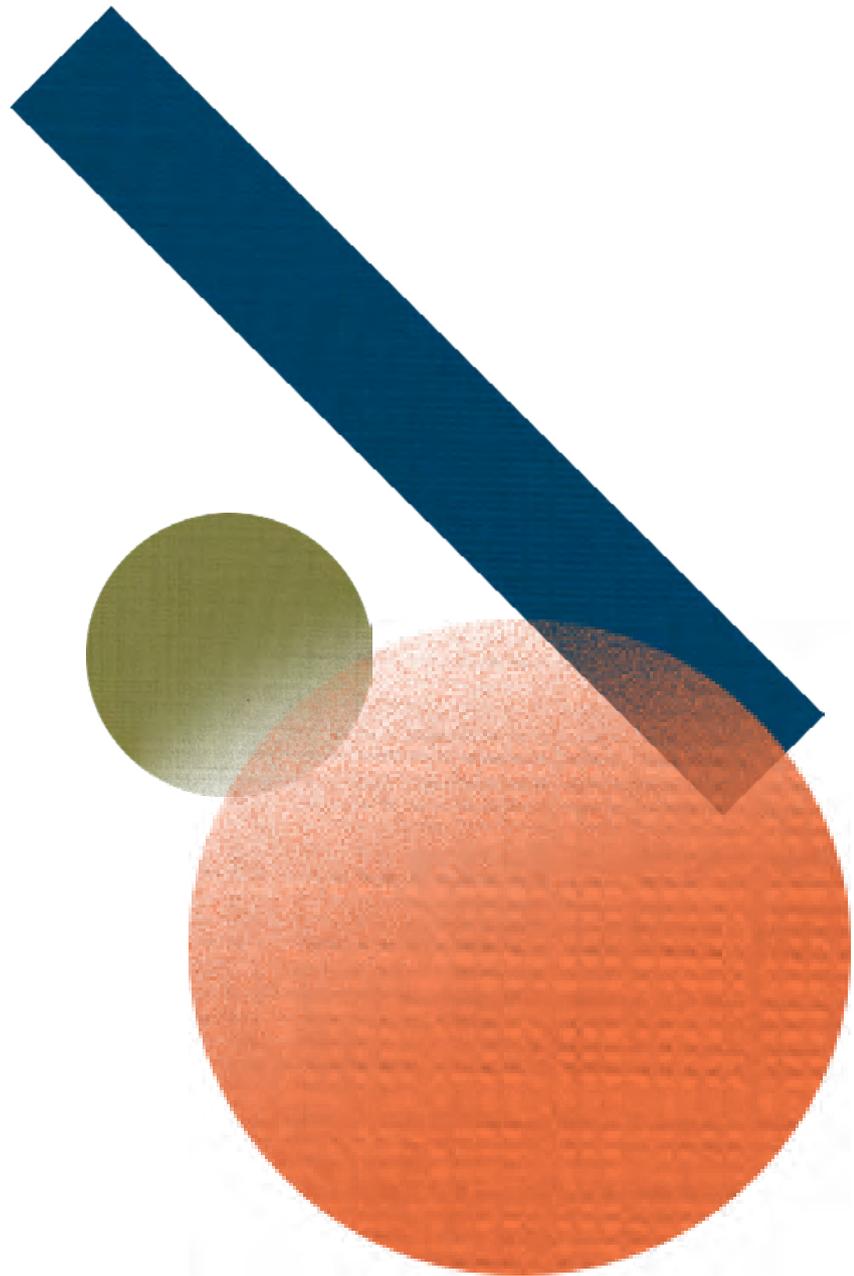
O objetivo deste livro é divulgar, à comunidade acadêmica e à sociedade, trabalhos realizados no desenvolvimento e/ou aprimoramento das tecnologias destinadas à manutenção da vida e da saúde, estudos, análises e desenvolvimentos de equipamentos médicos, hospitalares e odontológicos, estudos, análises e desenvolvimentos de sistemas de gestão de tecnologias utilizadas na área da saúde e práticas sustentáveis voltadas ao bom funcionamento de instituições de saúde e à melhoria nos cuidados dispensados ao paciente.

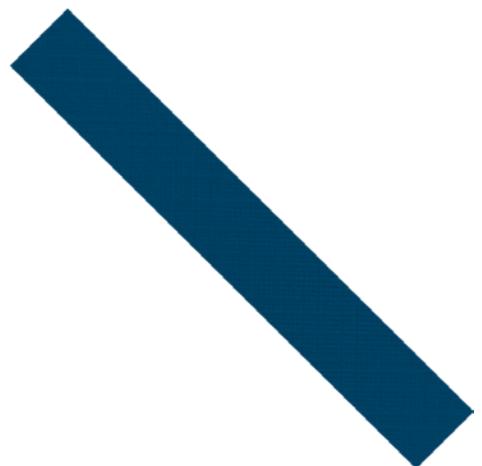
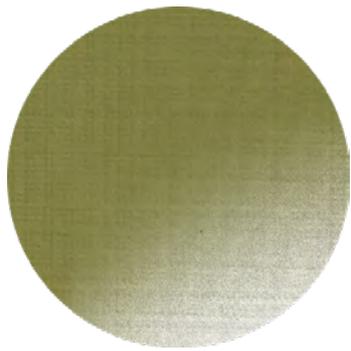
Pretendemos apresentar aplicações práticas do conhecimento científico, trazendo à luz a importância da tecnologia em nossas vidas.

Uma boa leitura!

As organizadoras







# TECNOLOGIA ASSISTIVA:

## DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO PARA AUXÍLIO DA VIDA DIÁRIA

Fernanda Queiroz Pimenta<sup>1</sup>  
Ana Cristina Maurício Ferreira<sup>2</sup>  
Wagner Barbosa da Costa<sup>3</sup>

### INTRODUÇÃO

Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de aspecto interdisciplinar, que abrange recursos, produtos, metodologias, artifícios, práticas e serviços que têm por finalidade permitir a funcionalidade, relacionada à atividade e atuação de pessoas com deficiência, mobilidade reduzida ou incapacidades, de forma a proporcionar a essas independência, autonomia, inserção social e qualidade de vida.

Ela é composta por doze categorias, como as denominadas de comunicação aumentativa e/ou alternativa, auxílios para a vida diária e a vida prática, recursos de acessibilidade ao computador, sistemas de controle de ambiente, projetos arquitetônicos para acessibilidade, entre outras.

A categoria que este artigo se refere é a de auxílios para a vida diária e a vida prática. Essa diz respeito a materiais e produtos que permitem o desempenho autônomo e independente em tarefas do dia a dia ou que simplificam o cuidado de pessoas em situação de dependência de ajuda, em atividades como vestir-se, tomar banho, alimentar-se, entre outras atividades.

A partir disso, uma pesquisa foi realizada, e percebeu-se a necessidade do desenvolvimento de alguns utensílios para a vida prática e diária que possam ser utilizados por pessoas com dificuldade de coordenação motora. Desta forma, o objetivo principal, deste trabalho, foi de desenvolver pegadores de painéis, destinados a auxiliar pessoas com dificuldades motoras, para que consigam ter autonomia no preparo de alimentos.

Para isso, foram realizadas várias etapas de metodologia, como uma pesquisa de similares de pegadores de painéis, mas que não são específicos para a Tecnologia Assistiva, visto que esses não existem, também foi feita a definição de requisitos para o desenvolvimento dos pegadores, geração de alternativas para os mesmos e avaliação dessas de acordo com critérios escolhidos.

---

1 Tecnóloga em Sistemas Biomédicos - Fatec Bauru. E-mail: fernandapimenta88@yahoo.com.br

2 Doutora em Design. Docente da Fatec Bauru. E-mail: ana.ferreira22@fatec.sp.gov.br

3 Doutora Ciência em Tecnologia de Materiais. Docente da Fatec Bauru. E-mail: wangner.costa2@fatec.sp.gov.br

## TECNOLOGIA ASSISTIVA

### CONCEITO E OBJETIVO

No Brasil, o Comitê de Ajudas Técnicas (CAT), sugere o seguinte conceito sobre a Tecnologia Assistiva: Tecnologia Assistiva é um campo do conhecimento, de aspecto interdisciplinar, que compreende recursos, produtos, metodologias, artifícios, práticas e serviços que têm por finalidade proporcionar a funcionalidade, relacionada à atividade e atuação de pessoas com deficiência, mobilidade reduzida ou incapacidades, de modo a visar a essas, independência, autonomia, inserção social e qualidade de vida (CAT, 2007).

O objetivo principal da Tecnologia Assistiva é possibilitar à uma pessoa com deficiência maior independência, inclusão social e qualidade de vida, por meio da ampliação de sua mobilidade, comunicação, aptidões de seu trabalho, aprendizado e controle de seu ambiente (BERSCH, 2017).

### LEGISLAÇÃO

Em 2008, o Brasil sancionou a Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência da ONU e a incluiu ao seu ordenamento jurídico atribuindo-lhe equivalência constitucional (BRASIL, SDHPR – Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência – SNPD. 2012 apud BERSCH, 2017, p.16). Os Estados que aderiram a essa convenção comprometeram-se a garantir os direitos que nela constam (BERSCH, 2017).

A Portaria Interministerial nº 362, de 24 de outubro de 2012, fala sobre o limite de renda mensal dos tomadores de recursos nas negociações de crédito para a compra de bens e serviços de Tecnologia Assistiva designados às pessoas com alguma deficiência e sobre a lista dos bens e serviços (BRASIL, 2012).

De acordo com o Art. 1º desta Portaria e com o disposto no inciso I do § 6º do art. 2º da Lei nº 12.613, de 18 de abril de 2012, tomadores de recursos são as pessoas físicas com ganho mensal de até dez salários-mínimos que apliquem os valores das negociações de crédito unicamente na aquisição de bens e serviços de Tecnologia Assistiva, designados às pessoas com deficiência (BRASIL, 2012).

Conforme o Art. 2º dessa Portaria, os serviços e bens de Tecnologia Assistiva a que se referem o § 1º do art. 1º da Resolução CMN nº 4.050, de 26 de janeiro de 2012 e o inciso II do § 6º do art. 2º da Lei nº 12.613, de 2012, que poderão ser objeto de negociações de crédito de que trata o Art.1º, são os listados nos Anexos I e II dessa Portaria (BRASIL, 2012).

E segundo o §3º, também do Art. 2º dessa Portaria, a revisão de bens e serviços de Tecnologia Assistiva listados nessa Portaria será realizada de forma periódica, com o consentimento do Conselho Nacional Dos Direitos da Pessoa com Deficiência (BRASIL, 2012).

Mais atualmente, foi elaborada a Lei Brasileira de Inclusão, Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015, que no seu Art. 74, diz que é assegurado ao indivíduo com deficiência acesso a recursos, produtos, práticas, estratégias, processos, métodos e

serviços de Tecnologia Assistiva que aumentem sua independência, qualidade de vida e mobilidade pessoal (BRASIL, 2015).

#### CATEGORIAS DA TECNOLOGIA ASSISTIVA:

A portaria interministerial nº 362, de 24 de outubro de 2012, apresenta as seguintes categorias de Tecnologia Assistiva:

- 1. Auxílios para a vida diária e a vida prática:** Materiais e produtos que possibilitam o desempenho independente e autônomo em afazeres cotidianos ou que facilitam o zelo de pessoas em condição de dependência de auxílio, em atividades tais como cozinhar, alimentar-se, tomar banho, vestir-se e fazer necessidades pessoais. Fazem parte dessa área recursos de atividades de vida prática, usados no auxílio a ações como as da escola.
- 2. CAA – Comunicação Aumentativa e/ou Alternativa:** Recursos atribuídos ao aumento de habilidades de comunicação. Meios para auxiliar a pessoa a enviar, receber, processar e/ou produzir informações em formatos diferentes.
- 3. Recursos de acessibilidade ao computador:** Conjunto de software e hardware principalmente idealizado para tornar acessível o computador a pessoas com limitações sensoriais (auditivas e visuais), motoras e intelectuais. Fazem parte desses, dispositivos de entrada (acionadores com diferenciações, teclados e mouses) e dispositivos de saída.
- 4. Sistemas de controle de ambiente:** Por meio de um controle remoto, pessoas com limitações motoras podem desligar, ligar e ajustar dispositivos eletroeletrônicos como o som, a luz, ventiladores, televisões, podem ainda fazer o fechamento e a abertura de portas e janelas, receber e efetuar ligações telefônicas, acionar sistemas de segurança, dentre outros, situados em sua sala, quarto, casa, escritório e arredores.
- 5. Projetos arquitetônicos para acessibilidade:** Projetos de urbanismo e de edificação que assegurem acesso, mobilidade e funcionalidade a todos, independentemente de sua condição sensorial, física e intelectual.
- 6. Órteses e Próteses:** Órteses são colocadas junto a uma parte do corpo, assegurando-lhe uma melhor estabilização, posicionamento e/ou função. Próteses são peças artificiais que substituem segmentos ausentes do corpo, como por exemplo, uma perna mecânica.
- 7. Adequação Postural:** Projetos para a adequação postural são compostos pela escolha de recursos que assegurem posturas estáveis, alinhadas, confortáveis e com boa distribuição do peso corporal. Os recursos de adequação postural ajudam na precaução de deformidades corporais.
- 8. Auxílios de mobilidade:** Estratégia ou equipamento usado na independência e melhoria da mobilidade pessoal.
- 9. Auxílios para qualificação da habilidade visual e recursos que ampliam a informação a pessoas com baixa visão ou cegas:** Categoria de equipamentos

que permitem a autonomia das pessoas com deficiência visual na execução de tarefas.

10. Auxílios para ampliação da habilidade auditiva e para autonomia na comunicação de pessoas com déficit auditivo, surdez e surdo- cegueira.

11. **Adaptações em veículos e em ambientes de acesso ao veículo:** Adaptações e acessórios que permitem a uma pessoa com deficiência física conduzir um automóvel ou ser deslocado através dele.

12. **Esporte e Lazer:** Meios que possibilitam a participação em atividades de lazer e a prática de esportes.

#### AUXÍLIOS PARA A VIDA DIÁRIA E A VIDA PRÁTICA

Como já foi dito anteriormente, auxílios para a vida diária e a vida prática são produtos e materiais que possibilitam o desempenho independente e autônomo em afazeres cotidianos ou que facilitam o zelo de pessoas em condição de dependência de auxílio, em atividades tais como cozinhar, alimentar-se, tomar banho, vestir-se e fazer necessidades pessoais. Fazem parte dessa área recursos de atividades de vida prática, usados no auxílio a ações como as da escola. Para ilustrar esse conceito, abaixo há alguns exemplos:

**Talheres modificados, acessórios para talheres, adaptação para talheres:** Talheres modificados com pesos, ou possuem empunhadura adaptada para facilitar o modo de segurá-los. Suportes feitos com material tubular, cabos e/ou haste com rotação e/ou curvados e talher associado a faca circular (BRASIL, 2012).

Figura 1 – Faca circular



Fonte: <https://www.magazineluiza.com.br/super-faca-circular-rolling-knife-hudson/p/agd44ac5dd/ud/fcud/>

Figura 2 – Talher adaptado (modificado)



Fonte: <https://www.vanzetti.com.br/produto/colher-adaptada/>

**Copo ou caneca adaptados:** Caneca ou copo com recursos para segurá-los, ou recorte em copo de plástico que possibilita tomar líquidos com uma pequena inclinação da cabeça e com pouca elevação dos membros superiores (BRASIL,2012).

Figura 3 – Copo recortado



Fonte: <https://www.adapt4you.com/product-page/copo-recortado>

Figura 4 – Copo com recurso para segurá-lo



Fonte: <http://www.mnsuprimentos.com.br/menu/tag/copo/>

**Redutor de assento para sanitário:** Usado para ajuste infantil, feito em plástico, com superfície impermeável de simples higienização, possui alta durabilidade e resistência, com design próprio que possibilita o encaixe no vaso sanitário ou o acoplamento à tampa do assento sanitário adulto comum (BRASIL, 2012).

Figura 5 – Redutor de assento para vaso sanitário



Fonte: <http://www.astra-sa.com.br/destaques/index.php/o-assento-sanitario-infantil-ideal-para-sua-louca/>

**Escova de dente elétrica:** Escova dental elétrica ou a pilha que proporciona a função do movimento de escovação e possibilita a sua fácil preensão.

Figura 6 – Escova dental elétrica



Fonte: [https://www.loja.philips.com.br/escova-de-dentes-eletrica-sonicare-essence-hx321113brancoeazul/p?idsku=467&qclid=Cj0KCQjw0caCBhCIARIsAGAfMy5R369pMuw64p1gcRhoiBgJP72SFxtQQRKIQRuF96CSQGgLv5YehwaAg22EALw\\_wcB&qclsrc=aw.ds](https://www.loja.philips.com.br/escova-de-dentes-eletrica-sonicare-essence-hx321113brancoeazul/p?idsku=467&qclid=Cj0KCQjw0caCBhCIARIsAGAfMy5R369pMuw64p1gcRhoiBgJP72SFxtQQRKIQRuF96CSQGgLv5YehwaAg22EALw_wcB&qclsrc=aw.ds)

**Engrossadores de diferentes tamanhos e formas ou adaptações que favorecem ou alteram a preensão:** Dispositivos que se encaixam em canetas ou lápis que podem ter forma triangular, quadrada ou redonda, e que mudam o tamanho da empunhadura e o padrão do movimento para a manipulação desses (BRASIL, 2012).

Figura 7 – Exemplos do uso de engrossadores



Fonte: <http://uninteritapevi.blogspot.com/2017/09/engrossador-e-adaptador-manual.html>

**Tesouras adaptadas:** Tesouras que possuem recursos facilitadores como a auto abertura (BRASIL, 2012).

Figura 8 – Tesoura com adaptação



Fonte: <http://inclusaoemrede.blogspot.com/2011/10/tesouras-adaptadas-importantes-para-o.html>

**Prancha inclinada:** Prancha para apoiar material de leitura, possui diferentes níveis de fixação e de inclinação, pode ser feita de diferentes materiais (BRASIL, 2012).

Figura 9 – Prancha com inclinação



Fonte: [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-762119560-suporte-apoio-para-leitura-de-livros-ou-notebook-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-762119560-suporte-apoio-para-leitura-de-livros-ou-notebook-_JM)

**Recursos para transferência:** Tábuas de transferência de PVC e ou madeira que possibilita a união entre dois mobiliários, (como por exemplo, cama e cadeira de rodas), possuem superfície ou revestimento que torne o deslizamento fácil e bordas abauladas para facilitar a transferência de uma pessoa de um ponto a outro (BRASIL, 2012).

Figura 10 – Tábua de Transferência



Fonte: [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-769607666-tabua-de-transferencia-curva-p-cadeirantcadeira-de-rodas-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-769607666-tabua-de-transferencia-curva-p-cadeirantcadeira-de-rodas-_JM)

**Pegadores:** Extensor de braço para alcançar diversos objetos, ele facilita a vida de quem usa cadeira de rodas. Possui um gatilho eficiente que torna possível a preensão de qualquer objeto. Seu cabo é feito de alumínio e é dobrável, assim de 57 cm passa para 33 cm e seu peso é de 170 gramas (BRASIL, 2012).

Figura 11 – Exemplo de pegador



Fonte: <https://www.amazon.com.br/Bra%C3%A7o-Extensor-Ajudar-Acessibilidade-Idosos/dp/B07FMFJ2PL>

**Cadarços especiais:** Cadarços para calçados esportivos e tênis, feitos de elástico ou outro material flexível (BRASIL, 2012).

Figura 12 – Cadarço especial (elástico)



Fonte: <https://pt.aliexpress.com/i/4000145674678.html>

**Protetores:** Luvas próprias para a proteção das mãos de quem é usuário de cadeira de rodas (BRASIL, 2012).

Figura 13 – Luva para proteção



Fonte: <https://www.frank.pt/luvas-de-cadeira-de-rodas-revarasports-basic/212313>

## METODOLOGIA

A proposta desse trabalho é o desenvolvimento de pegadores de panelas que auxiliem pessoas que têm problemas de coordenação motora, para que consigam pegar panelas para preparar alimentos e cozinhar. Os principais procedimentos metodológicos para o desenvolvimento dos produtos propostos foram a pesquisa de similares, a determinação dos requisitos dos projetos, a geração de alternativas de produtos e a avaliação das alternativas geradas.

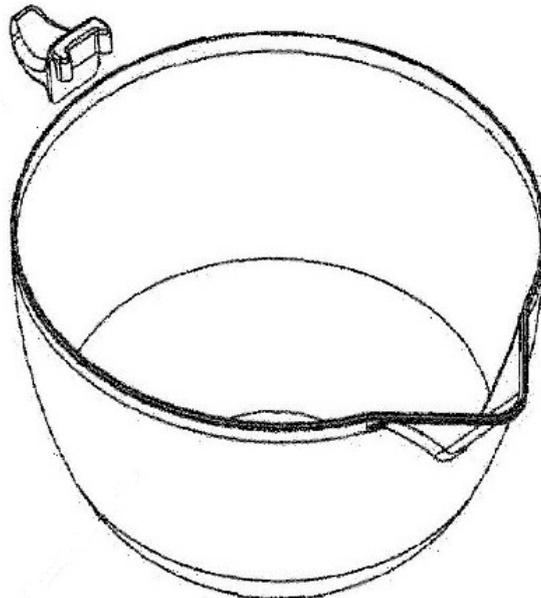
### PESQUISA DE SIMILARES

Foi feita uma pesquisa para se encontrar pegadores de panelas que auxiliem pessoas com problemas de coordenação motora, entretanto não foram encontrados, por isso essa pesquisa de similares foi feita somente por meio de pegadores de panelas comuns.

Por meio do Google Patentes foi encontrada uma patente de um pegador intitulado de “Disposição introduzida em suporte posição para vasilhas ou similares” (Figura 14), que foi desenvolvido por Willian Xavier Stracanholi, Bruno Xavier Stracanholi e Wilson Garcia Stracanholi. Trata-se de uma peça pequena, portátil, um utensílio doméstico, que possui o objetivo de pegar vasilhames culinários, e que se encaixa no rebordo da embocadura desses com a finalidade de segurá-los com uma única mão. Ela é feita de material polimérico injetado em uma peça única (BRASIL, 2016).

O pegador de panelas, tigelas, travessas e assadeiras (Figura 15), que possui o objetivo de auxiliar na retirada desses recipientes do forno ou fogão, caso estejam quentes. É um utensílio doméstico, comercializado e que se parece com um cabo, feito de um material chamado de Arame BTC Estanhado. Possui cor metal e mede 6 cm x 17 cm. Sua marca se chama Aramfactor e ele custa vinte reais e sete centavos (MERCADO LIVRE, 2021).

Figura 14 – Similar 1: Disposição introduzida em suporte posição para vasilhas ou similares



Fonte: <https://patentimages.storage.googleapis.com/f0/a4/02/3510899df97d4f/BR202014017047U2.pdf>

Figura 15 – Similar 2: Pegador de panelas, tigelas, travessas e assadeiras



Fonte: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1118196332-pegador-cabo-para-cumbuca-assadeiras-panela-peneira>

O Pegador de Panela com Cabo Universal Camping Cozinha Multiuso Clamp (Figura 16), um utensílio doméstico, comercializado e que possui o objetivo de pegar panelas e tigelas quentes com uma única mão. Proporciona segurança, isolamento térmico. Seu material é o plástico e o aço inox, tem cor prata, pesa 105 gramas e mede 14 cm x 4 cm. MR Vendas é a sua marca e seu preço é quatorze reais e noventa e nove centavos (SHOPEE, 2021).

Figura 16 – Similar 3: Pegador de Panela com Cabo Universal Camping Cozinha Multiuso Clamp



Fonte: [https://www.magazineluiza.com.br/pinca-pegadora-formas-travessas-pratos-panels-clink/p/ekh3d7992e/pf/pnca/?&seller\\_id=advancemegastore3&utm\\_source=google&utm\\_medium=pla &utm\\_campaign=&partner\\_id=61965&gclid=Cj0KCQjwgMqSBhDCARIsAIIvN1XvMEtizGs9rNYcrw7\\_l36zAASTLJTWz4hJORsrB1PV84FO4NdJMNQaAkweEALw\\_wcB&gclsrc=aw.ds](https://www.magazineluiza.com.br/pinca-pegadora-formas-travessas-pratos-panels-clink/p/ekh3d7992e/pf/pnca/?&seller_id=advancemegastore3&utm_source=google&utm_medium=pla &utm_campaign=&partner_id=61965&gclid=Cj0KCQjwgMqSBhDCARIsAIIvN1XvMEtizGs9rNYcrw7_l36zAASTLJTWz4hJORsrB1PV84FO4NdJMNQaAkweEALw_wcB&gclsrc=aw.ds)

E o último pegador estudado, foi o Pegador Universal para Panelas e Formas Quentes (Figura 17), um utensílio doméstico, feito de alumínio e de um cabo revestido com plástico, que mede 18 cm de comprimento. Ele é comercializado, sua marca se chama Pegador Quente, e seu preço é cento e trinta e quatro reais (MERCADO LIVRE, 2021).

Figura 17 – Similar 4: Pegador Universal para Panelas e Formas Quentes\\



Fonte: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1760811166-pegador-universal-para-panels-e-formas-quentes>

Na análise de similares foram considerados o objetivo do utensílio similar, o tipo de uso, o material de fabricação, se é comercializado ou não, se é específico para tecnologia assistiva e o preço (em fevereiro de 2022). Tais análises foram compiladas no Quadro 1.

**Quadro 1 – Análise comparativa entre os similares**

	Similar 1 	Similar 2 	Similar 3 	Similar 4 
<b>Objetivo</b>	Pegador de vasilhas quentes	Pegador de panelas quentes	Pegador de panelas e tigelas quentes	Pegador de panelas e formas quentes
<b>Uso</b>	Utensílio doméstico	Utensílio doméstico	Utensílio doméstico	Utensílio doméstico
<b>Material</b>	Polimérico	Arame BTC Estanhado	Plástico e aço inox	Alumínio e plástico
<b>Patente</b>	Sim			
<b>Comercializado</b>		Sim	Sim	Sim
<b>Preço</b>		R\$ 30,00	R\$ 16,00	R\$ 135,00
<b>Específico para tecnologia assistiva</b>	Não	Não	Não	Não

Fonte: As autoras

Observa-se que nenhum dos similares estudados têm a finalidade específica de auxiliar pessoas com problemas de coordenação motora. Possui apenas a finalidade do manuseio de panelas/vasilhas quentes.

#### REQUISITOS DOS PROJETOS

Para a elaboração dos requisitos dos pegadores (Quadro 2) de panelas, levou-se em consideração o objetivo proposto, o problema dos produtos existentes e as necessidades dos usuários. Os principais requisitos pensados para se fabricar os pegadores de panelas, foram eficiência ergonômica, usabilidade, segurança, dentre outros requisitos, a fim de que esses pegadores possam auxiliar as pessoas com problemas de coordenação motora em suas atividades diárias da cozinha.

**Quadro 2 – Requisitos dos projetos**

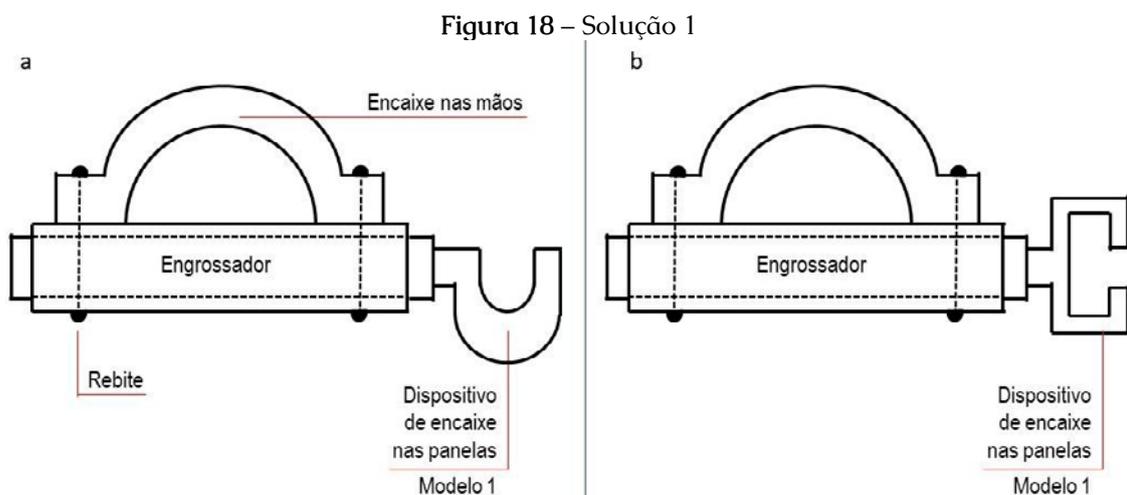
Requisitos	Descrição dos requisitos
<b>Projeto</b>	Simple, com formas e traços básicos
<b>Produção</b>	Fabricação inicial através de impressão em impressora 3D, para teste.
<b>Material</b>	Para a fase de teste uso do PLA e do TPU, materiais utilizados para impressão 3D.
<b>Operação</b>	Terem boa resistência mecânica.
<b>Funcional</b>	Serem fáceis de serem utilizados.

Segurança do produto	Serem seguros.
Manutenção	Terem higienizações fáceis e simples.
Peso do produto	Devem possuir baixo peso.
Estética	Terem aspectos agradáveis.
Cor do produto	Cinza, azul, verde e vermelho.
Comercialização	Devem ter custo de produção baixo.
Usabilidade	Não precisará haver treinamento para serem utilizados.
Eficiência ergonômica	Devem ser desenhados de modo que auxiliem pessoas que possuem problemas de coordenação motora.
Formato	Esses projetos devem ter uma forma, que auxilie pessoas que possuem problemas de coordenação motora, a pegar painéis.

Fonte: As autoras

#### GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS

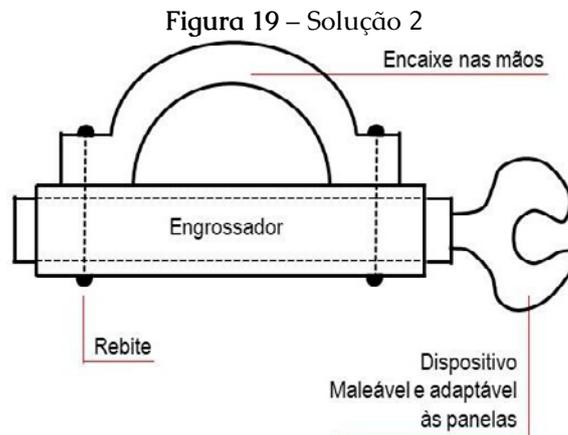
A partir dos estudos anteriores foram elaboradas alternativas para os projetos de pegadores de painéis que estão apresentadas abaixo nas Figuras de 18 a 24. As Figuras 18a e 18b apresentam esboços de exemplos de pegadores de painéis que possuem adaptador manual feito de plástico rígido, o qual está unido a um cabo de metal aço inox por meio de rebites, e também têm um engrossador feito de borracha que fica em volta desse cabo. Eles têm também um dispositivo de aço inox que junto com o cabo formam uma única peça, o qual se encaixa em alças de painéis. Esse recurso, o adaptador manual e o engrossador auxiliam pessoas com problemas de coordenação motora a pegar painéis. Para se pegar essas é necessário um par de um dos pegadores a seguir.



Fonte: As autoras

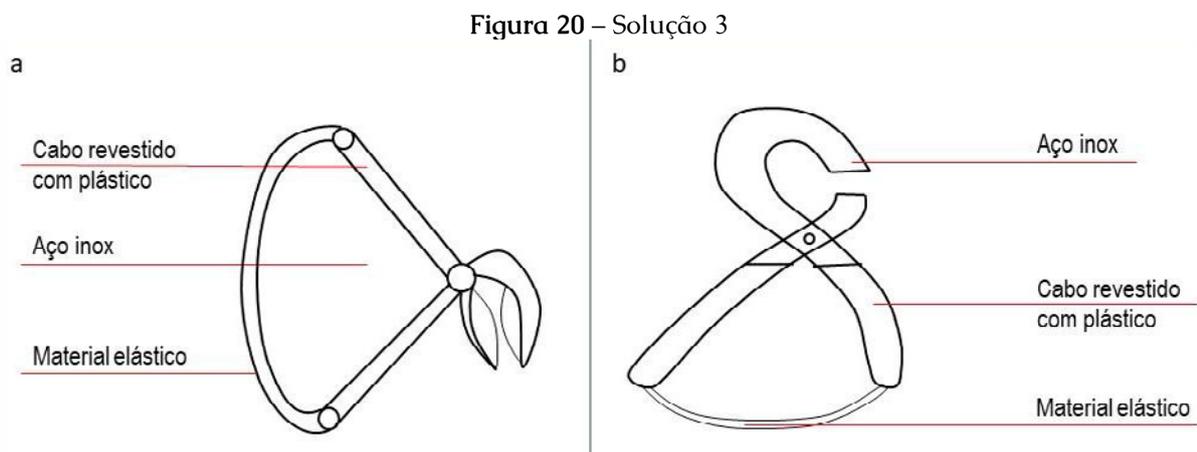
A Figura 19 expõe um pegador de painel que possui um adaptador manual feito de plástico rígido unido a um cabo de metal aço inox através de rebites. Há também

um engrossador feito de borracha que fica em volta desse cabo e um dispositivo feito de material maleável. Esse é ligado ao cabo de metal por meio de rebites e possui a função de se encaixar em alças de painéis com formatos de cilindros. Todos esses recursos auxiliam pessoas que têm problemas de coordenação motora a pegar painéis. É preciso um par do pegador abaixo para se pegar essas.



Fonte: As autoras

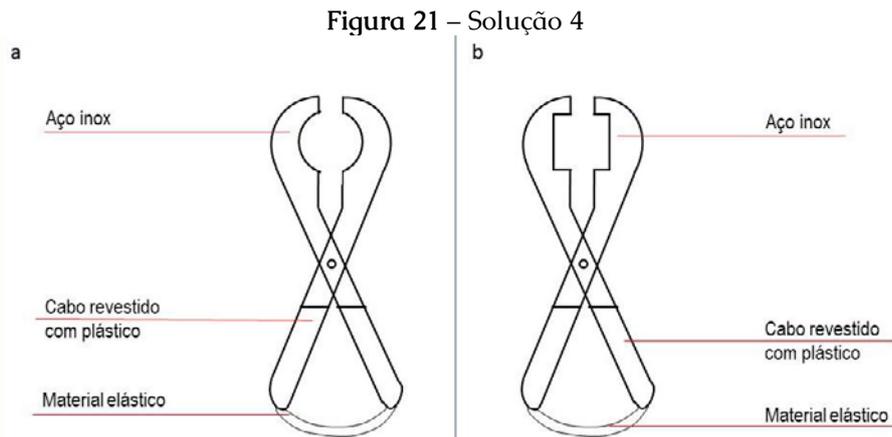
As Figuras 20a e 20b mostram esboços de pegadores de painéis feitos de metal aço inox e plástico. Eles são adaptados com um dispositivo, material elástico, que facilita a auto abertura deles, para que assim pessoas com problemas de coordenação motora possam utilizá-los para se pegar painéis, como frigideiras. Para isso, é necessário somente um pegador.



Fonte: As autoras

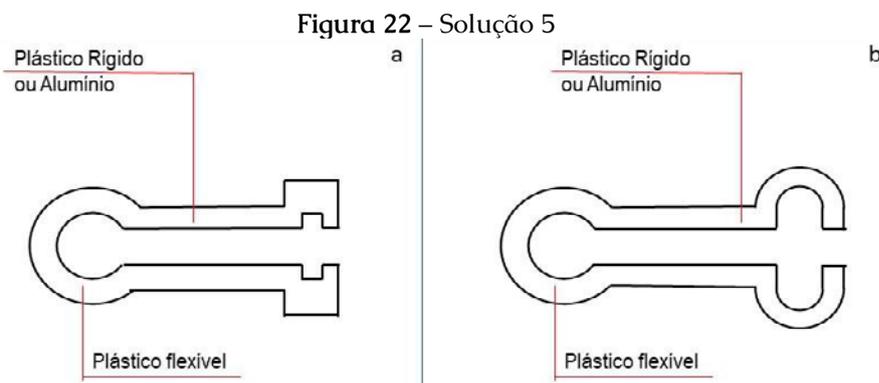
As Figuras 21a e 21b exibem pegadores de painéis que se assemelham com uma tesoura, formados de metal aço inox e plástico. Ambos são adaptados com um dispositivo, material elástico, que facilita a auto abertura deles. Na Figura 21a há um pegador que possui em cada uma de suas lâminas opostas uma abertura em forma de meia circunferência, esse recurso permite que esse pegador de painéis se

encaixe em alças de painéis com formatos de cilindros. Na Figura 21b há um outro pegador de painel que possui em cada uma de suas lâminas opostas uma abertura em forma de meio retângulo, isso permite que esse pegador se encaixe em alças de painéis com formatos retangulares. As lâminas tanto da Figura 21a como também da Figura 21b devem ser grossas para assegurar segurança quando se for pegar uma painel. Todos esses recursos auxiliam pessoas com problemas de coordenação motora a pegar painéis. Para isso, é preciso um par de um dos pegadores abaixo.



Fonte: As autoras

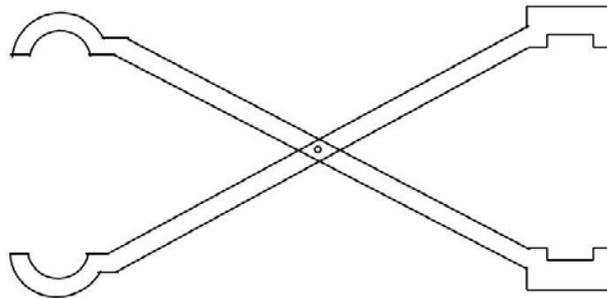
Nas Figuras 22a e 22b há esboços de pegadores de painéis que possuem dois braços feitos de plástico rígido ou aço inox, os quais estão unidos por uma parte feita de plástico flexível ou aço inox, que possibilita a abertura e o fechamento desses pegadores. Caso os braços sejam feitos de plástico rígido, a parte que os une deve ser feita de plástico flexível, e se os braços forem feitos de aço inox, a parte que os une deve ser também de aço inox. Na Figura 22a há um pegador que possui em sua extremidade um recurso que se encaixa em alças de painéis com formatos retangulares, na Figura 22b há um outro pegador que tem em sua extremidade um dispositivo que se encaixa em alças de painéis com formatos de cilindros. Devido a esses atributos citados e ao fácil manuseio desses pegadores, o qual se parece com o do esboço acima, eles podem ser utilizados por pessoas que têm problemas de coordenação motora para se pegar painéis.



Fonte: As autoras

A Figura 23 mostra o esboço de um pegador de panela que possui dupla função. Ele é feito de plástico rígido ou de aço inox. Na extremidade esquerda dele há um recurso que se encaixa em alças de panelas com formatos de cilindros, e na sua extremidade direita existe um dispositivo que se encaixa em alças de panelas com formatos retangulares. Devido a esses atributos, esse pegador pode ser utilizado por pessoas que têm problemas de coordenação motora para se pegar panelas. Para isso, é necessário um par do pegador abaixo.

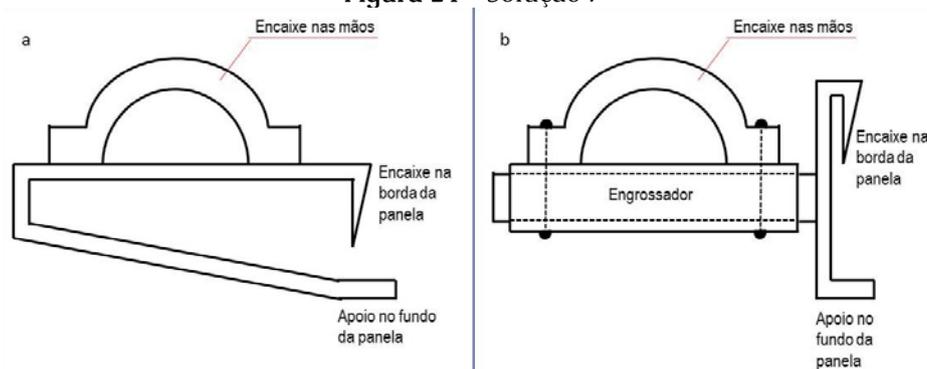
Figura 23 – Solução 6



Fonte: As autoras

As Figuras 24a e 24b apresentam dois esboços de pegadores de panelas. A Figura 24a mostra um pegador que possui dois braços unidos, os quais são flexíveis, feitos de aço inox. O braço inferior apoia o fundo da panela e o braço superior se encaixa na borda dessa. Ele também possui um adaptador manual feito de aço inox, que junto com os dois braços formam uma única peça. Todos esses recursos auxiliam pessoas com problemas de coordenação motora a pegar panelas para fazerem suas atividades culinárias. A Figura 24b expõe um pegador que possui um cabo de metal aço inox unido a um dispositivo também formado de aço inox, a parte superior desse se encaixa na borda da panela e a sua parte inferior apoia o fundo da panela. Há também um adaptador manual constituído de plástico rígido, unido ao cabo por meio de rebites, e em volta desse cabo há também um engrossador de borracha. Todos esses atributos ajudam pessoas com problemas de coordenação motora a pegar panelas para preparar alimentos e cozinhar. É necessário um pegador da Figura 24a e um pegador da Figura 24b para se pegar uma panela.

Figura 24 – Solução 7



Fonte: As autoras

## CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS

Para a análise das alternativas geradas foram considerados:

- a) **PROBLEMA:** Esse pegador de panela foi pensado para auxiliar pessoas que têm problemas de coordenação motora, visto que não existem pegadores com esse propósito;
- b) **NECESSIDADES:** Esse pegador supri a necessidade de usuários que necessitam de um dispositivo como ele, para auxiliá-los a pegar panelas para preparar alimentos e cozinhar;
- c) **OBJETIVO:** A concretização desse pegador de panela atende ao objetivo principal desse projeto, que é desenvolver pegadores que auxiliem pessoas que tenham problemas de coordenação motora, para que consigam pegar panelas para preparar alimentos e cozinhar;
- d) **MATERIAL:** Em fase de teste é possível fabricar esse pegador de panela em impressora 3D, com o uso de materiais como o PLA e o TPU que é flexível;
- e) **PROJETO:** O projeto desse pegador não apresenta complexidade.;
- f) **PRODUÇÃO:** A fabricação inicial desse pegador de panela será por meio de impressão em impressora 3D;
- g) **OPERAÇÃO:** Esse pegador possui uma boa resistência mecânica;
- h) **FUNCIONAL:** A utilização desse pegador de panela é simples;
- i) **SEGURANÇA DO PRODUTO:** Esse pegador oferece segurança;
- j) **MANUTENÇÃO:** A manutenção desse pegador de panela é a cada longos períodos e a sua higienização é simples;
- k) **PESO DO PRODUTO:** Esse pegador possui um peso baixo;
- l) **ESTÉTICA:** A estética desse pegador de panela é muito agradável;
- m) **COR DO PRODUTO:** O pegador possui cores agradáveis, como cinza, azul, verde e vermelho;
- n) **COMERCIALIZAÇÃO:** Esse pegador possui baixo custo de produção, por isso seu preço de comercialização também será baixo;
- o) **USABILIDADE:** Não é necessário treinamento para se usar esse pegador;
- p) **EFICIÊNCIA ERGONÔMICA:** Esse pegador de panela foi pensado e desenhado para auxiliar pessoas que têm problemas de coordenação motora;
- q) **FORMATO:** O pegador possui uma forma que auxilia pessoas que têm problemas de coordenação motora a pegar panelas.

## AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS

A avaliação das alternativas foi realizada através da pontuação dos critérios, com notas de 1 a 5, onde 1 atende muito pouco ao critério e 5 atende muito. As avaliações encontram-se no Quadro 3.

Quadro 3 – Avaliação das alternativas geradas

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	NOTAS DE AVALIAÇÃO											
	SOLUÇÕES											
	1a	1b	2	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6	7a	7b
1. Problema	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4	4	5
2. Necessidades	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4	4	5
3. Objetivo	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4	4	5
4. Material	5	5	4	3	3	5	5	4	4	4	4	5
5. Projeto	5	5	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4
6. Produção	5	5	5	3	3	5	5	4	4	4	4	5
7. Operação	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	5
8. Funcional	5	4	4	5	5	5	5	5	5	3	4	5
9. Segurança	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	5
10. Manutenção	5	5	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5
11. Peso do produto	4	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	4
12. Estética	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
13. Cor do produto	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
14. Comercialização	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4
15. Usabilidade	5	4	4	5	5	5	5	5	5	3	4	5
16. Ergonomia	5	4	4	4	4	3	3	4	5	3	3	5
17. Formato	5	4	4	4	4	3	3	4	5	3	3	5
Soma das notas	81	77	75	72	73	75	75	77	79	68	68	82

Fonte: As autoras

## RESULTADOS

Após a avaliação das alternativas geradas, foram escolhidos três esboços para dar continuidade ao estudo, as soluções 1a (Figura 18a), 5b (Figura 22b) e 7b (Figura 24 b).

### MODELO FUNCIONAL EM POLIESTIRENO EXPANDIDO

Os três esboços foram dimensionados de acordo com medidas antropométricas adultas. Para as soluções 1a e 7b foram confeccionados modelos recortados em poliestireno expandido de 10 mm de espessura, para a verificação da funcionalidade e adaptação às mãos (Figuras 25 e 26). Foi possível verificar que as medidas estipuladas estavam de acordo com as necessidades.

Figura 25 – Modelo em poliestireno expandido da Solução 1a



Fonte: As autoras

Figura 26 – Modelo em poliestireno expandido - Solução 7b



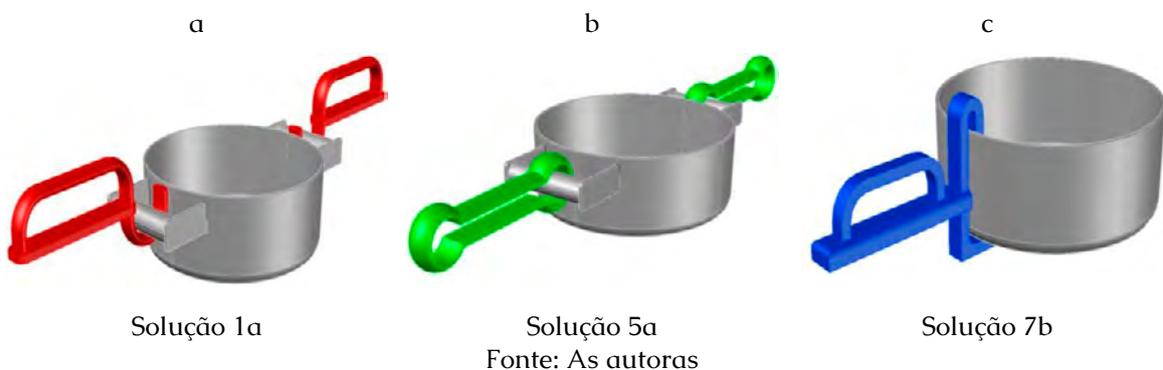
Fonte: As autoras

Para a solução 5b não foi feito o modelo em poliestireno expandido, pois possui uma parte flexível que não pode ser feita em isopor. Salienta-se que para se segurar uma panela são necessários dois pegadores deste modelo, ou seja, uma para cada alça da panela.

