

Universidade Brasil
Fernandópolis, São Paulo

TAISE JORDÃO ZANZARINI

EFEITO DO GÁS OZÔNIO NA DESCONTAMINAÇÃO DE CANETAS
DE BISTURI ELÉTRICO

EFFECTS OF OZONE GAS ON THE DECONTAMINATION OF
THE ELECTROSURGICAL PENCILS

Fernandópolis, SP
2017

Taise Jordão Zanzarini

EFEITO DO GÁS OZÔNIO NA DESCONTAMINAÇÃO DE CANETAS DE BISTURI
ELÉTRICO

Orientadora: Dra. Dora Inés Kozusny-Andreani

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Bioengenharia, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Bioengenharia.

Fernandópolis, SP
2017

Zanzarini, Taise Jordão
Z36e Efeito do gás ozônio na descontaminação de canetas de
bisturi elétrico / Taise Jordão Zanzarini. – Fernandópolis,
2017.

50f. : il. ; 29,5cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Bioengenharia, da Universidade Brasil,
como complementação dos créditos necessários para ob-
tenção do título de Mestre em Bioengenharia.

Orientadora: Prof^a Dra. Dora InésKozusny-Andreani

1. Controle. 2. Desinfecção. 3. Saúde do paciente. I. Tí-
tulo.

CDD 614.48

Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respetivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: "EFEITO DO OZÔNIO A DESCONTAMINAÇÃO DE CANETAS DE BISTURI ELÉTRICO"

Autor(es):

Discente: Taise Jordão Zanzarini

Orientadora: Dora Inês Kozusny-Andreani

Assinatura:

Assinatura:

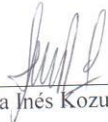
Data: 28/novembro/2017

TERMO DE APROVAÇÃO

TAISE JORDÃO ZANZARINI

**EFEITO DO OZÔNIO A DESCONTAMINAÇÃO DE CANETAS DE BISTURI
ELÉTRICO**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:

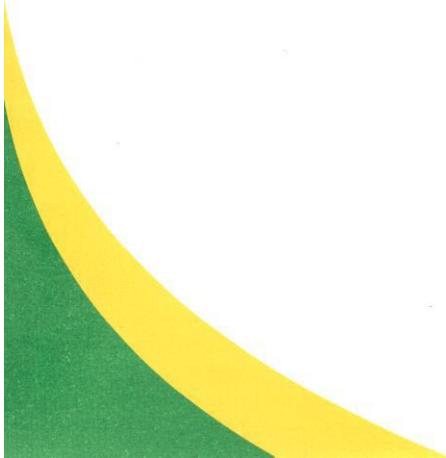

Prof(a). Dr(a) Dora Inés Kozusny-Andreani (Presidente)


Prof(a). Dr(a). Danila Fernanda Rodrigues Frias


Prof(a). Dr(a). Ysabely de Aguiar Pontes Pamplona

Fernandópolis, 28 de novembro de 2017.

Presidente da Banca Prof(a). Dr(a). Dora Inés Kozusny-Andreani



À Deus, e sua infinita bondade em permitir que eu tenha a Fé necessária para transpor todas as barreiras. À ele, toda Honra e toda Glória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar força e sabedoria para completar essa etapa, talvez uma das mais importantes da minha vida.

À minha família, meus pais Denirce e Ademir e meus irmãos João Rildo e Higor Caike, por serem minha base e meu porto seguro, meu incentivo em buscar crescer sempre.

As Faculdades Integradas de Santa Fé do Sul – FUNEC, na pessoa da diretora pedagógica Dra. Samira Ambar Lins, pela compreensão das ausências e todo estímulo, meu mais sincero agradecimento pelo afeto maternal que dedica a mim.

Ao Ambulatório Médico de Especialidades de Santa Fé do Sul, na pessoa da Gerente Administrativa, Vera Elaine Lacerda, por toda parceria e incentivo para o desenvolvimento desse trabalho, compreensão das tantas ausências e acima de tudo ser uma líder fundamental no meu desenvolvimento profissional.