#### MODELAMENTO DIGITAL E IMPRESSÃO TRIDIMENSIONAL

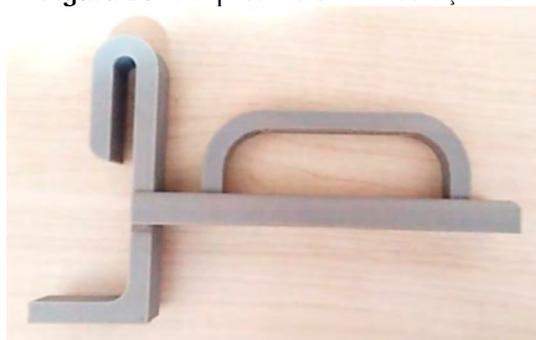
Com a verificação das dimensões, foi realizado o modelamento 3D em software específico, conforme apresentado nas Figuras 27a, 27b, 27c.

Figura 27 – Modelos digitais



Após o modelamento, foi escolhido a solução 7b para ser impressa, Figuras 28 e 29. A impressão foi feita em poliácido láctico (PLA), que é um polímero de origem biológica obtido a partir de recursos naturais.

Figura 28 – Impressão 3D da solução 7b



Fonte: As autoras

Figura 28 – Aplicação da solução 7b



Fonte: As autoras

## CONCLUSÃO

O objetivo principal desse artigo foi o de desenvolver pegadores de panelas que possam auxiliar pessoas que têm problemas de coordenação motora, para que consigam pegar panelas para preparar alimentos e cozinhar, e a partir desse objetivo haver contribuição para a área de Tecnologia Assistiva. Para a realização destes projetos foram realizadas várias etapas de metodologia, como uma pesquisa de similares de pegadores de panelas, mas que não são específicos para a Tecnologia Assistiva. Também foram definidos requisitos para o desenvolvimento dos pegadores. Assim, foram criadas doze gerações de alternativas desses. Essas foram avaliadas, por meio de critérios escolhidos, como funcionalidade, usabilidade, eficiência ergonômica, formato, entre outros.

Dessa forma, se chegou à etapa dos resultados em que foram definidas as três melhores soluções geradas, para o desenvolvimento do modelamento digital. E a solução 7b foi a escolhida para a impressão tridimensional.

Após esses estudos, verificou-se que esses três pegadores realmente podem auxiliar pessoas com problemas de coordenação motora, a pegar panelas para preparar alimentos e cozinhar. Apesar da existência de vários utensílios que

auxiliam nas atividades da vida diária e da vida prática, dispositivos específicos para a tecnologia assistiva, como esses, ainda são restritos, por isso, essa área dos sistemas biomédicos é aberta a pesquisas e ao desenvolvimento de produtos.

## REFERÊNCIAS

BERSCH, R. Introdução à Tecnologia Assistiva. **Assistiva – Tecnologia e Educação** 2017. Disponível em: <[https://www.assistiva.com.br/Introdução\\_Tecnologia\\_Assistiva.pdf](https://www.assistiva.com.br/Introdução_Tecnologia_Assistiva.pdf)>. Acesso em: 4 mar. 2021.

BRASIL. **Lei nº 13.146, 6 de julho de 2015**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm)>. Acesso em: 5 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da Fazenda. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 362, de 24 de outubro de 2012**. Brasília, 2012. Disponível em: <<https://sintse.tse.jus.br/documentos/2012/Out/25/diario-oficial-da-uniao-secao-1/portaria-interministerial-no-362-de-24-de-outubro>>. Acesso em: 5 mar. 2021.

CAT, 2007. Ata da Reunião VII, de dezembro de 2007, **Comitê de Ajudas Técnicas**, Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República (CORDE/SEDH/PR). Disponível em: <[http://www.mj.gov.br/corde/arquivos/doc/ATA\\_VII\\_Reunião\\_do\\_Comitê\\_de\\_Ajudas\\_Técnicas.doc](http://www.mj.gov.br/corde/arquivos/doc/ATA_VII_Reunião_do_Comitê_de_Ajudas_Técnicas.doc)>. Acesso em: 4 mar. 2021.

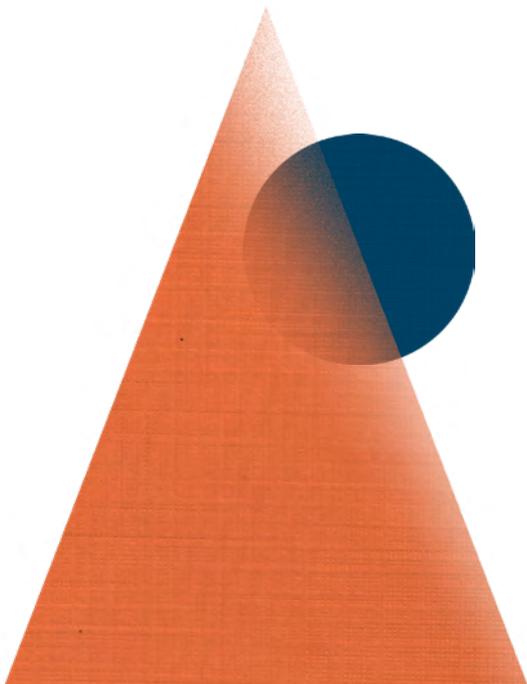
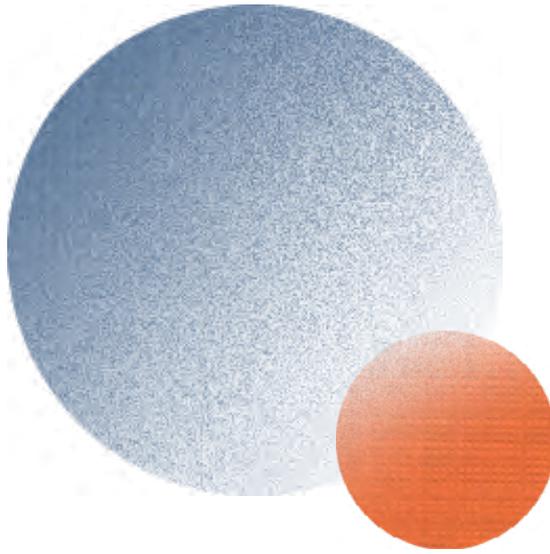
MERCADO LIVRE, 2021. Disponível em: <<https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1118196332-pegador-cabo-para-cumbuca-assadeiras-panela-peneira>>. Acesso em: 23 de mar. 2021.

MERCADO LIVRE, 2021. Disponível em <<https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1760811166-pegador-universal-para-panelas-e-formas-quentes>>. Acesso em: 24 de mar. 2021.

SHOPEE, 2021. Disponível em: <<https://shopee.com.br/Pegador-Panela-Cabo-Universal-Camping-Cozinha-Multiuso-Clamp-i.280472683.5942206671>>. Acesso em: 24 de mar. 2021.

STRACANHOLI, W. X.; STRACANHOLI, B. X.; STRACANHOLI, W. G. **Disposição introduzida em suporte posição para vasilhas ou similares**. Depositante: Wilson Garcia Stracanholi; Willian Xavier Stracanholi; Bruno Xavier Stracanholi. Procurador: Rita de Cássia Brunner. BR nº 202014017047 – 8U2. Depósito: 10 de julho de 2014. Concessão: 7 de junho de 2016. Disponível em: <<https://patentimages.storage.googleapis.com/f0/a4/02/3510899df97d4f/BR202014017047U2.pdf>>. Acesso em: 22 de mar. 2021.





# APROVEITAMENTO DO DESCARTE DE ÁGUA DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA HEMODIÁLISE

Dioclecio de Jesus Tavares Félix Corrêa<sup>4</sup>

João Victor Rojas Luiz<sup>5</sup>

## INTRODUÇÃO

A água foi reconhecida como direito humano em 28 de julho de 2010, através da resolução nº 64/292 Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU), “o direito à água potável e limpa e o direito ao saneamento como direito humano que é essencial para o pleno gozo da vida e de todos os direitos humanos”. A resolução tem a preocupação que 884 milhões de pessoas necessitam de acesso à água potável e mais de 2,6 bilhões não tem acesso a saneamento básico, diante dos fatos a exigência do direito para gerações atuais e futuras (CONTI et al.,2013).

A Resolução nº 54/2005 estabelece diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, considerando a escassez de recursos hídricos observadas em certas regiões do território nacional, a prática de reuso contribui para diminuição de custos associados a poluição e contribui para proteção do meio ambiente (BRASIL, 2005).

A pesquisa realizada no Hospital de Base de Bauru no setor de Hemodiálise, Para os procedimentos de Hemodiálise, o setor utiliza água de acordo com o padrão de qualidade estabelecido pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC 11/2014). Para o procedimento de Hemodiálise, o paciente utiliza equipamento para fazer a filtração do sangue; Pacientes com insuficiência renal são submetidos ao tratamento em três sessões semanais com período de quatro horas cada, São utilizados 90 litros de água purificada para cada sessão (RIELLA, 2010).

A água purificada para utilização no processo de Hemodiálise é depositada em um reservatório de dois mil litros e circula através de tubulação para o equipamento de hemodiálise. Conforme medição por meio de hidrômetro foi possível quantificar o descarte do rejeito da produção da água tratada mensurado em torno de 216 m<sup>3</sup> mês.

Uma das maneiras observadas para o aproveitamento da água é o direcionamento do descarte para reservatórios, utilizando a água em setores adjacentes da unidade hospitalar em descargas de vasos sanitários (SILVA, TEXEIRA, FREIRE 2011). Pensando nesse tipo de oportunidade de reaproveitamento, propõe-se o seguinte problema de pesquisa: como aproveitar o descarte de água do sistema de tratamento de água de Hemodiálise para utilização em vasos sanitários da unidade hospitalar?

Segundo Faria et al. (2016), o descarte de água (concentrado) do sistema de osmose poderia ser aproveitado para fins menos nobres como exemplo limpeza de calçadas e descargas de vasos sanitários.

<sup>4</sup> Engenheiro de Produção (FAAG/Agudos) e Tecnólogo em Sistemas Biomédicos (FATEC/Bauru).

<sup>5</sup> Doutor em Engenharia de Produção – UNESP/Bauru.

Dessa forma, o objetivo geral da presente pesquisa foi analisar o reaproveitamento de água de descarte do sistema de tratamento de água utilizada em equipamentos de hemodiálise, com foco no uso para fins não potáveis.

Como objetivos específicos pretendeu-se realizar pesquisas bibliográficas sobre reaproveitamento de água em sistemas de tratamento de água para hemodiálise, bem como realizar o estudo de caso real de implantação de métodos de reaproveitamento. Para isso, procurou-se realizar o levantamento de consumo e descarte de um processo de tratamento de água para hemodiálise, assim como foram feitas análises laboratoriais da água a ser reutilizada e foi testada a execução do sistema para o aproveitamento da água descartada.

Água essencial para vida é indispensável para realização do processo de hemodiálise (SILVA, TEXEIRA, FREIRE 2011). Assim, o projeto vem de encontro da utilização sustentável e projetos de qualidade hospitalar.

## REVISÃO LITERATURA

### HEMODIÁLISE

O setor de Hemodiálise do hospital de Base de Bauru - Famesp realiza mensalmente em média 1723 sessões de hemodiálise, e em média são atendidos 140 pacientes em programa de hemodiálise e 30 em diálise peritoneal. O Hospital possui 33 equipamentos de Hemodiálise para realização do tratamento, sendo estes abastecidos através de encanamentos que fazem a circulação da água tratada.

O termo Diálise foi atribuído ao químico escocês Thomas Graham (1805-1869), utilizado para descrever o fenômeno observado em 1854, utilizando uma membrana semipermeável de material vegetal, demonstrando separação de substâncias Coloides e Cristaloides (RIELLA 2010).

No Brasil a primeira sessão de Hemodiálise foi realizada no ano de 1949 pelo Dr. Tito Ribeiro de Almeida (1913-1998) do Hospital das Clínicas da Universidade de São Paulo (USP) (RIELLA 2010).

Na técnica de Hemodiálise ocorre a filtração e depuração do sangue, onde são retiradas substâncias nitrogenadas e tóxicas, removendo excesso de água acumulada no corpo, em decorrência da deficiência renal (SANTANA et al. (2013).

### ÁGUA PARA HEMODIÁLISE

A água utilizada no tratamento de Hemodiálise tem papel fundamental, 95% de toda solução utilizada no processo é constituída de água tratada através de osmose reversa, sendo a técnica, mas eficaz para garantir o grau de pureza necessário utilizado no tratamento (SILVA, TEXEIRA, FREIRE 2011).

O hospital de Base utiliza água de poço artesiano, a água e tratada de acordo com Portaria 2914 de dezembro 2011 que dispõe dos procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e padrão de potabilidade. (BRASIL, 2011).

A água utilizada para os procedimentos de Hemodiálise segue normas e padrões de qualidade exigidos de acordo com:

- a) A RDC 11 de 13 de março de 2014, que dispõe sobre os requisitos de boas práticas de funcionamento para serviços de diálise nos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (BRASIL, 2014);
- b) RDC nº 154 de 15 de junho de 2004, que estabelece o Regulamento Técnico para o funcionamento dos Serviços de Diálise (BRASIL, 2014).

#### OSMOSE REVERSA

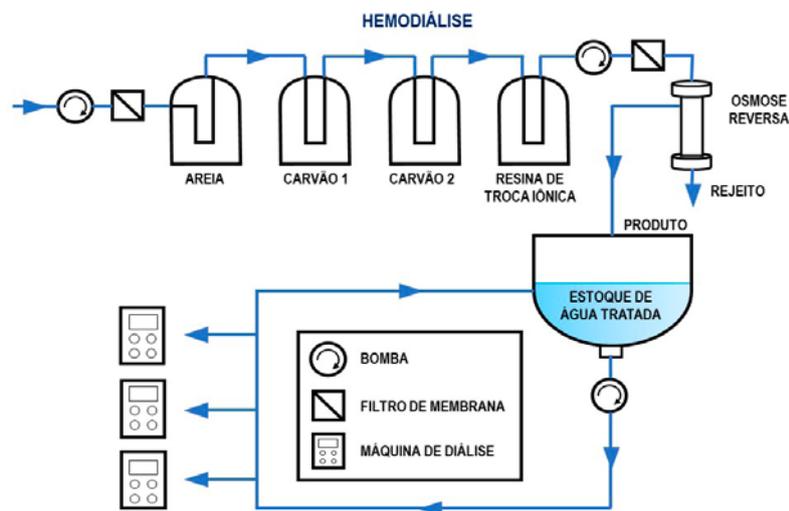
A purificação por meio do sistema de osmose apresenta mais segurança para o paciente renal, eliminando através do seu processo em torno de 95 a 99% das partículas orgânicas, inorgânicas e microrganismos no afluente utilizado (SILVA et al., 1996).

A composição da água para consumo pode variar dependendo da sua origem. Alguns dos seus componentes podem ser tóxicos para o paciente no processo de Hemodiálise (RIELLA 2010).

A qualidade da água utilizada no tratamento hemodialítico é de fundamental importância para o processo, compondo 95 % da solução utilizada para limpeza do sangue (SILVA; TEIXEIRA, 2011).

O seu funcionamento consiste em aplicar pressão hidráulica em um compartimento. A parede é uma membrana semipermeável, com força suficiente para superar a pressão osmótica da solução e induzir a passagem de água pela membrana (RIELLA 2010).

Figura 1– Modelo esquemático do tratamento de água para Hemodiálise e osmose reversa.



Fonte: RIELLA, 2010.

#### METODOLOGIA

A metodologia empregada inicialmente foi baseada em pesquisa bibliográfica e posteriormente descritiva, quantitativa e qualitativa. A pesquisa bibliográfica é

feita através de levantamentos de referências teóricas já analisadas, publicadas por meios escritos, eletrônicos como livros, artigos científicos e páginas de web sites (FONSECA, 2002). A pesquisa descritiva exige do investigador uma série de informações sobre o que deseja pesquisar. Este tipo de estudo pretende descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade (TRIVIÑOS, 1987).

Diferentemente da pesquisa qualitativa, os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados. Como as amostras geralmente são grandes e consideradas representativas da população, os resultados são tomados como se constituem um retrato real de toda população alvo da pesquisa. A pesquisa quantitativa se centra na objetividade. Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, etc. A utilização conjunta da pesquisa qualitativa e quantitativa permite recolher mais informações do que poderia recolher isoladamente (FONSECA, 2002, p. 20).<sup>1</sup>

#### HOSPITAL DE BASE DE BAURU

Fundado em 21 de janeiro de 1951, o Hospital Regional Santa Casa de Bauru, atualmente Hospital de Base, foi construído obedecendo ao mais moderno conceito de arquitetura da época, em forma de “H”. Foi construído à época do governador Ademar de Barros e cedido à Santa Casa, que havia cedido o terreno, equipamentos e as adaptações necessárias (HBB, 2020).

Em 28/12/1977 o governador Paulo Egydio Martins assinou o decreto de nº 11014, declarando de utilidade pública para fins de desapropriação o terreno de 25 mil metros quadrados “e as respectivas benfeitorias que são de propriedade do Estado, bem como acessórios e pertences, equipamentos médico-hospitalares, utensílios, materiais de consumo, mobiliário, veículos, direitos e quaisquer outros bens necessários à manutenção e funcionamento do Hospital de Base em que constam pertencer à Santa Casa de Misericórdia de Bauru”. A justificativa invocada no decreto foi a da “Proteção da Saúde da Comunidade”. Nota oficial dizia que “O governador” preocupado em assegurar a continuidade, manutenção e regular na região e ser evitada a repetição de graves crises que ocorreram naquele Hospital de Bauru, autorizou a Secretaria da Saúde e promoção Social a firmar convênio com a Associação Hospitalar de Bauru (HBB, 2020). Em 2012 o Hospital passou a ser administrado pela Famesp Fundação para o Desenvolvimento Médico Hospitalar (HBB, 2020).

#### QUANTIDADE DE ÁGUA POTÁVEL DE ENTRADA VIA OSMOSE CENTRAL, PRODUÇÃO DE ÁGUA TRATADA E DESCARTE DO REJEITO.

Para mensuração da entrada da água potável, produção de água tratada e descarte do sistema de tratamento de água para Hemodiálise, foram instalados hidrômetros, entre os períodos 17/02/2020 a 23/07/2020.

O gráfico apresentado na Figura 2 demonstra o quantitativo da entrada de água potável, a produção de água tratada para o procedimento de hemodiálise e o descarte do rejeito do sistema de tratamento de água para Hemodiálise mensal. Demonstra a aferição mensal realizada com a instalação de hidrômetro para quantificar o consumo desde a entrada no sistema de osmose reversa ao descarte do rejeito, o controle para as medições foram feitas planilhas e documentado através de ordem de serviço sistema de manutenção do Hospital de Base de Bauru.

Figura 2 – Leitura mensal de água potável, produção de água tratada e descarte do rejeito do sistema osmose central.

PERÍODO:	Mensal
CONSUMO SISTEMA OSMOSE (O.R.)	558 m <sup>3</sup>
PRODUÇÃO ÁGUA TRATADA (O.R.)	399 m <sup>3</sup>
DESCARTE REJEITOS SISTEMA (O.R.)	216 m <sup>3</sup>

Fonte: Os autores

#### ANÁLISES QUALITATIVA DO REJEITO

Para definição da utilização da água do rejeito foram realizadas análises de triagem laboratório interno e externo, além de pesquisas bibliográficas que demonstrassem as possibilidades de utilização. Segundo Faria et al. (2016), a qualidade do efluente atende às quatro classes de reuso prevista na NBR 13969/97, podendo ser utilizada para irrigação, pastagens, descargas de vasos sanitários, lavagem de veículos entre outros que possam ter contato direto com o usuário.

#### REAPROVEITAMENTOS DO REJEITO

O rejeito do sistema de tratamento de água para hemodiálise é descartado diretamente na rede de esgoto, sem nenhum aproveitamento. A instalação dos hidrômetros possibilitou a mensuração do rejeito e o embasamento para evolução do projeto de aproveitamento. A característica da água descartada pelas membranas do sistema de osmose reversa possui característica superior aos demais efluentes de esgoto conforme normas regulamentadas (FARIA et al, 2016)

#### REQUISITOS PARA O PROJETO

Para elaboração do projeto, foi definida utilização do descarte no prédio adjacente ao setor de Hemodiálise, o Ambulatório de Especialidades Médicas, o quadro 1 demonstra as etapas para execução do sistema de aproveitamento.

Quadro 1 – Requisito para o projeto

REQUISITOS	DESCRIÇÃO
Desenhos Técnicos	Elaboração de desenhos técnicos verificando a disposição do sistema de aproveitamento de rejeito
Adequação hidráulica Banheiros	Instalação de registros para entrada de água de rejeito e água potável.

Instalação de caixas d'água e tubulação	Instalação de duas caixas d'água para armazenamento do rejeito
<b>Instalação de tubulação para abastecimento de caixa d'água</b>	
Instalação de bomba de recalque	Bomba de recalque para bombeamento água de rejeito, instalação de comandos através de boias.
Instalação de bomba de cloro	Controle microbiológico
Reaproveitamento do Rejeito	Levantamento do aproveitamento

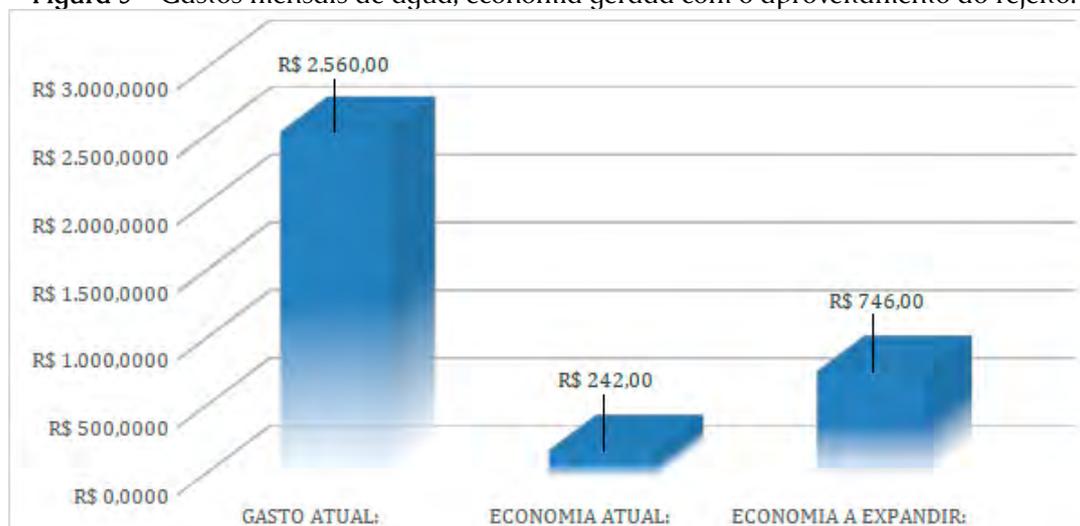
Fonte: Elaborado pelo autor

## RESULTADOS

Com a implantação do sistema de aproveitamento água, osmose central Hemodiálise entre os meses de julho a outubro, obteve-se com a pesquisa um volume aproveitado de 53 m<sup>3</sup> sendo direcionado para o abastecimento de dois banheiros do Ambulatório de Especialidades Médicas. Conforme o gráfico apresentado na Figura 3 foi possível quantificar os gastos com o sistema para tratamento de água, a economia gerada com o aproveitamento e identificação de expansão do uso da água de rejeito da osmose.

Para o cálculo de valores, foi utilizado como referência conta de água do mês de julho de 2020 do Hospital de Base de Bauru, fornecida pelo Departamento de água e esgoto de Bauru, valor de referência de R\$ 4.58,25 o m<sup>3</sup> cobrado do esgoto. Os valores com a utilização dos 216m<sup>3</sup> do aproveitamento do rejeito pode chegar anualmente a uma economia de R\$ 11.877,84. Para instituição de categoria publica o valor cobrado do m<sup>3</sup> de água potável, conforme a tabela de tarifa publica do Departamento de água e esgoto de Bauru é de R\$ 35,26, usando esta referência de valor, a economia anual pode chegar a R\$ 91.393,92.

Figura 3 – Gastos mensais de água, economia gerada com o aproveitamento do rejeito.

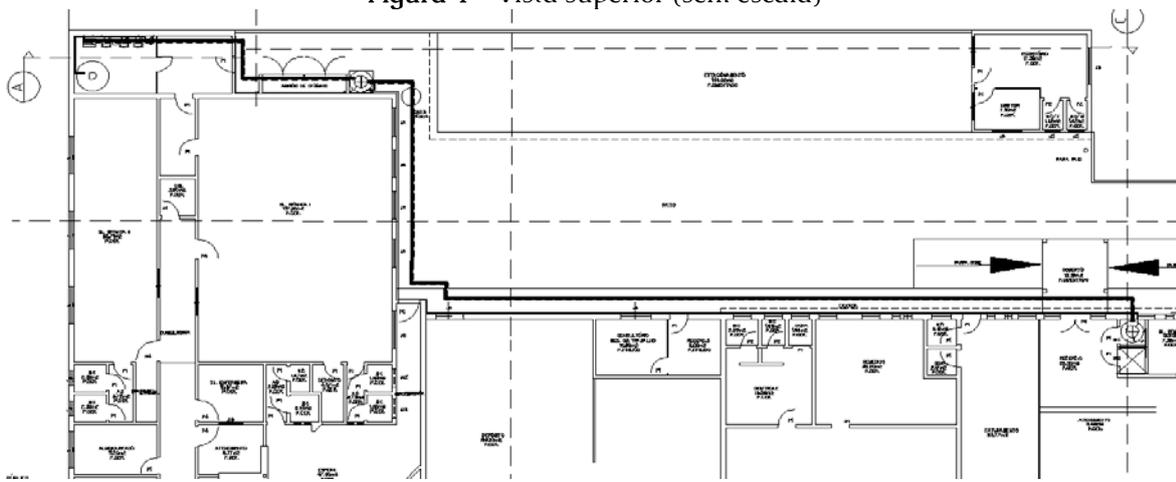


PERÍODO:	Mensal	VALORES:	
CONSUMO TOTAL SISTEMA:	558 m <sup>3</sup>	GASTO ATUAL:	R\$ 2.557,00
REAPROVEITAMENTO ATUAL:	53 m <sup>3</sup>	ECONOMIA ATUAL:	R\$ 242,87
REAPROVEITAMENTO A EXPANDIR:	163 m <sup>3</sup>	ECONOMIA A EXPANDIR:	R\$ 746,94

Fonte: Arquivo pessoal

A figura 4 demonstra o trajeto do encanamento para o abastecimento das caixas destinadas para o rejeito.

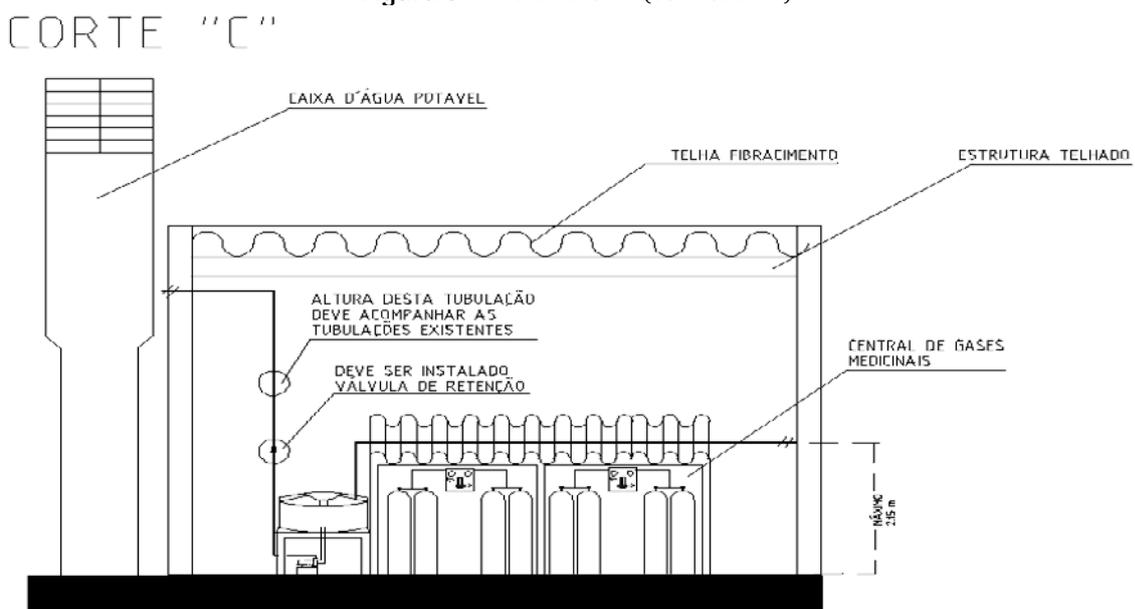
Figura 4 – Vista superior (sem escala)



Fonte: Arquivo pessoal

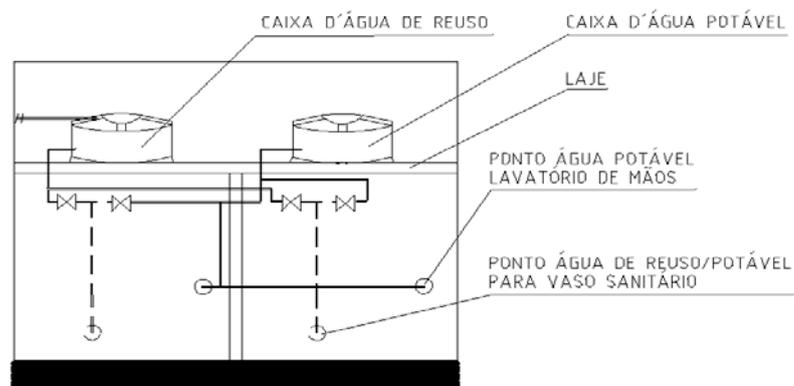
As figuras 5 e 6 apresentam o abastecimento da caixa e bombeamento para o setor de Ambulatório de Especialidades Médicas. Neste processo, a cloração da água é inserida através de bomba dosadora direto na tubulação.

Figura 5 – Vista lateral (sem escala)



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 6 – Vista lateral (sem escala)  
CORTE "F"



Fonte: Arquivo pessoal

As Figuras 7a e 7b apresentam o sistema de tratamento de água, osmose central para Hemodiálise.

Figura 7 – Sistema Osmose reversa



Fonte: Arquivo pessoal

As figuras 8a e 8b demonstra o sistema de aproveitamento finalizado com a bomba de cloro.

Figura 8 – Sistema de aproveitamento finalizado



Fonte: Arquivo pessoal

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa para o aproveitamento do descarte da osmose reversa demonstrou resultados satisfatórios. Com a mensuração do consumo do sistema, obteve-se o quantitativo do descarte do rejeito, normalmente desprezado direto na rede de esgoto, em torno de 216 m<sup>3</sup> de água.

Para o aproveitamento, foram selecionados dois banheiros do setor de Ambulatórios de Especialidades Médicas. O setor recebe em média 200 pacientes por mês para atendimento médico. Os pacientes utilizam os banheiros da recepção, adequados para a utilização de água do descarte da osmose.

As análises realizadas em laboratório interno se deram pela contagem de unidades de colônia de bactéria (UFC). O relatório do mês de novembro apresentou

uma unidade de UFC dentro dos parâmetros aceitáveis para fins menos nobres como a utilização em vasos sanitários.

A água disponibilizada para os vasos sanitários, é utilizada a bomba dosadora de cloro, com Hipoclorito de sódio solução 6%. A diluição para o sistema é em torno de 10 ml para um galão de 5 litros abastecido semanalmente.

A utilização do sistema se demonstrou viável tendo a possibilidade de utilização para outros fins conforme previsto na NBR 13969/97 Classes de reuso.

A pesquisa demonstrou a oportunidade de aproveitamento de um recurso tão nobre como a água. A cidade de Bauru passa por uma crise hídrica, em que vários bairros apresentam falta d'água. Em meio à Pandemia da COVID-19, a água é o principal meio para prevenção da doença.

Conforme a resolução 64/292 (ONU), a água é direito humano e devemos cuidar e implementar o uso consciente para nossa utilização e de gerações futuras.

A pesquisa demonstra que há inúmeras possibilidades de aproveitamento da água do sistema de osmose reversa, sendo necessário realizar a implantação, com ações simples e efetivas.

## REFERÊNCIAS

FARIA, Paulo Gil Siqueira de *et al.* **Reaproveitamento do Concentrado gerado por sistema de tratamento de água por osmose reversa em uma clínica de hemodiálise.** 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/esa/v21n2/1809-4457-esa-21-02-00329.pdf>. Acesso em: 23 out. 2020.

SILVA, Patrícia Bezerra da; TEIXEIRA, Elisabeth Pelosi; FREIRE, Flavio Bentes; RIELLA, Miguel Carlos. **Reuso da Água do Rejeito de um Tratamento de Osmose Reversa de uma Unidade de Hemodiálise Hospitalar: Estudo de Caso.** 2011. Disponível em: [file:///C:/Users/OEM/Downloads/1496-Texto%20do%20artigo-4627-1-10-20111227%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/OEM/Downloads/1496-Texto%20do%20artigo-4627-1-10-20111227%20(1).pdf). Acesso em: 23 out. 2020.

HOSPITAL DE BASE DE BAURU (HBB). **Historia.** 2020. Disponível em: <https://www.famesp.org.br/transparencia/hbb/>. Acesso em: 02 nov. 2020.

RIELLA, Miguel Carlos. **Princípios de Nefrologia e Distúrbios Hidroeletrólíticos.** 2010. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/68348365/nefrologia-riella-2010>. Acesso em: 02 nov. 2020.

SANTANA, Suelen Silva *et al.* **Assistência de Enfermagem prestada aos pacientes em tratamento Hemodialítico nas unidades de Nefrologia.** 2013. Revista Científica do ITPAC, Araguaína, v.6, n.3, Pub 5, julho 2013. Disponível em: <https://assets.unitpac.com.br/arquivos/Revista/63/5.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução-RDC nº 11, de 13 de março de 2014.** Dispõe os requisitos de boas Práticas de

funcionamento para serviços de Diálise e dá outras providências. Disponível em: [file:///C:/Users/OEM/Downloads/RDC\\_11\\_de\\_2014\\_Servios\\_de\\_Dilise%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/OEM/Downloads/RDC_11_de_2014_Servios_de_Dilise%20(1).pdf). Acesso em: 05 nov. 2020.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **PORTARIA Nº 2914, de dezembro de 2011**. Dispõe sobre normas de potabilidade de água para consumo humano. Brasília: SVS 2011. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html). Acesso em: 05 nov. 2020.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução – RDC nº 154, de junho de 2004**. Estabelece o Regulamento Técnico para o funcionamento dos serviços de Diálise. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/rdc0154\\_15\\_06\\_2004\\_rep.html#:~:text=RESOLU%C3%87%C3%83O%20](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/rdc0154_15_06_2004_rep.html#:~:text=RESOLU%C3%87%C3%83O%20). Acesso em: 05 nov. 2020.

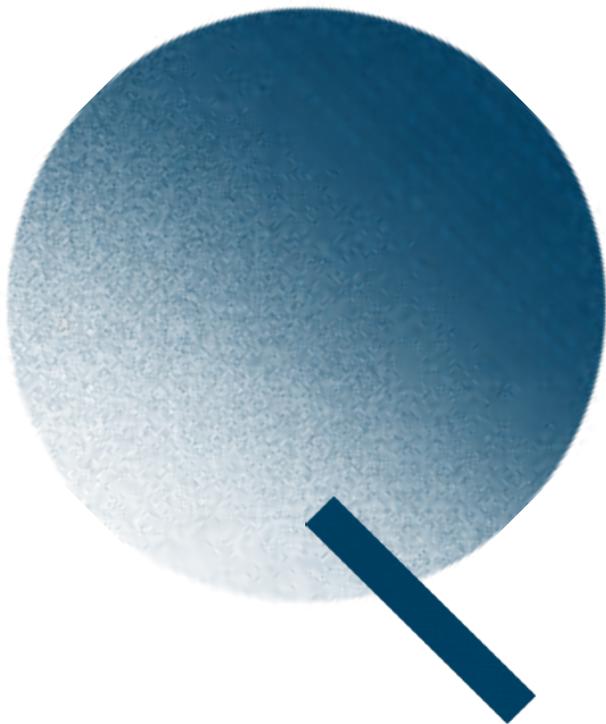
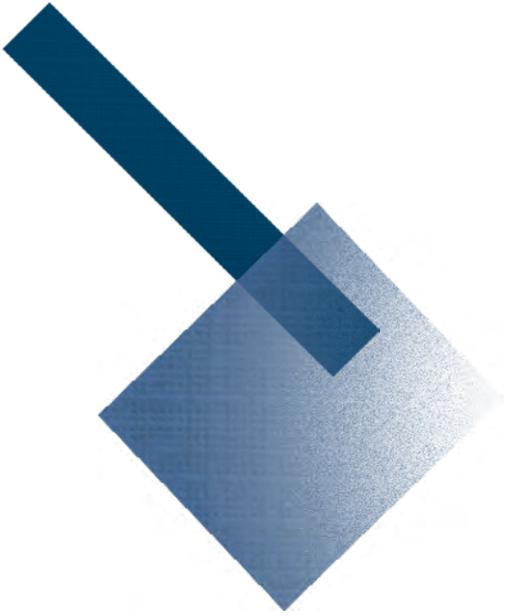
LOPES, Cristianne Maia. **Estudo da viabilidade do reúso da água rejeitada pelo sistema de osmose reversa em um serviço de hemodiálise**. 2017. 94f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão de Processos Institucionais) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017 Disponível em : <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/24321>. Acesso em 10/11/2020.

SILVA, A. M.M. et al. Revisão /atualização em diálise: água para hemodiálise. *Jornal Brasil de Nefrologia*, v.18, n.2, p.180-188, 1996.

CONTI, Irio Luiz et al (org.). *Convivência com o Seminário Brasileiro: autonomia e protagonismo social*. Brasília: IABS, 2013. 236 p. (Cooperação Brasil - Espanha). Disponível em: [http://plataforma.redesan.ufrgs.br/biblioteca/mostrar\\_bib.php?COD\\_ARQUIVO=](http://plataforma.redesan.ufrgs.br/biblioteca/mostrar_bib.php?COD_ARQUIVO=). Acesso em 24 nov. 2020

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

TRIVIÑOS, A.N.S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.



# REGENERAÇÃO DA RESINA DO DEIONIZADOR

Julia Pagliuso Lehn<sup>6</sup>

Larissa da Paixão Ferreira<sup>7</sup>

Fernanda Raimunda de Abreu<sup>8</sup>

## INTRODUÇÃO

A água deionizada é livre de ânions, cátions, amônia, cloro, nitratos, metais pesados e outros componentes nocivos. De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2017) a água deionizada é utilizada na lavagem de material, abastecimento equipamentos, autoclaves, banho-maria, histologia, na indústria química e farmacêutica, na produção de cosméticos, tratamento de pacientes com problemas renais, em sessões de diálise e hemodiálise.

O deionizador é um dos equipamentos mais utilizados para a obtenção de água desmineralizada. Segundo Blog SPLABOR (2013) o processo de deionização envolve dois sistemas de filtração. O primeiro é composto de carvão ativado, em seguida, passa pela coluna de leito misto de resinas.

A ANVISA (2017) afirma que as resinas de troca iônica são polímeros orgânicos, geralmente sulfonados, na forma de pequenas partículas. As resinas fazem a troca de seus íons hidrogênio ( $H^+$ ) para resinas catiônicas e hidroxila ( $OH^-$ ) para as aniônicas gradativamente até saturá-las, o que faz necessário a substituição da mesma antes de sua saturação total ou outra possibilidade é a regeneração das resinas em que consiste este presente trabalho.

A regeneração das resinas catiônicas e aniônicas de acordo com Silva et al (2009) consiste no processo de troca invertida em meio ácido ou básico. Sendo que para resina catiônica é feita por meio de uma solução de Ácido Clorídrico (HCl), que retira os íons de minerais, regenerando os íons  $H^+$ . E para a resina aniônica é feita por meio de uma solução de Hidróxido de Sódio (NaOH), que retira da água os íons de minerais retidos, rearranjando os íons  $OH^-$ , finalizando o processo de regeneração.

Esse trabalho tem como objetivo apresentar um método para regeneração da resina de troca iônica da coluna deionizadora mais viável e econômico. Baseando-se em referências bibliográficas, o método realizado foi adaptado aos recursos disponíveis. O procedimento foi realizado por amostragem.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### DIFERENÇA DE ÁGUA DEIONIZADA E ÁGUA DESTILADA

O deionizador é trivialmente conhecido pela sua eficiência na substituição dos compostos inorgânicos, produzindo uma água purificada de uso rotineiro

<sup>6</sup> Graduada em Tecnologia em Sistemas Biomédicos pela Fatec Bauru

<sup>7</sup> Graduada em Tecnologia em Sistemas Biomédicos pela Fatec Bauru

<sup>8</sup> Doutora em Ciências e Engenharia de Materiais pela USP- São Carlos

(MENDES, 2011). Sendo a água mais utilizada em laboratório de pesquisas (DYNA; RODRIGUES; BARBOSA, s/d).

Porem o processo de deionização isolado não produz água de alta pureza, por haver fuga de pequenos fragmentos da resina, facilitando no crescimento microbiano e por haver baixa remoção de orgânicos (ANVISA, 2017).

Um dos métodos de purificação para essa finalidade pode ser destacado o processo de destilação por representar uma água pura e livre de impurezas, contudo não é um sistema de demanda e a água a ser utilizada é preparada e armazenada podendo aumentar as chances de contaminação. Entretanto apenas 5% da água de todo o processo é convertida para uso (LORENZO et. al., 2018).

Sendo assim, a maior vantagem da destilação é remoção de diversos tipos de contaminantes e a desvantagem é a grande quantidade de energia utilizada (MENDES, 2011).

No quadro 1 a seguir pode-se notar a diferença da água deionizada e destilada.

Quadro 1 – Relação método de purificação/remoção de impureza

	Íons	Gases dissolvidos	Orgânicos	Partículas	Bactérias	Pirogênicos/endotoxinas
Deionização	+	+	-	-	-	-
Destilação	+	±	±	+	+	+

± remoção parcial + remoção total ou alta - remoção nula ou baixa

Fonte: Lorenzo et al (2018)

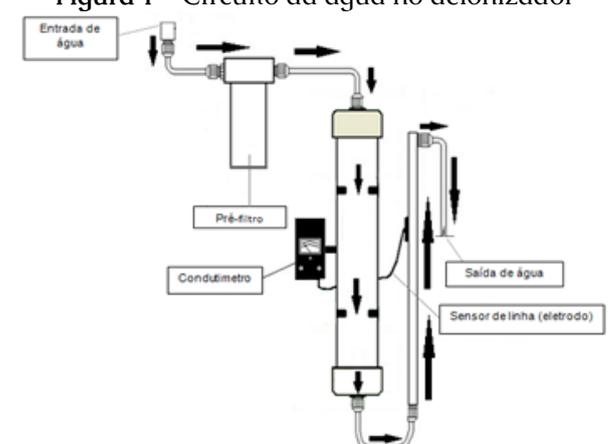
#### DEIONIZADOR

A ANVISA (2017) afirma que o deionizador, apresentado na figura 1 é um equipamento que retira sais inorgânicos (cátions/ânions) dissolvidos na água, produzindo uma água purificada de uso rotineiro. Blog SPLABOR (2013) assegura que o processo de deionização envolve dois sistemas de filtração.

O primeiro é composto por um pré-filtro denominado filtro de carvão ativado, utilizado como pré-tratamento para a remoção de materiais orgânicos e cloro, seu objetivo é a purificação da água (PEREIRA; TIZZOT, 1984). Em seguida, o processo de deionização ocorre através da passagem da água na coluna de leito misto (aniônicas e catiônicas). As resinas fazem a troca de seus íons hidrogênio ( $H^+$ ) hidroxila ( $OH^-$ ) gradativamente até saturá-las. Neste processo a água obtida apresenta-se com pureza acima de 95%.

Carniel (2014) afirma que o deionizador possui um condutivímetro que emite um alerta através de uma lâmpada mostrando à necessidade de trocar a coluna de leito misto.

Figura 1 - Circuito da água no deionizador



Fonte: [https://wikiciencias.casadasciencias.org/wiki/index.php/%C3%81gua\\_Desionizada](https://wikiciencias.casadasciencias.org/wiki/index.php/%C3%81gua_Desionizada)

#### IMPORTÂNCIA DA ÁGUA DEIONIZADA

De acordo com Dyna, Rodrigues e Barbosa (s/d) a água é o solvente mais utilizado, uma vez que a água deionizada é de fundamental importância nos trabalhos de pesquisa. Conforme a empresa Via Filtros (s/d) a água do deionizador não contém nenhum tipo de componente químico nocivo que pode alterar o resultado final de exames ou testes laboratoriais. A Anvisa (2017) afirma que para os laboratórios essa água se torna essencial por ser purificada e de uso rotineiro aos trabalhos de pesquisa.

A água deionizada pode ser utilizada em inúmeros locais, como laboratórios, hospitais, indústrias e farmácias, geralmente são usadas para lavagem de instrumentos, abastecimento de autoclaves e produções de cosméticos.

#### TIPO DE RESINAS

De acordo com Frigurgo Filtros (s/d) as resinas são formadas por cátions e ânions, que podem estar em tanques separados ou em um único tanque (leito misto). Nas resinas que estão em tanques separados, as reações acontecem independentes e incompletas, assim o resultado é apenas uma troca iônica moderada. Já no leito misto acontecem reações completas e simultâneas onde ocorre tanto a troca aniônica como a catiônica, o que resulta em água virtualmente livre de íons. A resina catiônica tem uma carga positiva e incluem Sódio ( $\text{Na}^+$ ), Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e Magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), ela fixa cátions liberando íons Hidrogênio ( $\text{H}^+$ ). A resina aniônica tem uma carga negativa e incluem Cloro ( $\text{Cl}^-$ ), Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) e Bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), está fixa ânions fortes e fracos liberando Hidroxila ( $\text{OH}^-$ ).

Essas reações ocorrem quando a água passa através das resinas trocadoras de íons. E o produto dessas duas trocas,  $\text{H}^+$  e  $\text{OH}^-$ , formam as moléculas de água (FRIGURGO FILTROS, s/d).

As resinas são polímeros orgânicos, geralmente sulfonados, na forma de pequenas partículas (ANVISA, 2014). A estrutura fundamental da resina é vista como um íon grande, permeável, insolúvel, que não difunde obtido na forma de um polímero de rede cruzada tridimensional (ABRÃO, 1972).

## TIPOS BÁSICOS DA RESINA

Quadro 2 – Características das resinas orgânicas sintéticas utilizadas no tratamento de água

RESINA	CONSTITUIÇÃO	GRUPO FUNCIONAL	UTILIZAÇÃO
FRACAMENTE ÁCIDA	Copolimerização do ácido Meta Acrílico com o Divinil Benzeno	-COOH	Utilizadas para remoção de dureza e sódio em águas com dureza temporária predominante e elevada
FORTEMENTE ÁCIDA	Copolimerização do Poliestireno e Divinil Benzeno.	-HSO <sub>3</sub>	Abrandamento, decarbonatação e desmineralização de água
FRACAMENTE BÁSICA	Copolimerização do Estireno ou do ácido Meta Acrílico com o Divinil Benzeno	R-CH-N-(CH <sub>2</sub> OH) <sub>2</sub>	Desmineralização
FORTEMENTE BÁSICA	Copolimerização do Estireno ou do ácido Meta Acrílico com o Divinil Benzeno	[R-N-(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ] <sup>+</sup> ou [R-N-(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> -OH] <sup>+</sup>	Desmineralização

Fonte: Dyna, Rodrigues e Barbosa (s/d)

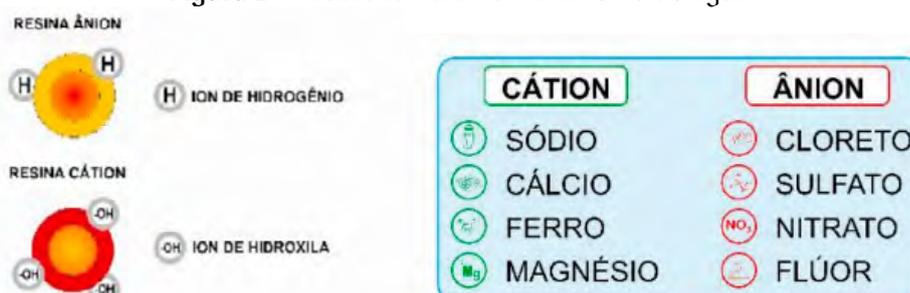
## TROCA IÔNICA

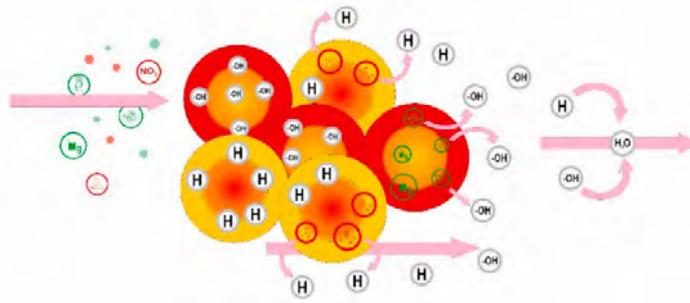
Abrão (1972) afirma que os trocadores de íons podem ser substâncias naturais ou artificiais que apresentam propriedades de troca iônica, ou seja, possui em sua estrutura molecular radicais ácidos ou básicos que podem ser substituídos. Uma permuta iônica pode ser um material que contém um “esqueleto” ou “matriz”, na qual são fortemente fixados íons de cargas positiva ou negativa. Para preservar a neutralidade elétrica, este sólido deve conter íons móveis ou deslocáveis de carga oposta. Para os trocadores catiônicos a matriz de fixação é negativa, os íons deslocáveis ou trocáveis devem ser positivos. Já nos trocadores aniônicos quando os íons fixados são positivos, os íons trocáveis são negativos.

Os íons trocáveis típicos para o trocador catiônico são: H<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Th<sup>4+</sup>, FeCl<sub>2</sub><sup>+</sup>, Cu (NH<sub>3</sub>)<sub>4</sub><sup>2+</sup> e íons orgânicos RNH<sub>3</sub><sup>+</sup>, R<sub>4</sub>N<sup>+</sup>. (ABRÃO,1972)

Os íons trocáveis típicos para o trocador aniônico são: OH<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HSO<sub>4</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, FeCl<sub>4</sub><sup>-</sup>, ZnCl<sub>3</sub><sup>-</sup> e íons orgânicos R-COO<sup>-</sup>. (ABRÃO,1972).

Figura 2 – Trocas iônicas no tratamento de água





Fonte: Lorenzo (2018)

## REGENERAÇÃO

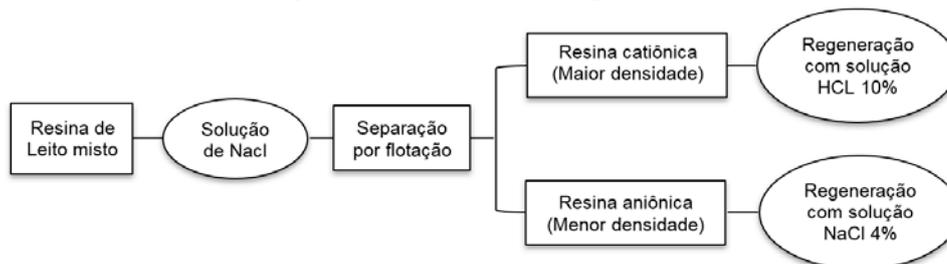
Segundo Silva et al (2009), as resinas perdem a capacidade de desmineralizar a água com o tempo, e o processo de regeneração das mesmas permite reutilizá-las quando saturaram, o que diminui os custos com a sua substituição.

A regeneração das resinas catiônicas e aniônicas de acordo com Silva et al (2009) consiste no processo de troca invertida em meio ácido ou básico.

A regeneração da resina catiônica é feita por meio de uma solução de Ácido Clorídrico (HCl), que retira os íons de minerais, regenerando os íons H<sup>+</sup>, resultando em uma água contendo apenas os ácidos dos sais dissolvidos na mesma. (SILVA et al, 2009)

A regeneração da resina aniônica é feita por meio de uma solução de Soda Cáustica (NaOH), que retira da água os íons de minerais retidos, rearranjando os íons OH<sup>-</sup>, finalizando o processo de regeneração. (SILVA et al, 2009). O esquema 1 mostra o processo de regeneração.

Esquema 1 – Processo de regeneração



Fonte: Os autores (2019)

## SEPARAÇÃO DE RESINA DE TROCA IÔNICA

O primeiro passo para a regeneração das resinas é a separação das mesmas o qual utiliza-se uma solução de NaCl. Esta etapa pode ser realizada através de vários métodos, 2 deles estão descritos a seguir:

a) Segundo Rocha, Caris e Hamada (2016) o processo é caracterizado por duas etapas. Na primeira etapa, a resina é preenchida com solução de NaCl comercial a 10%; na segunda etapa, a solução anterior inserida é drenada e colocada uma solução de NaCl comercial supersaturada aquecida a 80°C e em seguida resfriada a 70°C – para a total separação da resina;

b) De acordo com Dyna, Rodrigues e Barbosa (s/d) na separação das resinas foi utilizada uma solução de NaCl comercial 10%, visando obter uma separação parcial e a seguir uma solução supersaturada de NaCl a 80°C e deixada ser resfriada até a 70°C.

Após as etapas citadas acima, as resinas são totalmente separadas através da flotação, sendo que a resina aniônica é aquela que flota. A resina de maior densidade é retirada primeiro. Para finalizar o processo de separação, ambas as resinas são lavadas com água deionizada abundantemente (ROCHA; CARIS; HAMADA, 2016)

#### REGENERAÇÃO DA RESINA CATIONICA E ANIÔNICA

Conforme Dyna, Rodrigues e Barbosa (s/d) após realizado a separação da resina, inicia-se o processo de regeneração. Para resina aniônica, é colocado 12 litros de NaOH a 4% a temperatura de 50°C, este processo é realizado utilizando um barrilete com vazão de 9L/h, a seguir ocorre o enxágue das resinas por 40 minutos e fluxo de 36L/h, posteriormente a resina aniônica é retirada do regenerador e o mesmo procedimento de enxágue é executado para a resina cationica o que difere é que ao invés do NaOH utiliza-se o HCl 10% com fluxo de 10L/h.

Rocha, Caris e Hamada (2016) optaram por realizar o processo de regeneração tratando a resina aniônica com solução de NaOH 4% banhando a mesma em um recuperador de resina com 4,1L de solução NaOH com vazão contínua de 5L/H, já com a resina cationica utilizou-se HCl 10% e banhou a resina no recuperador com 4,2L de solução de HCl utilizando um fluxo contínuo de 5L/H, após a regeneração iniciou-se o enxágue das resinas com água destilada usando uma vazão constante de 20 litros para cada resina.

## MATERIAIS E MÉTODO

As resinas saturadas utilizadas nesse trabalho foram oriundas do deionizador marca Permuton, modelo: DE 1800 com vazão de água de 50l/h que está em funcionamento no laboratório de microbiologia da Fatec Bauru. Essas resinas são de leito misto, fortemente ácida, constituída da copolimerização do Poliestireno e Divinil Benzeno (grupo funcional característico  $-HSO_3$ ).

Para a separação das resinas utilizou-se NaCl comercial. Para a regeneração da resina aniônica utilizou-se solução de Hidróxido de Sódio a 4% (escamas) puro, marca Êxodo científica e para a regeneração da resina cationica utilizou-se solução de Ácido Clorídrico P.A. – A.C.S, Marca Synth (HCl) a 10%.

Para as análises de pH e condutividade, foi utilizado equipamento da Kasvi, ref.: K39-003PHC.

O cartucho de resina utilizado no presente trabalho tinha um total de 5 kg. Para as análises utilizou-se 5% da massa total da resina citada.

Para a pesagem das mesmas foi utilizado a balança digital de precisão da marca Marte AS2000C.

Foram realizados 3 testes distintos para a separação das resinas a massa de resina utilizada em todos os testes foi de 250g.

No primeiro teste foi utilizada uma solução de NaCl 10% P.A ACS, marca Êxodo científica cuja função foi de separar parcialmente as resinas e uma solução supersaturada de NaCl (concentração de 26%) para flotação total das mesmas. Para a preparação da solução supersaturada (concentração de 26%) foi preciso aquecer a solução de NaCl a 80°C para a dissolução completa do sal, esta solução foi resfriada a 60°C para ser utilizada na separação das resinas (utilizou-se o termômetro da marca Incoterm L-141/07). Após o resfriamento esta solução foi misturada com os componentes resina/NaCl 10%. O sistema ficou em repouso por 10 min para verificar se a separação tinha ocorrido com sucesso.

No segundo teste foi utilizado NaCl comercial 10% da marca União, neste processo utilizou-se a solução supersaturada de NaCl comercial. Para a separação completa o sistema ficou em repouso por 10 min.

No terceiro teste foi utilizado o NaCl comercial a 10% para a separação parcial das resinas, em seguida filtrou a mistura e adicionou-se a solução supersaturada de NaCl para a flotação total das resinas. O tempo de repouso do sistema também foi 10 min.

O primeiro teste para a separação das resinas, não houve sucesso.

Embora o segundo teste tenha se apresentado eficaz, optou-se por fazer a regeneração com as resinas obtidas no terceiro teste de separação devido a utilização de menos NaCl e também da rapidez do processo.

Após realizar o processo de separação retirou-se a resina catiônica (mais densa) e em seguida a aniônica (menos densa), como mostra a figura 3. Para a lavagem da resina utilizou-se uma coluna de PVC onde um dos lados da coluna foi vedado com gaze para que a água escoasse a lavagem ocorreu por 20 min. Após a lavagem, deu-se início ao processo de regeneração das resinas.

Figura 3 – Retirada da resina catiônica pós separação



Fonte: Os autores (2019)

Foram realizados três testes distintos. Para a regeneração foram utilizadas 750 ml de solução de HCl a 10% (resina catiônica) e solução de NaOH a 4% (resina aniônica).

No primeiro teste para a regeneração da resina catiônica foi misturado 750 ml HCl a 10% com 157,35 g da resina deixado sob agitação mecânica e circular constante de 3000 rpm por 90 min. Após este período, a mistura foi filtrada e em seguida a resina foi lavada abundantemente com água deionizada por 10 min.

Para a regeneração da resina aniônica foi misturado 750 ml de NaOH a 4% com 206,28 g da resina aniônica deixado sob agitação constante de 3000 rpm por 90 min.

Em seguida as resinas foram lavadas abundantemente com água deionizada por 10 min, para lavagem foi utilizada uma peneira fina.

No segundo teste, para a regeneração da resina catiônica foi utilizado 1 L de HCl a 10% em 284g da resina deixado sob agitação constante de 2000 rpm por 90 min. Em seguida a resina foi colocada em uma coluna de PVC onde um dos lados da coluna foi vedado com tecido tipo malha para que a água escoasse pela malha e a resina fosse retida. Neste procedimento o fluxo de água para a lavagem foi diminuído. O processo de lavagem durou 20 min.

Para a regeneração da resina aniônica foi misturado 750 ml de NaOH 4% aquecido a 50°C em 292,14 g de resina deixado sob agitação constante de 1500 rpm e temperatura constante de 50°C por 90 min. O processo de lavagem da resina foi igual ao citado anteriormente para as resinas catiônicas.

No terceiro teste foi obtido uma massa de 119,26g de resina catiônica e 165,80 g de resina aniônica. Para a regeneração também foram utilizadas as soluções de HCl a 10% e solução de NaOH a 4%.

Para a regeneração da resina catiônica foi utilizado 358 ml de HCl a 10% em 119,26 g da resina deixado sob agitação constante de 2000 rpm por 90min. Em seguida a resina foi colocada em uma coluna de PVC menor que da segunda tentativa de regeneração, onde um dos lados da coluna foi vedado com gaze para que a água escoasse e a resina fosse retida. Neste procedimento o fluxo de água para a lavagem foi diminuído. O processo de lavagem durou 20 min..

Para a regeneração da resina aniônica foi misturado 500 ml de NaOH 4% aquecido a 50°C em 165.80 g de resina deixado sob agitação constante de 1500 rpm e temperatura constante de 50°C por 90 min.. O processo de lavagem da resina foi igual ao citado anteriormente para as resinas catiônicas.

Para testar a eficiência dos métodos foram utilizadas medidas de condutividade da: água da torneira, água do deionizador, água que foi passada pela resina saturada e a água utilizada na deionização das resinas após sua regeneração mostrada na tabela 1.

Tabela 1 – Medições de condutividade das águas

Regeneração	Resina Saturada	Água Torneira	Resultados Regeneração
1ª Teste	52µs	203µs	433µs

2ª Teste	52 $\mu$ s	205 $\mu$ s	63 $\mu$ s
3ª Teste	121 $\mu$ s	264 $\mu$ s	2 $\mu$ s

Fonte: Os autores (2019)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No primeiro teste de separação das resinas não houve sucesso, visto que as resinas não separaram totalmente.

No segundo, foi observado que ocorreu a separação total das mesmas, porém, houve dificuldade para retirar as resinas do recipiente onde ocorreu a separação, pois verificou-se que o recipiente utilizado não foi apropriado ocorrendo perda considerável de material.

No terceiro teste, também ocorreu a separação total das resinas, obteve-se um maior sucesso no processo visto que o recipiente utilizado foi mais apropriado para a retirada das resinas.

Na tabela 1 pode-se observar que no primeiro teste de regeneração das resinas o resultado não foi o esperado. Já no segundo teste foi observado uma melhora acentuada nos valores da condutividade, porém a condutividade da água que foi tratada com a resina regenerada ainda não teve o valor ideal.

No terceiro teste obteve-se resultado, com valor de condutividade 2 $\mu$ s, como mostra a figura 6. Segundo a ANVISA (2017 e 2014) os parâmetros de condutividade para a lavagem de material, abastecimento de equipamentos, autoclaves, banho-maria, histologia (disciplina biomédica, estudo de estrutura microscópica, função de tecidos vivos), usos diversos são de 1 a 5,0  $\mu$ S/cm. Para o funcionamento dos serviços de diálise a condutividade da água deve ser igual ou menor que 10  $\mu$ S/cm. Tornando assim a regeneração eficiente, para utilização nos processos citados acima.

Figura 6 – Medição de condutividade da terceira tentativa de regeneração



Fonte: [https://wikiciencias.casadasciencias.org/wiki/index.php/%C3%81gua\\_Desionizada](https://wikiciencias.casadasciencias.org/wiki/index.php/%C3%81gua_Desionizada)

Os resultados do teste 1 e 2 não foram satisfatórios o qual pode ser atribuído à falta de um equipamento ideal para fazer a troca iônica, na fase de deionização da mesma pois no teste 1 a lavagem foi realizada através de uma peneira e com um fluxo de água constante e ágil, no segundo teste a resina foi colocada em uma coluna de PVC pequena e com uma espessura maior e em seguida a água da torneira foi passada nesta coluna para a desmineralização, sendo que a vazão e a quantidade de água utilizada, não foram controladas. O teste 3 foi considerado satisfatório pois utilizamos uma coluna de PVC com uma espessura menor e de altura maior considerando um fluxo de água lento e controlado, visto que a condutividade da água obtida após a passagem pela resina regenerada foi de 2 $\mu$ s. é importante destacar que cada teste foi realizado com concentrações diferentes cada uma com sua respectiva solução.

Concluindo que o foco do trabalho não foi a construção de equipamento para a separação/regeneração das resinas que será, uma sugestão para trabalhos futuros. Foi realizado o cálculo de custos para a regeneração das resinas e comparado com o valor da resina comercial, tabela 2. Pode-se observar que o custo da resina regenerada é muito menor do que a resina comercial, o que justifica a continuação deste trabalho no que diz respeito à construção do equipamento pois os processos de regeneração já foram definidos com sucesso neste trabalho.

Tabela 2 - Custo do processo

Soluções	Porcentagem das soluções	Quantidade das soluções	Custos das soluções
NaCl	10% + 26%	5400	R\$ 7,29
NaOH	4%	300g	R\$ 22,56
HCL	10%	750ml	R\$ 23,63
Total de custos das soluções			R\$ 53,48
Custo da coluna de resina nova			R\$ 171,76
<b>Economia</b>			<b>R\$ 118,28</b>

Fonte: Os autores (2019)

## CONCLUSÃO

O método realizado foi adequado aos recursos tecnológicos disponíveis, obtendo como resultado a diminuição da condutividade da água final, comprovando que é possível realizar a regeneração da resina deionizadora.

Fica como sugestão o aprimoramento do método de regeneração, utilizando-se de um sistema em que a solução escoe de cima para baixo, num ciclo, para que a troca iônica se dê pela passagem da solução por entre as resinas.

## REFERÊNCIAS

ABRÃO, A. **Operações de Troca Iônica**. Disponível em: < <https://www.ipen.br/biblioteca/slr/cel/0399>>. Acesso em: 10 jun. 2019

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. ANVISA. **Consulta Pública nº 312**, 2017. Disponível em: < <http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2949405/CONSULTA+PUBLICA+N+312+COFAR.pdf/31ad3eb8-888c-434e-b7e6-119191479504>>. Acesso em: 19 ago. 2019

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. ANVISA. **Resolução de diretoria colegiada - RDC nº 11**, 2014. Disponível em: < [http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2867923/\(1\)RDC\\_11\\_2014\\_COMP.pdf/5e552d92-f573-4c54-8cab-b06efa87036e](http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2867923/(1)RDC_11_2014_COMP.pdf/5e552d92-f573-4c54-8cab-b06efa87036e)>. Acesso em: 04 nov. 2019

BLOG SPLABOR. **Deionizador/água purificada através da troca iônica garante pureza superior a 95%**. 2013. Disponível em: < <http://www.splabor.com.br/blog/deionizador-2/deionizador-agua-purificada-atraves-da-troca-ionica-garante-pureza-superior-a-95/>>. Acesso em: 16 jul. 2019.

CARNIEL, B. A. **Transbordamento em coluna deionizadora para purificação de água**. 2014. Disponível em: < <https://www.acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/40341/R%20-%20E%20-%20BELAMIR%20ANTONIO%20CARNIEL.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 16 jul. 2019.

DYNA, L. S.; RODRIGUES, E. Í. S.; BARBOSA, A. S. **Desenvolvimento de equipamento e técnica de separação e regeneração de resinas de troca iônica**. s/d. Disponível em: < <https://pdfs.semanticscholar.org/38ce/d63a5f03a45d6d0f8aac200b8e0dce17138f.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

FRIGURGO FILTROS. **Deionizadores (Desmerilizadores de Água)**. s/d. Disponível em: < <http://www.friburgofiltros.com.br/deionizadores.html> >. Acesso em: 14 mar. 2019.

LORENZO, C. P. B. et. al. Métodos de purificação da água para laboratórios. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Goiânia, v.15, n.28, p.1078, 2018. Disponível em: < <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2018B/BIO/metodos2.pdf> >. Acesso em: 17 out. 2019

MENDES, M. E. et al. A importância da qualidade da água reagente no laboratório clínico. **J Bras Patol Med Lab**, Goiânia, v.47, n.3, p.217-223, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jbpml/v47n3/v47n3a04.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2019

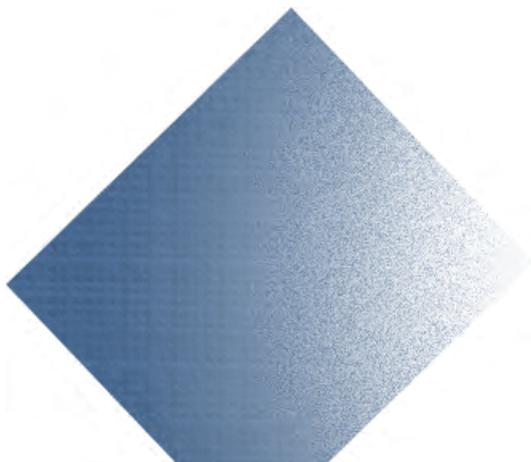
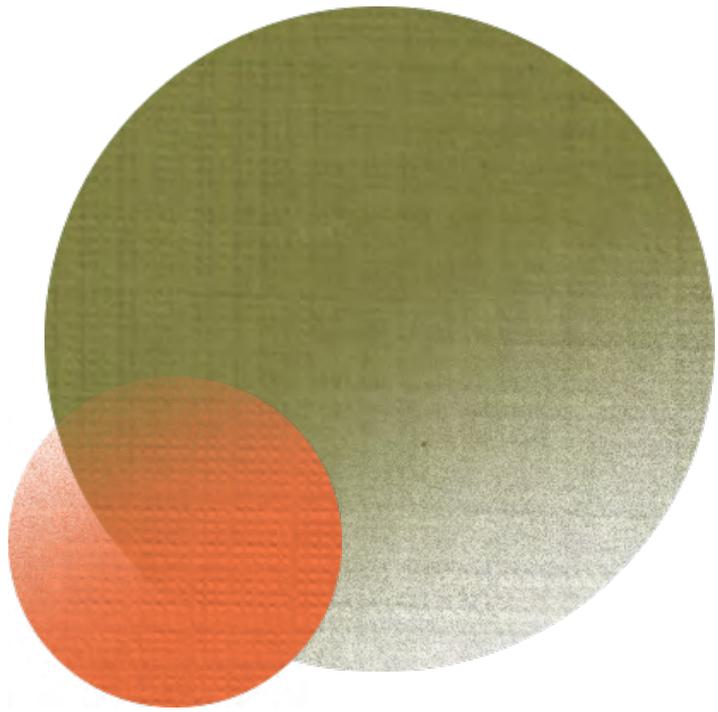
PEREIRA, C. C.; TIZZOT, M. R. A. P. Análise microbiológica e alguns parâmetros físico-químicos da água reagente dos laboratórios das faculdades integradas

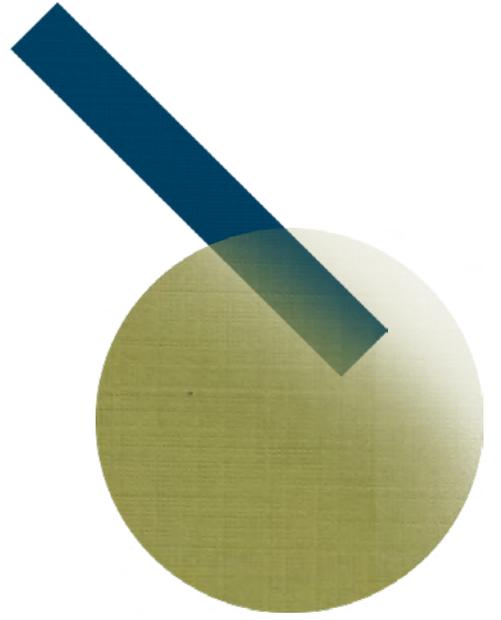
do Brasil. UNIBRASIL, Curitiba, v. 1, n.4, p. 17-29, 1984. Disponível em: < <http://portaldeperiodicos.unibrasil.com.br/index.php/cadernossaude/article/viewFile/2302/1875>>. Acesso em: 11 mar. 2019.

ROCHA, A. A.; CARIS, N. A.; HAMADA, A. M. O. **Desenvolvimento de purificador de água de baixo custo**. 2016. Disponível em: < <http://www.ifspcapivari.com.br/wp-content/uploads/2016/12/8-DESENVOLVIMENTO-DE-PURIFICADOR-DE-%C3%81GUA-DE-BAIXO-CUSTO.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

SILVA, J. I. S. da et. al. **Regeneração de resinas trocadoras de íons utilizando ácido sulfúrico e hidróxido de sódio**. Associação Brasileira de Química. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/entequi/2009/trabalhos/27-6058.htm>>. Acesso: 11 de mar. 2019.

VIA FILTROS. **Principais aplicações de um deionizador de água**. s/d. Disponível em: < <http://viafiltros.com.br/principais-aplicacoes-de-um-deionizador-de-agua/>>. Acesso em: 16 jul. 2019.





# TECNOLOGIA ASSISTIVA: PROPOSTA DE UM ANDADOR DESTINADO A DIFERENTES USUÁRIOS COM ÊNFASE EM PESSOAS QUE SOFRERAM AVC

Flávia Rocha Piedade Oliveira<sup>9</sup>  
Jaqueline Batista da Silva<sup>10</sup>  
Regileide Freitas de Godoy<sup>11</sup>  
Ana Cristina Maurício Ferreira<sup>12</sup>

*“Para as pessoas sem deficiência a tecnologia torna as coisas mais fáceis.  
Para as pessoas com deficiência, a tecnologia torna as coisas possíveis”*  
RADABAUGH, 1993.

## INTRODUÇÃO

A marcha é uma das funções básicas do ser humano, sendo considerado o ato de andar, uma conquista importante em sua primeira infância, pois possibilita o desenvolvimento de outras habilidades e o alcance da autonomia. Fatores intrínsecos e extrínsecos podem afetar a marcha no decorrer da vida. Os fatores intrínsecos se relacionam à estrutura corporal e as funções dos sistemas do corpo e os extrínsecos aos fatores externos, como a ocorrência de um acidente. Existindo déficit na execução da marcha, comumente faz-se necessário o uso de tecnologias assistivas no auxílio à mobilidade.

As tecnologias assistivas tem, basicamente, a finalidade de auxiliar, substituir ou melhorar alguma capacidade funcional. Sendo voltada à mobilidade, apresentam a finalidade auxiliar pessoas que por algum motivo têm dificuldades de locomoção, propiciando maior autonomia, por meio de equipamentos ou recursos, como é o caso de cadeiras de rodas, muletas, andadores, entre outros (SARTORETTO; BERSCH, 2021).

Os andadores são órteses úteis e necessárias na vida cotidiana de diferentes usuários que precisam de um auxílio para caminhar, oferecendo estabilidade e maior precisão nos deslocamentos. Oferecem também mais equilíbrio e força para a execução da marcha, assim como segurança para o ato de se colocar em posição ortostática.

Diante do contexto apresentado, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um andador que possa ser utilizado por usuários diversos e, mais especificamente, por pessoas que sofreram um AVC e tiveram sua capacidade de marcha reduzida. Pretende-se, com esta proposta, oferecer um produto de tecnologia assistiva que

9 Graduada em Sistemas Biomédicos - Fatec Bauru. E-mail: flapiedade@hotmail.com

10 Graduada em Sistemas Biomédicos - Fatec Bauru. E-mail: jaquelinebsilva20@gmail.com

11 Graduada em Sistemas Biomédicos - Fatec Bauru. E-mail: regi1905@hotmail.com

12 Doutora em Design. Docente da Fatec Bauru. E-mail: ana.ferreira22@fatec.sp.gov.br

promova a segurança, evitando a ocorrência de quedas e lesões decorrentes. Todo equipamento médico hospitalar desenvolvido, neste caso, um produto de tecnologia assistiva, tem por finalidade melhorar a qualidade de vida do usuário.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### TECNOLOGIA ASSISTIVA

Basicamente, o conceito de Tecnologia Assistiva envolve práticas, recursos, materiais, metodologias, serviços, produtos e estratégias que visam aumentar a participação, inclusão social, autonomia, qualidade de vida e independência das pessoas com deficiência, incapacidades, transtornos e mobilidade reduzida. São recursos utilizados para o auxílio de pessoas que apresentam alguma restrição ou impedimento de execução de suas habilidades funcionais, que podem, por exemplo, ampliar ou promover a mobilidade, a comunicação e o aprendizado, sendo divididos em doze categorias, de acordo com aplicações e prescrições (SARTORETTO; BERSCH, 2021).

A categorização dos recursos de tecnologia assistiva consta da Portaria Interministerial nº 362, de 24 de outubro de 2012, que ressalta a importância da classificação para a promoção desta área do conhecimento, servindo de subsídio ao estudo, à pesquisa, ao desenvolvimento, à promoção de políticas públicas, à organização de serviços, à catalogação e à formação de banco de dados para identificação dos recursos mais apropriados ao atendimento de uma necessidade funcional ao usuário final, sendo elas (BRASIL, 2012):

- a) Auxílios para a vida diária e a vida prática;
- b) CAA - Comunicação Aumentativa e/ ou Alternativa;
- c) Recursos de acessibilidade ao computador;
- d) Sistemas de controle de ambiente;
- e) Projetos arquitetônicos para acessibilidade;
- f) Órteses e Próteses;
- g) Adequação Postural;
- h) Auxílios de Mobilidade;
- i) Auxílios para qualificação da habilidade visual e recursos que ampliam a informação a pessoas com baixa visão ou cegas;
- j) Auxílios para ampliação da habilidade auditiva e para autonomia na comunicação de pessoas com déficit auditivo, surdez e surdo-cegueira;
- k) Adaptações em veículos e em ambientes de acesso ao veículo;
- l) Esporte e Lazer.

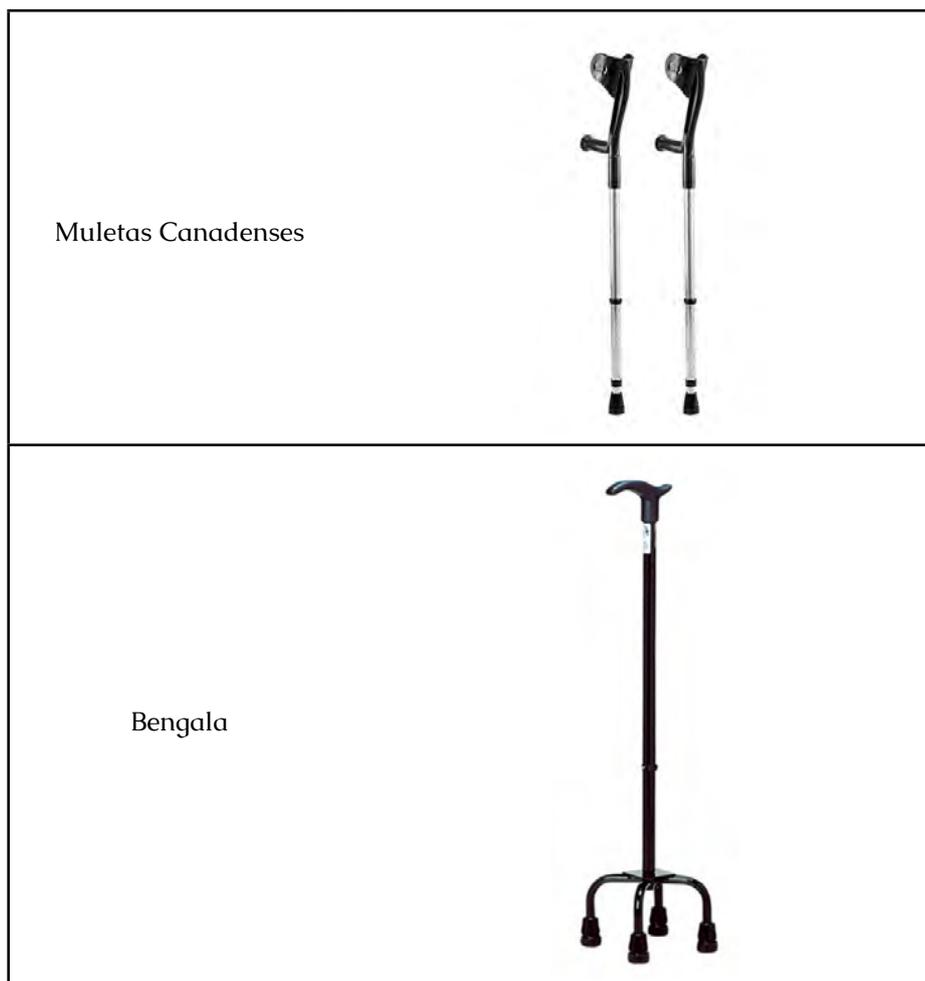
Este trabalho será fundamentado nas categorias de Adequação Postural e de Auxílio à Mobilidade. Os projetos de adequação postural envolvem recursos e/ou equipamentos que visam garantir alinhamento, estabilidade e conforto postural, de

forma a prevenir deformidades corporais. São exemplos de recursos de adequação postural os mobiliários adaptados, mesas de atividades, sistema de posicionamento de encosto e assento digitalizado, almofada de assento e encosto para prevenção de úlceras de pressão, almofadas de assento e encosto para cadeira de rodas, suportes e apoios para cadeiras de rodas, colchões para prevenção de úlceras de pressão, cunhas para posicionamento de membros inferiores, estabilizador ortostático infantil, calçados e palmilhas ortopédicos e anatômicos, entre outros exemplos (BRASIL, 2012).

Os auxílios de mobilidade são equipamentos ou estratégias voltadas à melhoria e autonomia da mobilidade pessoal, compreendendo cadeiras de rodas de autopropulsão, cadeiras de rodas de toque por terceiros, cadeiras de rodas elétricas, andadores, muletas canadenses e cadeiras de banho e bengalas (Quadro 1) (BRASIL, 2012).

Quadro 1 – Exemplo de equipamentos de auxílio à mobilidade





Muletas Canadenses

Bengala

Fonte: <https://www.loc.med.br/>

Os andadores, objeto de estudo deste trabalho, são equipamentos que:

Proporcionam mobilidade para pessoas com deficiência e ou mobilidade reduzida e ou idosos. Sua estrutura em geral é em aço ou alumínio, sobre quatro pontos, podendo ser articulado, possui apoio de mão na forma de guidão e tamanhos diferenciados para adulto e infantil, podendo ainda estar sobre rodas quando há indicação (BRASIL, 2012, p.31).

Tem como principal função proporcionar apoio e segurança às pessoas que perderam, de alguma forma, a força, o equilíbrio ou que possuem alguma outra situação que não permita sua mobilidade natural. Para alguns usuários, com limitações causadas por fatores como os acidentes vasculares cerebrais, o uso do andador convencional é dificultado e a realização de sua marcha, por vezes, impedida.

#### A MARCHA HUMANA

A marcha humana normal é dividida em dois ciclos denominados fase de apoio e fase de balanço. A fase de apoio, que representa 60% da marcha, consiste no contato inicial ou toque do calcanhar, resposta de carga ou aplanamento do pé, apoio médio, apoio terminal e pré-balanço. A fase de balanço é dividida em balanço

inicial, balanço médio e balanço final, configurando 40% da marcha humana (Figura 1). Na marcha considerada normal, todos os fatores que envolvem o ato do movimento estão em estado de equilíbrio, controle e coordenação sincronizados, em proporcionalidade de velocidade e distribuição de peso (SILVA, et al., 2015).

Figura 1 – Ciclos da marcha humana

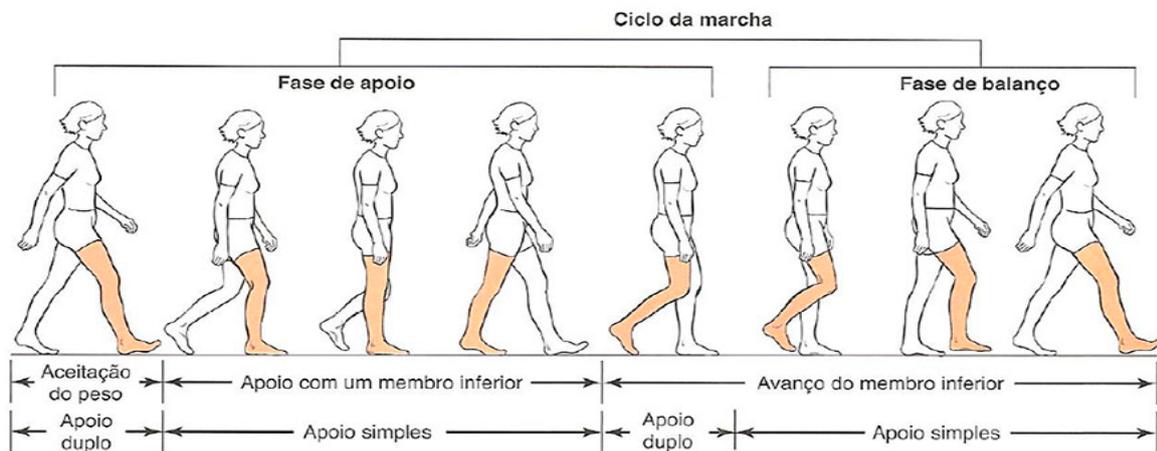
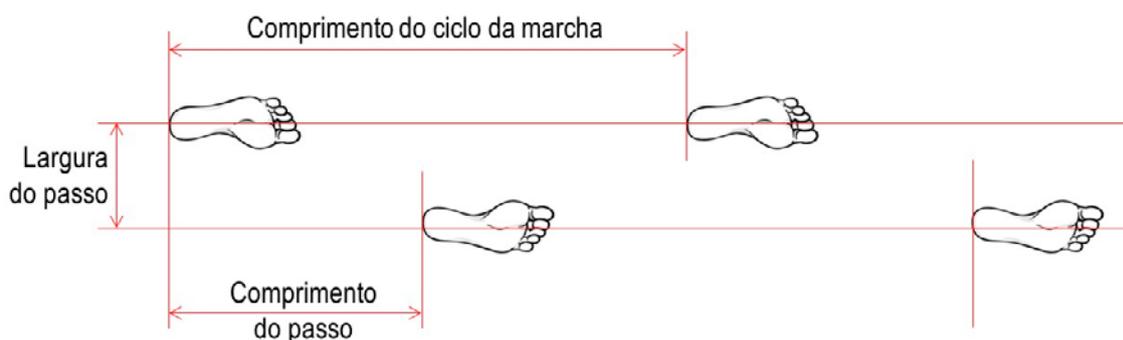


Figura 22.2 Fases do ciclo da marcha.

Fonte: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5228745/mod\\_resource/content/2/Apostila%20de%20Marcha%20normal%20e%20patol%C3%B3gica.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5228745/mod_resource/content/2/Apostila%20de%20Marcha%20normal%20e%20patol%C3%B3gica.pdf)

O ciclo da marcha normal ocorre com o alinhamento dos pés, de acordo com a largura do passo (Figura 2).

Figura 2 - Largura do passo, comprimento do passo e comprimento do ciclo.



Fonte: Adaptado de: [https://run.unl.pt/bitstream/10362/115384/1/Dimas\\_2020.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/115384/1/Dimas_2020.pdf)

### AVC E ALTERAÇÕES NA MARCHA

Diversos são os fatores que podem provocar alterações nos ciclos da marcha, como paralisia cerebral, esclerose múltipla, amputação, doença de Parkinson e a ocorrência de AVC.

O AVC ocorre devido aos vasos sanguíneos cerebrais que irrigam o cérebro entupirem ou se romperem, provocando paralisia em determinada região cerebral devido à falta de circulação sanguínea causada pela obstrução ou rompimento.

É uma das principais causas de morte, incapacitação e internações em todo o mundo (BRASIL, 2021).

Definido como uma disfunção de origem vascular, o paciente que sofreu AVC pode ter suas funções cognitivas, motoras, psicológicas e sociais alteradas, quando não leva ao óbito. Em relação às funções motoras, os pacientes sofrem alterações de tônus e força muscular, alterações de sensibilidade e alterações na marcha (DIMAS, 2020).

O AVC comumente leva o paciente à necessidade de uso de tecnologias assistivas, como os equipamentos de auxílio de mobilidade, já que em consequência do mesmo pode ocorrer paresia, ou seja, a perda total ou parcial da motricidade de alguns músculos do corpo temporariamente, ou permanentemente causando limitação e perda da força muscular (MAZZOLA et al., 2007).

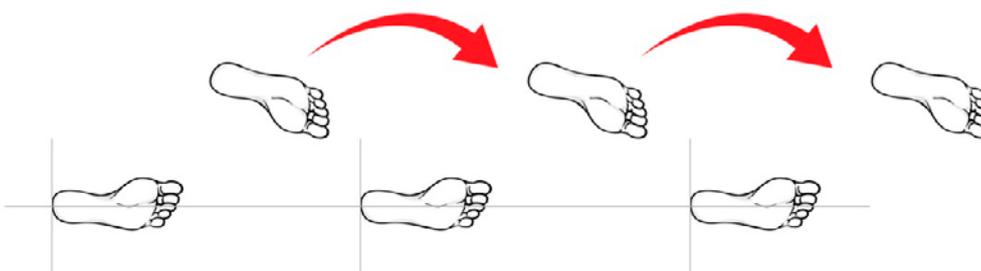
O ato de caminhar é muito importante para os seres humanos principalmente para pacientes que sofreram um AVC. No entanto, o estilo da marcha realizadas por estes indivíduos é crítica, pois uma das maiores consequências aos pacientes é a hemiparesia, que é a fraqueza em no lado contraletaral do corpo, ou seja, se a lesão cerebral ocorreu no lado esquerdo, a hemiparesia surgirá no lado direito do corpo (KIRTLEY, 2006).

Os pacientes com hemiparesia tem, em sua marcha, perda do controle muscular, dificuldade em alterar a velocidade, a direção, a duração e a intensidade da atividade muscular, o que resulta em uma marcha com um movimento em semicírculo.

Na marcha hemiparética, o tornozelo possui um movimento de dorsiflexão pouco pronunciado que costuma ser compensado por hiperextensão do joelho e inclinação do corpo para a frente e para o lado saudável de modo a “poupar” o lado afetado, procurando uma melhor base de apoio e uma distribuição mais eficiente do peso (MELO, 2005).

O ciclo da marcha hemiparética (Figura 3), também conhecida como marcha ceifante ou marcha em ponto e vírgula, obriga o paciente a solicitar muito dos membros durante a fase de balanço para execução da caminhada, pois há dificuldade em flexionar o quadril e o joelho e em realizar a dorsiflexão do tornozelo (MOREIRA et al., 2004).

Figura 3 - Largura do passo, comprimento do passo e comprimento do ciclo.



Fonte: Adaptado de: [https://run.unl.pt/bitstream/10362/115384/1/Dimas\\_2020.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/115384/1/Dimas_2020.pdf)

## DESENVOLVIMENTO

### ANÁLISE DE SIMILARES

O andador é uma tecnologia assistiva desenvolvida para fornecer estabilidade e precisão nos deslocamentos proporcionando conforto e segurança da pessoa com mobilidade reduzida. Que precisam de um auxílio para caminhar. Os andadores para idosos podem prevenir acidentes e são classificados por fixos, com rodas e motorizados, porém cada tipo de aparelho tem características e funções distintas.

No desenvolvimento de projetos de produtos, analisar e comparar sistemas similares é importante para conhecer pontos fracos e identificar possíveis pontos de melhora que possam oferecer vantagens competitivas.

Baxter (2005) esclarece que esta análise deve descrever os produtos similares de modo a verificar quais características o novo produto pode possuir para satisfazer as necessidades dos usuários, quais as oportunidades tecnológicas de inovação e, assim, definir a nova proposta de projeto. Neste estudo, a análise de similares teve, basicamente, a função de comparar os principais atributos dos tipos de andadores existentes no mercado e qual o modelo mais funcional direcionado para pessoas com características de paresias. Para esta análise, os modelos comparados foram o andador ortopédico MERCUR, o andador com 3 rodas INSPIRE, o andador ergonômico VANZATTI e o andador de quatro rodas DYNAMICO.

Os atributos utilizados na análise dos produtos similares foram definidos quanto:

- a) À facilidade de transporte (se é desmontável ou dobrável);
- b) Ao material de fabricação (se é fabricado em alumínio);
- c) À adaptabilidade para diferentes níveis de mobilidade do usuário (existência de assento e regulagem de altura);
- d) Ao peso suportado (se suporta peso acima de 100 kg);
- e) Ao conforto (possui apoio almofadado para braços;
- f) À mobilidade do dispositivo (possui rodas traseiras e/ou rodas dianteiras giratórias).

O Andador ortopédico MERCUR (Figura 4) possui a capacidade de suportar 130 kg. É um modelo de andador com rodas, não articulado e dobrável, que possui freios com trava nas rodas traseiras para maior controle da velocidade. Fabricado em alumínio, possui regulagem de altura. Não possui assento, nem apoio para os braços e é adaptável a pacientes com controle dos membros superior e inferior, porém se locomovem com algum nível de dificuldade.

O andador de 3 rodas INSPIRE (Figura 5), possui duas rodas fixa e uma móvel giratória, é totalmente dobrável, fabricado em alumínio, seus freios estão localizados nas rodas traseiras e os acionadores na manopla do andador. É autotravante, sendo a trava liberadas apenas por comando do usuário para evitar acidentes. Há regulagem de altura e suporta até 100 kg. É adaptável a pessoas com restrição de movimento, dificuldade de locomoção e pessoas com deficiência física. Essa categoria de andador é indicada para quem não conta com muita força física ou possui menos resistência nos membros superiores.