A minha querida Orientadora, Dra. Dora Inés Kozusny-Andreani, que se mostrou além de mestra, uma pessoa humana, sensível, sem a qual esse trabalho não teria êxito. Meu mais profundo agradecimento à senhora.

A amiga e companheira de mestrado, Andréia Mura, que com sua alegria e entusiasmo não me permitia pensar em desistir. Enfim conseguimos!

A amiga Livia Zocaratto, que não mediu esforços para colaborar no desenvolvimento desse trabalho com todo seu conhecimento e seus conselhos. Não tenho como retribuir tudo que fizestes por mim nesse período!

**Ainda que eu falasse as línguas dos homens e dos anjos, se não tivesse amor
eu nada seria.
Corintios 13**

EFEITO DO GÁS OZÔNIO NA DESCONTAMINAÇÃO DE CANETAS DE BISTURI ELÉTRICO

RESUMO

Uma das principais preocupações na prestação a assistência à saúde está relacionada ao processamento dos produtos utilizados, haja vista que assegurar a não transmissão de patógenos que possam causar infecções ao paciente é primordial para a manutenção da qualidade. Portanto, essa qualidade no processamento dos produtos só será efetiva, quando basear-se na redução ou na destruição microbiana e na manutenção da sua funcionalidade e integridade. A legislação brasileira amparada pela RDC 36, busca melhorar os padrões de segurança da assistência ao paciente. O gás ozônio conhecido pela sua ação antimicrobiana, surge como potencial alternativa para facilitar alguns mecanismos de esterilização de alguns instrumentais médico-hospitalares. O objetivo nesta pesquisa foi conhecer a carga microbiana das referidas canetas e avaliar os efeitos do gás ozônio nas canetas de bisturi elétricos nos diferentes tempos de tratamento. Foram coletadas amostras das canetas de bisturi elétrico antes do tratamento com ozônio, e 5, 10 e 15 minutos após a exposição ao gás, e realizadas as culturas para bactérias e fungos em meios seletivos e não seletivos, sempre em triplicata. Os resultados foram obtidos através do teste de Kruskal-Wallis com posterior teste de comparação múltipla de Dunn para comparar a contagem microbiana dos mesófilos totais em relação aos tratamentos com ozônio. Os microrganismos isolados antes do tratamento foram: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, *Proteus vulgaris*, *Micrococcus spp*, *Bacillus spp.*, *Proteus mirabilis*. Após a exposição ao gás ozônio, pode-se observar que nos microrganismos *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus spp* e *Bacillus spp.*, o ozônio promoveu a destruição dos microrganismos no tempo de 10 minutos. Na *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis* e *Proteus vulgaris* essa morte aconteceu já na exposição a 5 minutos. O único microrganismo que necessitou de 15 minutos de exposição para ser anulado totalmente foi a *Candida albicans*. Pode-se concluir que na metodologia adotada o gás ozônio foi eficiente na esterilização de canetas de bisturi elétrico, quando o tratamento se deu a 15 minutos de exposição.

Palavras-chave: Controle. Desinfecção. Segurança do Paciente.

EFFECTS OF OZONE GAS OVER THE ELECTROSURGICAL PENCILS ABSTRACT

One of the main concerns in the provision of health care is related to the processing of the products used, since ensuring the non-transmission of pathogens that can cause infections to the patient is paramount for the maintenance of quality. Therefore, this quality in the processing of products will only be effective when based on reduction or microbial destruction and maintenance of its functionality and integrity. The Brazilian legislation, supported by RDC 36, seeks to improve the safety standards of patient care. The ozone gas known for its antimicrobial action appears as a potential alternative to facilitate some mechanisms of sterilization of some medical-hospital instruments. The main goal of the research was to evaluate the effects of ozone gas on electrosurgical pencils at different times of treatment, as well as to know the microbial load of them. Samples were collected from electrosurgical pencils prior to ozone treatment, and 5, 10 and 15 minutes after the exposure to the gas, and cultures of bacteria and fungi were carried out in selective and nonselective media, always in triplicate. The results were obtained through the Kruskal-Wallis test with Dunn's multiple comparison test to compare the total mesophylls microbial count in relation to the ozone treatments. The microorganisms isolated prior to treatment were: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, *Proteus vulgaris*, *Micrococcus spp*, *Bacillus spp*, *Proteus mirabilis*. After the exposure to the ozone gas, it was observed that in the microorganisms *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus spp* and *Bacillus spp*, ozone promoted bacterial death within 10 minutes. In *Escherichia coli*, *Proteus mirabilis* and *Proteus vulgaris* the death occurred already in the exposure to 5 minutes. The only microorganism that required 15 minutes of exposure to be completely nullified was *Candida albicans*. It can be concluded that in the adopted methodology the ozone gas was efficient in the sterilization of electrosurgical pencils when the treatment was given 15 minutes of exposure.

Keywords: Control. Disinfection. Patient safety.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classificação das Infecções do Sítio Cirúrgico.....	22
Figura 2: Fluxograma dos artigos médicos no CME.....	27
Figura 3: Ocorrência de diferentes micro-organismos de acordo com os tratamentos empregados no estudo.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Critérios definidores de infecção cirúrgica.....	23
Tabela 2: Vantagens e desvantagens da utilização do ozônio.....	36
Tabela 3: Estatísticas descritivas da contagem de mesófilos totais de acordo com os tratamentos utilizando ozônio.....	40
Tabela 4: Estatísticas descritivas da variação percentual (%) da contagem microbiana em relação aos tratamentos empregados com ozônio.....	41
Tabela 5: Ocorrência dos micro-organismos encontrados nos bisturis elétricos de acordo com o tempo de exposição ao ozônio.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
O ₃	Ozônio
CME	Centrais de Materiais e Esterilização
IH	Infecções Hospitalares
IRAS	Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde
ISC	Infecções de Sítio Cirúrgico
PPS	Produtos para Saúde
EAS	Estabelecimentos Assistenciais de Saúde
UFC	Unidades Formadoras de Colônias
AORN	Association of Perioperative Registered Nurses
O ₂	Oxigênio

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Relevância do tema e estado atual da arte.....	13
1.2 Fundamentação.....	16
1.2.1 Microrganismos na Área da Saúde.....	16
1.2.1.1 Conceito e Fatores Associados à sua Transmissão.....	16
1.2.1.2 Infecções Hospitalares e Principais Causadores.....	17
1.2.1.3 Transmissão Cruzada e a Transferência de Microrganismos.....	19
1.2.1.4 Fontes de Infecções.....	20
1.2.1.5 Infecções de Sítio Cirúrgico.....	21
1.2.2 Esterilização.....	24
1.2.2.1 Centro de Materiais e Esterilização.....	24
1.2.2.2 Tipos de Esterilização.....	29
1.2.3 Necessidade de Novos Agentes de Esterilização.....	31
1.2.4 Ozônio na Área da Saúde.....	32
1.2.5. Ozônio como forma de esterilização.....	34
1.3 Objetivos.....	37
1.3.1 Objetivo Geral.....	36
1.3.2 Objetivos Específicos	37
2. MATERIAL E MÉTODOS	38
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4. CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS.....	51

1. INTRODUÇÃO

1.1 Relevância do tema e estado atual da arte

Uma das principais preocupações na prestação a assistência à saúde está relacionada ao processamento dos produtos utilizados, haja vista que assegurar a não transmissão de patógenos que possam causar infecções ao paciente é primordial para a manutenção da qualidade da assistência prestada nos serviços de saúde. Portanto, vale ressaltar que essa qualidade no processamento dos produtos só será efetiva, quando basear-se na redução ou na destruição microbiana e na manutenção da sua funcionalidade e integridade.¹

Ademais, algumas iniciativas surgiram com o objetivo de promover a qualidade e a segurança quanto a assistência prestada aos pacientes, não só no Brasil, mas em todo mundo, envolvendo todos os colaboradores, de modo que os serviços passassem a ser otimizados.²