Figura 4 – Andador ortopédico Mercur



Fonte: <https://loja.mercur.com.br/andador-dobrável-com-rodas-e-assento/p>

Figura 5 – Andador 3 rodas Inspire



Fonte: <https://www.hsmed.com.br/andador-inspire-3-rodas-prata-mobil>

O andador ergonômico VANZATTI (Figura 6) possui a estrutura em alumínio, desmontável e com regulagem de altura, adaptável a pessoas (crianças, adolescentes ou idosos) que estão em desenvolvimento da marcha, mas possuem restrições na mobilidade. Tem freios nas 4 rodas, apoio para antebraço com regulagem na altura, largura e profundidade, apoio de tronco com faixa espumada e com regulagem de altura, assento tipo fraldão, além de algumas outras propriedades. O andador ergonômico possui capacidade de peso variável e deve ser fabricado sob medida.

O Andador DYNAMICO (Figura 7) possui quatro rodas e é um andador estabilizador para pessoas com grande instabilidade. É fabricado em aço e seus tamanhos variam podendo suportar até 115 kg. Ele incorpora um fraldão ajustável confortável para evitar que o usuário caia, mas não é um assento. Apoio torácico e pélvico estão presentes. Possui várias regulagens incluindo a de altura da estrutura do andador e apresenta rodas giratórias, todas com freios manuais.

Figura 6 – Andador ergonômico Vanzatti



Fonte: <https://adequaaccessibilidade.com.br/produto/andador-europa/>

Figura 7 – Andador 4 rodas Dynamico



Fonte: <https://www.ortosoluciones.com/andador-estabilizador-exterior-dynamico>

A síntese da análise dos atributos é apresentada no Quadro 1.

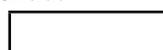
Quadro 1- Análise comparativa de similares

ATRIBUTOS	ANDADOR			
	Mercur	Inspire	Vanzatti	Dynamico
Suporta acima de 100 kg	■	■	■	■
Possui regulagem de altura	■	■	■	■
Fabricado em Alumínio	■	■	■	□
Possui assento	□	■	■	□
Rodas	■	■	■	■
Rodas frontais giratórias	■	■	■	■
Apoio almofadados para braços	□	□	■	■
Desmontável	□	□	■	□
Dobrável	■	■	□	□
Adaptável a diferentes níveis de mobilidade	■	■	■	■

Legenda:



SIM



NÃO

Fonte: As autoras

Com a análise dos principais atributos existentes foi possível observar que os andadores apresentam características comuns como:

- a) Rodas traseiras;
- b) Rodas dianteiras giratórias;
- c) Suportam pesos acima de 100 kg;
- d) Possuem regulagem de altura;
- e) São adaptáveis para diferentes níveis de mobilidade.

Os atributos que não são comuns aos quatro andadores analisados são o material de fabricação, a existência de assento para descanso, a existência de apoio almofadado para braços, ser desmontável e/ou dobrável. Pode-se concluir que nos quatro modelos há necessidade de que usuário tenha uma mínima mobilidade nos dois lados do corpo, ou seja, direito e o esquerdo.

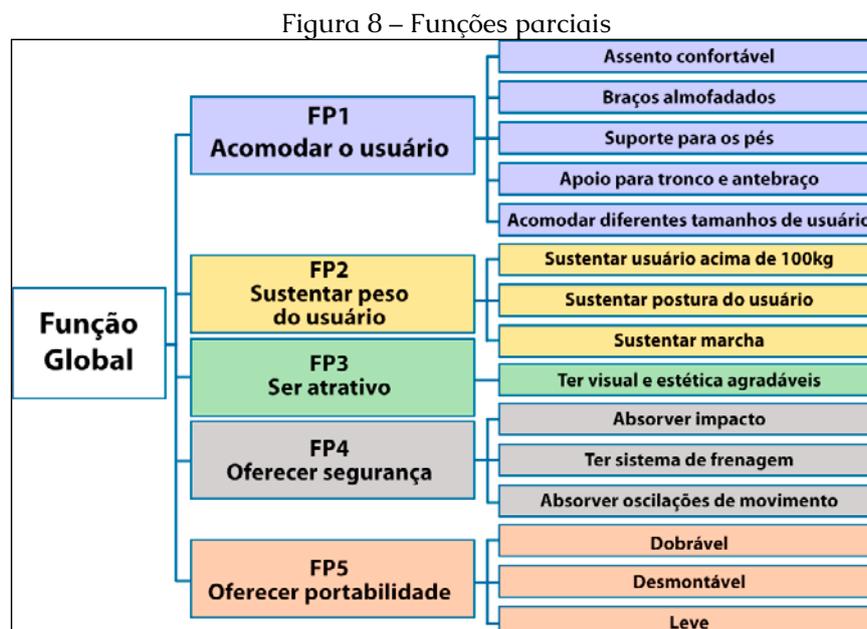
#### REQUISITOS DO PROJETO

Para o desenvolvimento desta proposta de projeto, foram definidos alguns requisitos básicos:

- a) Ser um produto seguro, com estabilidade contra quedas;
- b) Suportar usuários com massa corporal acima de 100 quilos;
- c) Apresentar baixo custo e facilidade de manutenção;
- d) Ser regulável para atender usuários com diferentes estaturas;
- e) Ser desenvolvido em material leve e resistente.

#### FUNÇÃO GLOBAL E FUNÇÕES PARCIAIS

A função global do projeto consiste em **auxiliar o usuário em sua locomoção**. A Figura 8 apresenta o desmembramento da função global em 5 funções parciais e suas variáveis



Fonte: As autoras

O Quadro 3 apresenta um breve descrição das funções parciais determinadas na Figura anterior.

**Quadro 3** – Descrição das funções parciais

FUNÇÃO PARCIAL	DESCRIÇÃO
FP1	Essa função procura contemplar todos os aparatos/componentes responsáveis por proporcionar conforto ao usuário.
FP2	A sustentação deverá ser responsável por permitir o uso por pessoas acima de 100 kg de massa corporal.
FP3	Ter um visual dinâmico e atual, com aspectos de segurança e robustez.
FP4	Absorver impactos e vibração que podem atingir o equipamento e o usuário.
FP5	Oferecer recursos que possibilitem desmontar e/ou dobrar o equipamento

Fonte: As autoras

## RESULTADO

### PROPOSTA CONCEITUAL

O andador proposto tem a finalidade de auxiliar a marcha em ambientes externos ou internos, tendo as características e os componentes apresentados nos Quadros 4 e 5.

**Quadro 4** – Características estruturais para mobilidade, segurança e portabilidade

Características estruturais
Chassi de alumínio pintado com tintas em pó epóxi atóxicas e cores tradicionais (preto e cinza)
Capacidade de suporte de peso entre 100 e 120 quilos
Estrutura com peso em torno de 25 quilos
Ajuste para pacientes adultos com diferentes estaturas
Dimensões que oferecem estabilidade do andador e segurança contra quedas
Freio nas rodas traseiras com acionamento manual no guiador
Facilidade de acesso pela abertura traseira
Rodas giratórias dianteiras
Amortecedores pneumáticos para proteção contra golpes
Freios manuais de acionamento equalitário por uma única manopla
Sistema de travamento e sustentação da perna que está em estado crítico
Facilidade de transporte e portabilidade – produto dobrável

Fonte: As autoras

Quadro 5 – Componentes para acomodação, conforto e segurança

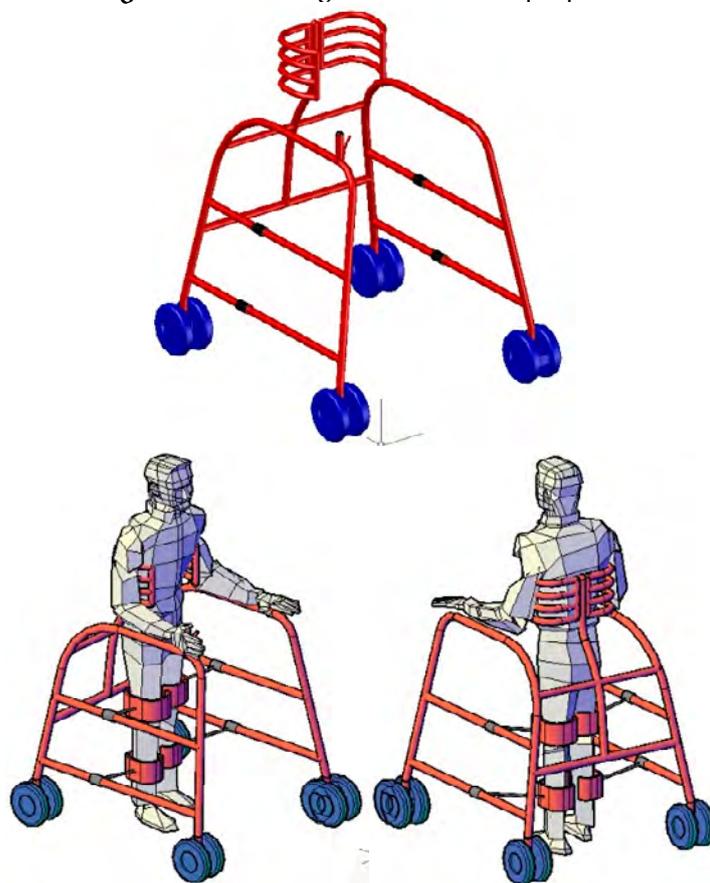
Componentes adicionais
Barras estabilizadoras laterais
Apoio de antebraço
Apoio pélvico acolchoado, ajustável em altura e no sentido ântero-posterior
Apoio axilar acolchoado para estabilidade do tronco com ajustável de altura e removível
Apoio de quadril
Apoio torácico
Apoio para os pés (se o usuário estiver em posição sentada)
Cinta, dupla espessura, ajustável em altura com cinto e fivela e em circunferência com velcro

Fonte: As autoras

### MODELAMENTO TRIDIMENSIONAL

Apesar de alguns elementos descritos não estarem contemplados nos desenhos a seguir, o modelo tridimensional foi concebido levando em consideração as medidas antropométricas de um sujeito de estatura mediana e apresenta as características gerais do andador proposto. Ressalta-se que todas as dimensões são ajustáveis, tanto em altura, quanto em largura.

Figura 9 – Modelagem do andador proposto



Fonte: As autoras

## CONCLUSÃO

Conclui-se que todo o trabalho de pesquisa deste projeto gerou resultados satisfatórios quanto à proposta de um andador adaptado a diferentes usuários, que por motivos diversos sofreram uma perda nas habilidades motoras ou de sustentação do corpo ereto, tendo algum nível de dificuldade no ato da marcha, destaque para as pessoas que sofrem de AVC, que comumente tem sua mobilidade comprometida. O projeto girou em torno de buscar informações pertinentes ao entendimento da importância da marcha e os benefícios que o ato de caminhar gera nas pessoas, principalmente quando não se tem as condições necessárias para que a marcha seja realizada adequadamente e de forma segura. O andador foi idealizada com o intuito de promover a reabilitação da marcha, buscando sanar as principais limitações e dificuldades gerais que esses usuários apresentam, para que com o treinamento da marcha, a longo prazo, possa desenvolver maior tolerância e sustentação do peso do corpo em posição ortostática, aumentando as distâncias percorridas ao andar e diminuindo a necessidade de assistência, gerando autonomia e qualidade de vida aos usuários. Este trabalho aponta parâmetros para o desenvolvimento do design assistivo e ergonômico do dispositivo em questão.

## REFERÊNCIAS

ASSISTIVA TECNOLOGIA E EDUCAÇÃO. **O que é tecnologia assistiva?**. 2021. Disponível em: <https://www.assistiva.com.br/tassistiva.html>. Acesso em: 23 ago. 2021.

BRASIL. **Coordenadoria nacional para integração da pessoa portadora de deficiência**. secretaria especial dos direitos. Presidência da república humanos. Disponível em: [https://www.assistiva.com.br/Ata\\_VII\\_Reuni%C3%A3o\\_do\\_Comite\\_de\\_Ajudas\\_T%C3%A9cnicas.pdf](https://www.assistiva.com.br/Ata_VII_Reuni%C3%A3o_do_Comite_de_Ajudas_T%C3%A9cnicas.pdf). Acesso em: 23 ago. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Acidente vascular cerebral**. 2021. Disponível em: <https://antigo.saude.gov.br/saude-de-a-z/acidente-vascular-cerebral-avc>. Acesso em: 06 set. 2021.

DIMAS, Sara Isabel Pereira. **Análise Biomecânica da Marcha em Pacientes com AVC**. 2020. Tese de Doutorado.

HOSPITAL ALBERT EINSTEIN. **Acidente Vascular Cerebral Isquêmico**. 2020. Disponível em: <https://www.einstein.br/doencas-sintomas/avc/avc-isquemico>. Acesso em: 11 set. 2021.

KIRTLEY, Christopher. **Análise clínica da marcha: teoria e prática**. Elsevier Ciências da Saúde, 2006.



MOREIRA, D. et al. **Anatomia e cinesiologia do aparelholocomotor**. Brasília: Thesaurus, 2004.

MAEDA, T. et al. **Discrimination of walking ability using knee joint extension muscle strength in stroke patients**. In: Journal of Phys. Ther. Sci. vol 13, no 2, 2001.

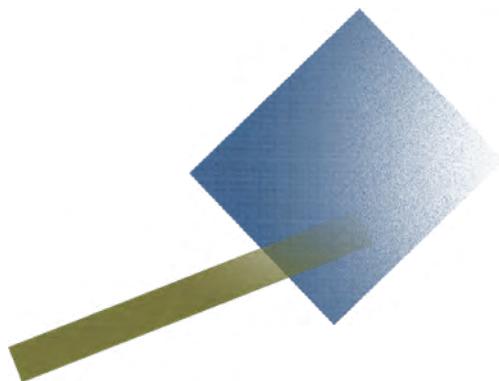
MAZZOLA, D. et al. **Perfil dos pacientes acometidos por acidente vascular encefálico assistidos na clinica de fisioterapia neurológica da universidade de Passo Fundo**. Rev. Brasileira de Promoção a Saúde, v. 20, n.1, p. 22-27, 2007. Disponível em: <https://periodicos.unifor.br/RBPS/article/view/997/2158>. Acesso em: 11 set. 2021.

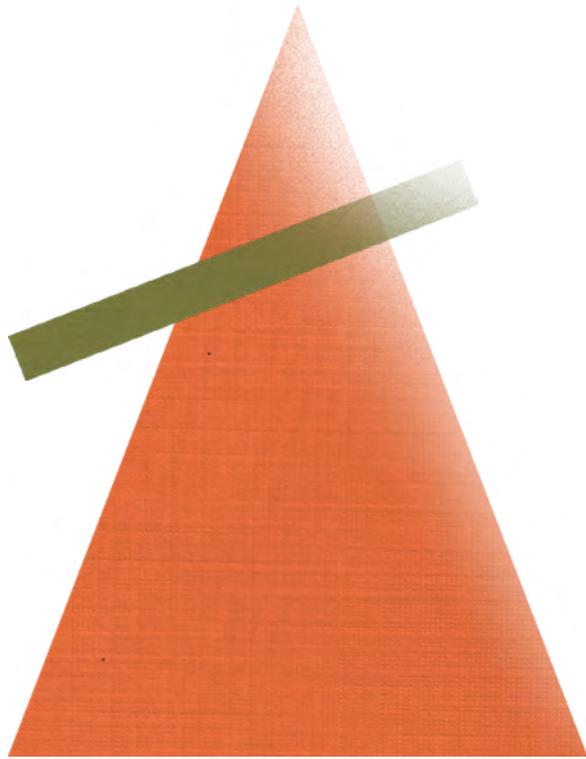
MELO, Luciana Leite et al. **A marcha no paciente hemiparético**. Universitas: Ciências da Saúde, v. 3, n. 2, p. 261-273, 2005.

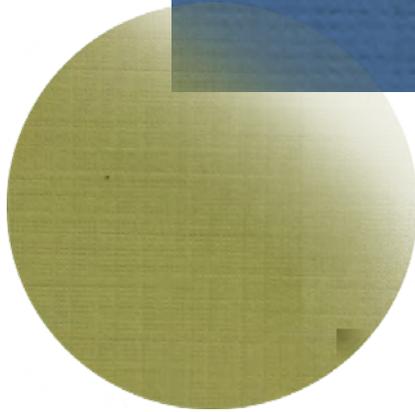
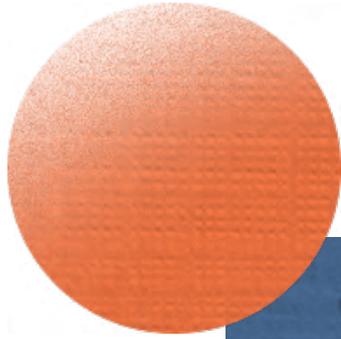
SARTORETTO, Mara; BERSCH, Rita. **Introdução à tecnologia assistiva**. 2017. Disponível em: [https://www.assistiva.com.br/Introducao\\_Tecnologia\\_Assistiva.pdf](https://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf). Acesso em: 23 ago. 2021.

SILVA, L. L. M., et al. **A marcha no paciente hemiparético**. Univ. Ci. Saúde, Brasília, v. 3, n. 2, p. 261-273, jul-dez. 2005. Disponível em: <https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/cienciasaude/article/view/559/379#>. Acesso em: 12 set. 2021.

WILES, R., et al. **Discharge from physiotherapy following stroke: the management of disappointment**. NZ Journal of Physiotherapy, mar. 2005.vol 33, 1.







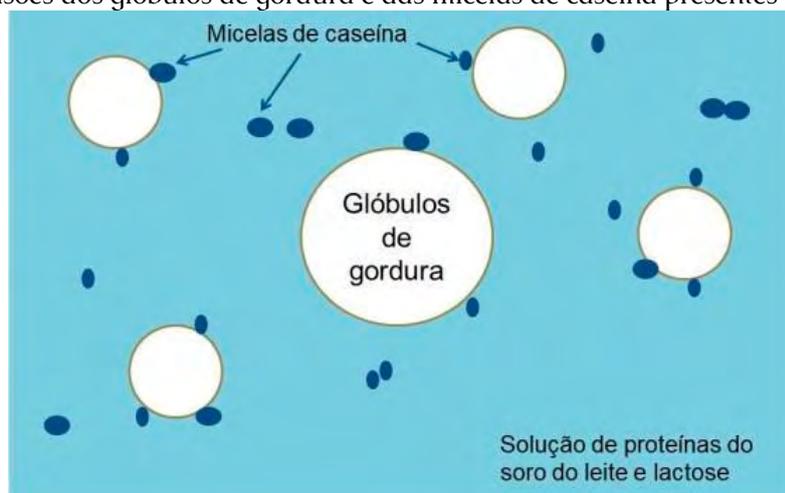
# LASER E FOTODIODO COMO FERRAMENTAS METODOLÓGICAS DE BAIXO CUSTO PARA ANÁLISE QUALITATIVA DO TEOR DE GORDURA DO LEITE BOVINO

Macaulay Massahiro Naka<sup>13</sup>  
Orisson Ponce Gomes<sup>14</sup>  
Wagner Barbosa da Costa<sup>15</sup>  
Nilton Francelosi Azevedo Neto<sup>16</sup>

## INTRODUÇÃO

O leite é um alimento natural com grande valor nutritivo, sendo composto por mais de 87% de água e aproximadamente 13% por elementos sólidos. Os elementos sólidos são constituídos basicamente por proteínas, glóbulos de gordura, micelas, e vitaminas. A maior parte das micelas são formadas por caseína, que é a proteína mais abundante no leite dos mamíferos (FONG, NORRIS, MACGIBBON, 2007). Em termos de microestrutura do leite bovino, há a presença de glóbulos de gordura, com diâmetro da ordem de 4 – 5  $\mu\text{m}$  (LOPEZ et al., 2015) e micelas de caseína, com um diâmetro da ordem de 200 nm (DALGLEISH, 2011). A Figura 1 ilustra de maneira simplificada uma solução contendo os glóbulos de gordura e as micelas de caseína presentes no leite.

Figura 1 – Representação esquemática para ilustrar de maneira simplificada as dimensões dos glóbulos de gordura e das micelas de caseína presentes no leite.



Fonte: Os autores, 2022.

13 Tecnólogo em Sistemas Biomédicos

14 Mestre em Ciência e Tecnologia de Materiais – OrCid <https://orcid.org/0000-0002-0035-8489>

15 Doutora em Ciência e Tecnologia de Materiais – OrCid <https://orcid.org/0000-0002-4004-9349>  
– wangner.costa2@fatec.sp.gov.br

16 Doutor em Ciência e Tecnologia de Materiais – OrCid <https://orcid.org/0000-0003-2531-7824>  
– nilton.azevedo@unesp.br

Diversas técnicas têm sido estudadas para análise da composição do leite, como por exemplo: cromatografia, espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) e FT-Raman (ZHU; GUO, 2021). Para a quantificação do teor de gordura do leite, o método de Gerber é o mais utilizado (KLEYN et al., 2001). Entretanto, apesar dessa técnica apresentar boa sensibilidade e seletividade, sua análise demanda a utilização de reagentes químicos e grande aparato experimental. Com o objetivo de otimizar o processo de análise dessa matéria prima, estudos recentes têm demonstrado que a aplicação de técnicas ópticas para análise qualitativa e quantitativa do teor de gordura do leite são bastante promissoras (ABEGÃO et al., 2016; AERNOOTS et al., 2015; YANG et al., 2022), possibilitando análises rápidas, boa sensibilidade e baixo custo. Além dessas vantagens, ainda destacam-se a possibilidade de análises não destrutivas, monitoramento em tempo real das amostras e eliminação da necessidade de utilização de reagentes químicos.

A aplicação de técnicas ópticas com emissão de radiação eletromagnética na região do visível para a caracterização óptica do leite pode resultar no aparecimento de alguns fenômenos ópticos. Estudos demonstram que um dos fenômenos ópticos que podem ocorrer de maneira majoritária devido a interação da luz visível com o leite é o espalhamento Mie, que consiste basicamente no espalhamento da luz visível por partículas com dimensões da ordem ou maior que o comprimento de onda da luz incidente (SCHOLZ et al., 2016). As micelas de caseína apresentam um índice de refração de aproximadamente 1,57, enquanto que os glóbulos de gordura do leite apresentam índice de refração da ordem de 1,46-1,47 (MICHALSKI; BRIARD; MICHEL, 2001) sugerindo que a análise da matriz do leite utilizando técnicas ópticas não é trivial. Análises sobre absorção e espalhamento do leite utilizando a técnica de NIR e baseado no modelo “*representative layer theory*” demonstraram que os principais fatores que podem influenciar na quantidade de espalhamento por uma única partícula são: a diferença entre os índices de refração, os tamanhos das partículas e o comprimento de onda incidente (DAHM, 2013). No quadro 1 é apresentado alguns valores do coeficiente de absorção óptica e do índice de refração do leite para determinados comprimentos de onda.

Quadro 1 – Coeficiente de absorção ( $\alpha$ ) e índice de refração dos glóbulos de gordura do leite bovino.

Comprimento de onda (nm)	Coeficiente de absorção ( $\times 10^5 \text{ cm}^{-1}$ )	Índice de refração dos glóbulos de gordura
466	1,7	1,470
589	0,5	1,461
633	0,5	1,460

Fonte: (Michalski, Briard, Michel, 2001)

Diante deste cenário, este trabalho apresenta uma proposta de análise qualitativa do teor de gordura do leite por meio de ferramentas de baixo custo, empregando um laser com excitação 532 nm e um fotodiodo.

## DESENVOLVIMENTO

### PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Amostras de leite integral, semidesnatado e desnatado foram caracterizadas. O quadro 1 apresenta os respectivos valores de percentual de gordura de cada leite. Com o objetivo de minimizar atenuações significativas do feixe de laser, as amostras de leite foram diluídas na proporção 1:100 com água deionizada purificada através do sistema Milli-Q.

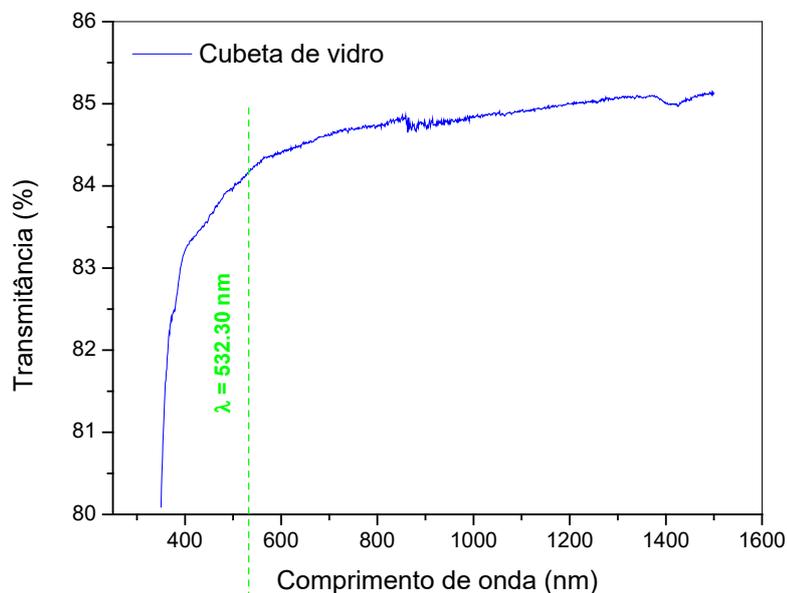
Quadro 2 – Quantidade de gordura nas amostras de leite utilizadas referente ao valor apresentado pelo fabricante.

Amostra	Integral	Semidesnatado	Desnatado
Teor de gordura (%)	11,0	4,0	1,0

Fonte: Os autores, 2022.

Para referências ópticas, os espectros transmitância das amostras foram medidos utilizando um espectrofotômetro comercial Perkin Elmer Lambda 1050 UV/Vis/NIR de feixe duplo e duplo monocromador operando na faixa de 350 a 1500 nm. As amostras foram analisadas utilizando uma cubeta de vidro com as duas faces polidas e volume de 3,5 mL. O espectro de transmitância da cubeta de vidro utilizada nesse trabalho é apresentado na figura 2.

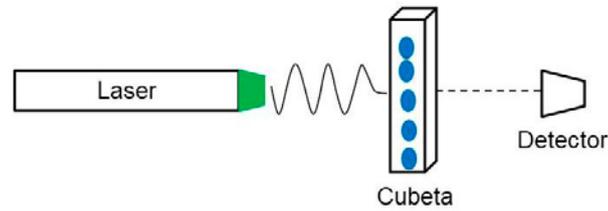
Figura 2 – Espectro de transmitância da cubeta de vidro sem analito. A linha pontilhada em verde corresponde a emissão 532,20 nm do laser utilizado nesse trabalho.



Fonte: Os autores, 2022.

O experimento de baixo custo foi desenvolvido utilizando um laser de diodo com potência de 15 mW e um fotodiodo, a figura 3 ilustra o esquema da montagem do experimento.

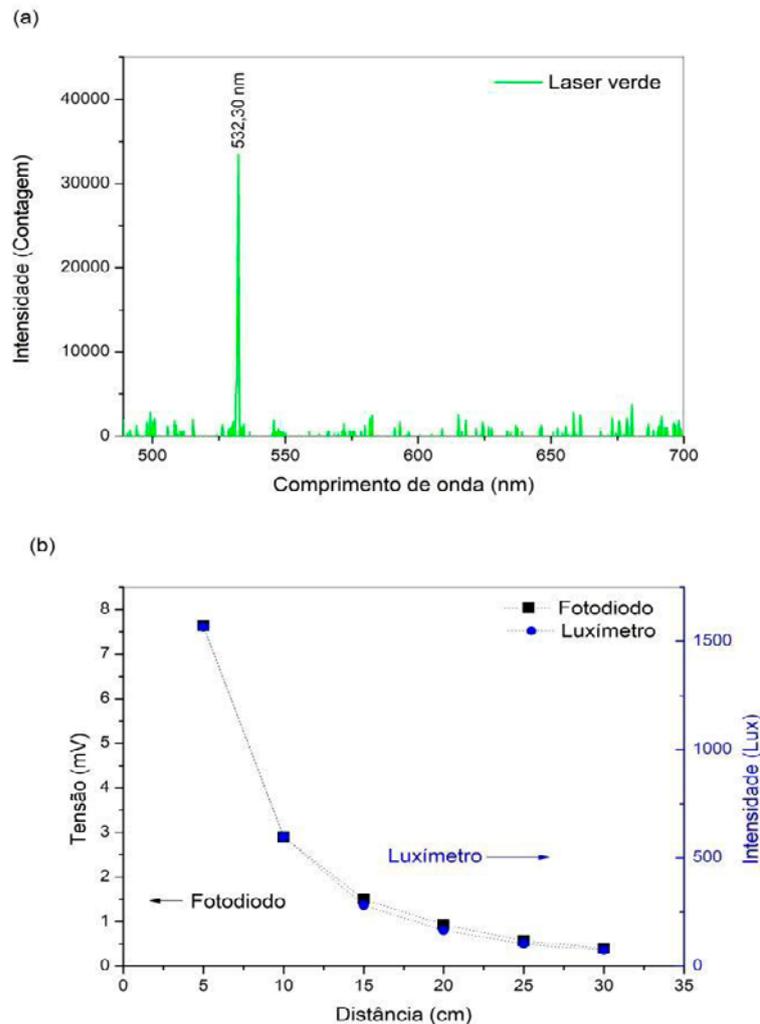
**Figura 3** – Representação simplificada do esquema do experimento de baixo custo para análise qualitativa do teor de gordura do leite utilizando um laser, uma cubeta de vidro e um detector (fotodiodo).



Fonte: Os autores, 2022.

Com o objetivo de aferir a condição dos dispositivos utilizados nesse experimento, o laser de diodo foi calibrado utilizando um espectrômetro Avantes ULS2048, onde se constatou que o laser apresenta uma emissão em 532,30 nm (Figura 4a). O fotodiodo foi caracterizado utilizando uma lâmpada halógena e sua sensibilidade foi comparada com um luxímetro comercial UNIT-UT 383, onde constatou-se que o fotodiodo apresentou boa sensibilidade, (Figura 4b).

**Figura 4** – Calibração dos dispositivos. (a) Espectro de emissão óptica do laser indicando uma emissão em 532,30 nm e (b) Sensibilidade do fotodiodo em função da distância de uma lâmpada halógena.

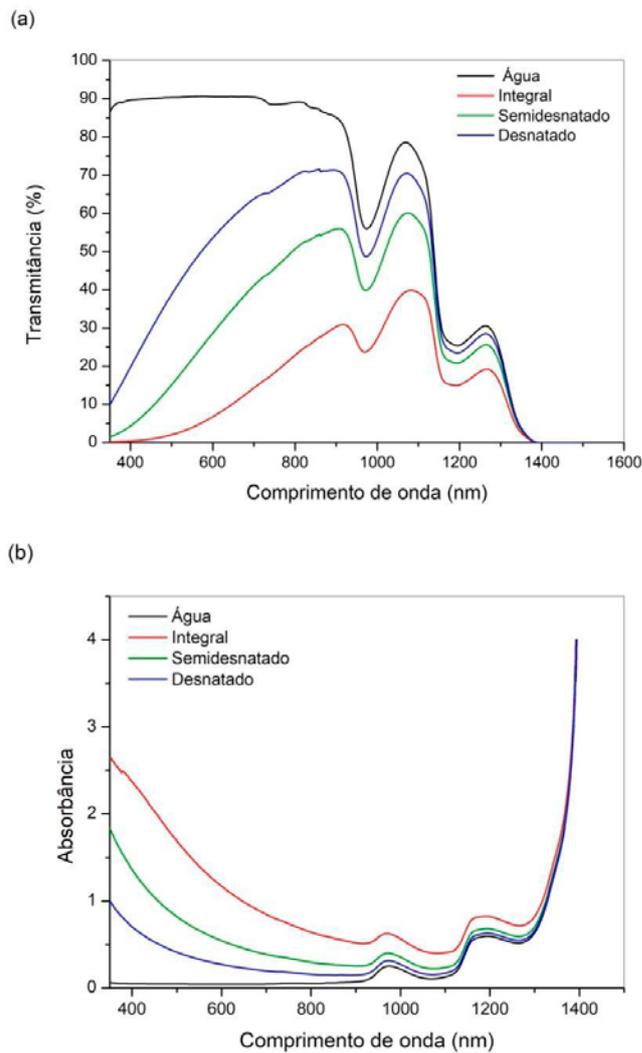


Fonte: Os autores, 2022.

## CARACTERIZAÇÃO UTILIZANDO ESPECTROSCOPIA NA REGIÃO UV-VIS-NIR

Os espectros de transmitância das amostras de leite com diferentes percentuais de gordura são mostrados na Figura 5a. Os espectros apresentaram duas absorções na região do infravermelho-próximo em aproximadamente 1182 nm e 987 nm, que são relacionadas a transições eletrônicas características do espectro óptico da água (CARLEER et al., 1999). Além disso, os espectros das amostras de leite apresentaram uma diminuição significativa da transmitância a partir de 900 nm, cuja atenuação foi proporcional ao teor de gordura do leite.

Figura 5 – Espectros ópticos das amostras de leite. (a) Transmitância e (b) Absorbância.



Fonte: Os autores, 2022.

Para melhor compreensão da região de alta absorção das amostras, foram calculados os espectros de absorbância utilizando a equação (FOX, 2001):

$$\text{absorbância} = -\log\left(\frac{T}{100}\right) \quad (1)$$

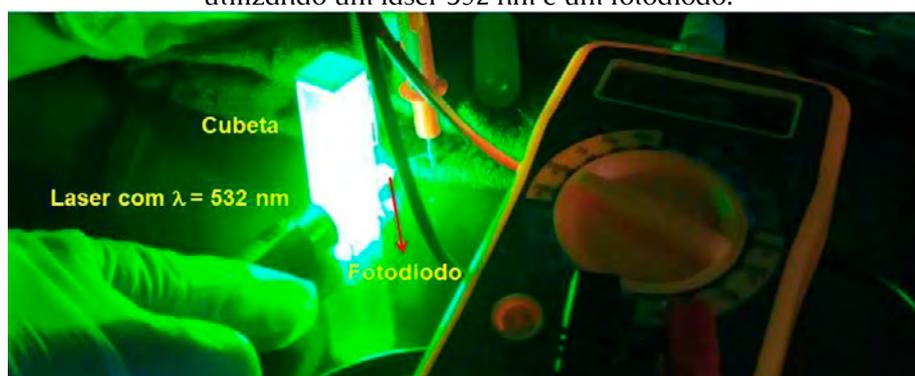
Onde  $T$  é o valor de transmitância correspondente a cada comprimento de onda.

Na Figura 5b é mostrado o resultado do cálculo de absorvância das amostras. O espectro da água apresentou baixa absorção para a faixa do espectro visível, esse resultado sugere que a alta absorção das amostras de leite para essa faixa de medida não estão relacionadas com absorções características do espectro da água. Os valores de comprimento de onda para a região do visível-ultravioleta (700 – 350 nm) são menores do que o diâmetro dos glóbulos de gordura do leite 4000 nm. Assumindo que possivelmente as amostras não apresentam uma composição homogênea, o efeito por espalhamento Mie pode estar relacionado com a alta absorção das amostras nessa faixa de medida, devido à atenuação da intensidade de luz que chega até o detector do espectrofotômetro. Dado que a quantidade de proteína nas amostras de leite são as mesmas, o aumento da absorção na região do visível e ultravioleta das amostras de leite está relacionado apenas com o percentual de gordura de cada amostra (DIMITROVA et al., 2014). Portanto, esses resultados sugerem que essas regiões do espectro óptico podem ser utilizadas para uma análise qualitativa do teor de gordura do leite. Além disso, de acordo com (DIMITROVA et al., 2014), o espectro de absorvância do leite bovino apresenta um pico de absorção em 328 nm ao qual pode ser utilizado para estimar o diâmetro das micelas de caseína. De acordo com os autores o valor calculado para o diâmetro das micelas de caseína utilizando o espectro de absorvância é da ordem de 104 nm. Entretanto, devido a alta absorção óptica da cubeta de vidro, não foi possível realizar medidas ópticas nesse faixa de medida inviabilizando esse cálculo.

#### PROPOSTA DE ANÁLISE QUALITATIVA DO LEITE UTILIZANDO UM FOTODIODO E UM LASER COM EXCITAÇÃO 532 NM

A Figura 6 ilustra o procedimento experimental para análise qualitativa do leite utilizando o laser e um fotodiodo. As medições foram realizadas incidindo o feixe de laser sobre uma das faces polidas da cubeta de vidro e na face oposta o fotodiodo foi posicionado de modo alinhado com o feixe de laser. Os respectivos terminais do fotodiodo foram conectados a um multímetro ajustado para medir tensão na escala de mV.

**Figura 6** – Montagem do sistema óptico para medida qualitativa do teor de gordura do leite utilizando um laser 532 nm e um fotodiodo.



Fonte: Os autores, 2022.

Os valores medidos de tensão sobre o fotodiodo em função das amostras de leite são apresentados no quadro 3. Os resultados mostraram um aumento da tensão fotogerada pelo fotodiodo em função do aumento da transmitância do material. Como apresentado na Figura 4a, o espectro de transmitância da água deionizada apresentou alta transmitância para um comprimento de onda da ordem de 532 nm, o que explica o maior valor de tensão dentre as amostras analisadas no presente trabalho. No caso das amostras de leite, foi observado uma diminuição gradativa da tensão fotogerada com o aumento do percentual de gordura do leite.

**Quadro 3** – Medidas de tensão no fotodiodo após incidência do laser sobre a cubeta contendo diferentes amostras. Os valores de transmitância das amostras são referentes ao comprimento de onda de 532,30 nm medido no espectrofotômetro.

Amostra	Tensão no fotodiodo (mV)	Transmitância (%)
Água deionizada	892	90,48
Leite desnatado	850	44,04
Leite semidesnatado	830	19,38
Leite integral	733	3,18

Fonte: Os autores, 2022.

Comparando os resultados de tensão no fotodiodo presentes no quadro 2 com os valores de transmitância das respectivas amostras para um  $\lambda = 532,0$  nm, os dados demonstram que conforme a concentração de gordura aumenta, observa-se uma diminuição nos valores de transmitância do feixe de laser e consequentemente uma atenuação da tensão fotogerada.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As medidas utilizando um fotodiodo como detector no experimento de baixo custo apresentou resultados condizentes com o padrão espectroscópico utilizando a técnica de espectroscopia UV-Vis-NIR para um comprimento de onda de 532 nm, sugerindo que a aplicação do fotodiodo e um laser podem ser uma alternativa para medição qualitativa do teor de gordura do leite bovino, contribuindo para o controle de qualidade nos estágios de produção do leite de forma eficiente com materiais simples e sem utilização de reagentes químicos para análise.

## REFERÊNCIAS

ABEGÃO, L. M.G. *et al.* Measuring milk fat content by random laser emission. *Scientific Reports*, v. 6, p. 4–7, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1038/srep35119>>.

AERNOUTS, B. *et al.* Visible and near-infrared bulk optical properties of raw milk. *Journal of Dairy Science*, v. 98, n. 10, p. 6727–6738, 2015.

CARLEER, M. *et al.* The near infrared, visible, and near ultraviolet overtone spectrum of water. *Journal of Chemical Physics*, v. 111, n. 6, p. 2444–2450, 1999.

DAHM, D.J. Explaining some light scattering properties of milk using representative layer theory. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, v. 21, n. 5, p.323–339, 2013.

DALGLEISH, D. G. On the structural models of bovine casein micelles - Review and possible improvements. *Soft Matter*, v. 7, n. 6, p. 2265–2272, 2011.

DIMITROVA, T. L. *et al.* Scattering and fluorescence spectra of cow milk. *Bulgarian Chemical Communications*, v. 46, p. 39–43, 2014.

FONG, B. Y.; NORRIS, C. S.; MACGIBBON, A. K.H. Protein and lipid composition of bovine milk-fat-globule membrane. *International Dairy Journal*, v. 17, n. 4, p. 275–288, Abr 2007. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694606001208>>.

FOX, M. *Optical Properties of Solids*. New York: Oxyford University Press, 2001.

KLEYN, D. H. *et.al.* Determination of fat in raw and processed milks by the Gerber method: collaborative study. *Journal of AOAC International*, v. 84, n. 5, p. 1499–1508, 2001.

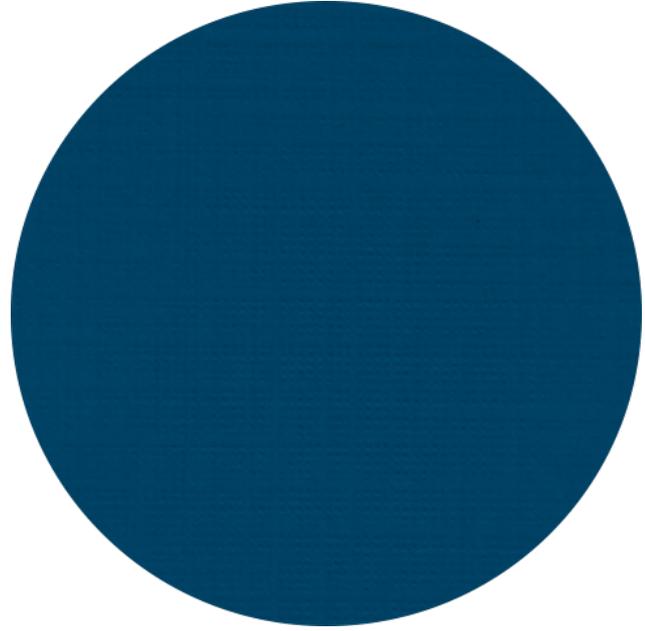
LOPEZ, C.; CAUTY, C.; GUYOMARC'H, F. Organization of lipids in milks, infant milk formulas and various dairy products: role of technological processes and potential impacts. *Dairy Science and Technology*, v. 95, n. 6, p. 863–893, 2015.

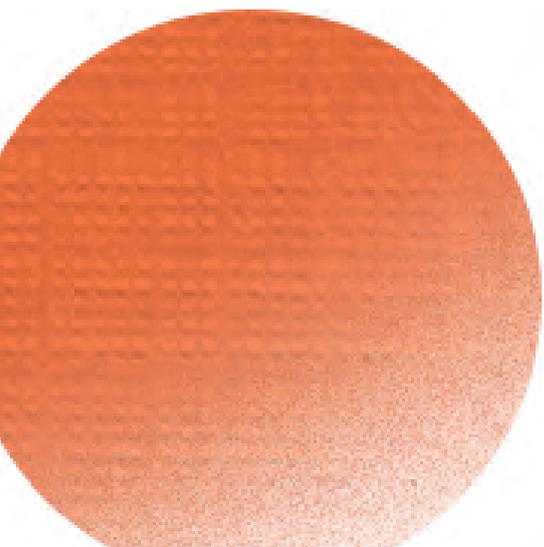
MICHALSKI, M.C.; BRIARD, V.; MICHEL, F. Optical parameters of milk fat globules for laser light scattering measurements. *Le Lait*, v. 81, n. 6, p. 787–796, 2001.

SCHOLZ, Christian *et al.* Inexpensive Mie Scattering experiment for the classroom manufactured by 3D printing. *European Journal of Physics*, v. 37, n. 5, p. 055305, 2016.

YANG, Biao *et al.* Design and evaluation of a miniature milk quality detection system based on UV/Vis spectroscopy. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 106, p. 104341, Mar 2022. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S088915752100541X>>.

ZHU, Z.; GUO, W. Recent developments on rapid detection of main constituents in milk: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 61, n. 2, p. 312–324, 19 Jan 2021. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2020.1731417>>.





# VARIÁVEIS AVALIADAS PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE HEMODIÁLISE PARA PACIENTES RENAIIS AGUDOS EM UMA INSTITUIÇÃO DE SAÚDE

Luana Ferreira da Silva<sup>17</sup>

Michele Batiston<sup>18</sup>

## INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos como aprimoramento de máquinas, fabricação de dialisadores mais eficientes e seguros, desenvolvimento de técnicas cirúrgicas de confecção de acesso vascular permanente, fizeram da hemodiálise a principal alternativa para tratamento de pacientes renais crônicos, hoje a hemodiálise mantém a vida sem o funcionamento do órgão vital de milhares de pessoas no mundo, proporcionando todas as condições clínicas necessárias àqueles que aguardam pelo transplante renal (LUGON, 2003). O tratamento mais conhecido em caso de problemas renais é a hemodiálise. É um método dialítico em que a circulação do paciente é extracorpórea e é indicada para pacientes que necessitam de diálise por curto período (dias a semanas) denominados pacientes renais agudos, bem como para pacientes com insuficiência renal crônica que necessitam de uma terapia a longo prazo ou permanente (SMELTZER; BARE, 2002).

Para os casos de lesão renal aguda é indicado o tratamento de hemodiálise estendida, sendo preferível sua utilização em pacientes instáveis, proporcionando maior estabilidade hemodinâmica. Em relação ao seu custo alto, enfermagem especializada e a necessidade de anticoagulação contínua torna-o incomum em algumas instituições de assistência à saúde (KUMAR et al, 2000).

Para tanto, antes da definição da implantação de um sistema de hemodiálise principalmente para o tratamento de pacientes renais agudos, foco principal deste artigo, são indispensáveis, estudos comparativos entre os sistemas disponíveis no mercado, seus custos de investimento, manutenção, insumos e adequações necessárias assim como suas vantagens e desvantagens, para que a escolha seja assertiva, e a melhor tecnologia seja disponibilizada para o tratamento ao paciente.

Em posse dessas informações não seria adequado que a instituição levasse em consideração somente o tipo de doença renal a ser tratada, mas que procedesse uma análise técnica e clínica de todas as variáveis do processo de implantação de um sistema de hemodiálise, desde a infraestrutura de alocação dos sistemas até os custos e os benefícios tangíveis e intangíveis.

<sup>17</sup> Tecnóloga em Sistemas Biomédicos (FATEC-Bauru).