Com isso, a legislação brasileira precisou regulamentar as ações para assegurar os serviços de saúde ao paciente. Para que essa regulamentação ocorresse, foi necessário que o Ministério da Saúde, por intermédio da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), lançasse a Resolução – RDC n. 36, de 25 de julho de 2013.³

A RDC n. 36 tem como finalidade agregar ações que visem melhorar a qualidade nos serviços de saúde, bem como promover a segurança do paciente. Ressalta-se que essa Resolução é aplicada para todos os serviços de saúde, independentemente de serem públicos, privados e filantrópicos.³

Essa preocupação quanto a promoção da segurança do paciente e a qualidade dos serviços prestados, também se respalda no manuseio dos artigos médicos, até porque a maioria deles são reutilizados. No entanto, eles são passíveis de contaminação e por conta disso, existe a necessidade de realizar os processos de descontaminação dos mesmos. Um dos métodos mais utilizados para barrar esse acontecimento é a esterilização, de modo que ocorra a desinfecção, conforme a necessidade desejada.⁴

Nesse sentido, o processo de esterilização está associado a destruição e a eliminação das formas microbianas dos instrumentos e artigos médicos utilizados em quaisquer procedimentos realizados e podem ocorrer de maneira química ou física.⁵

Para que a eliminação microbiana ocorra de fato, antes de realizar o processo de esterilização, existe a necessidade de se fazer a remoção da sujidade do artigo médico, por meio da limpeza. Para tanto, utiliza-se da fricção e de soluções desincrustantes para remover todo e qualquer agente contaminante, com o intuito de prolongar a vida útil do artigo.^{5,6}

A limpeza do artigo médico torna-se eficaz quando empregadas ações e soluções adequadas, de acordo com a conveniência. Quando a limpeza não ocorre da maneira correta, o processo de esterilização é retardado, de modo que a eliminação dos microrganismos presentes aconteça de forma reduzida. Por isso é essencial que os artigos médicos passem pela limpeza antes de dar sequência a descontaminação microbiana.⁶

Algumas variáveis essenciais estão interligadas ao fato da busca por novas tecnologias de esterilização a baixa temperatura estarem sempre em alta. Isso acontece porque é imprescindível que os agentes esterilizantes se adequem conforme os produtos a serem comercializados, de modo que incidam na agilidade e rapidez do processamento e que considerem os apelos ambientais. Ademais, ressalta-se que os procedimentos de esterilização à baixa temperatura, incluem: óxido de etileno, radiação gama, plasmas de peróxido de hidrogênio e, atualmente, o ozônio (O₃), entre outros.^{1,5,6}

O gás ozônio é um gás natural que se origina da transformação do oxigênio, em que é acrescentada uma molécula. Essa alteração, torna-se benéfica em diversas áreas da saúde, desde a ozonioterapia até a sanitização dos ambientes, trazendo assim várias vantagens no gerenciamento de qualidade.⁷

Isto posto, ressalta-se que o principal objetivo da utilização do ozônio quanto ao processo de esterilização de produtos médicos é eliminar ou tornar inativa a presença de bactéria, protozoário, fungo e vírus. A automatização do processo de esterilização começa com a captura do ar ambiente, ocorrendo, posteriormente, seu processamento, sendo levado, em seguida, até um gerador de modo que as impurezas são retiradas.⁸

Vale saber que diversas variáveis e fatores incidem no sucesso de uma cirurgia, a mais importante delas é a assepsia do ambiente em que ela ocorre, além dos instrumentos e artigos utilizados. Com isso, vários estudos estão sendo feitos com o intuito de diminuir os gastos quanto ao processo de descontaminação dos

materiais. Assim, o ozônio (O_3) surgiu como um importante agente esterilizante no combate a possível contaminação do ambiente cirúrgico.⁹

Ademais, é importante acrescentar que, apesar do O_3 ser produzido naturalmente, existe a possibilidade de ele ser produzido de forma mecânica, por meio de equipamentos, de modo que passem a contribuir de maneira efetiva no processo de decomposição de materiais resistentes.^{1,9}