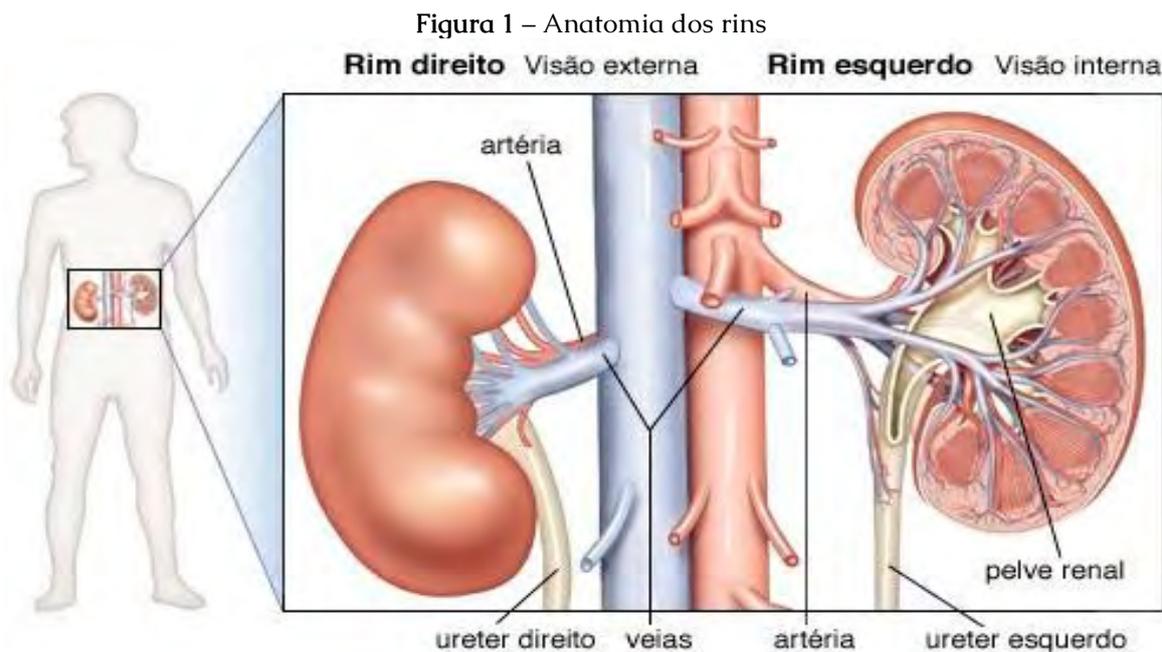
<sup>18</sup> Docente da Faculdade de Tecnologia de Bauru Tecnóloga em Saúde pela Faculdade de Tecnologia de Sorocaba, Especialista em Engenharia Clínica pela Universidade Estadual de Campinas UNICAMP e Mestranda da Faculdade de Medicina de Botucatu – UNESP pelo Programa de Pesquisa Clínica.

O objetivo do presente artigo é descrever o roteiro e as variáveis a serem avaliadas e estudadas para a escolha da melhor terapia renal substitutiva para pacientes agudos, dentro da realidade de cada instituição de assistência à saúde.

## FISIOLOGIA E ANATOMIA RENAL

Os seres humanos possuem dois rins, localizados na região lombar, um ao lado da coluna vertebral e o outro na região posterior do abdômen, atrás do peritônio. Possuem a forma de um feijão de cor vermelho-escuro e são formados por pequenas estruturas que recebem o nome de néfrons, sendo as menores unidades renais (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004).

Os rins como ilustrado na figura 1 atuam como órgãos produtores de hormônios como a eritropoietina utilizada na formação de glóbulos vermelhos, a renina que intervém na regulação de pressão arterial, e na vitamina D que ajuda na absorção do cálcio, fortalecendo os ossos (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004).



fonte: Encyclopedia Britanica - artigo fundamental rim/2007

Esses órgãos eliminam as toxinas e dejetos que resultam do organismo, como ureia, creatina, ácido úrico entre outros. Sua terceira função é manter constantemente o equilíbrio hídrico do organismo, evitando o aparecimento de edemas e aumento da pressão sanguínea ao eliminar o excesso de água, eletrólitos e sais (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004).

A função vital desse órgão é filtrar o sangue das impurezas do organismo, sendo altamente seletivos. Devido ao fato de todos os líquidos corporais passarem pelo sistema renal, seu bom ou mau desempenho pode afetar sem exceção todos os

demais órgãos e sistemas do organismo. Quando isso ocorre é preciso realizar um tratamento que substitua o trabalho dos rins (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004).

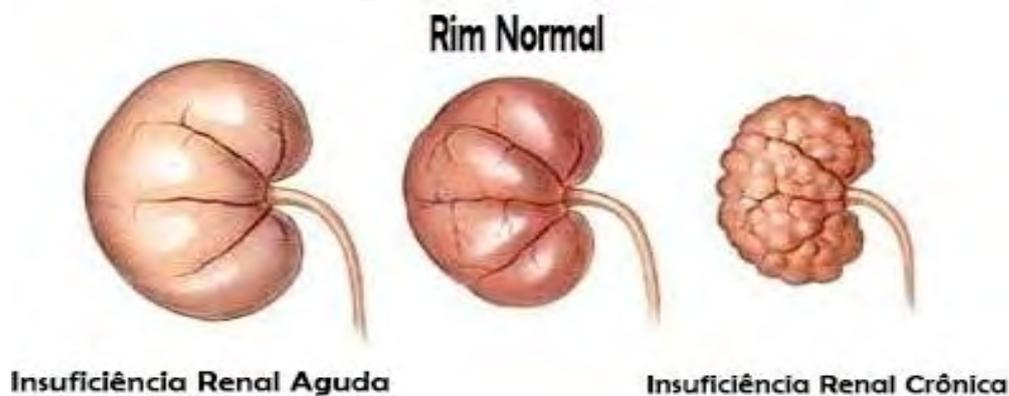
## TIPOS DE DOENÇA RENAL

Há relatos de que a diminuição da função dos rins pode ser devido a uma doença de início súbito, que destrói os néfrons e por fim causa lesão renal irreversível (BOUNDY et al, 2004).

Já Kovelis et al (2008), descrevem uma síndrome com diversos efeitos nos sistemas cardiovascular, nervoso, respiratório, músculo esquelético, imunológico e endócrino metabólico.

A doença renal crônica é uma lesão do órgão com perda progressiva e irreversível da função dos rins como ilustrado na figura 2. Em sua fase mais avançada é definida com insuficiência renal crônica (IRC), quando os rins não conseguem manter a normalidade do meio interno do paciente. Se diagnosticada precocemente, e com condutas terapêuticas apropriadas, serão reduzidos os custos e o sofrimento dos pacientes. As principais causas da insuficiência renal crônica são a hipertensão arterial e o diabetes mellitus (ROMÃO JÚNIOR, 2004).

Figura 2 - Insuficiência renal.



Fonte: <http://www.enfermagemnovidade.com.br/2016/01/insuficiencia-renal.html>

O paciente com insuficiência renal crônica, em programa de hemodiálise, é conduzido a conviver diariamente com uma doença incurável que o obriga a uma forma de tratamento dolorosa, de longa duração e que provoca, juntamente com a evolução da doença e suas complicações, ainda maiores limitações e alterações de grande impacto, que repercutem tanto na sua própria qualidade de vida quanto na do grupo familiar (CAIUBY; LEFÊVRE; PACHESI, 2004).

Sabe-se que a insuficiência renal crônica é a perda lenta, progressiva e irreversível das funções renais, indispensáveis à manutenção hídrica e à composição iônica de líquidos orgânicos por meio da filtração. Com a ausência desse funcionamento adequado, ocorrerão altas concentrações de resíduos nitrogenados no sangue com a ureia e a creatinina (PORTH, 2004).

A insuficiência renal aguda (IRA) é caracterizada por uma redução abrupta da função renal, que se mantém por períodos variáveis de tempo, resultando na incapacidade de os rins exercerem suas funções básicas de excreção e manutenção da homeostase hidroeletrolítica do organismo. As causas de insuficiência renal aguda podem ser de origem renal, pré-renal ou pós-renal. A insuficiência renal aguda pré-renal é rapidamente reversível, se corrigida a causa, e resulta principalmente de uma redução na perfusão renal, causada por uma série de eventos que culminam sobretudo com a redução do volume circulante efetivo e, portanto, do fluxo sanguíneo renal. As causas mais frequentes são desidratação (vômito, diarreia, febre) uso de diuréticos e insuficiência cardíaca (SCHOR; SANTOS; BOIM, 2000). Segundo Ricci e Ronco (2008) a insuficiência renal aguda é uma complicação comum em pacientes críticos, afetando cerca de até 30% daqueles internados em Unidades de Terapia Intensiva (UTI). Infelizmente, apesar dos grandes avanços no tratamento desses pacientes, a mortalidade da injúria renal aguda permanece elevada.

Cerca de 5% a 10% dos pacientes admitidos em Unidades de Terapia Intensiva desenvolvem insuficiência renal aguda com necessidade de terapia renal substitutiva (TRS), embora nas formas mais graves de insuficiência renal aguda a dependência de terapia renal substitutiva supere os 60% (UCHINO et al, 2005). Segundo Ricci et al (2006) as mortalidades de terapia renal substitutiva nesta população podem ser intermitentes (hemodiálise convencional e diálise peritoneal) ou contínuas (hemodiálise, hemofiltração ou hemodiafiltração contínuas). A escolha pelo método ideal depende do estado clínico do paciente, do conhecimento médico e da disponibilidade em cada instituição (DAVENPORT, 2008).

A doença renal aguda diferente da crônica pode ser reversível, conhecida também como lesão renal aguda, pode desenvolver-se em questão de horas ou lentamente durante dias e a perda súbita da função dos rins dependerá do estado que se encontra o paciente. É comum em pacientes hospitalizados por alguma outra condição, que estão gravemente doentes e precisam de cuidados intensivos, necessitem do tratamento de hemodiálise em seu leito de internação (UCHINO et al, 2005).

## HISTÓRIA DA HEMODIÁLISE NO MUNDO

Historicamente tudo começou em 1830 quando Thomas Graham (1805-1869), um físico inglês verificou que ao separar dois líquidos com substâncias dissolvidas numa membrana celulósica estabelecia uma troca entre elas, chamou a experiência de Diálise e as membranas nomeou de semipermeáveis (ABREU, 2005).

Anos mais tarde John J. Abel (1857-1938), um farmacólogo norte americano idealizou e utilizou um rim artificial em cães. Composto por tubos de celulose mergulhados no soro fisiológico onde circulava o sangue dos cães. Essa experiência foi descrita com um método em que o sangue retirado do cão era

submetido a uma sessão de diálise extracorpórea e ao terminar retornaria à sua circulação (BARROS, 2002).

Já na 1ª Guerra Mundial em 1917, Georg Haas, um médico alemão mudou o protótipo do rim artificial, aumentando a área da membrana, conseguiu esterilizar componentes da parte extra corporal com o etanol (ABREU, 2005).

A diálise foi utilizada pela primeira vez em seres humanos em 1926, no tratamento da uremia, doença causada pelo acúmulo de ureia no sangue. Foi retirado meio litro de sangue e onde circulou por tubos durante meia hora banhados com soro. Em 1928 Georg repetiu o método utilizando a heparina não com uma passagem e sim com nove passagens (BARROS, 2002).

O celofane começou a ser comercializado por volta de 1936, onde foi aplicado à diálise havendo melhoria e uma certa segurança ao paciente (RIELLA; MARTINS, 2001).

Willem J. Kolff (1911-2009), médico holandês durante a 2ª Guerra Mundial fez um rim artificial constituído por um tubo de 40 metros de celofane enrolado num cilindro onde rodeava um tanque contendo uma solução. Dentro do tubo circulava o sangue mergulhando no tanque cada rotação do cilindro (LESSI, 2007).

Em 1945 um paciente com insuficiência renal aguda sobreviveu e recuperou a sua função após onze horas de sessão, nesta época haviam sido feitas tentativas de diálise em apenas 20 pacientes (NASCIMENTO, 2002).

Scribner e Quinton marcaram positivamente em 1960 descrevendo o SHUNT que era uma fístula arteriovenosa externa e permanente, possibilitando realizar as sessões várias vezes. Nesta mesma época foram desenvolvidos o KILL, placas paralelas de celofane e o COIL, que eram tubos enrolados em espiral com celofane. O cuprofano é um derivado celulósico que substituiu o celofane em 1965, aumentou a resistência e melhorou a capacidade em dialisar as substâncias tóxicas (OLIVEIRA, 2004).

Outro marco foi em 1966 onde Cinino e Brescia desenvolveram uma fístula arteriovenosa interna. Após essa descoberta ainda inventaram o cateter e até hoje ainda desenvolvem meios de melhorarem o tratamento (SÉRGIO, 2008).

Segundo Uchino e Ronco (2010), quando comparadas as terapias intermitentes, os métodos contínuos proporcionam maior estabilidade hemodinâmica, sendo preferíveis em pacientes hemodinamicamente instáveis. Nesse contexto, desde a década de 1990, adaptações das máquinas de hemodíalises convencionais para métodos semicontínuos vêm sendo descritas, buscando-se, assim, a criação de uma modalidade que pudesse unir vantagens dos métodos intermitentes e contínuos (KIHARA, 1994; MARSHALL, 2002).

Como resultado, surgiu a Hemodiálise Estendida (também chamada de Hemodiálise prolongada ou SLED – Sustained Low Efficiency Dialysis), uma terapia híbrida que agrega estabilidade cardiovascular das terapias contínuas com as facilidades operacionais e custos reduzidos das terapias intermitentes. Essa modalidade é hoje cada vez mais difundida entre os nefrologistas (FLISER; KIELSTEIN, 2006).

## HISTÓRIA DA HEMODIÁLISE NO BRASIL

Segundo a Sociedade de Nefrologia do Estado de São Paulo (SONESP)<sup>19</sup>, quando falamos de hemodiálise no Brasil, podemos dizer que começou em 1949, no Hospital das Clínicas de São Paulo, quando o Dr. Tito Ribeiro de Almeida (1913-1998) usou em uma paciente de 27 anos o rim artificial. Anos mais tarde a Baxter, uma empresa norte-americana multinacional, deu início às suas atividades comerciais, favoreceu a difusão do tratamento no setor de equipamentos de hemodiálise. A consolidação se deu após 1976 com o reembolso pelo governo federal dos serviços prestados, fazendo a diálise crescer e integrar-se à população.

## HEMODIÁLISE CONVENCIONAL

De acordo com a Sociedade Brasileira de Nefrologia (SNB)<sup>20</sup> o equipamento de hemodiálise convencional é o tratamento mais comum para os problemas renais, o equipamento utilizado é chamado de dialisador também conhecido como rim artificial. O sangue é retirado do paciente por um acesso vascular que pode ser uma fístula ou um cateter (tubo), por dutos até um tubo, em sua parte interna existem muitos micros tubos capilares constituído por um material sintético semipermeável conhecido por membrana, fazendo o sangue fluir externamente aos capilares, dentro dos tubos em sentido oposto ao do sangue flui uma solução de íons dissolvidos em água especialmente tratada. O sangue retorna ao corpo do paciente por uma outra linha de dutos, após atravessar o dialisador. Ocorre a remoção de 1 a 4 litros de fluídos em um tempo médio de 3 horas. O tamanho do capilar que também é chamado de dialisador, dependerá de cada paciente. No caso de pacientes adultos é usado o tamanho médio.

Conforme ilustrado na figura 3, o sangue do paciente não entra em contato em momento algum com a máquina de hemodiálise, assim que a sessão finaliza a mesma é lavada e desinfetada para que não haja possíveis contaminações. Os dialisadores também podem ser lavados e esterilizados a fim de serem reaproveitados em mais de uma sessão, no caso de pacientes crônicos, ou descartáveis, ou seja, de uso único para cada sessão de tratamento, como no caso de pacientes agudos. O sangue após ser filtrado retorna ao paciente equilibrando seu organismo.

O equipamento de hemodiálise deve receber água tratada para preparo da solução de dialisato, para isso deve-se utilizar um sistema de tratamento por osmose reversa central ou osmose reversa portátil, a referida água para o tratamento deve seguir as diretrizes da RDC Nº 11, de 13 de março de 2014 dispõe sobre os requisitos de boas práticas de funcionamento para os serviços de diálise.

19 Dados retirados da página oficial da SONESP. Disponível em <http://sonesp.nefrosp.org.br/> Acesso em: 20 mar 2017.

20 Dados retirados da página oficial da SNB. Disponível em: <https://sbn.org.br/> Acesso em: 23 mar 2017.

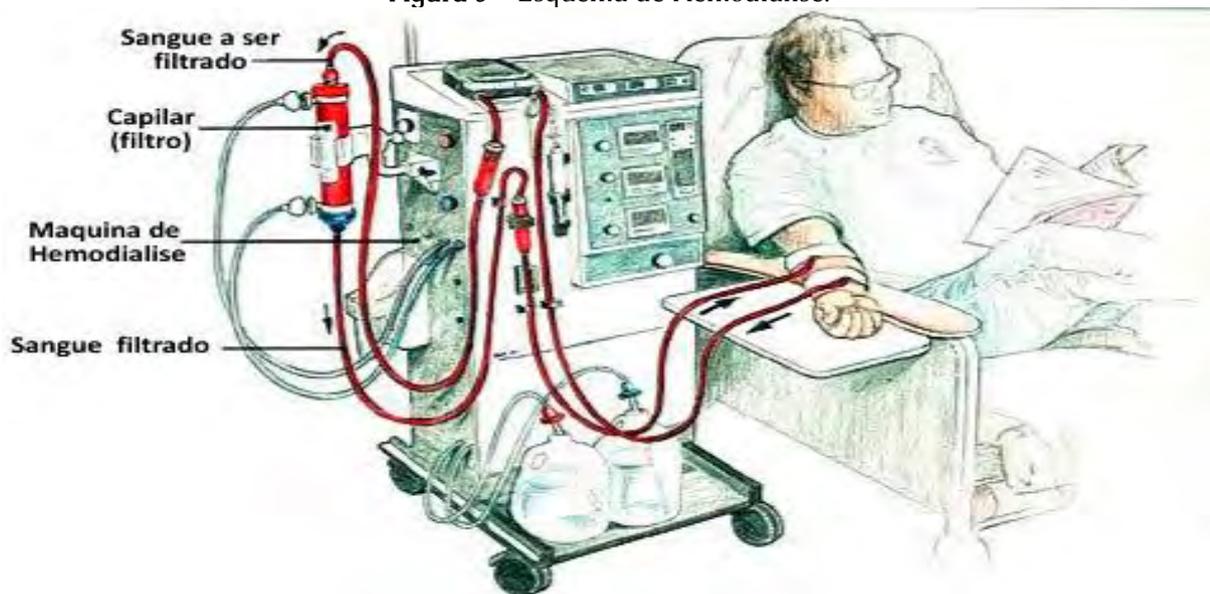
A fístula arteriovenosa com materiais sintéticos ou com as próprias veias do indivíduo. A região do braço ou da perna é preparada para uma pequena cirurgia realizando a ligação entre a veia e a artéria, tornando a veia mais resistente e grossa, para as punções com as agulhas de hemodiálise possam ocorrer sem complicações. Antes de começar a fazer a hemodiálise deve ser feita a cirurgia vascular com anestesia local cerca de dois a três meses antes de começar o tratamento.

De acordo com Salomão et al (2002) “Apesar dos avanços tecnológicos, a hemodiálise convencional ainda se associa a muitas complicações agudas e crônicas e a altas taxas de internação, hospitalização e mortalidade”.

Para Lugon (2003), entre as dificuldades encontradas na terapia de pacientes crônicos, está um intervalo de 68 horas sem diálise (fim de semana). É, portanto, questionável, se essa terapia de três sessões por semana representa a melhor alternativa. Entretanto, eles continuam como os esquemas de hemodiálise mais empregados do mundo.

Porém para o caso de pacientes renais agudos, o intervalo e a duração da sessão de tratamento de cada paciente é definido pela equipe clínica, levando em consideração o estado clínico do mesmo.

Figura 3 - Esquema de Hemodiálise.



Fonte: <https://casosrenais.wordpress.com/category/hemodialise>

## HEMODIÁLISE POR EQUIPAMENTO GENIUS®

O sistema de hemodiálise Genius® realiza tratamentos em pacientes renais adultos, sendo uma restrição atual do sistema a impossibilidade de tratamento em pacientes pediátricos, o procedimento de filtração do sangue é idêntico ao da hemodiálise convencional, porém o referido sistema possibilita tratamento de hemodiálise estendida, indicado para pacientes que possuem pressão baixa,

ou seja, aqueles hemodinamicamente instáveis que podem ser submetidos à hemodiálise estendida, pois ela ocorre com um baixo fluxo de sangue e dialisato, por períodos de seis a oito horas, dependendo da necessidade de cada paciente.

O equipamento de hemodiálise Genius® ilustrado na figura 4, pode ser instalado em qualquer local do hospital, sem necessidade de adequação hidráulica e de esgoto pois é dotado de um tanque fechado para armazenamento do dialisato pronto para o tratamento. Durante o tratamento, os excrementos e líquidos retirados do sangue do paciente são alojados neste mesmo tanque, que por diferença de densidade não se mistura a solução de tratamento, o sistema realiza diferentes modalidades de hemodiálise, indicado para pacientes renais agudos.

Figura 4 - Equipamento de Hemodiálise Genius®



Fonte: [www.freseniusmedicalcare.com/demedizinischesfachpersonalakuttherapiegeniusr90](http://www.freseniusmedicalcare.com/demedizinischesfachpersonalakuttherapiegeniusr90)

Para preparação do equipamento de hemodiálise Genius®, é necessária uma central de preparo com o equipamento de osmose reversa, e um tanque reservatório de água tratada simples como ilustrado na figura 5, e diferente da hemodiálise convencional não necessita ser próxima do local onde o paciente será tratado, pois o equipamento recebe a desinfecção e a solução de tratamento através do tanque preparador ilustrado na figura 6, e posteriormente é alocado no local de tratamento do paciente, necessitando somente de rede elétrica para conexão do equipamento durante o tratamento de hemodiálise.

Vale ressaltar que a água utilizada para o tratamento do paciente nesse sistema segue também as mesmas diretrizes da RDC Nº 11, de 13 de março de 2014.

Figura 5 - Central de Osmose Reversa



Fonte: Os autores

Figura 6 – Preparador



Fonte: Os autores

## INCORPORAÇÃO DO SISTEMA CONVENCIONAL E/OU SISTEMA GENIUS®

O processo de incorporação de equipamentos médicos, seja ele qual for, tem início com a solicitação de aquisição, geralmente feita pela equipe clínica da instituição. Esta solicitação pode ser feita para a reposição, ou atualização, de uma tecnologia existente ou determinada através de planejamento estratégico

para cumprir a missão da instituição. Para o sucesso do processo de incorporação, algumas etapas devem ser executadas em sequência (CALIL, 2002). Neste caso deve-se levar em consideração todo custo de investimento, e os custos necessários para manter o funcionamento desse equipamento, como equipe preparada para realizar a manutenção, a utilização e a infraestrutura necessária para seu funcionamento adequado.

Em caso de contrato em comodato que segundo Calil (2002) é um tipo de contrato onde um determinado fornecedor fornece em regime de empréstimo o equipamento para ser utilizado no Estabelecimento de Assistência à Saúde (EAS) condicionado à aquisição do material de consumo que ele fornece.

Para implantação do sistema de hemodiálise convencional, atualmente é possível realizar a incorporação por aquisição do sistema, onde a instituição tem a liberdade de adquirir os insumos compatíveis no mercado, ou por contrato de comodato, onde há necessidade de aquisição dos insumos do contratado do sistema.

Para a implantação do Sistema de hemodiálise Genius®, a única possibilidade atual é por sistema de comodato.

## TRATAMENTO DE ÁGUA PARA HEMODIÁLISE

Em uma sessão de hemodiálise os pacientes entram em contato direto com a água da solução de diálise, podendo conter substâncias que terão acesso a corrente sanguínea, dessa forma é necessário controle na qualidade dessa água utilizada.

De acordo com a RDC Nº 11, de 13 de março de 2014, a qual traz em sua sessão III determinando que a água para hemodiálise deve ser tratada pelo sistema de tratamento e distribuição de água para hemodiálise (STDAH), dentro da instituição.

Com isso o equipamento de osmose reversa é comumente utilizado, por oferecer água dentro dos padrões de qualidade ideal para o tratamento, o equipamento é responsável pela purificação da água clorada vinda da rede de abastecimento. Trata-se de um processo de separação que utiliza a pressão para isolar as substâncias da água.

Nesse tratamento é necessário também um reservatório de água tratada, confeccionado por material atóxico, isento de cantos e com o fundo em formato de cone, para permitir o esvaziamento total. A tubulação deve ser constituída também por material atóxico, isento de pontos cegos e com sistema de recirculação de água, para que a água permaneça em constante movimentação, não favorecendo a formação de biofilmes, que podem causar a contaminação da água tratada.

No caso de implantação do sistema convencional deve-se adotar uma central de osmose reversa próxima a sala onde serão atendidos os pacientes, seguindo todos os requisitos para o tratamento de água e caso não tenha infraestrutura adequada para essa central, é necessária a utilização de osmose reversa portátil por equipamento de hemodiálise, dentro do leito de internação do paciente.

No sistema por equipamento Genius® é necessária a implantação de uma central de osmose reversa sem a necessidade de ser próxima a sala onde serão atendidos os pacientes.

## MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE HEMODIÁLISE

Segundo Hermini e Fernandes (2013), a utilização do termo intervenção técnica tem como conotação bastante abrangente, contemplando as Inspeções Técnicas (IT), as manutenções Preventivas (MPv), as Manutenções Preditivas (MPd), as Manutenções Corretivas (MC), os Ensaio de Segurança e Desempenho (ED) e as Calibrações (CAL).

A preventiva é uma manutenção executada com uma determinada periodicidade conforme planos pré-estabelecidos. São inspeções regulares que visam antecipar às falhas possibilitando uma maior disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos mantendo-os em condições de operação e prevenindo contra ocorrências adversas (VINHAS, 2007).

Sendo assim para que se mantenha o sistema de hemodiálise em funcionamento seguro, são necessárias a manutenção preventiva e corretiva executada por equipe capacitada, independente se o equipamento for de propriedade da instituição ou alocada na instituição por contrato de comodato.

## METODOLOGIA

A proposta do trabalho foi realizar um aprofundamento dos conhecimentos a respeito do sistema de hemodiálise por equipamento convencional e equipamento Genius® e suas variáveis, através de visita técnica a uma instituição que possui ambos os sistemas implantados e pesquisa bibliográfica. Compreenderá no desenvolvimento de um roteiro para verificação dos custos de implantação e manutenção dos sistemas de hemodiálise citados assim como as vantagens e desvantagens de cada sistema, para auxílio na tomada de decisão da área clínica e gestora da instituição na implantação de um serviço de Terapia Renal Substitutiva adequado para pacientes agudos.

## ROTEIRO PARA AVALIAÇÃO DAS VARIÁVEIS NA IMPLANTAÇÃO

### PERFIL DOS PACIENTES RENAI AGUDOS

A primeira avaliação a ser realizada corresponde ao tipo e perfil dos pacientes renais agudos da instituição de saúde que passarão pelo tratamento de hemodiálise. Para tal etapa a equipe clínica de nefrologia da instituição tem um papel primordial, pois esta fornecerá as informações necessárias do perfil dos pacientes recebidos pela instituição.

Em visita a um Hospital público da cidade de Bauru que possui os sistemas de hemodiálise convencional e Genius® para tratamento de pacientes agudos a equipe informou que não havia nenhuma restrição de tratamento aos pacientes renais agudos adultos em ambos os sistemas, porém o sistema Genius® não atende pacientes renais agudos pediátricos, sendo assim essa torna-se uma limitação ao sistema Genius® quando a instituição de saúde proceder ao atendimento de pacientes renais agudos pediátricos.

#### CUSTO DA INFRAESTRUTURA PARA INSTALAÇÃO DO SISTEMA

A instalação do sistema convencional demanda adequação de suprimento de água e esgoto em cada leito de tratamento, assim como pontos de energia elétrica para o equipamento de hemodiálise e o equipamento de osmose reversa portátil.

O suprimento de água pode ser feito através de água potável para posterior tratamento por equipamento de osmose reversa portátil ou com a implantação de uma central de tratamento de água para hemodiálise seguindo os mesmos moldes e regras do tratamento de água para paciente crônicos, devendo ser o mais próximo possível dos leitos de tratamento em virtude da complexidade e cuidados da água tratada, de acordo com a RDC Nº11 de 13 de março de 2014.

A instalação do sistema Genius® prevê adequação de uma área que comporte um sistema de tratamento de osmose reversa central de pequeno porte e preparo dos equipamentos para a diálise com tamanho mínimo de 25m<sup>2</sup>, essa área não necessariamente deve estar próxima ao local de tratamento do paciente, só necessita de infraestrutura de água potável, esgoto e rede elétrica adequada e que se tenha acesso fácil dos equipamentos de hemodiálise já preparados aos leitos de tratamento.

Independente do sistema de tratamento de água a ser adotado, esses custos ocorrerão por conta da instituição de saúde, por se tratar de adequação de infraestrutura para instalação do sistema, e devem ser inseridos nos custos de adequação para implantação.

Devem ser considerados os custos de adequação civil, hidráulica, elétrica nos dois sistemas e de equipamento de osmose reversa central ou portátil somente no caso do sistema convencional, uma vez que o Sistema de hemodiálise Genius®, o equipamento não será adquirido pela instituição e sim por contrato de comodato.

#### CUSTO DE INVESTIMENTO DO EQUIPAMENTO DE HEMODIÁLISE

Para análise do sistema convencional e aquisição do equipamento de hemodiálise é necessário avaliar os custos de aquisição do equipamento e quantificar o valor da sua depreciação para novo investimento de equipamento após o término da sua vida útil, que pode variar de seis a dez anos. Assim como para aquisição do equipamento de osmose reversa portátil ou central para o tratamento de água.

Para análise do sistema Genius® ou convencional por contrato de comodato não há custo de aquisição de equipamento de hemodiálise ou equipamento de osmose reversa para o tratamento de água, pois o equipamento ofertado é cedido em forma de empréstimo e continua sendo da empresa contratada, os custos de depreciação do equipamento estarão inclusos no custo dos insumos e os equipamentos são

trocados após o término da vigência do contrato de comodato que pode variar entre doze e sessenta meses.

#### CUSTO DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA

Para manter os equipamentos em funcionamento seguro e eficiente são necessárias as manutenções programadas (preventiva, calibração e avaliação de segurança elétrica) e corretiva, dessa forma deve-se considerar os custos das manutenções programadas, corretivas, peças de reposição, de mão-de-obra e produtos desinfetantes utilizados durante a manutenção preventiva e corretiva, para cada equipamento do sistema de hemodiálise convencional e osmose reversa portátil adquiridas pela instituição, devem ser considerados uma vez que fazem parte do custo em manter a tecnologia em funcionamento adequado.

Porém, tanto para o sistema Genius® quanto para o sistema convencional por contrato de comodato, não será possível a quantificação desses custos, uma vez que toda mão-de-obra de manutenção seja corretiva ou preventiva, peças de reposição e produtos desinfetantes para a manutenção dos equipamentos de hemodiálise ou osmose reversa central ou portátil estão incluídos no valor dos insumos adquiridos para a sessão de hemodiálise.

#### CUSTO DE INSUMO POR SESSÃO DE TRATAMENTO

Para realização da sessão de hemodiálise são utilizados diversos materiais médico hospitalares, como dialisador, linhas arterial e venosa, solução de diálise ácida e bicarbonatada e solução de desinfecção do equipamento de cada sessão de hemodiálise, os custos desses materiais devem ser compilados, pois também farão parte do custo do tratamento e diferem em questão de valores para os sistemas comodato e próprio.

Os custos descritos no sistema convencional refletirão exatamente os custos do material citado, podendo a instituição adquirir esses materiais no mercado médico hospitalar.

No entanto para o sistema de comodato convencional ou Genius® o valor total dos insumos refletirá também os custos de mão-de-obra de manutenção corretiva e preventiva, peças de reposição e depreciação do equipamento, e deverá ser adquirido da marca do equipamento comodatado.

#### PONTOS DE COLETA E ANÁLISE DE ÁGUA PARA TRATAMENTO

Segundo a RDC Nº 11, de 13 de março de 2014, a qual traz em sua sessão VIII, determinando que a análise da água para hemodiálise deve ser realizada por laboratório analítico licenciado junto ao órgão sanitário competente, a mesma regulamentação determina pontos pré- definidos para análise microbiológica com frequência mensal, e análise físico-química semestral.

Para o sistema de hemodiálise independente se for equipamento próprio, contrato de comodato, ou Genius® deverá ser realizada coleta e análise microbiológica mensal de cada equipamento de osmose reversa portátil ou cada ponto de água tratada na central.

A diferença de custo entre os sistemas, será o número de coletas a serem realizadas de acordo com o número de equipamentos de osmose reversa em cada sistema, no caso da opção por equipamentos de osmose reversa portátil ou central o número de pontos de coleta será igual ao número de pontos de tratamento.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

O sistema convencional não comodatado apresentará um custo total de insumo menor que o sistema convencional por contrato de comodato e Genius®. Uma vez que o custo de insumo do sistema no contrato por comodato representa todos os custos envolvidos no equipamento, como mão-de-obra de manutenção, peças de reposição e depreciação do mesmo.

Em virtude do sistema de contrato por comodato do equipamento englobar todos os custos acima descritos, ele se torna maior, o que pode não refletir uma desvantagem quando somado a todos os demais custos envolvidos e apresentados.

Quanto a utilização de equipamentos de osmose reversa portáteis, pode se tornar oneroso uma vez que será necessário um equipamento por ponto de tratamento multiplicando os custos de investimento, manutenção, peças de reposição, depreciação do equipamento, coleta e análise microbiológica da água.

O sistema de osmose reversa central em muitos casos torna-se uma melhor opção quando relacionado aos equipamentos de osmose reversa portátil, pois um único equipamento é capaz de abastecer vários pontos de tratamento de hemodiálise. Porém os cuidados e os custos com a infraestrutura de instalação e manutenção também podem se tornar onerosos em virtude da sua localização e com relação aos pontos de tratamento.

O sistema Genius® em um primeiro momento aparenta ser um sistema com maior custo, porém apresenta alguns pontos positivos que devem ser considerados uma vez que não são quantificáveis e podem facilitar o trabalho da equipe de assistência e melhorar a logística de tratamento do paciente, tais como:

- a) Viabilidade em dialisar o paciente em qualquer leito de internação não havendo necessidade de infraestrutura hidráulica e de esgoto.
- b) Tempo de preparo do equipamento para dialise é de no máximo 45 minutos.
- c) Demanda menor espaço físico dentro do leito de internação para o tratamento.

O sistema de comodato seja do sistema convencional ou Genius® apresenta como vantagem a não necessidade de investimento, porém deve ser considerado que o custo do insumo é maior, sendo uma das desvantagens mais considerada pela administração, por isso devem ser bem avaliadas.

Outro ponto a ser considerado é que as empresas concedem o contrato de comodato mediante uma quantidade mínima de insumos a serem consumidos durante o mês, o que inviabilizaria essa modalidade em uma instituição que possuam número reduzido de sessões de hemodiálise por mês.

## CONCLUSÃO

Nos últimos anos com o avanço tecnológico e da utilização de equipamentos de hemodiálise, tem-se observado uma variedade muito ampla no emprego dessas terapias. Em virtude das muitas variáveis de tipos de tecnologias e formas de aquisição das mesmas, este estudo demonstrou as variáveis a serem avaliadas para a viabilidade de se adotar o sistema de hemodiálise convencional não comodato ou por contrato de comodato ou o sistema Genius® para o tratamento de pacientes com insuficiência renal aguda.

Observou-se também que na hemodiálise convencional por contrato de comodato ou no sistema Genius®, não necessitam de investimento em equipamentos, porém deve-se ficar atento em relação ao custo do insumo que será maior e é a desvantagem mais considerada pela equipe administrativa, que pode desconsiderar as demais vantagens do sistema.

Constatou-se também que no caso do paciente tratado pelo sistema Genius® não há necessidade de infraestrutura hidráulica e de esgoto em seu leito. Diferentemente da utilização do equipamento da hemodiálise convencional que necessita desta infraestrutura.

O presente estudo contribuirá para uma análise crítica e detalhada de um sistema de hemodiálise para tratamento de pacientes agudos em uma instituição de saúde, levando em consideração o quanto possa ser gasto, se há infraestrutura ou deverá ser realizado um grande investimento hidráulico e elétrico, e se onde se localiza a unidade de terapia intensiva há espaço suficiente e adequado para realizar essa obra na infraestrutura, a existência de espaço físico para acomodar o equipamento de hemodiálise convencional e a osmose reversa dentro do leito de internação é outro ponto a ser verificado.

Através do roteiro de avaliação para implantação será possível a instituição optar pelo sistema que melhor se apresenta em termos de custo e qualidade de tratamento para o paciente, pois independente de qual opção de sistema a qualidade do tratamento a ser disponibilizado para o paciente deve ser o ponto mais importante da avaliação.

Com isso o presente estudo visou nortear a escolha do melhor sistema de hemodiálise em pacientes agudos de acordo com as necessidades da instituição de saúde.

## REFERÊNCIAS

ABREU, I. **Qualidade de vida relacionada à saúde de pacientes em hemodiálise no município de Guarapuava-PR.** Dissertação. Escola de enfermagem de Ribeirão Preto Ribeirão Preto, São Paulo 2005.

BARROS, E. **Nefrologia: rotinas, diagnósticos e tratamento.** 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

BOUNDY, et al. **Enfermagem médico cirúrgica**. Reichmann e Affonso editores. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Resolução RDC nº 11, de 13 de março de 2014. “**Dispõe sobre os Requisitos de Boas Práticas de Funcionamento para os Serviços de Diálise e dá outras providências**”. Orgão Emissor ANVISA- Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: [www.anvisa.gov.br/segurancadopaciente/index.php/legislacao/item/rdc-154-de-15-de-junho-de-2014](http://www.anvisa.gov.br/segurancadopaciente/index.php/legislacao/item/rdc-154-de-15-de-junho-de-2014). Acesso em: 11 de junho de 2017.

CAIUBY, A. V. S.; LEFÊVRE, F.; PACHESI, S. A.; Análise do discurso dos doadores renais: abordagem da psicologia social. **Jornal Brasileiro de Nefrologia** 2004. Disponível em: <https://sbn.org.br/jbn-jornal-brasileiro-de-nefrologia/> Acesso em: 26 de abril de 2017.

CALIL, S. J. **Equipamentos médico-hospitalares e o gerenciamento da manutenção**. Brasília- DF, 2002

DAVENPORT, A. Renal replacement therapy in acute kidney injury: which method to use in the intensive care unit? **Saudi J Kidney Dis Transpl** p. 19-36, 2008.

FLISER, D.; KIELSTEIN, J. T.; Technology Insight: treatment of renal failure in the intensive care unit with extended dialysis. **Nat Clin Pract Nephrol** p. 32, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/ncpneph0060> Acesso em: 28 de maio de 2017.

HERMINI, A. H.; FERNANDES, J. A. L.; Haino Burmester (coord.) **Gestão de materiais e equipamentos hospitalares Saraiva Gestão estratégica de saúde** 2013, p. 165.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica** Guanabara Koogan, 10 ed., 2004

KIHARA, M. et al. Slow hemodialysis performed during the day in managing renal failure in critically ill patients. **Nephron** p. 36-41, 1994. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1159/000187885> PMID:8052365 Acesso em: 28 de maio de 2017.

KOVELIS, et al. Função pulmonar e força muscular respiratória em pacientes com doença renal crônica submetidos à hemodiálise. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, vol 34 n11 São Paulo, nov 2008. Disponível em: <http://www.jornaldepneumologia.com.br/> Acesso em: 25 de maio de 2017.

KUMAR, V. A., et al. Extended daily dialysis: A new approach to renal replacement for acute renal failure in the intensive care unit. **Am J Kidney Dis** p. 294-300, 2000. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1053/ajkd.2000.8973> Acesso em: 01 de junho de 2017.

LESSI, D., (2007) **Acesso vascular para hemodiálise**. Revista de angiologia e cirurgia vascular.

LUGON J. R., et al **Princípios de nefrologia e distúrbios hidroeletrólíticos** 4<sup>ª</sup> ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2003.

MARSHALL, M. R. et al. Urea kinetics during sustained low-efficiency dialysis in critically ill patients requiring renal replacement therapy. **Am J Kidney Dis** c. 39 p. 556-570, 2002. Disponível em: <http://dx.doi.org/101053/ajkd.2002.31406> Acesso em: 01 de junho de 2017.

NASCIMENTO, M., Avaliação de acesso vascular em hemodiálise: um estudo multicêntrico. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**. Nov, 2002. Disponível em: <https://sbn.org.br/jbn-jornal-brasileiro-de-nefrologia/> Acesso em: 26 de abril de 2017.

OLIVEIRA, B., Acesso venoso para hemodiálise: conhecendo as experiências dos pacientes. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**. c. 12 p. 20-24, dez, 2004. Disponível em: <https://sbn.org.br/jbn-jornal-brasileiro-de-nefrologia/> Acesso em: 26 de abril de 2017.

PORTH, C. M.; **Fisiopatologia**. 6 ed. Rio de Janeiro Guanabara Koogan, 2004.  
RICCI, Z. et al; Practice patterns in the management of acute renal failure in the critically ill patient: na internatiocal survey. **Nephrol Dial Transplant** c. 21 p. 690-696, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1093/ndt/gfi296> Acesso em: 28 de maio de 2017.

RICCI, Z.; RONCO, C.; Dose and efficiency of renal replacement therapy: continuous renal replacement therapy versus in termittent hemodialysis versus slow extended daily dialysis. **Crit Care Med** c. 36 p. 229-237, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1097/CCM.0b013e18168e467> Acesso em: 28 de maio de 2017.

RIELLA, M. C., MARTINS, C., **Nutrição e o rim**. Rio de Janeiro Guanabara Koogan, 2001.

ROMÃO JÚNIOR, J. E.; Doença renal crônica: definição, epidemiologia e classificação. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, 2004. Disponível em: <https://sbn.org.br/jbn-jornal-brasileiro-de-nefrologia/> Acesso em: 26 de abril de 2017.

SALOMÃO A., et al. Projeto piloto de hemodiálise curta diária: melhora da qualidade de vida de renais crônicos. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**. c. 24 p. 168-175, 2002 Disponível em: <https://sbn.org.br/jbn-jornal-brasileiro-de-nefrologia/> Acesso em: 26 de abril de 2017.

SÉRGIO, K., **Acessos vasculares para hemodiálise**. 1 ed. São Paulo Atheneu, 2008.  
SCHOR, N.; SANTOS, O. F. P.; BOIM, M. A.; **Guia prático de urologia**. c. 13 p. 65,2000.

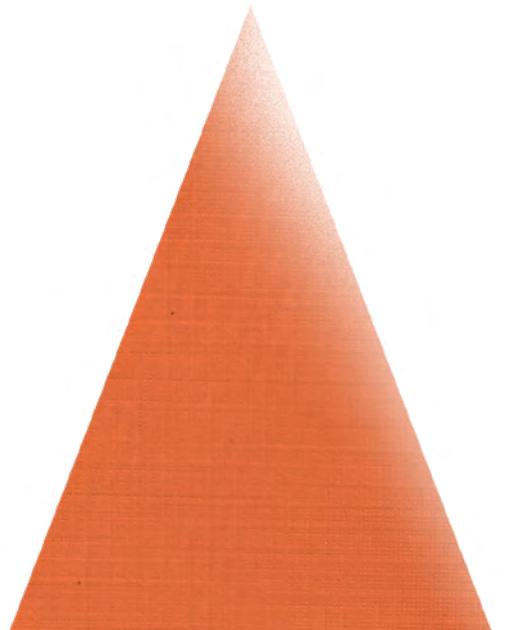
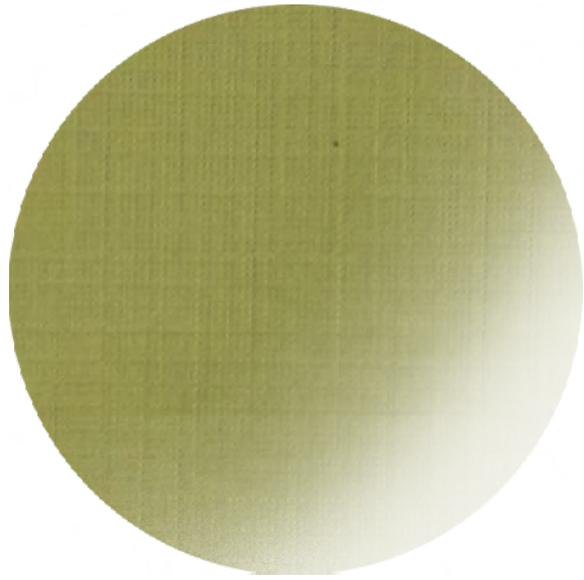
SMELTZER, S.; BARE, B. **Tratado de Enfermagem Médico-Cirúrgica**, 9 ed. Rio de Janeiro Guanabara Koogan, 2002.

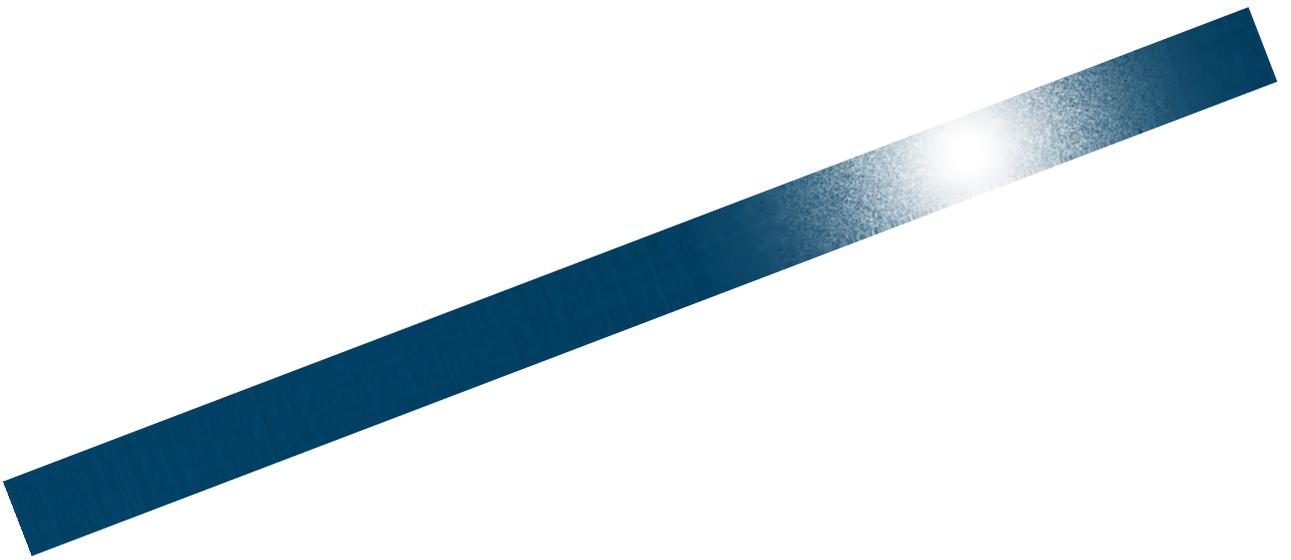
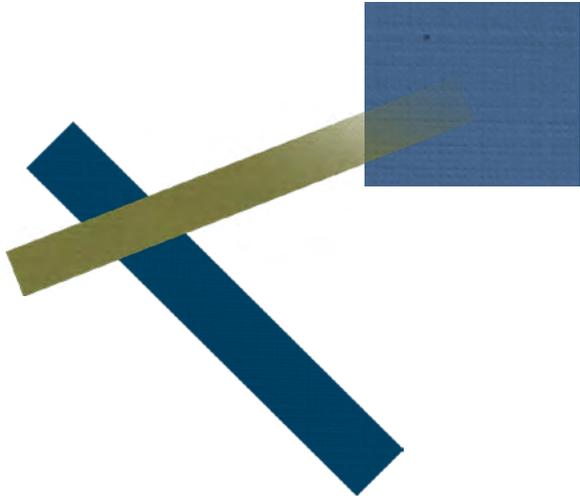
UCHINO, S. et al; Beginning and Ending Supportive Therapy for the Kidney (Best Kidney) Investigators. Acute renal failure in critically ill patients: a multinational, multicenter study. **JAMA** p. 813-818, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1001/jama.294.7.813> Acesso em: 17 de abril de 2017.

UCHINO, S.; RONCO, C. **Continuous Renal Replacement Therapy. Management of Acute Kidney Problems**. 1 ed. **New York** p. 525-535, 2010. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1007/98-3-540-69441-0\\_52](http://dx.doi.org/10.1007/98-3-540-69441-0_52) Acesso em: 19 de maio de 2017.

VINHAS, R. D. **Gestão da manutenção de equipamentos de laboratório: uma estratégia para melhoria do desempenho da atividade de pesquisa em uma instituição de c&t em saúde**. 2007. 124 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Saúde Pública) – Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães da Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.







# INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA EM EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES

Vancléia Soares da Silva  
José Rodrigo de Oliveira

## INTRODUÇÃO

O avanço da ciência e de novas tecnologias tem sido importante para as mais diversas áreas, no mundo globalizado em que vivemos é quase impossível encontrar algo que não necessite de algum tipo de tecnologia. Da vida no campo até as grandes metrópoles, mesmo que num pequeno detalhe ela está presente, e a cada dia indispensável em nosso cotidiano. E não seria diferente na área da saúde, hoje para um simples diagnóstico ou mesmo em caso tratamento depende se de algum equipamento médico e com isso se faz necessária a aquisição de equipamentos essenciais para diagnósticos, monitoramento e suporte a vida. O grande problema é que nem sempre é feito um planejamento prévio quanto a aquisição destes equipamentos.

É inegável a importância que um equipamento médico possui nos hospitais, porém a quantidade e diversidade destas tecnologias podem variar de acordo com a classificação dos hospitais e características de seus serviços.

Por outro lado, o fenômeno da interferência eletromagnética (IEM) poderá causar efeitos indesejados na operação dos equipamentos eletromédicos, sendo necessária a implantação de métodos que cessem ou minimizem o problema.

Na aquisição de qualquer tipo de tecnologia se faz necessário a análise sobre a compatibilidade eletromagnética (CEM) do equipamento a ser inserido no parque tecnológico, pois a IEM precisa ser encarada como um problema a ser diagnosticado e por fim sanado.

Este estudo tem como propósito demonstrar que esse tipo de acontecimento é frequente em um ambiente hospitalar e suas causas são diversas, esses efeitos acontecem tanto por fontes internas ou externas, no entanto, o foco deste estudo será a interferência eletromagnética irradiada. Desta forma, destacamos resultados de análises publicadas em artigos científicos, apontamos informações relativos a manuais técnicos de equipamentos, legislação aplicada, como também a demonstração dos testes experimentais realizados no Laboratório de Análise de Equipamentos Médicohospitalares da Faculdade de Tecnologia de Bauru.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### ESTUDO DO AMBIENTE ELETROMAGNÉTICO

É importante fazer um estudo do ambiente eletromagnético que segundo Bandopadhyay e Varkey (1995) acontece devido ao fornecimento de energia

elétrica, equipamentos eletrônicos nessa instalação e também por ambiente externo. Segundo Lock (2012), esse ambiente deve ser considerado pois não pode causar falha no desempenho nem perda de função elétrica/eletrônica ou na tecnologia da informação e comunicação.

Devido ao grande número de equipamentos eletrônicos em um mesmo ambiente, podem ocorrer situações onde o mesmo não funcione em sua totalidade causando erros de diagnósticos ou até mesmo algum tipo de dano ao paciente. Isto ocorre devido a uma interferência eletromagnética (IEM) que para David, Bukhari e Paperman (2000) acontece quando um equipamento eletrônico é exposto a um campo magnético e este sofre alterações em sua funcionalidade. Com isso é primordial fazer um levantamento do parque tecnológico existente antes da realização de trocas ou aquisição de novas tecnologias, é importante saber se há uma compatibilidade eletromagnética (CEM) entre os equipamentos.

#### COMO ACONTECE A IEM

Para que ocorra a IEM é necessário que exista uma fonte de alta frequência e um receptor suscetível, esta fonte de emissão está diretamente ligada a esses equipamentos ou decorre de fontes externas. As fontes externas podem ser telefones sem fio (BANDOPADHYAY; VARKEY, 1995), bluetooth e WLAN (LAUER et al., 2008). Apesar de muitos hospitais brasileiros possuírem um setor de engenharia clínica responsável para gerir seu parque tecnológico, existem muitas dificuldades de estudos relacionado a IEM, e de acordo com Cabral e Muhlen (2002) para se fazer a análise desta interferência são necessários equipamentos de medição e um local equilibrado pois o ambiente hospitalar é carregado de interferências. No ambiente onde se encontra equipamentos eletromédicos, podem acontecer interferências conduzidas ou irradiadas (BANDOPADHYAY; VARKEY, 1995). Porém, a maior carga de emissões eletromagnéticas ocorre através de tecnologias sem fio e essas igualmente são vulneráveis (LAUER et al., 2008). Tais acontecimentos causam sérios danos às tecnologias que são mais suscetíveis a IEM.

#### INDICAÇÃO DOS FABRICANTES QUANTO A IEM

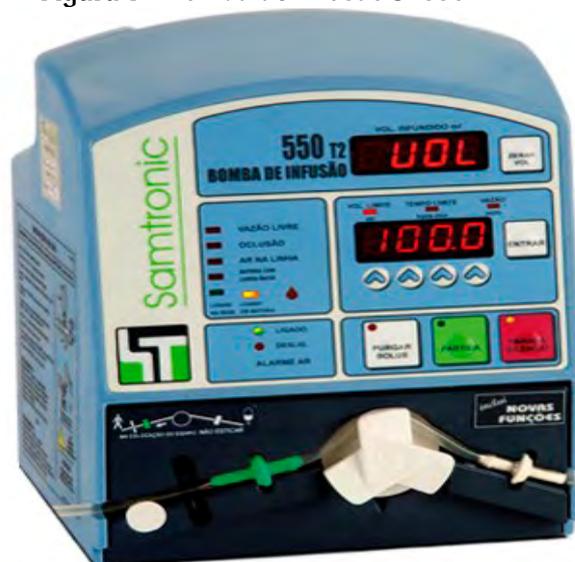
Devemos considerar, também, os apontamos feitos pelos fabricantes das tecnologias médicas, que indicam nos manuais do usuário a atenção necessária quanto da susceptibilidade dos equipamentos médicos frente ao ambiente eletromagnético. É importante que os equipamentos sejam instalados de acordo com as orientações do fabricante.

De acordo com SAMTRONIC (s.d, p.10).

A bomba de infusão ST550 T2 é fabricada para uso em ambiente com distúrbios eletromagnéticos de radiofrequência controlada. O consumidor e/ou usuário da bomba de infusão deverá ajudar a prevenir distúrbios de radiofrequência e interferências eletromagnéticas mantendo uma distância mínima entre os equipamentos portáteis de comunicação (transmissores) e a bomba de infusão.

O equipamento mencionado pelo fabricante pode ser visualizado através da figura 1.

Figura 1 – Bomba de infusão ST550 T2



Fonte: SAMTRONIC. Bomba de infusão ST550 T2. Disponível em: <[http://www.samtronic.com.br/PT\\_Br/terapiadeinfusao.html](http://www.samtronic.com.br/PT_Br/terapiadeinfusao.html)>. Acesso em: 02 jun. 2018.

Segundo DIXTAL BIOMÉDICA (s.d, p. 4), em relação ao monitor DX 2022.

Interferência eletromagnética externa em excesso pode interferir na aquisição dos sinais fisiológicos do paciente. Caso isto ocorra procure eliminar a fonte externa deste tipo de interferência. O Dx 2022 segue todos os padrões de compatibilidade eletromagnética, mas o operador deve estar atento aos riscos de interferência sobre o aparelho durante tratamentos específicos.

O monitor DX 2022 mencionado pode ser visualizado na figura 2, a seguir.

Figura 2 – Monitor DX 2022



Fonte: DIXTAL. Manual de operação DX 2022. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/scriptsweb/Tecnovigilancia/ListaInstrucoes.asp?ID=7611&Versao=2>>. Acesso em: 09 maio 2018.

Para ENDOBRIX, GENERAL MEDITECH (s.d, p. 24).

O oxímetro de pulso G1B é destinado a uso em ambientes eletromagnéticos controlados nos quais distúrbios de radiações de RF (Radiofrequência) sejam de baixa intensidade. Oxímetro de pulso G1B gera, usa e pode irradiar energia de radio frequência e, se não for instalado e usado de acordo com estas instruções, pode causar interferência nas imediações de outros aparelhos. Esta interferência pode ficar evidente por leituras incorretas, interrupção da operação, ou outros tipos de mau funcionamento.

O Oxímetro de pulso G1B, este pode ser visualizado na figura 3.

Figura 3 – Oxímetro de pulso G1B



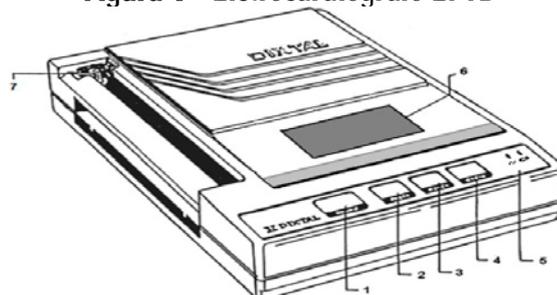
Fonte: ENDOBRIX. Oxímetro de pulso G1B. Disponível em: <[http://www.endobrax.com.br/index.php?route=product/product&product\\_id=50](http://www.endobrax.com.br/index.php?route=product/product&product_id=50)>. Acesso em: 09 maio 2018.

Para DIXTAL BIOMÉDICA em relação ao eletrocardiógrafo EP12 (s.d, p 25).

A intensidade de campos gerados por transmissores fixos, tais como estações de rádiobase para telefones (celular/sem fio) e rádios móveis terrestres, rádios amadores, estações de radiodifusão AM, FM e TV não podem ser teoricamente prognosticadas com precisão. Para avaliar o ambiente eletromagnético devido a transmissores de RF fixos, um estudo do campo eletromagnético no local deveria ser considerado.

O equipamento mencionado pode ser visualizado na figura 4.

Figura 4 – Eletrocardiógrafo EP12



Fonte: DIXTAL. Eletrocardiógrafo EP12. Disponível em: <[http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/REL/REL\[30347311400\].PDF](http://www4.anvisa.gov.br/base/visadoc/REL/REL[30347311400].PDF)>. Acesso em: 09 maio 2018.

Entende-se, que em se tratando de um equipamento eletromédico é necessário um controle sobre qualquer tipo de interferência, pois esse tipo de tecnologia está diretamente ligada a saúde do paciente. Sendo assim deve se identificar e especificar possíveis interferências para que se possa ter segurança quando se trata de IEM e CEM (LAUER et al., 2008).

#### TELEFONES MÓVEIS E A INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA

Num simples toque se tem acesso às mais diversas informações, em frações de segundos pessoas do mundo inteiro estão conectadas, assim o celular é considerado fundamental no dia a dia das pessoas, sendo utilizado para o lazer, se estendendo aos estudos e trabalho, acompanhando as pessoas por onde quer que estejam.

De acordo com pesquisas esse tipo de tecnologia pode causar danos a equipamentos médicos suscetíveis a IEM, porém é um assunto ainda pouco avaliado nos hospitais brasileiros, seja por falta de literatura, condições técnicas ou financeiras. Desse modo testes para avaliar a interferência eletromagnética ainda é uma realidade distante no país, o que torna difícil identificar esse tipo de acontecimento e que na grande maioria passam despercebidos.

Para Cabral e Muhlen (2002) o aumento da IEM se dá pelo grande número de equipamentos instalados nos hospitais e por equipamentos portáteis, como exemplo o aparelho celular que chega nas unidades através de colaboradores e pacientes. De acordo com Pedroso e Calil (s.d) a força do campo eletromagnético irradiado acontece por diversas causas, englobando a medida da absorção e reflexão da radiação eletromagnética no local.

Em muitos hospitais existe um setor responsável para gerenciar suas tecnologias, contudo, segundo Passos Júnior (2016), quando a questão é IEM, mesmo em países desenvolvidos ainda não se tem o devido preparo para tal situação. Em relação a interferências relacionadas à radiofrequência é necessário atenção com aparelhos celulares e aparelhos de comunicação entre funcionários (EVANGELISTA; MUHLEN,2016).

#### NORMA TÉCNICA ABNT NBR IEC 60601-1-2

A norma técnica ABNT NBR IEC 60601-1-2 de 2017 trata dos níveis de perturbações eletromagnéticas, requisitos e ensaios em equipamentos eletromédicos, indicando os níveis de ensaios para ambientes profissionais de cuidado à saúde, conforme segue ( ABNT, 2017):

- a) Para ambientes domésticos de cuidado à saúde: 10 Volts por metro (V/m) e frequência de 80 MHz a 2,7 GHz;
- b) Para ambientes profissionais de cuidado à saúde : 3 Volts por metro (V/m) e frequência de 80 MHz a 2,7 GHz.

Os fabricantes de equipamentos eletromédicos devem seguir as especificações técnicas de acordo com a norma vigente, esse procedimento visa segurança e diminuição de possíveis eventos adversos.

## INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA EM EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES

Testes realizados em pesquisas demonstram que equipamentos médicos quando em contato com ondas eletromagnéticas irradiadas por telefones móveis podem sofrer algum tipo de ruído. De acordo com Cabral e Muhlen (2003) foram realizados testes onde os equipamentos médicos foram expostos a campos elétricos produzidos por telefone móvel, esses atuavam em capacidade extrema e por conseguinte os valores resultantes foram medidos.

O estudo mostra que apesar dos equipamentos eletromédicos serem projetados e fabricados de acordo com as normas regulamentadoras, esses podem sofrer algum tipo de interferência. O ensaio revelou que cerca de 80% dos equipamentos sofreu algum tipo variação (CABRAL; MUHLEN, 2003).

O quadro 1, a seguir, representa as alterações em equipamentos expostos a campos elétricos produzidos por telefone celular.

Quadro 1 – Alterações funcionais nos equipamentos eletromédicos testados

Equipamento	Interferências Observadas
Bomba de Infusão	Chaveamento de “rede” para “bateria” sem ausência de tensão da rede; Disparo do alarme de oclusão sem ocorrência de oclusão; Parada do equipamento; Disparo do alarme de vazão livre (sem ocorrência da mesma).
Monitor Cardíaco	Alteração na forma de onda apresentada; Disparo do alarme de taquicardia; Desligamento do equipamento.
Oxímetro de Pulso	Alteração na leitura; Desligamento do equipamento; Alteração da frequência do bip.
Medidor de Pressão não Invasivo	Insuflamento do manguito sem a realização; Leitura incorreta dos valores de pressão.

Fonte: Cabral e Muhlen (2002)

Em um ambiente eletromagnético muitas são as causas geradoras de IEM. Desta forma, o uso do aparelho celular nesse ambiente não designa que ocorra IEM em seus equipamentos, entretanto a possibilidade de ocorrência é intensificada (CABRAL; MUHLEN, 2002). Os testes citados foram realizados de acordo com a NBRIEC 6060112 do ano de 1997, onde o limite de imunidade é de 3 V/m.

Em pesquisa seguinte, a IEC 6060112 do ano 2001 estabelece um nível de imunidade de 3 V/m para equipamentos de não suporte à vida e 10 V/m para equipamentos de suporte à vida. Para Tang et al. (2009) os limites de imunidade foram modificados para possibilitar maior ação de imunidade. Para esses autores ainda que a norma estabeleça uma boa margem de imunidade, telefones celulares próximos a equipamentos eletromédicos não garantem que esses equipamentos tenham um desempenho adequado. Os resultados do teste mencionam que 179 equipamentos foram testados e 9 deles eram suscetíveis a IEM quando expostos à tecnologia 2G (segunda geração). Em relação ao teste realizado com celulares 3G

(terceira geração) somente o detector de coração fetal ultrassônico foi considerado suscetível (TANG et al., 2009).

Como descrito anteriormente, a interferência eletromagnética em equipamentos eletromédicos pode causar degradação e interferir no resultado de diagnósticos. Em um ambiente hospitalar onde existe um grande número de equipamentos e de tecnologias distintas esse fenômeno está propício a acontecer, seja por interferência conduzida que acontece devido a rede elétrica, através de cabos e conexões. Também quando um equipamento é interligado a outro, devido a diferença de tecnologia pode acontecer a IEM.

A IEM também pode ser irradiada, acontece geralmente com dispositivos externos, esses geram correntes de radiofrequência que podem interferir em equipamentos eletromédicos suscetíveis. Periyasamy e Dhanasekaran (2013) realizaram uma pesquisa onde dispositivos médicos foram testados quanto à interferência eletromagnética devido às correntes de RF, os testes foram realizados com aparelhos celulares de sistema PHS, Wi-Fi, DECT phones e RFID, resultados podem ser visualizados no quadro 2.

Quadro 2 – Resumo de diferentes obras de pesquisa

Sistema RF	Nº. de dispositivos médicos testados	Nº de dispositivos afetados
2G, 3G e PCS	179	9 - 2G, 8 - 3G, 1 - PCS
GSM 900/1800 MHz e WCDMA	14	8 - 2G, 1 - WCDMA
PHS System	25	0
GSM, Wi-Fi e DECT Phones	17	5 - GSM, 3 - Wi-Fi, 0 - DECT
Wi-Fi (2,4 GHz e 5,2 GHz )	10	2 - 2,4 GHz 3 - 5,2 GHz
Magnetic Field Based RFID System	32	8

Fonte: Periyasamy e Dhanasekaran (2013)

#### EQUIPAMENTOS COM MAIOR VULNERABILIDADE A IEM

Um dos equipamentos com maior vulnerabilidade a IEM é o equipamento de eletrocirurgia (bisturi elétrico) utilizado para corte e coagulação, este equipamento é passível de causar ruídos em monitores de eletrocardiógrafo (ECG), deixando seus traços contaminados (BANDOPADHYAY; VARKEY, 1995). Devido às correntes de radiofrequência (RF) que estes irradiam outros equipamentos podem sofrer interferência, podendo assim alterar o funcionamento de marca-passos antigos (BRASIL, 2002). Tais acontecimentos interferem em exames e diagnósticos e isso acarreta em riscos reais a vida.

De acordo com estudos anteriores é possível apontar alguns equipamentos eletromédicos suscetíveis a interferência eletromagnética irradiada sendo a fonte de emissão telefones móveis (celulares), tais como: ventiladores pulmonares, bombas de infusão, desfibriladores com monitor ECG (TAN; HINBERG, 1994), máquinas de anestesia e marcapassos externos (MEDICAL DEVICE AGENCY, 1997).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para fins de análise prática, os experimentos foram realizados no Laboratório de Análise de Equipamentos Médico-Hospitalares da Faculdade de Tecnologia de Bauru. Os procedimentos adotados foram realizados de maneira simplificada devido às condições ambientais e limitações financeiras encontradas, haja vista que para a aferição da intensidade do campo magnético gerado se faz necessário o uso de equipamentos específicos de medição e, também, um local apropriado para realização do experimento.

Segundo Gomes et al. (2002), para a realização de testes de interferência eletromagnética, é indispensável uma área sem obstáculos que reflitam ou amplificam ondas eletromagnéticas, e os telefones celulares precisam ser configurados com um código disposto pela operadora.

No entanto, como o objetivo do experimento foi a simulação em ambientes comuns aos grandes centros de saúde, ou seja, onde o aparelho celular e os equipamentos médicos estão em um mesmo ambiente, foi possível analisar o quanto que os equipamentos eletromédicos podem ser suscetíveis a correntes de radiofrequência quando expostos.

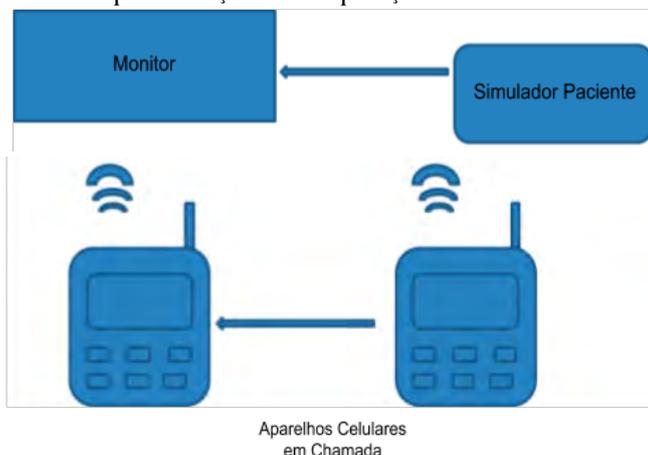
### ANÁLISE EXPERIMENTAL NO LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE EQUIPAMENTOS MÉDICO-HOSPITALARES DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BAURU – FATEC BAURU

Para realização dos ensaios, utilizamos os seguintes equipamentos:

- a) Monitor de sinais vitais;
- b) Simulador de paciente;
- c) Bomba de seringa;
- d) Eletrocardiógrafo;
- e) Aparelhos celulares de tecnologia de quarta geração (4G).

Quanto aos monitores, esses foram ligados a um simulador de paciente da marca Biométrica, onde foram simulados frequências cardíacas de 80, 90 e 120 bpm. Juntos a estes foram utilizados dois aparelhos celulares da marca Motorola e Sony em chamada, como demonstra a figura 5 a seguir.

Figura 5 – Representação da disposição do material utilizado



Fonte: Elaborado pelos autores

A figura 6 demonstra o teste execução em um monitor multiparâmetro da marca Dixtal, modelo 920.

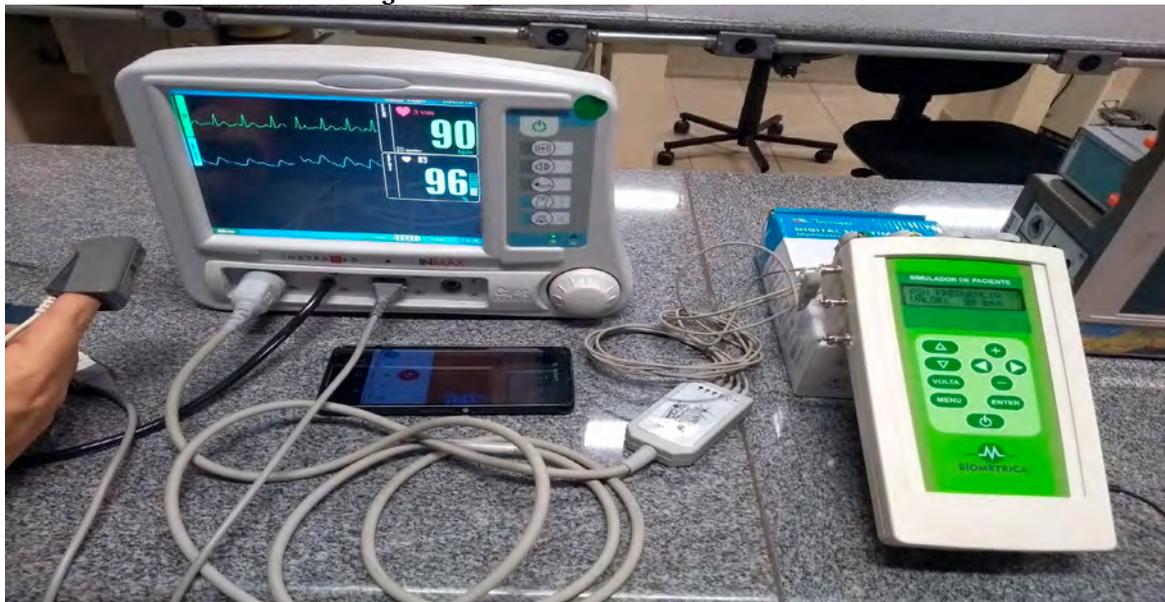
Figura 6 – Monitor Dixtal 920



Fonte: Arquivo pessoal

A figura 7 demonstra o mesmo procedimento, porém utilizando o monitor multiparâmetro da marca Instramed, modelo INMAX.

Figura 7 – Monitor Instramed INMAX



Fonte: Arquivo pessoal

A figura 8 demonstra o procedimento adotado para o teste no monitor multiparâmetro da marca Dixtal, modelo DX-2021.

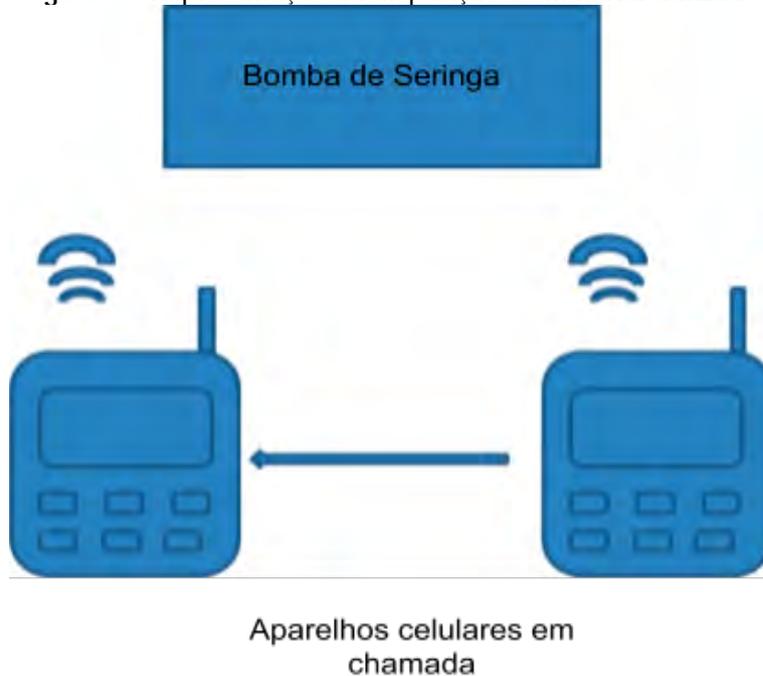
Figura 8 – Monitor Dixtal DX-2021



Fonte: Arquivo pessoal

Em relação a bomba de seringa, esta foi submetida ao teste de infusão e da mesma maneira também foram utilizados aparelhos celulares em chamada. Como mostra a figura 9.

Figura 9 – Representação da disposição do material utilizado



Fonte: Elaborado pelos autores

A seguir, figura 10 demonstra a bomba de seringa utilizada no teste de interferência eletromagnética.

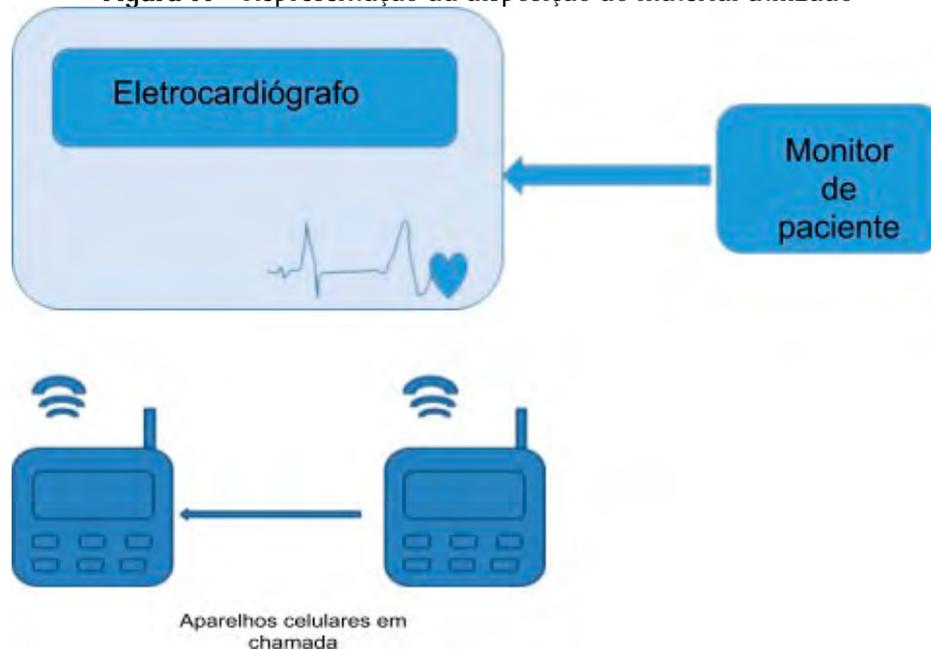
Figura 10 – Bomba de seringa Samtronic ST 600



Fonte: Arquivo pessoal

No teste com o eletrocardiógrafo, este foi ligado ao simulador de paciente onde foi ajustado uma frequência cardíaca, e junto a estes aparelhos celulares em operação.

Figura 11 – Representação da disposição do material utilizado



Fonte: Elaborado pelos autores

A figura 12 indica o teste realizado com eletrocardiógrafo sob radiação gerado por telefone celular.

Figura 12 – Eletrocardiógrafo EDAN SE-1



Fonte: Arquivo pessoal

## RESULTADOS

Considerando o levantamento bibliográfico em especial atenção aos quadros 01 e 02 podemos notar que os equipamentos eletromédicos são suscetíveis a interferências eletromagnéticas, provocando anomalias quanto ao seu desempenho.

Com relação aos equipamentos que testados pelos autores não apresentaram nenhuma anormalidade perceptível, ou seja, não apresentaram nenhuma distorção visual ou qualquer tipo de som incomum.

Todos os monitores foram ligados ao simulador de paciente e testados com diferentes frequências, estes quando em contato com a atividade gerada pelo telefone móvel não revelaram nenhuma oscilação na frequência cardíaca ou desempenho do equipamento.

A bomba de seringa foi programada para fazer a infusão com e sem a presença do telefone móvel, esta quando exposta ao campo magnético gerado pelo aparelho celular manteve o mesmo comportamento de infusão anterior a exposição. O tempo que a bomba demorou para concluir o processo foi o mesmo para as duas situações.

Em relação ao teste com o eletrocardiógrafo, a intenção era comparar os exames impressos, e avaliar possíveis alterações, porém esta etapa não pode ser concluída pois no momento da impressão o papel utilizado para registro do exame acabou, não sendo possível sua substituição. Em relação a percepção visual ou sonora de tal experimento, este não apresentou nenhuma desconformidade.

Apesar da simplicidade do experimento, este mostra que detectar a interferência eletromagnética é um trabalho difícil pois muitas são as causas que podem influenciar no resultado. A tecnologia de ponta dos equipamentos médicos e de telefones celulares podem influenciar, pois a cada dia estes são projetados para não sofrerem e nem causar nenhum tipo de degradação. A qualidade do aterramento também é um fator importante quando se trata de IEM. Juntamente

com estes a falta de equipamentos específicos e local adequado para teste. Por isso Muhlen (2008) acredita que se nenhuma falha for detectada não significa que não existe a interferência.

O resultado demonstra o quanto é importante que se tenha um programa específico voltado para monitoração de IEM dentro dos hospitais, pois esta pode passar despercebida a sensibilidade humana e a falta de tecnologia específica pode levar a um resultado errôneo. Apesar das tecnologias serem projetadas de acordo com as normas estabelecidas, isso não garante que quando em contato com tecnologias diferentes o ambiente eletromagnético seja controlado.

## CONCLUSÃO

A realidade dos hospitais e centros de atendimento à saúde no Brasil, indicam que pouco se sabe sobre a interferência eletromagnética em equipamentos médicos ou não se tem a atenção devida em relação ao problema. Estudos realizados indicam que a utilização de aparelhos celulares próximo a um equipamento eletromédico pode causar danos a essas tecnologias e por consequência a saúde e a vida do paciente. A norma regulamentadora estabelece um limite em relação ao ensaio de imunidade, ou seja, todo equipamento deve trabalhar dentro de uma margem de segurança, visando exercer com totalidade a sua função. Desta forma estes não podem causar IEM em outras tecnologias e também estes não devem ser suscetíveis a ruídos.

A atuação do Tecnólogo em Sistemas Biomédicos é primordial quando o assunto é IEM, uma vez que os profissionais devem possuir conhecimento necessário para avaliação das tecnologias e suas interações dentro uma instituição de saúde.

Por fim, é fundamental que centros de atendimento à saúde restrinjam o uso de aparelhos celulares, estes devem ser evitados em áreas críticas principalmente quando a vida do paciente depende do equipamento médico.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR-IEC 60601-1-2. Norma colateral: Compatibilidade Eletromagnética Prescrições e Ensaio em Equipamentos Eletromédicos, São Paulo, p. 3-12, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR-IEC 60601-1-2. Norma colateral: Perturbações Eletromagnéticas Requisitos e Ensaio em Equipamentos Eletromédicos, Rio de Janeiro, p. 5-28, 2017.

BANDOPADHYAY, S.; VARKEY, J. K. EMI susceptibility characteristics of electromedical equipment in a typical hospital electromagnetic environment with particular reference to electrocardiography. *Electromagnetic Interference and Compatibility*, International Conference on. IEEE, p. 266-272, 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Equipamentos médico-hospitalares e gerenciamento da manutenção: Capacitação a distância.** Brasília, DF, 2002.

CABRAL, S. C. B.; MUHLEN, S. S. **Interferência eletromagnética em equipamento eletromédico ocasionada por telefonia celular.** Revista Brasileira de Engenharia Biomédica. v. 18, n. 3, p. 141-149, 2002.

CABRAL, S. C. B.; MUHLEN, S. S. **Methodology for identification of susceptible areas to electromagnetic interference in the hospital.** Proceedings Of The 25th Annual International Conference Of The Ieee Engineering In Medicine And Biology Society. Cancun, p.3606-3608, 2003.

COMISSÃO ELETROTÉCNICA INTERNACIONAL (IEC) **60601-1-2.** Medical electrical equipment- Part 1-2: General requirements for safety. Collateral standard: electromagnetic compatibility –requirements and tests. Geneva, 2001.

DAVID, Y.; BUKHARI, A. R. S.; PAPERMAN, W. D. **Management of Electromagnetic Interference at a Hospital.** Journal of Clinical Engineering. p. 95-103, 2000.

DIXTAL BIOMÉDICA. Sistemas de Informação em Saúde DX-2022. **Manual de Operação.** Manaus, AM, s.d. 42 p.

DIXTAL BIOMÉDICA. Sistemas de Informação em Saúde Eletrocardiógrafo EP 12. **Manual de Operação.** Manaus, AM, s.d. 39 p.

ENDOBRAX / GENERAL MEDITECH. Oxímetro de Pulso G1B. **Manual de Uso.** Belo Horizonte, MG, s.d. 41 p.

EVANGELISTA, J. R.; MUHLEN, S. S. **Gerenciamento de Risco de Perturbações Eletromagnéticas em Equipamento Eletromédicos.** 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica – CBEB. Foz do iguaçu, p.191-194, 2016.

GOMES, C. L. et al. **Roteiro para avaliação in situ de EMI proveniente de telefones celulares sobre equipamentos médico-hospitalares.** 18th Brazilian Congress of Biomedical Engineering. p. 23-26, 2002.

LAUER, O. et al. **Characterization of the electromagnetic environment in a hospital.** In: Electromagnetic Compatibility e 19th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility, APEMC 2008. IEEE, p. 474-477, 2008.

LOCK, K. S. **EMC design in the built environment.** 2012 Asia-pacific Symposium On Electromagnetic Compatibility. Singapore, p.21-24, 2012.

MEDICAL DEVICE AGENCY. **Electromagnetic compatibility of medical devices with mobile communications.** MDA Device Bulletin, DB9702. London, 1997.



MUHLEN, S. S. **Gerenciamento das Interferências Eletromagnéticas em Hospitais: Considerações e Aspectos Atuais.** 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica–CBEB. 2008.

PASSOS JÚNIOR, D. P. **Modelo de Gerenciamento para Interferências Eletromagnéticas Aplicado a Equipamentos Eletromédicos.** Acta de Ciências e Saúde. v.1,n. 1, p.48-56, 2016.

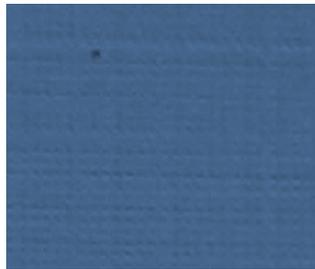
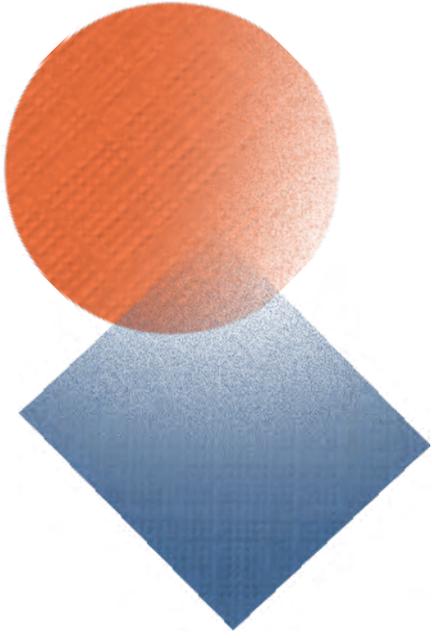
PEDROSO, J. C. L.; CALIL, S.J. **Interferência eletromagnética em equipamentos eletromédicos – Um plano de contingência para estabelecimentos assistenciais de saúde.** Disponível em: <<http://ns1.fi.uner.edu.ar/grupos/geic/biblioteca/Trabyres/T01TCBr04.pdf>> Acesso em: 20 de maio de 2018.

PERIYASAMY, M.; DHANASEKARAN, R. **Electromagnetic interference on critical medical equipments by RF devices.** Communications and Signal Processing (ICCSP), International Conference on. IEEE, 2013. p. 78-82. 2013.

SAMTRONIC. **Bomba de Infusão Peristáltica ST550T2. Manual do Usuário.** São Paulo, SP, s.d. 57 p.

TAN, K. S.; HINBERG, I. **Radiofrequency susceptibility tests on medical equipment.** Proc. 16th Annu. Int. Conf. IEEE, v. 2, p. 998-999,1994.

TANG, C. K. et al. **Electromagnetic Interference Immunity Testing of Medical Equipment to Second- and Third-Generation Mobile Phones.** IEEE Transactions On Electromagnetic Compatibility. Hong Kong, v. 51, n. 3, p.659-664, ago. 2009.



# PORTA ESCOVAS DENTAIS DE BAIXO CUSTO, COM DISPOSITIVO PARA DESINFECÇÃO COM CLOREXIDINA

Graziela Meira Marins<sup>21</sup>

Ursulina Miranda Rocha dos Santos<sup>21</sup>

Rafael Balan Diman<sup>22</sup>

Rogéria Maria Alves de Almeida<sup>23</sup>

Ana Cristina Mauricio Ferreira<sup>24</sup>

## INTRODUÇÃO

As escovas dentais são expostas a uma variedade de micro-organismos durante o processo de escovação, tendo em vista que a maioria dos cremes dentais, não tem efeito no processo de desinfecção da cavidade oral.

A revisão literária de Queres e Passos (2019), apontaram que as escovas dentais podem ser fonte de contaminação, e os usuários podem adquirir várias doenças, como hepatite, tuberculose, difteria, sífilis e Síndrome da Imunodeficiência Adquirida. Em outro trabalho encontraram fungos *Aspergillus* sp, coliformes totais e fecais, devido ao armazenamento inadequado (locais úmidos ou frasco fechado), o motivo de estarem contaminadas com estes micro-organismos, pelos aerossóis dispersados após a descarga do vaso sanitário. Com a desinfecção desse utensílio, pode-se obter uma melhor higienização bucal, através da redução da carga microbiana.

Um estudo feito por Ferreira et al.,(2012), onde utilizaram de 40 escovas de dentes de pessoas saudáveis e após os testes microbiológicos foram identificados os seguintes micro-organismos: *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Streptococcus pyogenes* e *Staphylococcus coagulase negativa*, e concluíram que a contaminação encontrada foi devido ao tempo de uso e o local de armazenamento.

Pesquisas realizadas com 30 crianças com idade de 10 a 12 anos, utilizando escovas convencionais e antibacterianas, durante 2 períodos experimentais, por 5 dias, com 2 escovações diárias, indicaram que não houve diferenças estatísticas em relação aos tipos de escovas avaliadas, portanto as escovas dentes com ação antibacterianas exibiram contaminação semelhante as escovas convencionais CAMARGO et al.,( 2013).

Várias pesquisas atuais demonstraram que o digluconato de clorexidina é indicado como excelente antisséptico oral, assim como no processo de desinfecção de escovas de dentes (ARAÚJO et al., 2019, QUERES e PASSOS, 2019, REZENDE et al, 2020).

Santos et al.,( 2014), Ribas et al.,(2020) observaram que o bochecho prévio com clorexidina a 0,12%, proporcionou uma redução estatisticamente significativa

21 Graduanda em Sistemas Biomédicos, FATEC/Bauru

22 Tecnólogo em Sistemas Biomédicos, FATEC/Bauru

23 Doutora em Biologia e Docente na FATEC/Bauru

24 Doutora em Design e Docente na FATEC/Bauru

de micro-organismos, assim como evita a contaminação cruzada, durante a profilaxia dentária na clínica odontológica. A clorexidina a 0,2% em crianças e idosos mostrou ter efeitos adversos.

A clorexidina pertence à família das Biguanidas. A aplicação de solução de gluconato de clorexidina 0,12% é necessária para a cicatrização e a regeneração dos tecidos orais. Os efeitos bactericidas dos sais de clorexidina são atribuídos à dissociação e a liberação de cátions de clorexidina com carga positiva. Os cátions liberados, então, ligam-se às paredes celulares bacterianas negativamente carregadas. Portanto, enquanto a clorexidina tem propriedades antissépticas em baixas concentrações ( $\leq 0,12\%$ ), em concentrações elevadas ( $> 0,15\%$ ), é um desinfetante capaz de provocar ruptura e morte celular. A concentração da clorexidina utilizada como enxaguatório bucal deve conter no máximo 0,3%, e seu uso é regulamentado pela ANVISA, (2015).

Baseado em relatos da literatura, aliado a escassez de equipamentos de baixo custo para desinfecção de escovas dentais, foi elaborado um protótipo de um suporte para escovas dentais com desinfecção por aspersão de cloroxedina.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### MATERIAIS

Os principais materiais utilizados do sistema de aspersão da clorexidina controlado por Arduino são:

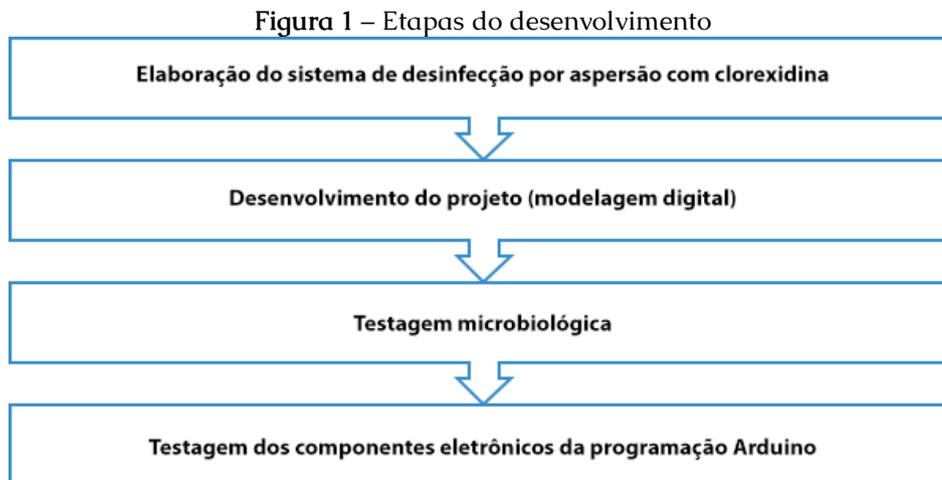
Quadro 1 – Materiais

MATERIAL	DESCRIÇÃO
Clorexidina	O gluconato de clorexidina é um antisséptico químico, com ação antifúngica e bactericida, capaz de eliminar tanto bactérias gram-positivas quanto gram-negativas (MAIA, 2021).
Arduino	Plataforma de prototipagem eletrônica open source, projetada para tornar projetos interdisciplinares que envolvem eletrônica mais acessíveis (MCROBERTS, 2018).
Mini bomba de água	Voltada ao desenvolvimento de projetos de prototipagem, em plataformas microcontroladoras como Arduino. Capaz de impulsionar entre 1500ml a 2000ml por minuto.
Mini trava solenóide	Destinada ao acesso e travamento
Microaspersor	Sistema que produz micropartículas de líquido aspergidas em alta pressão.
Diodo Emissor de Luz	Light-Emitting Diode (LED) é um dispositivo semiconductor que emite luz em resposta à passagem de corrente elétrica.
Módulo relé para Arduino	Conjunto de relés acionados por sinais digitais, indicado para acionar cargas que utilizam correntes maiores do que a fornecida pelo Arduino.
Autocad	Software de desenho auxiliado por computador, utilizado para a execução gráfica de geometria bidimensional e modelos tridimensionais.

Fonte: Os autores

## MÉTODOS

Além das etapas de revisão de literatura onde foram utilizados bases de dados como Scielo, Google Acadêmico, Pub Med, Lilacs, livros e manuais e da definição dos componentes eletrônicos a serem utilizados no projeto, as principais etapas do desenvolvimento são apresentadas na Figura 1.



Fonte: Os autores

## RESULTADOS

### SISTEMA DE DESINFECÇÃO POR ASPERSÃO COM CLOREXIDINA

A elaboração do sistema de desinfecção por aspersão com clorexidina, foi elaborado com o uso de uma mini bomba de água controlada por hardware Arduino, com um sistema de segurança utilizando a mini solenoide, tendo a função de permitir o travamento, durante o processo de aspersão de clorexidina, de modo que nenhuma gota ou aerossóis contaminasse alguma área sensível do usuário.

A mini bomba para o Arduino, irá fazer a com que a clorexidina seja direcionada através de mangueiras para um dispositivo de aspersão, que gotejará 0,5 ml nas cerdas, através de um microaspersor, que é um equipamento utilizado por emissores que permitem o lançamento da clorexidina por aspersão de maneira uniforme nas cerdas das escovas.