A descontaminação de artigos médicos, por meio do O_3 , faz com que seja estabelecida uma pressão negativa na câmara de esterilização, onde a água, a eletricidade e o oxigênio acabam gerando o gás ozônio, que é utilizado para esterilizar artigos e materiais que são sensíveis a umidade e ao calor.¹⁰

Vale enfatizar que essa técnica de descontaminação de artigos médicos, através do gás ozônio, é pouco difundida, haja vista que diversos países não reconhecem a importância do mesmo para fins medicinais e até mesmo quanto ao referido processo de descontaminação.¹⁰

Inicialmente, a difusão do ozônio para fins medicinais, deu-se pela Europa, onde houve grande aderência pelos países, isso porque diversas vantagens quanto ao tratamento de doenças começaram a surgir e conseqüentemente, ganharam notoriedade no mundo todo.¹

No Brasil, através do Manual para a Segurança Hospitalar, reconhece que o ozônio é usado no tratamento de água, polpa de papel e esgoto e também como esterilizante empregado na reesterilização de instrumentos médicos compostos dos seguintes materiais: titânio, aço inox, borracha, cerâmicas, silicone, cloro de polivinil e poliuretano.¹⁰

Um dos principais dispositivos reutilizados em todo o Brasil é a caneta de bisturi elétrico que é indicada para cirurgias tanto de porte pequeno quanto grande. Com isso, é indicado que as Centrais de Materiais de Esterilização (CME) dos hospitais se atentem aos procedimentos a serem seguidos para que a esterilização ocorra de maneira completa.¹¹

1.2 Fundamentação

1.2.1 Microrganismos na Área da Saúde

1.2.1.1 Conceito e Fatores Associados à sua Transmissão

Os microrganismos são seres vivos bem pequenos e que são humanamente impossíveis de serem vistos a olho nu, sendo necessário, para tanto, a utilização de microscópios para que seja possível a visualização dos mesmos. São exemplos de microrganismos os protozoários, as bactérias, os vírus, os fungos, entre outros.¹²

Tais microrganismos podem ser transmitidos por meio do contato, seja ele direto ou indireto, entre os profissionais da saúde e dos pacientes com materiais e até mesmo com o ambiente contaminado. Isso ocorre porque os microrganismos podem, facilmente, aderirem-se e colonizarem-se em quaisquer locais, o que pode ocasionar infecções locais ou sistêmicas aos pacientes.¹²

As doenças, muitas vezes, possuem como causadores os fungos e as bactérias, ou seja, os microrganismos são indicadores frequentes quanto ao surgimento de doenças. Apesar do avanço tecnológico e científico, a incidência é maior quando o sistema imunológico do indivíduo se encontra debilitado.¹²

Além disso, na área da saúde, os microrganismos são comumente associados às infecções hospitalares e por conta disso acabam refletindo na problemática enfrentada pelos profissionais e pacientes no ambiente cirúrgico.¹²

Especialistas afirmam que essas infecções, em sua grande maioria, possuem origem endógena, ou seja, são causadas pelos próprios microrganismos presentes no paciente. No entanto, a transmissão também pode ocorrer através da equipe cirúrgica, por meio das vias aéreas e pelas mãos, dos artigos médico-hospitalares e do ar ambiente.^{13,14}

A sua transmissão, de maneira geral, acontece por contato direto ou indireto, pelo ar e até mesmo por secreções respiratórias. Os profissionais da saúde, por realizarem contato direto com os pacientes, são obrigados a higienizarem as mãos com o intuito de evitar a transmissão das infecções hospitalares, de modo a preveni-las contra os agentes infecciosos.^{12,13,14}

Enfatiza-se que a higienização das mãos se torna algo essencial no combate às infecções, isso porque a pele é tida como um grande depósito de microrganismos e o contato com outras pessoas e pacientes, acaba ocasionando um descontrole na prevenção. Outrossim, é necessário compreender como a flora da pele é subdividida

para entender de que maneira ocorre a transmissão das infecções, a saber: residente e transitória.¹³