As mangueiras irão fornecer auxílio no transporte de clorexidina desde a retirada do recipiente (enxaguante) até as cerdas da escova, sendo que os conectores serão usados para interligar os componentes eletrônicos. O Diodo Emissor de Luz (LED) é um componente semicondutor, que através da transformação da corrente elétrica em energia luminosa pelo componente semicondutor, caracterizará a cor do mesmo. O LED tem a finalidade da sinalização para retirar a escova (luz verde) e esperar o processo de desinfecção (luz vermelha).

O módulo relé é composto pelo relé (com uma bobina, contatos fixo e móvel, mola), transistor, diodo. Os tipos de contatos são: Normalmente aberto (NA ou NO) – que com a bobina desligada o contato está aberto; normalmente fechado

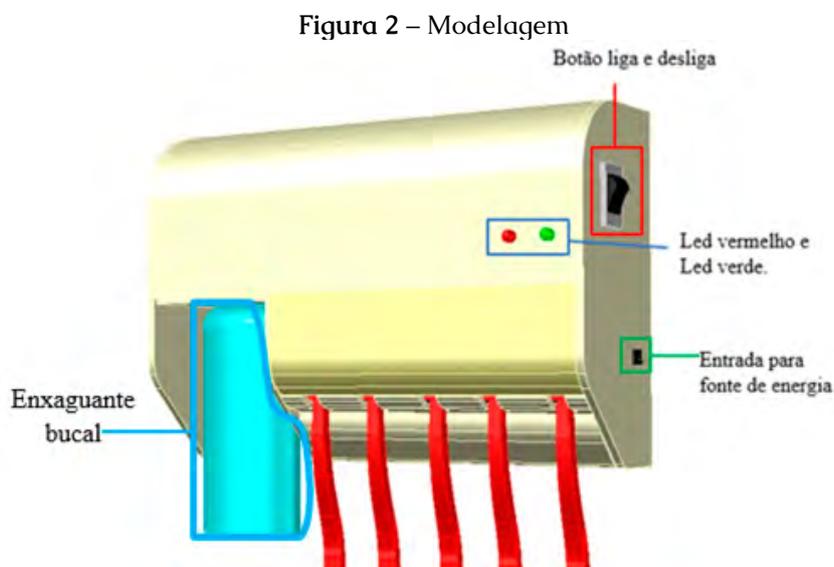
(NF ou NC) – ao desligar a bobina o contato está fechado. Sendo uma chave eletrônica para ligar/desligar a mini bomba de água e a mini solenoide. O botão realizará a interface entre o usuário e a máquina, ao ligar o equipamento quando o 1 (um) estiver pressionado iniciando o processo de desinfecção, caso o 0 (zero) esteja pressionado irá desligar a máquina.

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica, de código aberto baseada em hardware e software (através da linguagem C/C++). Com um microcontrolador de programação específico, pinos de entrada e de saída digitais e analógicos, além de pinos próprios para alimentação irá controlar o modulo relé e os LEDs, ao ser ligado pelo botão. o sistema de controle da bomba peristáltica e dos LEDs, serão controlados por sistema Arduino.

#### DESENVOLVIMENTO DO PROJETO – MODELAGEM DIGITAL

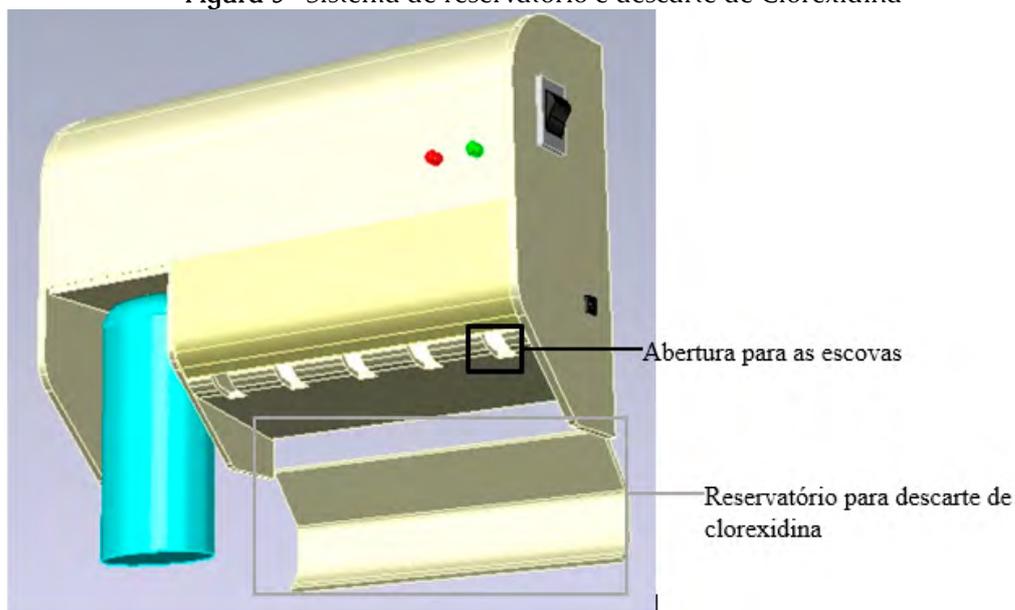
Para construção do protótipo do suporte para escovas de dentes foi utilizado como base todo o sistema eletrônico, como a mini bomba de água, reservatório para solução de clorexidina, tamanho das escovas dentais, e instalação dos botões liga-desliga, por sistema LED (Figuras 2 e 3).

A desinfecção por aspersão com clorexidina foi o método escolhido, pois esse sistema é ser acionado até que ocorra umedecimento total das cerdas das escovas, não tendo desperdício do desinfetante. O tempo de atuação do desinfetante nas cerdas das escovas foi calculado em torno de 5 a 10 minutos, ou seja até a secagem das cerdas, não sendo necessário o enxague das mesmas.



O suporte para escovas dentais terá um reservatório para clorexidina, na parte lateral de 150 ml, e na parte inferior terá um dispositivo para captação do excesso de clorexidina que gotejar durante o processo de desinfecção, e esse sistema será acionado para descarte da clorexidina quando ultrapassar o volume de 150ml (Figura 3).

Figura 3- Sistema de reservatório e descarte de Clorexidina



Fonte: Arquivo pessoal (2021)

#### TESTAGEM E ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Foram utilizadas cepas de referência *American Type Culture Colletion* (ATCC) de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 para testar a eficiência da luz UV-C. A cepa bacteriana foi subcultivada em agar Nutriente e caldo Brain Hearth Infusion (BHI), com alça, bacteriológica descartável, incubadas em estufa bacteriológica a 37<sup>o</sup> C por 24 -48 horas .

As escovas dentais foram adquiridas em farmácias locais da cidade de Bauru, SP, sendo 10 escovas de dentes macias para adultos, divididas 2 lotes de escovas da mesma marca, para adultos (5 escovas como controle e 5 escovas contaminadas com *S.aureus* ). No grupo controle foi feito um gotejamento de 0,5 ml de clorexidina 0,12% . O outro grupo de 5 escovas foram contaminadas com a bactéria *S. aureus* (UFC/ml = 1,5 x 10<sup>8</sup>) por toda a superfície das cerdas por gotejamento de 0.5 ml da suspensão da bactéria com auxílio de micropipeta, e em seguida as escovas foram deixadas no fluxo laminar para secagem. Após a secagem das escovas foram feitas coletas com swabs estéreis, e as amostras foram semeadas em agar nutriente ( pré-desinfecção). No lote de 5 escovas contaminadas com *S.aureus* foi gotejado 0,5 ml de clorexidina 0,12%, e em seguida foram feitas coletas das cerdas das escovas após 5 e 10 minutos de ação (período pós-desinfecção).

Para a coleta no período pré e pós-desinfecção foram utilizados swabs estéreis previamente umedecidos em água estéril, e em seguida as amostras foram semeadas em meios de cultura com o agar nutriente para bactérias *S. aureus*. Sequencialmente, as placas semeadas, foram incubadas a 37°C por 24-48 horas. Após o período de incubação foi realizado a contagem de UFC/cm<sup>2</sup>, com o auxílio de um contador de colônias (CP Plus 600).

Os resultados das análises microbiológicas no periodo pré e pós-desinfecção com clorexidina 0,12%, nas cerdas das escovas de dentes estão expressos na Tabela 1.

**Tabela 1 – Resultados das análises microbiológicas das escovas dentais, com contagem de UFC/cm<sup>2</sup> no período pré e pós-desinfecção com clorexidina 0,12%**

Escovas de dentes para adultos	Pré desinfecção (UFC/cm <sup>2</sup> ) (média de 2 repetições)	Pós desinfecção (UFC/cm <sup>2</sup> ) 5 minutos	Pós desinfecção (UFC/cm <sup>2</sup> ) 10 minutos
1	5.8 x 10 <sup>3</sup>	Não Detectado	Não Detectado
2	6,0 x 10 <sup>3</sup>	Não Detectado	Não Detectado
3	7.2 x 10 <sup>3</sup>	Não Detectado	Não Detectado
4	5,8x 10 <sup>3</sup>	Não detectado	Não Detectado
5	6,3 x 10 <sup>3</sup>	Não Detectado	Não Detectado

Fonte: Arquivo pessoal (2021)

No grupo controle das 5 escovas dentais não foi detectado a presença de micro-organismos. Observou-se que a contaminação das escovas foi eficiente por gotejamento, e a partir de 5 minutos de ação da clorexidina 0,12%, não sendo detectado a presença do *S.aureus*. Como o equipamento é um protótipo, os testes microbiológicos foram feitos simulando o suporte para escovas dentais. Fato observado que apesar da suspensão de *S.aureus* de UFC/ml ser de  $1,5 \times 10^8$ , foi detectado valores inferiores da bactéria no processo de contaminação, provavelmente ocorra uma perda da concentração durante o processo de gotejamento e adesão da bactéria nas cerdas das escovas.

#### TESTAGEM DOS COMPONENTES ELETRÔNICOS DA PROGRAMAÇÃO ARDUINO

Os resultados dos cálculos e dados elétricos de tensão e correntes do sistema eletrônico que vão controlar o fluxo e o descarte da clorexidina, assim como o sistema LED e o botão liga-desliga, que estão dispostos no Quadro 2.

**Quadro 2 – Resultados dos cálculos e dados elétricos de tensão e correntes**

Tensão	Correntes
Mini bomba: 12V	Mini bomba: 0,7A . .
Solenóide:12V	Mini Solenóide:300 A.
LED vermelho:2 V	LED vermelho:20m A.
LED verde:2V	LED verde:20 m A
Arduino Uno: 5V	Arduino Uno:6 A
Relé:5V	Relé:10A
Tensão de alimentação – 12V	Total:321 A

Fonte: Arquivo pessoal (2021)

De acordo com resultados do protótipo para suporte de escovas dentais, presume-se que provavelmente o sistema funcionará de forma eficiente, pois

é um equipamento portátil, de baixo custo e que poderá ser de uso doméstico, escolar ou profissional.

## DISCUSSÃO

O protótipo dessa caixa foi projetado no início do 3<sup>o</sup> período durante a disciplina de Microbiologia e foi desenvolvido durante 2 anos até o final do curso de graduação da aluna de Tecnologia em Sistemas Biomédicos, sendo que a parte eletrônica, o design do estojo foi elaborado em AutoCAD, aliado às análises microbiológicas que foi a parte final, portanto esse projeto é multidisciplinar que além de inovador, proporcionou um amplo conhecimento na área de projetos de equipamentos médicos.

A escolha da clorexidina foi baseada na recomendação da ANVISA (2015) como um dos mais eficientes antissépticos orais, assim como em pesquisas feitas por diversos pesquisadores que avaliaram a sua eficiência (ARAÚJO et al., 2019, QUERES e PASSOS, 2019, REZENDE et al, 2020). Atualmente pesquisas indicam que o gluconato de clorexidina a 0.12% quando utilizado para desinfecção oral de pacientes em UTIs para controle da placa bacteriana, tem mostrado que há uma inter-relação da doença periodontal com doenças sistêmicas (KAHN et al., 2007).

A clorexidina tem 30 anos de história na odontologia, e é a solução mais usada e pesquisada nos últimos anos, por ter baixa toxicidade, mínimos efeitos colaterais e com ação antimicrobiana. O tempo de ação da clorexidina 0.12% para desinfecção da cavidade oral, é preconizado o tempo mínimo de 5 minutos (KLUK et al., 2016). Desse modo foi aspergido 0,5ml de clorexidina nas escovas, nos testes microbiológicos, até que as cerdas estivessem totalmente umedecidas pelo desinfetante, e foi estabelecido um tempo mínimo de 5 a 10 minutos para que o desinfetante fosse totalmente absorvido, e tenha ação até secar as cerdas das escovas, não sendo necessário o enxágue das escovas dentais.

O sistema eletrônico vai controlar o fluxo e o descarte da clorexidina, assim como o sistema LED e o botão liga -desliga, tem a função de controlar o tempo de aspersão da clorexidina nas cerdas das escovas, que torna o sistema eficaz sem desperdício do desinfetante.

De acordo com os resultados das análises microbiológicas, pode-se estabelecer o volume de 0,5 ml de clorexidina para gotejamento nas cerdas das escovas dentais, sendo observado que houve absorção completa do antisséptico, penetrando por completo nas cerdas das escovas. Desse modo para desinfecção de 5 escovas de dentes pode-se utilizar 2,5 ml da clorexidina, que torna o processo de desinfecção econômico e viável.

Esse projeto é multidisciplinar, pois envolveu as áreas de design, microbiologia, eletrônica, eletricidade, proporcionando ao aluno do curso de Tecnologia em Sistemas Biomédicos, uma metodologia ativa como sistema de aprendizagem na área de projetos de equipamentos médicos.

## CONCLUSÕES

De acordo com resultados do protótipo para suporte de escovas dentais, baseado nos testes com simulador eletrônico digital, conclui-se que provavelmente o sistema funcionará de forma eficiente, pois é um equipamento portátil, de baixo custo e que poderá ser de uso doméstico, escolar ou profissional.

Os resultados dos testes microbiológicos demonstraram que a clorexidina foi altamente eficiente no processo de desinfecção das escovas dentais, após 5 minutos de ação, sendo um processo rápido e de baixo custo. Pode-se concluir que provavelmente a cloroxedina terá uma ação desinfetante efetiva nas escovas de dentes, contribuindo para o controle das contaminações cruzadas de microorganismos na cavidade bucal.

Esse suporte para escovas de dentes, poderá futuramente ser utilizado em escolas públicas municipais ou estaduais infantis, pois as crianças passam um período longo na escola e utilizam as escovas de dentes após as refeições, aliado ao fato que atualmente essas instituições públicas não contam com um sistema eficiente de desinfecção das escovas dentais.

## REFERÊNCIAS

ANVISA-AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução de Diretoria Colegiada -RDC, número 7 de 10 de fevereiro de 2015.** Disponível em:<[http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2867685/RDC\\_07\\_2015\\_.pdf/c2a1078c-46cf-4c4b-888a-092f3058a7c7](http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2867685/RDC_07_2015_.pdf/c2a1078c-46cf-4c4b-888a-092f3058a7c7)>. Acesso em: 4 jun.2020.

ARAÚJO, I. J. S. et al. Atividade antimicrobiana de enxágue bucal contra bactérias que inicialmente colonizam a superfície dentária. **Revista de Odontologia da UNESP, Araraquara, v.48.2019.**

CAMARGO, R. A. et al. Avaliação microbiológica da efetividade de uma escova antibacteriana: um estudo in vivo. **Revista de Odontologia da UNESP, Araraquara, v.42 n.1, jan./feb. 2013.**

FERREIRA, C. A. et al. Avaliação microbiológica de cerdas de escovas de dente usadas com frequência. **Dental Press Journal of Orthodontics, Maringa, v.17, n.4, jul./ag.2012.**

KAHN,S et al. Avaliação da existência de controle de infecção oral nos pacientes internados em hospitais do estado do Rio de Janeiro.ABRASCO-Associação Brasileira de Saúde Coletiva. Rio de Janeiro, RJ, 2007.

KLUK, E et al. Uma abordagem sobre a clorexidina: ação antimicrobiana e modos de aplicação. **Revista Gestão & Saúde, v.14, n.1p.07-13, 2016.**

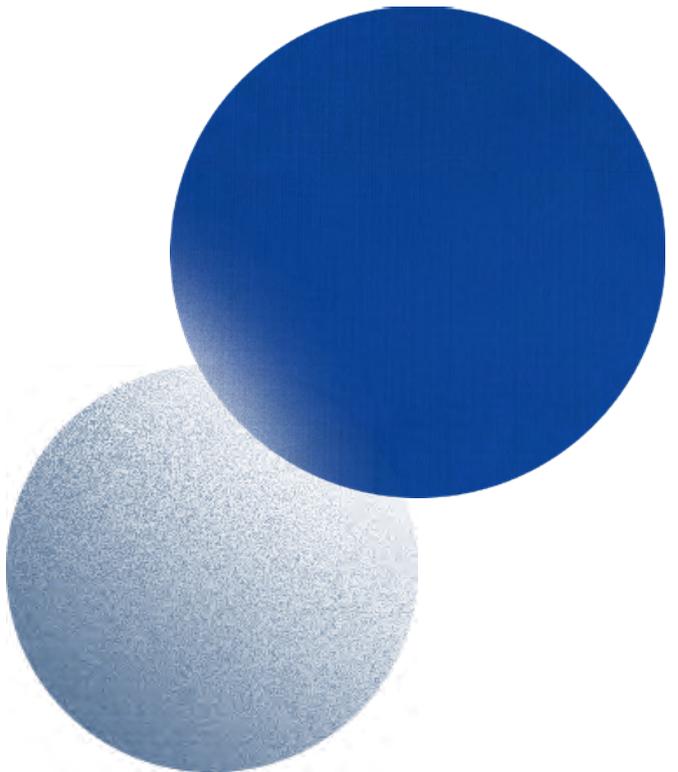
QUEIROS, E. C. F.; PASSOS, M. A. N. Aspectos de contaminação e descontaminação das cerdas de escovas dentais. **Revista Ciências e Odontologia**, v. 3, n.1.2019.

REZENDE, R. P. de. et al. Uso da clorexidina na prevenção da pneumonia nosocomial em pacientes em UTI: Revisão sistemática. **Revista da Faculdade de Oncologia da UFBA**, Salvador, v. 50, n. 1, jan./abr.2020.

RIBAS, L.A.M. Avaliação da propriedade bactericida do digluconato de clorexidina 0,12% e 0,2% em solução. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v.6, n.1, p.4621-4634, jan. 2020.

MAIA, M. M. et al. A eficácia da clorexidina como agente antimicrobiano na prevenção da pneumonia associada à ventilação mecânica (PAVM) em adultos: revisão integrativa de literatura. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 4, n. 3, p. 10174-10193, 2021.

MCROBERTS, Michael. **Arduino básico**. Novatec Editora, 2018.



# EFICIÊNCIA DA CAIXA COM LUZ LED UV-C PARA DESINFECÇÃO DE APARELHOS INTRAORAIS

Roberta Yukari Ossugui<sup>25</sup>

Rafael Balan Diman<sup>26</sup>

Rogéria Maria Alves de Almeida<sup>27</sup>

## INTRODUÇÃO

Na odontologia contemporânea, os pacientes têm se preocupado mais com a saúde bucal, utilizando aparelhos ortodônticos para correção de mordida, tratamento de bruxismo, apnéia e outras doenças ligadas ao sistema respiratório. A falta de higienização do aparelho intraoral pode gerar o aumento da presença de micro-organismos, correndo o risco do desenvolvimento de doenças bucais como cárie e outras doenças periodontais. Através da Luz Ultravioleta C (UV-C) é possível inativar os micro-organismos por possuir uma ação germicida, e ainda podem prevenir a formação de biofilme.

O objetivo do presente trabalho foi desenvolver e testar a eficiência de uma caixa com luz de Diodo Emissor de Luz (LED) UV-C, utilizando filamento para impressora 3D, para desinfecção de dispositivo intraoral, com intuito de facilitar a higienização do dispositivo com segurança, podendo combater o crescimento de micro-organismos, evitando o desenvolvimento de doenças na cavidade oral.

A utilização dos aparelhos removíveis pode causar o acúmulo de biofilme bacteriano na superfície das bases acrílicas e dentária, e a dificuldade da limpeza do aparelho justifica o aumento do biofilme principalmente em áreas retentivas dos aparelhos (LESSA, 2007).

Mezomo et al., (2013) destacam que houve redução na quantidade de biofilme após higienização através da limpeza mecânica com escova manual e água ou utilizando agentes químicos como perborato de sódio, fluoretados ou hipoclorito, entretanto nenhum deles foram capazes de eliminar totalmente o biofilme.

Para a inativação dos micro-organismos com utilização da radiação UV-C, observou-se que varia de acordo com cada espécie, sendo aplicado doses de radiações UV-C diferente conforme a necessidade de cada um, como por exemplo as bactérias são mais sensíveis a radiação UV-C, exceto as esporuladas e os vírus. As doses excessivas são utilizadas para inativação dos protozoários e helmintos, pelo motivo das formas encistadas dos protozoários e os ovos de helmintos serem mais resistentes, causando consumo alto de energia elétrica (TINÔCO, 2011).

A luz UV-A possui ação germicida que requer um longo tempo de exposição para poder realizar a desinfecção sendo conhecida também como luz negra, tendo

25 Graduando Tecnologia em Sistemas Biomédicos pela Fatec E-mail: ossugui58@gmail.com

26 Professor Especialista E-mail: rafaelbdiman@gmail.com

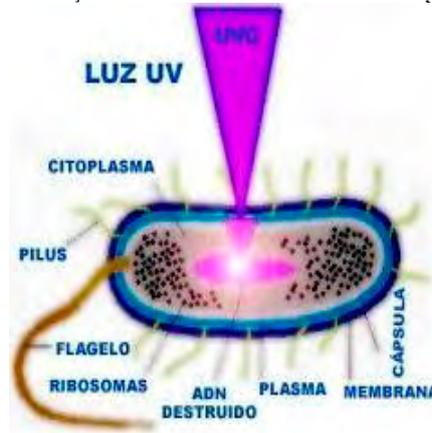
27 Docente Fatec Bauru E-mail: rogeriaalmeida14@gmail.com/rogeria.almeida@fatec.sp.gov.br

o seu principal uso em fototerapia e nas câmaras de bronzeamento. A radiação UV-B é considerada como a mais destrutiva em forma de luz UV causando câncer de pele. É comum utilizar a radiação UV-C para realizar desinfecção de águas na emissão a 254 nm e, a radiação UV-V (Vácuo) indicada como UV extrema ou de vácuo (DOMENECH; JARDIM; LITTER, 2001) (Figura 1 e 2).

A radiação UV-C causa deslocamento físico de elétrons e quebra as ligações do ácido desoxirribonucleico (DNA) dos micro-organismos, modificando a reprodução e metabolismo do mesmo levando à morte, dependendo do tempo de ação (GUERREIRO-BELTRÁN e BARBOSA-CÁNOVAS, 2004, HALSTEAD et al., 2019).

Comprimentos de ondas inferiores a 200 nm não há efeito microbicida, dado que as ondas são absorvidas rapidamente pela água e oxigênio, considerando também que a irradiação ultravioleta causa a ação germicida se for utilizada com intensidade e tempo de exposição suficiente (ALEXANDRE et al., 2008).

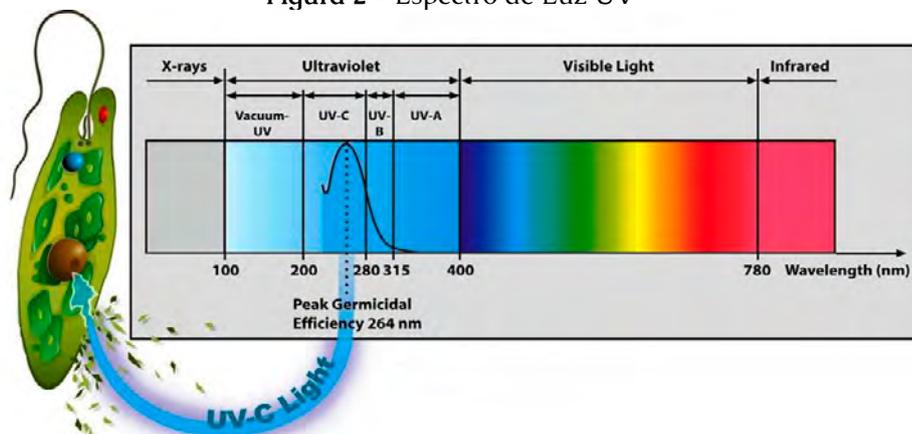
Figura 1 – Ação da luz UV-C no micro-organismo



Fonte: <<http://acquaticos.blogspot.com/2010/07/esterilizador-ultravioleta-uv.html>>

Observa-se de acordo com a Figura 1, que a radiação UV-C tem efeito no DNA bacteriano causando mutações irreversíveis que levam a destruição do material genético impedindo sua reprodução.

Figura 2 – Espectro de Luz UV



Fonte: <https://engenharia360.com/desinfeccao-ultravioleta-e-coronavirus/>

Pesquisa realizado pelo Souza et al., (2020), onde observaram que ao cobrir a caixa contendo a Luz UV-C com papel alumínio, obteve-se a taxa de dose média mais uniforme, com valor 3 vezes superior comparado ao resultado obtido com a caixa onde a Luz UV-C não foi coberta com papel alumínio, desse modo os autores consideraram que não houve a refração da radiação no interior da caixa.

A esterilização é considerada como a eliminação ou destruição completa dos seres microbianos através dos processos físicos ou químicos. A desinfecção é o processo no qual elimina os micro-organismos patogênicos, exceto endósporos bacterianos. Os dois processos não podem ser confundidos pois a desinfecção não há capacidade de eliminar completamente a vida microbiana, visto que os dois procedimentos diferem na propriedade para eliminação dos esporos inerente à esterilização (KALIL e COSTA, 1994, TORTORA et al., 2016).

## MATERIAL E MÉTODOS

O projeto e elaboração da caixa desinfectora com luz LED UV-C, assim como os testes microbiológicos para testar a eficiência do processo de desinfecção, foram realizados no Laboratório Microbiologia da Faculdade de Tecnologia – Fatec/Bauru.

Foram utilizadas cepas de referência *American Type Culture Colletion* (ATCC) de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 para testar a eficiência da luz UV-C. A cepa bacteriana foi subcultivada em ágar Nutriente e caldo Brain Hearth Infusion (BHI), com alça, bacteriológica descartável, incubadas em estufa bacteriológica a 37°C por 24-48 horas.

As amostras comerciais dos polímeros circulares (área de 12,56cm<sup>2</sup>), previamente esterilizados, usualmente utilizados para confecção de aparelhos intraorais, foram contaminadas com uma suspensão de *S. aureus* com concentração de 1,5 x 10<sup>8</sup> Unidades Formadoras de Colônias (UFC/ml) diluída em salina 0,9% estéril (Figura 3).

Foram utilizados 2 polímeros como controle, sem contaminação com *S.aureus*, que foram incubados a 37°C por 24-48 horas, sendo feita a coleta pré e pós-desinfecção nas mesmas condições das amostras de polímeros contaminados.

A suspensão de *S.aureus* foi espalhada por toda a superfície dos polímeros, com auxílio de swabs estéreis, e imediatamente foram deixados a 37°C por 15 minutos para adesão da bactéria, em seguida foi realizada uma coleta da metade da circunferência do polímero (pré-desinfecção) com swabs estéreis umedecidos em salina 0,9%. Após a coleta os mesmos foram inseridos na caixa desinfectora com luz UVC durante 1, 5 e 10 minutos (período pós-desinfecção), e em seguida foram realizadas novas coletas.

Para a coleta no período pré e pós-desinfecção foram utilizados swabs estéreis previamente umedecidos em salina 0,9%, e em seguida as amostras foram semeadas em ágar nutriente. Sequencialmente, as placas semeadas foram incubadas a 37°C

por 24-48 horas. Após o período de incubação foi realizada a contagem de UFC/cm<sup>2</sup>, com o auxílio de um contador de colônias (CP Plus 600).

**Figura 3** – Amostras de polímeros, que foram contaminadas com S.aureus, utilizadas para teste de eficiência da luz UV-C, após 1, 5 e 10 minutos de exposição

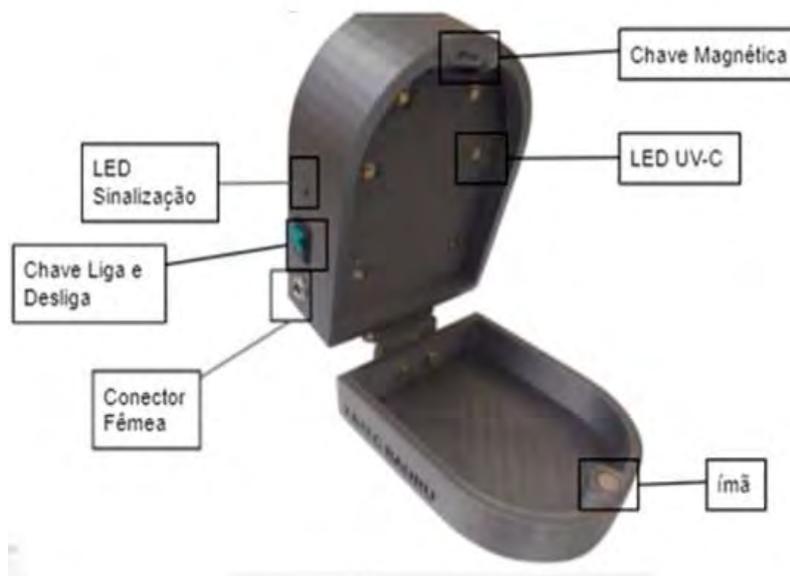


Fonte: Arquivo Próprio (2021)

A caixa desinfectora com luz UV-C utilizada para desinfecção de aparelho intraoral foi montada em impressora 3D utilizando o programa SolidWorks 2018, e as suas dimensões de 8cm x 8 cm x 5cm.

A caixa contém na parte superior externa um temporizador para controlar o tempo de desinfecção, chave magnética tendo funcionamento como trava de segurança, pois LED UV-C não pode ser visualizado direto sem o Equipamento de Proteção Individual (EPI). Na parte interna foi instalado 6 LEDs UV-C (275nm), e na parte inferior espaço para o dispositivo intraoral. Do lado externo, um Botão liga-desliga e LED que ficará aceso durante a desinfecção (Figura 4).

**Figura 4** – Caixa com Luz UV-C para desinfecção de dispositivos intraorais



Fonte: Arquivo Próprio (2021)

## RESULTADOS

Foram realizadas as análises microbiológicas das placas contendo ágar nutriente com a bactéria *S.aureus*, na fase de pré e pós-desinfecção por luz UV-C com exposição de 1, 5 e 10 minutos.

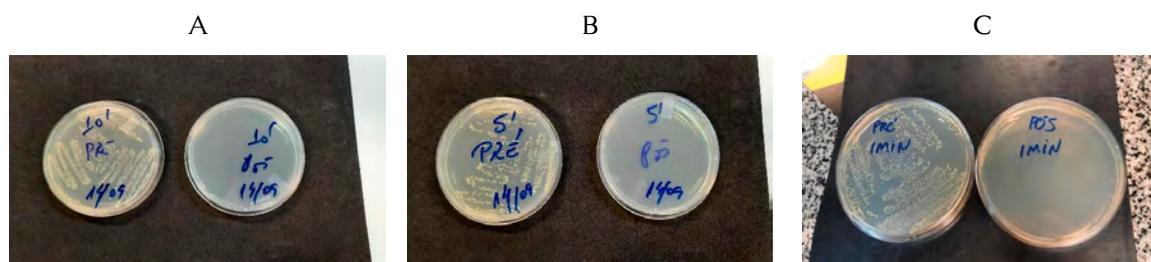
Os resultados obtidos em duplicatas da contagem de UFC/ cm<sup>2</sup> de *S.aureus* apresentaram características de crescimento e inibição, quando submetidas a diferentes tempos de exposição (1, 5 e 10 minutos) (Tabela 1).

**Tabela 1** – Resultados da eficiência do processo de desinfecção por luz UV-C após 1, 5 e 10 minutos de exposição, em amostras de polímeros contaminadas com *S.aureus*

Tempo de desinfecção com luz LED UV-C	Pré desinfecção (UFC/cm <sup>2</sup> ) (média de 2 repetições)	Pós desinfecção UFC/cm <sup>2</sup>
1 minuto	8,2 x 10 <sup>3</sup>	Não Detectado
5 minutos	1,9 x 10 <sup>3</sup>	Não Detectado
10 minutos	3,1 x 10 <sup>3</sup>	Não Detectado

Fonte: Arquivo próprio (2021)

**Figura 5** – Placas com ágar nutriente, com *S.aureus*, coletado das amostras de polímeros, que foram submetidas a desinfecção por luz UV-C por 10 minutos ( A ), 5 minutos ( B ) e 1 minuto ( C ).



Fonte: Arquivo próprio (2021)

## DISCUSSÃO

Os resultados dos testes microbiológicos para visualizar a eficiência da luz LED UV-C demonstraram que o *S.aureus* foi inativado após 1, 5 e 10 minutos de exposição.

Os resultados obtidos em duplicatas da contagem de UFC/ cm<sup>2</sup> de *S.aureus* apresentaram características de crescimento e inibição, quando submetidas a diferentes tempos de exposição (1, 5 e 10 minutos). Esse fato ficou comprovado pelo aspecto do crescimento ou inibição das colônias do *S.aureus* quando exposto a ação da Luz UV-C.

Esses resultados estão de acordo com achados de autor Boyce et al., (2016) que utilizaram as bactérias *S.aureus* resistente a Metilina (MRSA), sendo que os autores reforçaram também que o resultado varia conforme a distância da irradiação UV-C. Por outro lado Kerr et al (1998) apontam também que a luz UV em 254nm possui efeito bactericida, pois foram detectadas taxas de morte em

tempo de exposição por 30 segundos para as cepas sensíveis a antibióticos de *S. aureus* e *E.fecalis*.

A escolha da luz LED UV-C de 254 nm foi baseada em pesquisas que indicam que os micro-organismos são vulneráveis a luz com comprimentos de onda próximos a 253,7 nm pois o comprimento de onda máximo de absorção de uma molécula de DNA é de 260nm. Após a irradiação UV, a sequência de DNA dos micro-organismos pode formar dímeros de pirimidina, que podem interferir na duplicação do DNA, além de levar à destruição de ácidos nucleicos, e impedir a reprodução de vírus, bactérias e fungos (TSENGE e LI, 2007, HALSTEAD, 2019).

A caixa desinfectora com luz UV-C, demonstrou realizar uma desinfecção rápida em torno de 1 minuto, aliada ao fato de não ser necessário o uso de produtos químicos para a desinfecção dos dispositivos intra-orais, que pode se tornar oneroso para o uso diário, além de serem altamente poluentes quando desprezados no meio ambiente.

A caixa desinfectora deste trabalho foi projetada durante o curso de graduação de Tecnologia em Sistemas Biomédicos, sendo que a parte eletrônica, o design do estojo foi elaborado em impressora 3D, aliado às análises microbiológicas que foi a parte final, portanto esse projeto é multidisciplinar que além de inovador, proporcionou um amplo conhecimento na área de projetos de equipamentos médicos.

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos com a parte eletrônica e testes microbiológicos, a Caixa com Luz UV-C para desinfecção de dispositivo intraoral, foi altamente eficaz, e provavelmente será mais uma alternativa segura para desinfecção de aparelhos na área odontológica, aliado ao fato de ser uma caixa leve, compacta de fácil manuseio e transporte, sendo mais um acessório na área odontológica, que proporcionará segurança em termos de higiene oral ao usuário.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. M. S. **Avaliação do emprego da radiação ultravioleta na desinfecção de águas com cor e turbidez moderadas.** Escola de Engenharia da UFMG, 2000. Disponível em: < <http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/233M.PDF> >. Acesso em: 20 de Dez de 2020.

ALEXANDRE, Fernanda Antunes; FARIA, José de Assis Fonseca; CARDOSO, Claudio Fernandes. Evaluation of ultraviolet radiation in the sterilization of plastic packaging. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1524-1530, 2008.

BOYCE, J. M. et al. "Impacto da localização da sala na irradiação UV-C e dosagem de UV-C e efeito antimicrobiano fornecido por um dispositivo móvel de luz UV-C." **Controle de infecção e epidemiologia hospitalar** vol. 37, n. 6, p. 667-72, 2016.

FIANMONCINI, B.F. et al. **Inativação de bactérias Gram-positivas em superfícies através de luz ultravioleta pulsada.** In: II Congresso Brasileiro de Medicina Hospitalar - II CBMH, Blucher Medical Proceedings, vol.1, num.5, São Paulo: Editora Blucher, 2014. p.7.

GUERREIRO-BELTRÁN, J. A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. **Review: Advantages and limitations on processing foods by UV light.** Food Science and Technology International, v. 3, n. 10, p. 137-147, 2004.

HALSTEAD, F.D, AHMED,Z, BISHOP, J.R.BOPPENHEIN, B.A .**The potential of visible blue light (405 nm ) as novel descontamination strategy for caberpenases -producing enterobacteriaceae (CPE).**Antomicrobial Resistance & Infection Control; v.8, n.14, p1-8, 2019.

KALIL, E. M. e COSTA, A. J. F. **Desinfecção e esterilização.** ACTA ORTOP BRAS. v.2, n. 4, out/dez, 1994.

KERR, T. A. C. et al. The effects of ultraviolet radiation on antibiotic-resistant bacteria in vitro. **Ostomy Wound Manage.** v. 44, n. 10, p. 50-6, 1998.

LAMAS, R. R. S. **Agentes para desinfecção dos aparelhos acrílicos ortodônticos: o que os usuários utilizam e o que os dentistas recomendam?.** Universidade Federal de Pelotas,RS. Dissertação de mestrado, 2012.

MENECELLI, F. B. **Equipamento de desinfecção de ovos “caipiras” utilizando radiação ultravioleta.** Universidade Brasil Instituto de Engenharia Biomédica: Fernandópolis, 2017.

MEZOMO, M. B. Et al. **Métodos de remoção de biofilme em aparelhos ortodônticos removíveis.** Revista Ortodontia Gaúcha, V.171, n. 1, 2013.

MONDARDO, A. A. **Estudo dos efeitos da luz ultravioleta para redução microbiológica em amido de mandioca.** Unioeste: Cascavel, PR, 2015.

NEPPELENBROEK, et al. **Aderência de micro-organismos em materiais para base de próteses.** Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo, 2009, V. 21 n.2, p.126-36.

SOUZA, et al. **Desenvolvimento de cabine UV-C para desinfecção de máscaras médicas N95.** REV. IPI, v.7, n.2, 2020.

TINÔCO, J. D. **Desinfecção por radiação ultravioleta: estudo do desempenho do processo e avaliação econômica.** USP:São Carlos, 2011.

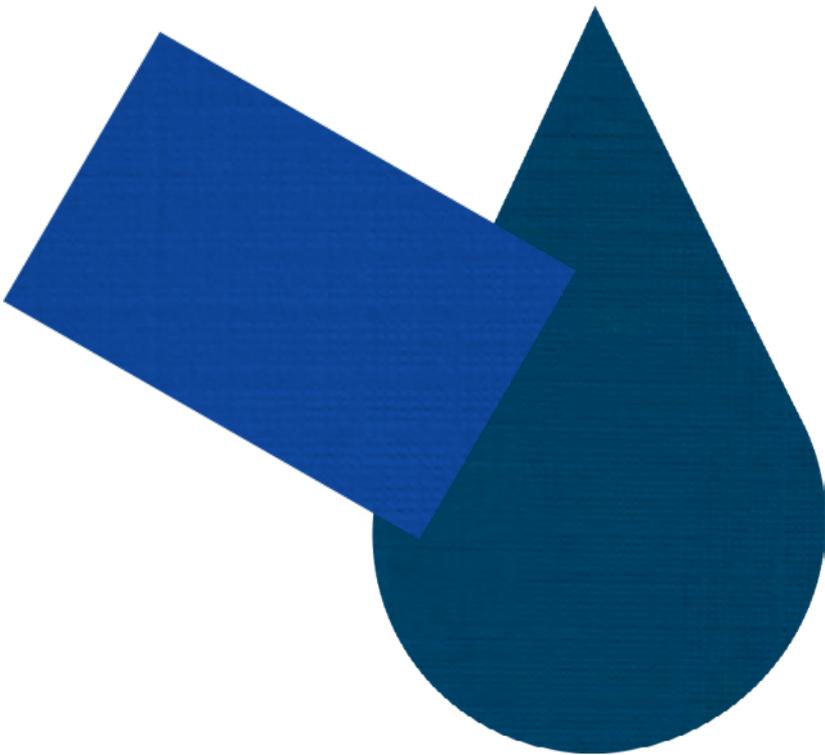
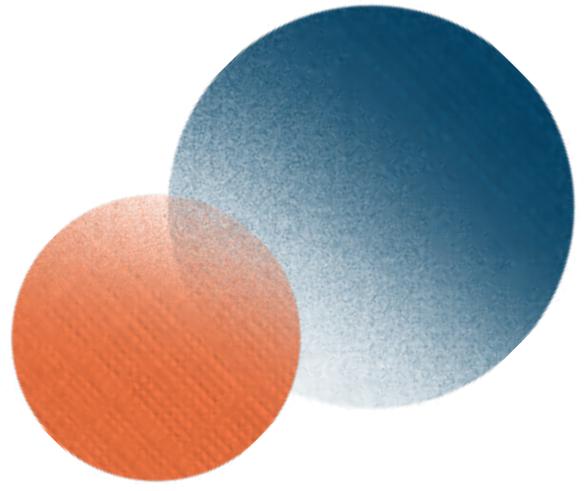
TORTORA, G.T , FUNKE,B.R, CASE, C.L. **Microbiologia.**12ª Ed. Artmed: São Paulo, 2016. 964p.

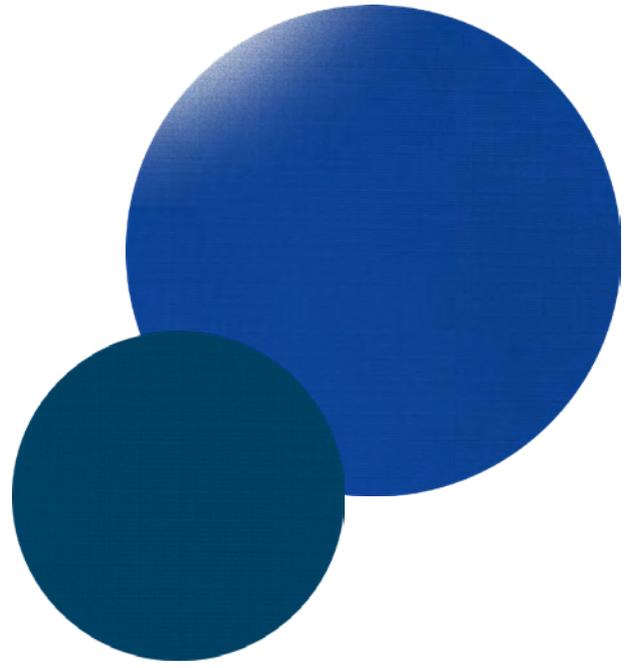


TSENG, C. C, e LI, C. S. Inactivation of viruses on surfaces by ultraviolet germicidal irradiation. **Journal of occupational and environmental hygiene**, v. 4, n. 6, p. 400-5, 2007.

XAVIER, et al. **Desenvolvimento de um sistema de esterilização utilizando radiação UV-C para aplicações hospitalares**. Disponível em: < [http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2008/anais/arquivosINIC/INIC0137\\_07\\_A.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2008/anais/arquivosINIC/INIC0137_07_A.pdf) >. Acesso em: 08 de Jan de 2021.







# EQUIPAMENTOS NA CENTRAL DE MATERIAL E ESTERILIZAÇÃO

Igor Thiago de Carvalho Nascimento<sup>28</sup>  
Rogéria Maria Alves de Almeida<sup>29</sup>

## INTRODUÇÃO

Na atualidade, a infecção hospitalar representa uma preocupação, não somente dos órgãos de saúde competentes, mas principalmente por ser considerada um problema de ordem social, ética e jurídica em face às implicações na vida dos pacientes e o risco que estão submetidos, (GIAROLA, 2012). Com base nesse contexto, vários fatores que influenciam no aumento da infecção hospitalar, desde cuidados básicos ao mais complexos.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2021), cerca de 234 milhões de pacientes são submetidos a procedimentos cirúrgicos por ano em todo o mundo, e deste, um milhão vai a óbito em razão da infecção hospitalar. Outros sete milhões de pacientes apresentam complicações no pós-operatório. Com dados alarmantes a Central de Material e Esterilização (CME) se mostram cruciais para garantir a segurança, e o controle de infecções dentro de um hospital. Assim garantindo a segurança para os colaboradores que trabalham na linha de frente no hospital, e evitando possíveis infecções. Onde a eficiência e qualidade do processamento dos materiais na CME está dependente de vários fatores.

A Central de Material e Esterilização, é um setor responsável pela desinfecção e esterilização dos artigos, e instrumentos hospitalares, onde o funcionamento adequado é de acordo com normas vigentes de biossegurança, através disso podendo alcançar a diminuição da infecção hospitalar. A CME é um setor de alta complexidade que depende de vários fatores para se ter processamento de materiais satisfatório, entre esses fatores, estão fatores humanos, fatores tecnológicos, fatores financeiros etc. É importante que os centros de saúde se atentem a qualidade da estrutura, e na performance dos equipamentos nesse setor, pois vai garantir resultados positivos. O objetivo desse artigo é fazer uma revisão bibliográfica para descrever o setor do hospital chamado de Central de Material e Esterilização com enfoque nos principais equipamentos, que são a autoclave, termodesinfectora, lavadora ultrassônica, esterilizadora por plasma de peróxido de hidrogênio e as secadoras.

---

28 Graduando Tecnologia em Sistemas Biomédicos pela Fatec E-mail: igoh1658@gmail.com

29 Docente Fatec Bauru E-mail: rogeriaalmeida14@gmail.com/rogeria.almeida@fatec.sp.gov.br

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo a Resolução-RDC Nº15 de 2012 (ANVISA, 2012) a CME é um setor responsável por limpar, organizar e fazer a desinfecção, esterilização de instrumentos, e artigos hospitalares, visando seguir normas e legislações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e Ministério da Saúde (MS).

De acordo com descrição da RDC Nº15, a CME um dos principais e importante setor de um hospital, pois garante a limpeza, desinfecção, esterilização de artigos hospitalares, mas é preciso que todo processo siga um cronograma e organização para alcançar resultados satisfatório.

Segundo a Resolução-RDC Nº15 de 2012 (seção IV Da infraestrutura) (ANVISA, 2012) a CME possui duas classes:

- a) A CME classe I é aquela que realiza o processamento de produtos para a saúde não críticos, semicríticos e críticos de conformação não complexa, possíveis de processamento;
- b) A CME classe II é aquela que realiza o processamento de produtos para saúde não - críticos, semicríticos e críticos de conformação não complexa e complexa, possíveis de processamento.