Os microrganismos residentes, também conhecidos como colonizados, são caracterizados por serem aqueles que vivem e se multiplicam na pele, apresentando baixa virulência e em consequência disso, não são eliminados tão facilmente da pele, sendo necessário, para tanto, a antissepsia cirúrgica.¹⁵

Por outro lado, os microrganismos transitórios são aqueles que sobrevivem na superfície da pele e são oriundos de fontes externas, possuindo um grande potencial patogênico. Ressalta-se ainda que eles apresentam virulência e são mais suscetíveis a incidirem no surgimento de doenças. Pelo fato de sobreviverem a oleosidade e sujidade da pele, acabam espalhando-se com mais rapidez, porém, são facilmente removidos da pele.¹⁵

1.2.1.2 Infecções Hospitalares e Principais Causadores

Em paralelo a isso, existe a possibilidade desses microrganismos incidirem diretamente no surgimento de infecções hospitalares (IH). Em síntese, no Brasil, a infecção é caracterizada por abranger diversos tipos de microrganismos que podem ser adquiridos desde a admissão do paciente no hospital. Além disso, sabe-se que as IH podem manifestar-se durante a internação e até mesmo após a alta, isso quando comprovada a interferência por procedimentos e pelo ambiente hospitalar.¹⁶

Portanto, a IH caracteriza-se pela relação existente entre um microrganismo que estimule o surgimento de uma infecção, um veículo de transmissão e um hospedeiro vulnerável. Com isso, ressalta-se que os fatores incidentes e mais predispostos a ocorrência da IH são associados ao binômio saúde-doença, a métodos reconhecidos como invasivos e fatores ambientais.¹⁷

De acordo com a Portaria nº 2616 de 12 de maio de 1998, também devem ser consideradas IH as que se interligam com os procedimentos diagnósticos ou terapêuticos que ocorrem até 72 horas antes da internação. Ademais, vale enfatizar que as IH possuem grande relevância epidemiológica por interferirem nas taxas de mortalidade e morbidade, na permanência dos pacientes nos hospitais e nos custos.^{16,18}

Os fatores que mais interferem e contribuem para o surgimento de infecções estão associados ao paciente em si, aos procedimentos invasivos e ao ambiente

hospitalar. À vista disso, a utilização de equipamentos médicos que são necessários no tratamento do paciente, aumenta ainda mais a probabilidade de infecção.^{16,18,19}

Na infecção hospitalar, o hospedeiro é o elo mais importante da cadeia epidemiológica, pois alberga os principais microrganismos que na maioria dos casos desencadeiam processos infecciosos. A patologia de base favorece a ocorrência da IH por afetar os mecanismos de defesa anti-infecciosa: grande queimado; acloridria gástrica; desnutrição; deficiências imunológicas; bem como o uso de alguns medicamentos e os extremos de idade. Também favorecem o desenvolvimento das infecções os procedimentos invasivos terapêuticos ou para diagnósticos, podendo veicular agentes infecciosos no momento de sua realização ou durante a sua permanência.²⁰

Acrescido a isso, vale informar que algumas infecções hospitalares podem ser evitáveis, no entanto, essa regra não é geral. A saber, as infecções passíveis de prevenção são caracterizadas por serem aquelas capazes de sofrerem algum tipo de ingerência no processo de transmissão dos microrganismos. Essa interferência pode ocorrer através de procedimentos simples, tais como, lavagem correta das mãos, processamento adequado dos artigos médicos.²⁰

A luz disso, é necessário expor que, as IH em sua grande maioria são ocasionadas por microrganismos que possuem baixa virulência e que são encontrados tanto na flora bacteriana quanto no ambiente hospitalar.¹⁴

Ademais, acredita-se que as IH, em sua grande maioria, são ocasionadas por situações advindas do corpo humano e que causam interferências nas condições imunológicas e orgânicas do paciente, fazendo com que o mesmo, por se encontrar em situações mais suscetíveis, torne-se mais propenso a adquirir infecções. Em contrapartida, a utilização de procedimentos invasivos, como estratégia nos processos de cuidado, pode levar ao surgimento das IH.^{19, 20,21}