O tamanho de cada ambiente de uma CME varia de acordo com a sua demanda, mas respeitando as normas, pois os equipamentos e bancadas não podem interferir na mobilidade dos funcionários, e dos artigos, para evitar qualquer tipo de acidente. A CME que será apresentado nesse trabalho é a de classe II.

Segundo a Resolução-RDC Nº15 de 2012 (ANVISA, 2012) nos apresenta sobre os seguintes ambientes que devem possuir em uma CME de classe II.

De acordo com Art. 47 RDC Nº 15. (ANVISA, 2012). A CME classe II deve possuir os seguintes ambientes:

- a) Sala de recepção e limpeza (setor sujo);
- b) Sala de preparação e esterilização (setor limpo);
- c) Sala desinfecção química, quando aplicável (setor limpo);
- d) Área de monitoramento do processo de esterilização (setor limpo);
- e) Sala de armazenamento e distribuição de material esterilizados (sala limpa).

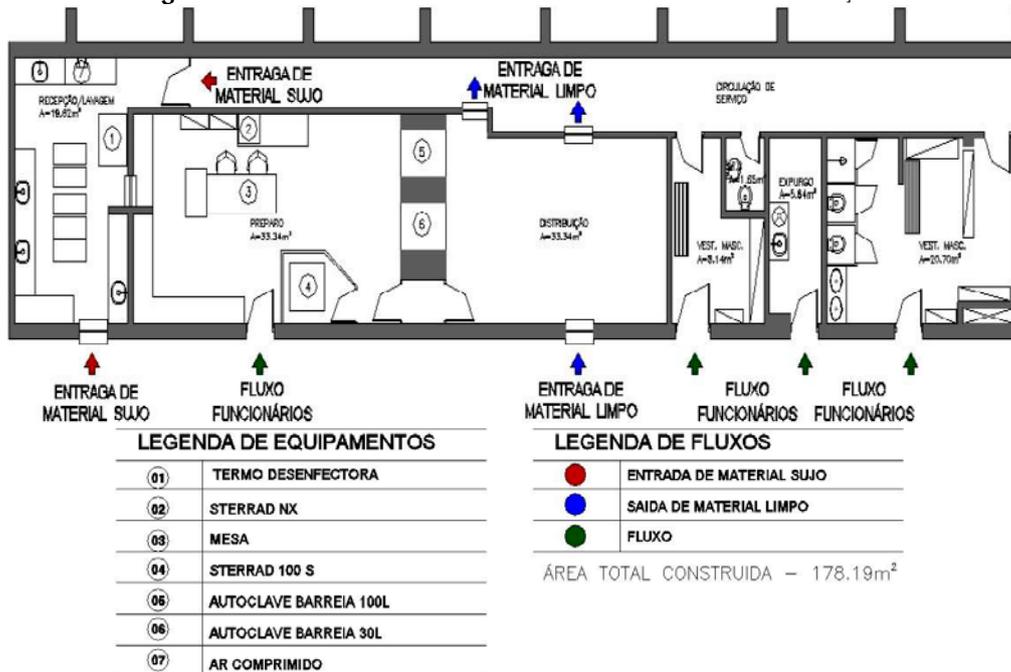
Conforme o art. 15 RDC. Nº 15. 2012 (ANVISA, 2012) a CME deve seguir um fluxo, sempre do ambiente sujo para o limpo.

Segundo Vital et al., (2014), o fluxo na CME deve ser prático e contínuo, por isso a equipe e o material deverão seguir um fluxograma unidirecional, ou seja, a direção é de uma região contaminada para uma limpa. Assim evitando o cruzamento de artigos sujos com os limpos e esterilizados, bem como evitar que o trabalhador escalado para a área contaminada transite pelas áreas limpas e vice-versa.

A estrutura física dos Estabelecimentos de Assistência à Saúde e as legislações sanitárias são questões de extrema importância, e podem ser designadas como elementos essenciais para a dinâmica de funcionamento do CME, pois uma planta física adequada proporcionará um fluxo unilateral, que é exigido pelas leis sanitárias.

## PLANTA BAIXA DA CENTRAL DE MATERIAL E ESTERILIZAÇÃO

Figura 1 – Planta baixa da Central de Material e Esterilização



Fonte: Lobo (2008)

De acordo com Leite (2006), faz as seguintes descrições das características de cada ambiente da CME:

a) **Recepção e Expurgo ou área de lavagem e descontaminação:** A área de recepção e expurgo tem como função receber, conferir e anotar a quantidade e espécie do material recebido, desinfetar e separar os materiais, verificar o estado de conservação do material, e encaminhar o material para a área de preparo;

b) **Preparação e Esterilização:** O setor de preparação e esterilização deve revisar e selecionar os materiais, verificando suas condições de conservação e limpeza, preparar, empacotar ou acondicionar os materiais e roupas a serem esterilizados e executar o processo de esterilização nas autoclaves, conforme instrução do fabricante.

Figura 2 – Sala de recepção



Fonte: <https://fcv.org.br/site/conteudo/detalhe/49/central-de-material-e-esterilizacao-cme>

c) **Administração:** A administração da CME deve gerenciar o serviço de Enfermagem da unidade, planejar, coordenar e desenvolver rotinas para o controle dos processos de limpeza, preparo, esterilização, armazenagem e distribuição dos artigos. E estabelecer rotinas para a manutenção preventiva dos equipamentos existentes na CME e realizar os testes necessários e emitir pareceres técnicos antes da aquisição de novos artigos e equipamentos.

d) **Armazenamento e distribuição:** A área de armazenamento e distribuição, é responsável por estocar o material esterilizado, proceder à distribuição do material às unidades e registrar saída do material. O transporte dos produtos para saúde a serem encaminhados para processamento nas empresas processadoras ou na CME de funcionamento centralizado deve ser feito em recipiente exclusivo para este fim, rígido, liso, com sistema de fechamento estanque, contendo a lista de produtos a serem processados e o nome do serviço solicitante (Art. 104. RDC Nº 15, ANVISA, 2012). Segundo o manual técnico de processos no centro de materiais e esterilização (HOSPITAL DE CLÍNICAS UNICAMP, 2015); obrigatório a lavagem das mãos a cada troca de luvas, na manipulação de carro proveniente do centro cirúrgico, entre outras atividades sempre trocar as luvas, para evitar contaminantes, o manual ainda ressalta que é proibido a utilização de celulares na hora do expediente.

## DESCRIÇÃO DOS PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS DA CME

Os equipamentos da CME que são responsáveis pela desinfecção e esterilização dos materiais do setor, são extremamente importantes para biossegurança evitando infecções hospitalares.

### LAVADORA ULTRASSÔNICA

A lavadora ultrassônica é um equipamento que faz a limpeza dos artigos e instrumentos hospitalares, é utilizado o detergente enzimático no processo de limpeza, degrada resíduos de gorduras, proteínas, sangue (Figura 3 ).

Figura 3 – Lavadora ultrassônica



Fonte: <https://www.marcamedica.com.br/lavadora-ultrassonica-211-sw-2000-wjsanders>

De acordo com Albrecht (2013), processo de cavitação utilizado na lavadora ultrassônica, consiste na formação de bolhas microscópicas, geradas por ondas sonoras de alta frequência, que entram em colapso e criam ondas de choque de alta pressão. Esta energia causa o deslocamento e remoção dos resíduos nas superfícies interna e externa dos instrumentos médicos hospitalares.

A lavadora ultrassônica é utilizado para fazer a limpeza da sujidade mais pesada dos artigos, normalmente após a sua limpeza os artigos são submetidos a desinfecção na lavadora termodesinfectora.

#### LAVADORA TERMODESINFECTORA

A lavadora termodesinfectora é um equipamento que utiliza jato de água quente junto com detergente enzimático, promove a redução da carga microbiana presente nos instrumentais, vidraria e outros materiais contaminados (Figura 4).

Figura 4 – Termodesinfectora com capacidade de 290 litros.



Fonte: <https://loja.sandersdobrasil.com.br/termodesinfectora-wds-200sd>

A lavadora termodesinfectora é um equipamento muito utilizado na desinfecção de artigos e instrumentos hospitalares na CME. De acordo com os autores Lima, Crados e Teixeira, (2018) o princípio de funcionamento da termodesinfectora consiste na combinação de atividades mecânicas (agitação), físicas (temperatura entre 65 a 95 °C) que fazem a desinfecção do instrumentos hospitalares.

Lima, Cardoso e Teixeira, (2018) descrevem que para ter resultados satisfatório na desinfecção dos instrumentos médicos hospitalares, dependem de vários fatores, operação, insumos utilizados, manutenção entre outras atividades que não garantem apenas uma boa desinfecção, mas também aumenta a vida útil do equipamento.

#### SECADORA

A secadora de materiais é um equipamento que usa ar quente para secar materiais como traqueias de aparelhos de inalação e outros que com lúmem ou reentrâncias de difícil secagem (Figura 5).

Figura 5 – Secadora de traqueias com capacidade de 65 litros



Fonte: <https://www.fortmedical.com.br/equipamentos-hospitales/secadora-detraqueiascomcapacidade-para-65-litros-br-65>.

De acordo com os autores Frejat et al., (2000), a secadora tem por objetivo evitar que a umidade interfira nos processos químicos e/ou físicos de desinfecção e/ou esterilização dos materiais, onde o princípio de funcionamento da secadora é por ar quente. Frejat et al., (2000) descrevem que a secagem tem que ser criteriosa porque havendo água nos artigos podem ocorrer aumento no tempo de esterilização e na qualidade do resultado da final, interfere no ciclo de secagem da autoclave, pois o processo tem a umidade relativamente definido.

Como foi descrito a secagem de um artigo é de extrema importância, pois pode interferir na qualidade da esterilização, entre outros processos.

#### AUTOCLAVE

A autoclave é um dos equipamentos mais importante da CME, pois faz a esterilização da maior parte dos materiais, como instrumentais, vidraria, tecidos, gases cirúrgicas, campos cirúrgicos etc. (Figura 6).

Figura 6 – Autoclave de parede dupla, com capacidade de 340 litros



Fonte: <https://www.directindustry.fr/prod/tuttnauer/product-28338-1723422.html>

A esterilização mais empregada nas Centrais de Material e Esterilização, é autoclave, utilizando o processo de vapor saturado sob pressão, essa máquina é capaz de eliminar qualquer meio de vida existente nos instrumentos médico hospitalares.

Dá-se o nome de vapor saturado porque sua temperatura equivale ao ponto de ebulição da água, e produz pela combinação de energia que aquece a água com nível de pressão maiores que a pressão atmosférica, aceleram o aquecimento levando ao alcance de temperatura própria para esterilização (121°C a 135°C), em tempo mais rápido (BRASIL, 2001, p. 24).

A autoclave é equipamento de alta periculosidade, e precisa ser monitorizada de acordo com parâmetros do fabricante, e dentro das leis vigentes. E para garantir controle, e a eficiência da autoclave, a máquina é submetida a monitorização, biológico e química.

Segundo Righetti e Vieira (2011), a autoclave passa por várias etapas de monitorização e calibração, que consiste em avaliar indicadores biológicos e químicos, pois se trata de um equipamento de alta complexidade, onde princípio de funcionamento é baseado em temperatura e pressão.

Righetti e Vieira (2011) descrevem o teste de Bowie-Dick, que consiste na avaliação da presença de ar residual na autoclave, esse indicador ocorre quando pacote teste que é submetido ao ciclo de esterilização muda de coloração uniformemente, através disso podendo avaliar a performance da autoclave. Outro teste importante que os autores descrevem, é o teste biológico, que se baseia na utilização de *Bacilos Termofilos* como o *Bacillus Stearothermophilos*, em meio de cultura e com indicador de pH. Nos testes serão utilizadas ampolas, sendo que uma ampola é autoclavada e outra não autoclavada. As ampolas serão submetidas a Banho Maria a 60 °C entre 48 a 72 horas, ou em uma incubadora própria para o teste a 56 °C. O resultado esperado, a ampola autoclavada vai permanecer com sua coloração inicial e a ampola não autoclavada mudará de cor. Caso mude esses resultados a esterilização não foi efetiva.

De acordo com os autores Pupo et al., (2015), outro método utilizado para avaliar a qualidade da esterilização, é a fita-teste ou fita zebra, é designada para identificação de materiais esterilizados. Essa é fixada nas embalagens previamente antes do ciclo de esterilização, e essa fita possui listras e uma tinta termossensível impressa em sua superfície e muda de cor ao passar pelo processo de esterilização. Assim indicando se a esterilização foi efetiva ou não.

A autoclave passa por vários monitoramentos e teste para avaliar sua eficiência, e performance. Outro ponto importante, é que cada equipamento é calibrado de acordo com as especificações técnicas do fabricante. A calibração é feita nos seguintes parâmetros (temperatura, temporizador e pressão).

#### MÁQUINA DE ESTERILIZAÇÃO POR PLASMA DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

A esterilizadora por plasma de peróxido de hidrogênio, faz a desinfecção e esterilização dos materiais, com exceção de tecidos de algodão. Essa máquina representa uma nova tecnologia em esterilização a baixa temperatura (50°C) para artigos termossensíveis (Figura 7).

**Figura 7** – Máquina de esterilização por plasma de peróxido de hidrogênio com capacidade de 143 litros.



Fonte: <https://www.gemco.cl/esterilizadores-de-bajatemperaturah2o2/1017esterilizadorperoxido-hidrogeno-pl-130-steelco.html>.

O processo de esterilização por peróxido de hidrogênio consiste na formação de plasma através de campos eletromagnéticos, onde o plasma gera radicais livres de carga negativa e positiva, que tem como papel de interagir com as enzimas, fosfolipídios, DNA e RNA das sujidades. Essa reação química é extremamente rápida, viabilidade de esterilização curto espaço de tempo (BRASIL, 2001, p. 25).

Outro ponto importante desse método de esterilização, que além de ser considerado um processo rápido, é livre de toxicidade, pois se trata de água e hidrogênio.

#### FATORES QUE PODEM INTERFERIR NA QUALIDADE DO PROCESSAMENTO DOS MATERIAIS

Entre os fatores que afetam o processo de limpeza, a água é essencial. A questão de a água ser somente potável, não é suficiente para ser utilizada no enxágue final de alguns instrumentos críticos, deve ser água potável, mole e deionizada, conforme Portaria MS n. 2.914/2011 (GIBOTTI; MODESTO; CARVALHO, 2020).

De acordo com os autores Gibotti, Modesto e Carvalho (2020) existem os seguintes contaminantes na água como micro-organismos, bactérias Gram negativas, microbactérias não tuberculosas conhecidas com Microbactérias de crescimento rápido, endotoxinas e fatores como pH, que em níveis ácidos ou alcalinos podem interferir na ação dos detergentes e danificar os materiais, a dureza da água devido a concentração de carbonato, magnésio entre outros metais, Íons de cloro, ferro, cobre e manganês podem provocar manchas, e corrosão nos instrumentais.

**Figura 8** – (A) Tubulação com incrustação, (B) Instrumentos com manchas



Fonte (A): <https://www.fortalezadesentupidora.com/incrustacoes-em-tubulacoes>  
(B): <http://richter.com.br/ing/manutencao.html>

A qualidade da água é um fator determinante para conservação e bom funcionamento dos equipamentos, conseqüentemente no excelente processamento dos artigos hospitalares. Essa qualidade só será possível através de análise de água de forma contínua e periódica.

Os equipamentos médicos assistências necessitam operar de forma segura e eficaz, entretanto, para atingir esse objetivo, constantemente devem ser considerados os diversos fatores que podem interferir em seu funcionamento (BRASIL, 2013). Assim deve-se realizar um plano de manutenção, o qual não realiza apenas manutenção preventiva e corretiva, mas contempla atividades de busca ativa para detectar falhas e ocultar falhas, e identificadas pelos usuários, mas podem causar agravos ou morte aos pacientes ou usuários.

A realização de treinamento operacional de forma contínua nos setores assistenciais, caracteriza uma ação que comprovadamente, promove grande efetividade do ponto de vista operacional e econômico para instituição de saúde.

Ter uma equipe capacitada traz segurança para o usuário na operacionalização dos equipamentos médicos assistenciais, o que se traduz agilidade, segurança ao paciente e minimização de defeitos por imperícia (EBERSH, 2011). Com isso diminui as falhas e paradas de equipamentos, aumentando a vida útil dos equipamentos, e garantindo a qualidade do processamento.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas informações contidas nessa pesquisa, pode-se afirmar que a Central de Material e Esterilização, é de altíssima complexidade, pois depende de vários fatores, dê da qualidade da água, a boa operação dos equipamentos, fluxo adequado, boa qualidade de funcionamento dos equipamentos, entre outros fatores. E o sucesso do processamento de materiais só será satisfatório, se houver engajamento entre esses fatores. No entanto é imprescindível que os colaboradores estejam treinados e atualizados para poder executar de forma satisfatória e com qualidade o processo de limpeza dos artigos hospitalares. Assim a CME tem um controle rígido em termos de biossegurança baseada nas leis nacionais da ANVISA e Ministério da Saúde.

## REFERÊNCIAS

ALBRECHT. L. **Máquina Lavadoras Ultrassônicas de Instrumentos Odontológicos, Médicos e Cirúrgicos: avaliação do desempenho do processo de limpeza.** 2013. 95 p. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/517/1/CT\\_CPGEI\\_M\\_Albrecht%20C%20Lucimara\\_2013.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/517/1/CT_CPGEI_M_Albrecht%20C%20Lucimara_2013.pdf), Acesso em: 09 abr. 2022,

ANVISA. **RESOLUÇÃO - RDC Nº 15, DE 15 DE MARÇO DE 2012. Estabelece requisitos de boas práticas para processamento de produtos de saúde e dá outras providências.** Brasília: Ministério da Saúde, 2012. Disponível em: <https://bvsms>.

saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0015\_15\_03\_2012.html. Acesso em: 09 abr. 2022.

BRASIL. **Diretrizes Metodológicas, Elaboração de Estudos para Avaliação de Equipamentos médico-assistenciais.**2013. Brasília: Ministério da Saúde, 96 p. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes\\_metodologicas\\_elaboracao\\_estudos.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_metodologicas_elaboracao_estudos.pdf), Acesso em: 09 abr. 2022.

BRASIL. **Orientação Gerais para Central de Esterilização.**2001. Brasília. 56p – (série A. Normas e Manuais Técnicos; n. 108). *E – BOOK*.

EBSARH. **Norma Operacional de Equipamentos Médicos Hospitalares.**2011. Disponível em: [norma-operacional-de-gestao-de-equipamentos-medico-hospitalares-ebserh.pdf](http://www.gov.br/norma-operacional-de-gestao-de-equipamentos-medico-hospitalares-ebserh.pdf) (www.gov.br) Acesso em: 22 jan. 2022.

FREJAT. J. **Central de Material e Esterilização.**2000. Disponível em: <https://dms.ufpel.edu.br/static/bib/cme5571fc5549795991699705de.pdf> . Acesso em: 30 mar. 2022.

GIAROLA. L. B. et al. **Infecção Hospitalar Na Perspectiva Dos Profissionais De Enfermagem: Um Estudo Bibliográfico.** Cogitar Enfermagem. 2012 Jan/Mar; n.1, p.151-7. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/f6a5/9c86b8cdf5b7dfef0e078dcd708de858c708.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2022.

GIBOTTI. A.; MODESTO. L. S. T.; CARVALHO. M. A. **Análise dos Estudos Sobre a Importância do Processo de Limpeza para a Saúde na Perspectivas dos últimos Cinco Anos.**2020. FACEAT: São Paulo, 42p. *E – BOOK*.

LEITE. F. B. **Central de Material Esterilizado. Projeto de Reestruturação e Ampliação do Hospital Regional de Francisco Sá.** 2008. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/artigos/artigo\\_CME\\_flavia\\_leite.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/artigos/artigo_CME_flavia_leite.pdf). Acesso em: 29 Mar. 2022

LIMA. J. M.; CARDOSO. T. V.; TEIXEIRA, E. P. **Modelo de Avaliação da Tecnologia Aplicado a Equipamento De Apoio Médico-Assistencial Na Fase de Utilização.** 2018. Fatec: Sorocaba, 2018. p.86-100. *E – BOOK*.

LOBO. M. C. A. **Central de material Esterilizado Terceirizado e sua Arquitetura –** Salvador: Melânica Lôbo, 2008. P. 56. *E – BOOK*.

**MANUAL DE PROCESSOS DE TRABALHO DO CENTRAL DE MATERIAL E ESTERILIZAÇÃO.** Universidade estadual de Campinas, Hospital de clínica da UNICAMP, 3. Ed. – Campinas, SP: Hospital de Clínicas da UNICAMP, 2015. 256 p. (série manuais do hospital de clínicas da UNICAMP). *E – BOOK*.

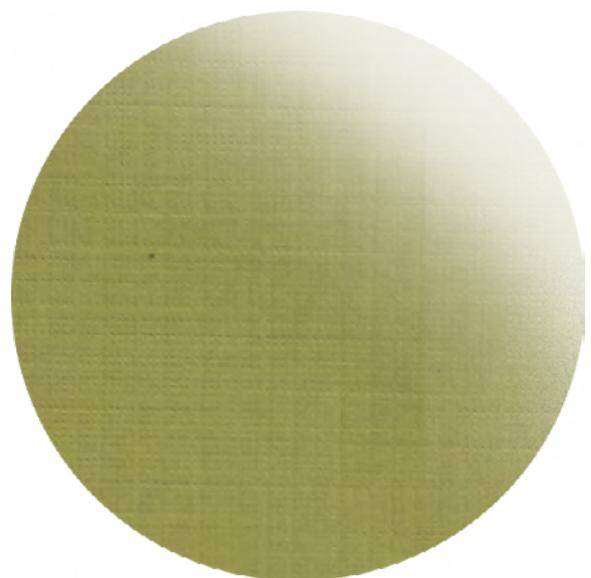
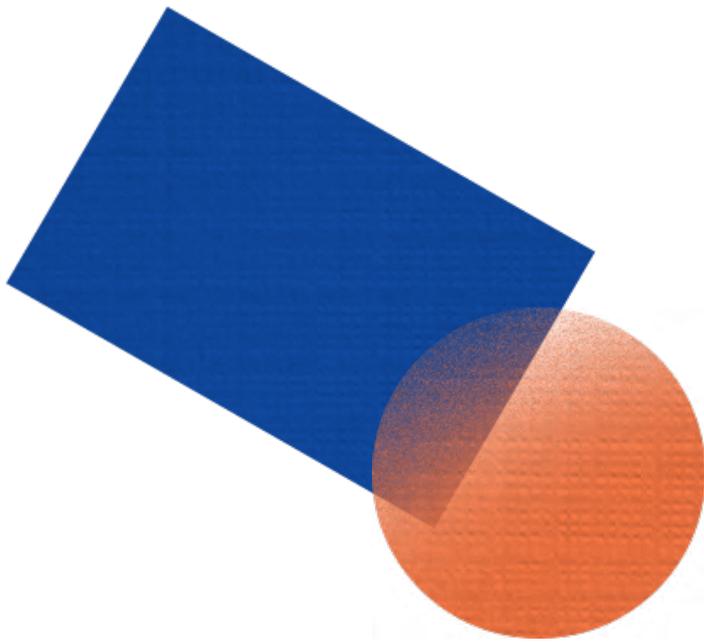
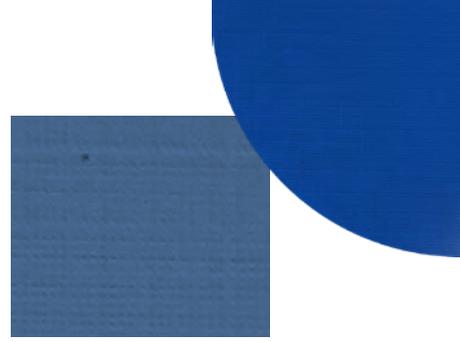
PUPO. L. S. et al.; **Microscopia Eletrônica de Varredura e Espectroscopia de Energia Dispersiva de Embalagens Autoclaváveis Submetidas a Sucessivos Ciclos**

**de Esterilização em água Destilada ou Fluoretada.2015.**

Publ. UEPG Ci. Biol. Saúde, Ponta Grossa, v.21, n.2, p. 117-132, jul./dez. 2015.

RIGHETTI. C. VIEIRA P. C. G.; **Autoclave:** Aspectos de Estrutura, Funcionamento e Validação. RESBCAL, São Paulo, v.1 n.2, p. 185-189, abr./maio/jun. 2012. *E – BOOK*.

VITAL. J. S. et al. Estrutura Física de Centro de Material em Unidades de Atenção Básica de Saúde.2014. **Revista de Enfermagem UFPE.** On. line., Recife, n.5, p.1192-200, maio, 2014. *E – BOOK*.



# GUIA PRÁTICO PARA MANUSEIO, LIMPEZA E MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE MICROSCÓPIO ÓPTICO

Carlos Valério Piéri Tonin<sup>30</sup>

Rafael Balan Diman<sup>31</sup>

Adriana Sierra Assencio Almeida Barbosa<sup>32</sup>

## INTRODUÇÃO

O Microscópio é um instrumento óptico, que faz uso da refração da luz oriunda de uma série de lentes, dotadas ou não, de filtros multicoloridos e/ou ultravioleta, para avaliação de objetos muito pequenos, na maioria dos casos, invisíveis ao olho humano (TELES; FONSECA, 2021).

Utilizando no mais diversos ramos e atividades, os microscópios ópticos, proporcionam o aumento de objetos, ampliando sua imagem através de lentes e uma fonte de luz, sendo esta percorre desde a fonte de iluminação, passando pelo diafragma, condensador, objetivas e oculares (PIRES et al., 2014).

Aparelhos de microscopia óptica tem sua importância destacada na área da saúde, dependendo dele o correto diagnóstico de inúmeras patologias. Erros de leitura ocasionados por falta de manutenção podem influenciar na capacidade de detectar e controlar possíveis epidemias. Para o seu bom funcionamento, muitos cuidados especiais devem ser realizados (PERRUZI; FOFONKA, 2021).

Segundo Calil & Teixeira (1998) a manutenção de equipamentos pode ser preventiva, corretiva e a preditiva. Enquanto a primeira é uma manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item. A segunda é a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane ou de uma falha destina a recolocar um item em condições de executar uma função requerida. A terceira manutenção vem antes da preventiva e é realizada a partir de testes de funcionalidade, realizados antes de qualquer falha ou problema, ela pode monitorar alguns equipamentos, dando à preventiva um mapa de onde trabalhar com maior eficiência e antecedência.

Tendo em vista a importância do equipamento dentro das instituições de saúde, é correto que sejam aplicadas, como em qualquer outro aparelho médico, metodologias precisas visando o melhor aproveitamento possível de seus recursos. (MARTINS et al., 2021)

30 Graduado em Tecnologia em Sistemas Biomédicos - orcid.org/0000-0002-2739-8755 – e-mail: cv-tonin@hotmail.com

31 Especialista em Engenharia de Manutenção. - <http://lattes.cnpq.br/2540699991138785> – orcid.org/0000-0002-2194-3476 –e-mail: rafael.diman@fatec.sp.gov.br

32 Pós-doutorado e docente na Faculdade de Tecnologia de Bauru - <http://lattes.cnpq.br/4806049778309407> – orcid.org/0000-0003-2901-322X – e-mail: adriana.barbosa@fatec.sp.gov.br

Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi desenvolver um guia prático para manuseio, limpeza e manutenção preventiva de microscópio óptico, visando aperfeiçoar a desempenho do equipamento, através de técnicas e métodos seguros, aplicados na manutenção do aparelho.

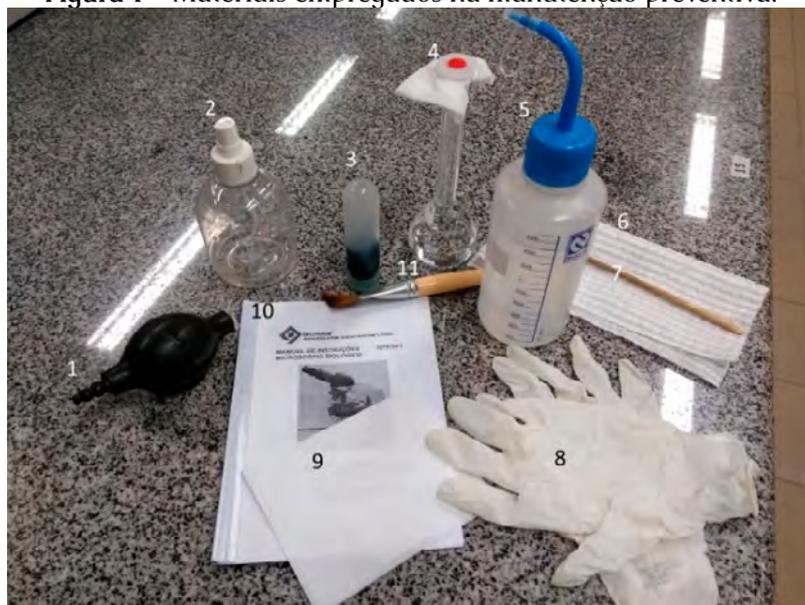
## DESENVOLVIMENTO

A metodologia adotada para desenvolvimento foi à revisão de literatura, tendo como fontes bibliográficas analisadas, manuais, protocolos, banco de dados e outros instrumentos que se fizeram necessários durante o desenvolvimento deste trabalho. A seleção dos artigos foi criteriosa provendo o autor de informações relevantes acerca do tema proposto. A revisão de literatura oferece meios para levantar não somente problemas já conhecidos nessa área, como também explorar novas orientações nesse campo.

Todos os materiais utilizados são de aquisição acessíveis, embora alguns só sejam encontrados em lojas especializadas, como o papel e solução para lentes, pera insufladora e xilol. O único item que demande uma atenção maior, mas com o manuseio é o xilol, sabidamente inflamável e muito volátil (Figura 1).

Sempre necessário o uso de luvas de látex descartáveis, pois ao manusear os componentes, podemos tocar involuntariamente em suas lentes. A pele humana possui gordura e isso contamina facilmente as delicadas superfícies de vidro. O local deve ser bem iluminado, com lâmpadas tipo luz do dia, podendo em último caso, ser usada uma lanterna de cabeça como iluminação adicional. (COELHO et al., 2021)

Figura 1 – Materiais empregados na manutenção preventiva.



Legenda: 1- Pera insufladora. 2 – Solução higienizadora para lente. 3- Graxa a base de cálcio. 4 – Xilol. 5 – Água destilada. 6 – Pano semi descartável para limpeza. 7- Palito de madeira. 8 – Luva de látex descartável. 9 – Papel para limpeza de lentes. 10 – Manual de instrução microscópio Nova 180iPL. 11 – Pincel chato de cerdas macias.

Fonte: Arquivo Pessoal.

## PROCEDIMENTOS DE EXECUÇÃO:

### 1-Limpeza a bancada antes de iniciar o procedimento de manutenção.

Sempre que iniciar a limpeza do equipamento, é de suma importância que o local, tanto a bancada quanto o ambiente estejam limpos, livre de poeira ou sujidades que possam contaminar o microscópio. (MARTINS et al., 2021)

### 2-Limpeza da parte externa do equipamento.

A parte externa do equipamento deve ser previamente limpa com pano semi descartável e água a fim de retirar qualquer vestígio de poeira. Jamais use panos comuns ou flanelas de limpeza, pois esses soltam pequenos fiapos que podem contaminar lentes e demais partes. (MACEDO et al., 1996)

### 3-Limpeza e manutenção das lentes oculares.

Conforme descreve Petrak & Waters (2011), o modelo mais comum de microscópio óptico encontrado utiliza duas lentes oculares (modelo binocular). Elas fazem um movimento de “abre e fecha” para que se adequem a distâncias entre os olhos do usuário. Sua retirada do tubo é simples, bastando puxá-las. Ao retirá-las, cubra a abertura no tubo de visualização com plástico filme. As lentes são intercambiáveis, podem ser trocadas suas posições no tubo, entretanto, lembre-se de que isso não pode ser feito entre aparelhos de modelos diferentes. Para a remoção da poeira na superfície externa da lente, pode ser usado um soprador tipo pera ou um pincel de cerdas macias em movimentos de vai e vem. Caso exista poeira dentro da parte ocular, podem ser usadas hastes flexíveis com ponta de algodão umedecida com fluido de limpeza de lentes ou água destilada.

Caso a lente esteja contamina com óleo de imersão ou gordura natural da pele, notada por uma imagem borrada ou facilmente percebida colocando-se a lente contra a luz, a mesma deve ser limpa com papel para limpeza de lentes, fluido para limpeza de lentes ou solvente (xilol). Não use força para remover o óleo, pois isso pode resultar em arranhões na lente. (FIGUEIREDO et al., 2010)

Se o campo de visão ainda não estiver claro, apesar da limpeza, e o microscópio funcionar bem com outra lente, então a ocular terá de ser substituída ou pode haver fungos no prisma (Figura 2).

Figura 2 – Manutenção das lentes oculares.



Fonte: Arquivo Pessoal.

#### 4- Limpeza do Prisma/Cabeça binocular.

Dentro da cabeça binocular do equipamento, encontra-se um jogo de prismas (Figura 3). Sua função é refratar a luz vinda das objetivas. Análise as condições da superfície do prisma com a luz do microscópio acesa e sem as lentes oculares. Para poeira em sua superfície, remova a cabeça binocular, normalmente fixada por meio de parafuso de aperto manual na lateral do aparelho e limpe a superfície dos prismas com jatos de ar (pera de insuflação). Se a sujeira persistir, use um tecido macio umedecido com líquido de limpeza de lentes ou água destilada. Nunca abra a cabeça binocular ou remova os prismas. Isso vai alterar completamente o alinhamento e o microscópio terá que ser encaminhado ao fabricante para reparo. Limpe-os em sua posição original somente. Limpe o tubo de observação soprando ar através dele, usando a pera de insuflação. Jamais assopRANDO ar dos pulmões. Cuidado com o uso do xilol na manutenção dos prismas. Comumente feitos de acrílico, tem baixa resistência a hidrocarbonetos, sendo que seu uso pode danificá-los permanentemente. (BISCEGLI et al., 1997; MACEDO et al., 1996)

Devido a condições climáticas adversas como umidade e calor, fungos podem surgir na superfície do prisma, podendo ser retirados utilizando-se água oxigenada, segurando a lente pela lateral, higienizando as duas superfícies, sempre iniciando pelo centro realizando movimento em espiral. (MARTINS et al., 2021)

Figura 3 – Manutenção do Prisma/Cabeça binocular.



Fonte: Arquivo Pessoal.

#### 5 – Limpeza das lentes objetivas.

As lentes objetivas são formadas por um tubo metálico com um grupo de lentes em seu interior. Devem ser retiradas do revólver, desrosqueando-as gentilmente com as mãos em sentido anti-horário. Evite o uso de qualquer ferramenta. Caso ocorra um problema na remoção por qualquer motivo, recomenda-se o envio do aparelho para um centro de manutenção especializado. Jamais desmonte o tubo metálico para alcançar as lentes internas. Para retirar poeira da face posterior da objetiva, usa-se um pincel de pelo muito macio. (PETRAK; WATERS,2011)

A mudança das lentes objetivas deverá ser realizada girando o revólver. Nunca fazer o giro compelindo as objetivas, pois a força lateral pode soltar e desalinhar as lentes. (DELICADO, 2008)

Para a higienização da objetiva de imersão posicione a objetiva na lateral para facilitar o seu manuseio, em seguida, retire o excesso de óleo com um lenço macio e seco embebido em álcool etílico absoluto, através de movimentos circulares do centro para a extremidade. (COELHO et al., 2021)

Comece analisando as lentes contra a luz, em busca de qualquer alteração em sua transparência. Muito importante que o local esteja bem iluminado, sendo possível o uso de uma lente objetiva como lupa, como consta na Figura 4.

Figura 4 – Uso da ocular como lupa



Fonte: Arquivo pessoal.

Uma das lentes (100x) é preparada para o uso de óleo de imersão, sendo sua limpeza após o uso, feita com papel para limpeza de lentes, no caso de óleo seco, além do papel, use xilol ou líquido de limpeza de lentes, podendo ser a operação repetida quantas vezes necessário. Nunca coloque o solvente diretamente na lente, devendo ser aplicado sobre o papel. As demais lentes (4x, 10x e 40x), embora não sejam preparadas para o uso do óleo, podem ser acidentalmente contaminadas. O procedimento de limpeza para elas é o mesmo. (BISCEGLI et al., 1997)

O óleo de imersão pode ser um agente contaminante, portanto é necessário que a embalagem esteja sempre tampada e que a lâmina de amostra esteja limpa. Não agite ou sugue o óleo abruptamente, isso produz bolhas que prejudicam a visualização. (MACEDO et al., 1996)

No caso de ocorrer quebra de lâmina contra alguma objetiva, esta deve ser retirada do revólver e segurando-a em sua posição de funcionamento normal, suavemente toca-la em um pano, sem arrastar, várias vezes. A ideia é que possíveis cacos de vidro que tenham ficado em sua superfície fiquem grudado no tecido. Após a limpeza prévia, deve-se usar a técnica “drop and drag” conforme figura 5, com uma gota de solvente sobre o papel de limpeza de lentes, soltar e arrastar

suavemente várias vezes sempre mudando o papel de posição. Essas técnicas são importantes para que a superfície da lente fique livre de arranhões. Ao remontar as lentes no revólver, respeite a ordem sequencial para facilitar a operação do equipamento. (PETRAK; WATERS,2011)

Figura 5 – Técnica “Drop and Drag”



Fonte: Arquivo pessoal.

#### 6 – Limpeza e manutenção da platina.

A platina deve ser limpa com pano macio, podendo ser o semi descartável pela praticidade, com uso de água e algum detergente neutro. Possui partes moveis que podem ser retiradas, como o suporte de lâminas, devendo ser limpa e lubrificada com óleo lubrificante de uso geral. (FIGUEIREDO et al., 2010)

Para permitir os movimentos laterais e de sobe e desce, a platina é dotada de sistema de pinhão e cremalheira (Figura 6), sendo esses pontos lubrificáveis com graxa a base de cálcio que pode ser usado um palito de madeira para a aplicação. (BISCEGLI et al., 1997)

Figura 6 – No detalhe mecanismo de cremalheira.



Fonte: Arquivo pessoal.

### 7- Condensador.

Trata-se de um conjunto de duas ou mais lentes convergentes que orientam e espalham regularmente a luz emitida pela fonte luminosa sobre o campo de visão do microscópio. Como nas demais lentes, segue-se o mesmo procedimento, com limpeza prévia e limpeza de possíveis contaminantes (óleo) com papel e solvente. A retirada do condensador (Figura 7) do equipamento é feita com a soltura do sistema de presilhas, normalmente parafusos de aperto manual e com a platina no ponto superior máximo. A recolocação é feita da mesma forma, lembrando que os parafusos que a prendem no suporte também servem para centralizar sua posição. (MARTINS et al., 2021)

Figura 7 – Condensador.



Fonte: Arquivo pessoal.

### 8 – Diafragma.

Não possui particularidades que tornam sua manutenção diferente das demais lentes. Possui parte moveis internas que não são passíveis de desmontagem, sendo a limpeza executada com pincel, pera, algodão e caso necessário, xilol ou solvente comercial específico para limpeza de lentes (presença de fungos ou óleo). (PIRES et al., 2014) Na figura 8 uma lente diafragma contaminado por umidade, note a importância da boa iluminação na identificação de problemas.

Figura 8 – Diafragma



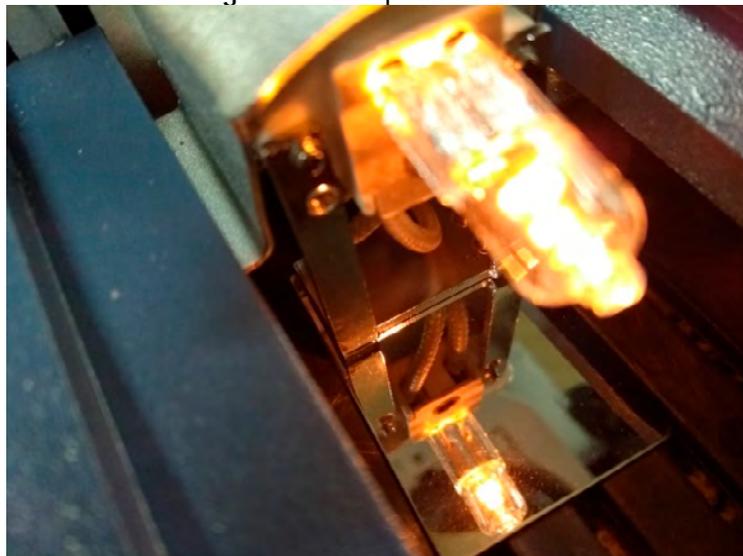
Fonte: Arquivo pessoal.

## 9 – Lâmpada e demais componentes elétricos.

Como propõe Figueiredo et al. (2010) a iluminação merece uma atenção especial, pois grande parte da qualidade da imagem gerada depende dela. Ao analisar a lâmpada do microscópio, com ela desligada, deve-se atentar para o possível escurecimento de seu corpo. Essa é uma indicação segura de que a lâmpada está próxima do fim de sua vida útil. Ao analisá-la, jamais a toque com a mão sem alguma proteção, como luvas ou mesmo um papel, pois a gordura natural da pele formará pontos de calor ocasionando a queima prematura da lâmpada (Figura 9). A limpeza do espelho refletor pode ser feita com algodão e xilol. Este modelo de lâmpada possui receptáculo ou soquete de pressão, então em caso de necessidade, basta puxar para sacá-la. A recolocação é feita também por pressão, bastando empurrá-la levemente contra o soquete. Atente quanto a tensão das lâmpadas, devendo ser obrigatoriamente iguais.

Ao retirar o plugue da tomada, nunca faça pelo cabo. Segure e puxe sempre pelo plugue. No caso em que, mesmo com a troca de uma suposta lâmpada queimada ela não acender, pode haver um problema no cabo de alimentação, interruptor, potenciômetro de regulagem de intensidade luminosa ou no fusível de segurança. A substituição de qualquer desses componentes é relativamente simples, entretanto, caso não exista possibilidade de reparação no local deverá o aparelho ser remetido à assistência técnica especializada. (BISCEGLI et al., 1997)

Figura 9 – Lâmpada e refletor



Fonte: Arquivo pessoal.

## 10 – Recomendações gerais.

A limpeza das partes óptica e mecânica deve ser criteriosa, uma vez que dela depende o bom desempenho do microscópio. As lentes, filtros e espelhos necessitam de cuidados especiais. O procedimento da higienização do equipamento deve ser da parte mecânica em seguida, os vidros e espelhos da base, da lâmpada até chegar-se ao topo, nas lentes oculares. Devendo ser realizada de maneira segura

e adaptada à frequência de utilização e à demanda do ambiente em que são utilizados. (MACEDO et al., 1996)

Além do correto posicionamento da platina, lâmina e focalização, é importante que o aparelho esteja em uma bancada livre de vibrações, longe de outros equipamentos que possam desestabilizar o sistema mecânico, como centrifugas, refrigeradores, ventiladores ou máquinas de ar-condicionado. Coloque o microscópio em um local que não precise ser movido frequentemente; ao carregá-lo faça com uma mão sob a base e outra segurando braço do aparelho; ao encerrar seu uso, deixe a objetiva de menor ampliação em posição inicial; cubra o microscópio quando não estiver em uso; ajuste o potenciômetro para o mínimo antes de ligar a lâmpada, aumentando lentamente até alcançar a luminosidade desejada, não limpe as lentes mais vezes que o necessário a fim de preservá-las. (BISCEGLI et al., 1997)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho versou na criação de um guia de prático onde reuniu diversas orientações relevantes referentes ao manuseio, operação e manutenção de microscópios ópticos, avaliadas a partir de diversas publicações literárias de bases sólidas.

Visando o máximo aproveitamento operacional e financeiro dos aparelhos, técnicas de manutenção preventiva que devem ser utilizadas em todo ou qualquer setor que envolva meios materiais para alcançar algum objetivo.

Conclui-se então que o setor de microscopia de qualquer entidade, pública, privada, comercial, industrial ou de pesquisa está inserido nesse interim, sendo perfeitamente viável e útil a aplicação deste guia.

## REFERÊNCIAS

BISCEGLI, C.I.; RABELLO, L.M.; CRUVINEL, P.E.; SELUQUE, W.; HERRMANN, P.S.P. Introdução à manutenção de instrumentos laboratoriais utilizados na pesquisa agropecuária. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1997.

CALIL, S.J.; TEIXEIRA, M.S. Gerenciamento de Manutenção de Equipamentos Hospitalares. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, 1998.

COELHO, A.C.P.; FERREIRA, J.E.S.; CARVALHO, R.R.C.; MENDES, H.B.R. Manual de orientações de uso, limpeza e manutenção de microscópios. São Luís: IEMA, 2021.

DELICADO, A. Microscópios, batas brancas e tubos de ensaio: Representações da ciência nas exposições científicas. *Revista Crítica de Ciências Sociais*, 79-98, 2008.

FIGUEIREDO, A.C.S.; PEDRO, L.M.G.; BARROSO, J.M.G.; OLIVEIRA, M.M.M.G. Guia prático de biologia celular. Departamento de Biologia Vegetal da Universidade de Ciências de Lisboa, Portugal, 2010.

MACEDO, Á.; BISCEGLI, C. I.; LADISLAU, M. R.; HERRMANN, P., S, P. Cuidados Básicos com microscópios ópticos. EMBRAPA, nº 3, Brasília DF, 1996.

MARTINS, I. M.; SAMPAIO, A. da G.; SIMÕES, G. dos S.; CORRÊA, J. G. B.; SENKIIIO, C. S.; FUJII, L. C.; et al. Aplicação de protótipo de microscópio de baixo custo como estratégia para o ensino de ciências e conscientização ambiental. Extensão Tecnológica: Revista de Extensão do Instituto Federal Catarinense, Blumenau, v. 8, n. 15, p. 191–207, 2021.

PERRUZI, S. L.; FOFONKA, L. A importância da aula prática para a construção significativa do conhecimento: a visão dos professores das ciências da natureza. Revista Educação Amambial em Ação, v. 19, n. 74. 2021.

PETRAK, L.J.; WATERS, J.C. A Practical guide to microscope care and maintenance . Methods in Cell Biology. 2011; 123: 55-76.

PIRES, C.E.M.; ALMEIDA, L.; COELHO, A.B. Microscopia: Contexto Histórico, Técnicas e Procedimentos para Observação de Amostras Biológicas. Érica, 2014.

TELES, N.; FONSECA, M. J. A importância do microscópio óptico na revolução científica: das práticas à representação museológica. História da Ciência e Ensino: Construindo Interfaces, v. 20, p. 126-140, 2019.