Sintetizando, as Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (IRAS) abarcam àquelas que são adquiridas pelos pacientes, no momento em que são admitidos no ambiente hospitalar, de modo a manifestar-se no período de internação ou até mesmo após a sua alta, isso quanto aos atos associados a internação e aos procedimentos utilizados, conforme visto anteriormente.^{14,19,20, 21}

Por conta de todas essas variáveis incidentes no surgimento das IH, elas passaram a demandar atenção de todos mundialmente, principalmente na área da saúde, haja vista que elas comprometem piamente a qualidade da assistência e da segurança prestadas aos pacientes, o que pode levar a possíveis internações

prolongadas e em consequência disso, gerar maior risco de complicações, de taxas de mortalidade e morbidade, além de elevar os custos hospitalares.^{14, 19, 20, 21}

1.2.1.3 Transmissão Cruzada e a Transferência de Microrganismos

O contato dos profissionais de saúde com os pacientes é uma das principais formas de transmissão e por conta disso o controle das IH e da propagação das bactérias resistentes torna-se necessário.²²

Por outro lado, equipamentos médicos de uso comum são, frequentemente, considerados como reservatórios de microrganismos que são passíveis de contaminação. Isso ocorre porque, querendo ou não, a utilização desses utensílios médicos acaba servindo como fonte de disseminação de microrganismos e acaba ocasionando a transmissão cruzada.²²

A transmissão cruzada de agentes infecciosos pode ocorrer pelo ar, de pessoa para pessoa e até mesmo através de produtos médicos contaminados, ocasionando, posteriormente, a infecção. Dentro do ambiente hospitalar, essa infecção possui uma variação de 13,0% a 34,6%.²³

Estudos apontam que a transmissão cruzada possui como principal agente disseminador, as mãos dos profissionais da área da saúde. Isso ocorre porque elas são consideradas como grandes depósitos de microrganismos, em consequência dos diversos procedimentos realizados diariamente.^{22, 23}

Vale informar que, ao aprofundar os estudos acerca do surgimento das IH, torna-se imprescindível considerar alguns fatores que estão associados a esse processo, dentre os quais, citam-se: fonte de infecção, meio de transmissão e a vulnerabilidade do hospedeiro para com o ambiente.^{22, 23}

Para tanto, no ambiente hospitalar, as pessoas são consideradas como sendo as maiores fontes de agentes infecciosos. Além disso, ressalta-se que sua transmissão pode ocorrer por meio de quatro formas, a saber: vetor, ar, veículo comum e contato.^{22, 23}

A transmissão dos microrganismos acontece, essencialmente, pelo contato das mãos dos profissionais de saúde com os pacientes e pelo contato do paciente com o material contaminado. Portanto, conforme visto anteriormente, as mãos acabam sendo o principal meio de transmissão.²⁴

Nesse sentido, vale informar que as principais e mais frequentes bactérias incidentes no surgimento das infecções hospitalares são: *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus epidermidis*.²⁴

Assim, a enterobactéria ou *Klebsiella pneumoniae*, é conhecida por ser um bacilo gram-negativo que acomete pacientes que possuem a imunidade comprometida e é encontrada em locais como esgoto, planta e água.^{22, 24}

Já o *Staphylococcus aureus* é uma bactéria esférica que faz parte do grupo dos cocos gram-positivos e é comumente encontrada na pele e nas fossas nasais. Essa bactéria pode gerar infecções consideradas simples, como espinhas e celulites, e infecções mais graves, tais como, meningite, pneumonia, entre outros.^{22, 24}

A *Pseudomonas aeruginosa* é uma bactéria gram negativa, bacilforme e aeróbica e é bastante frequente em hospitais. Essa bactéria acaba ocasionando diversos transtornos, pois afeta várias regiões do corpo. Por conta desse motivo, acaba gerando certa resistência contra os antimicrobianos.^{22, 24}

Por fim, o *Staphylococcus epidermidis*, é um microrganismo que se encontra em constante simbiose com seu hospedeiro, o que acaba acarretando infecções mais severas, sejam elas em recém-nascidos, em pacientes que possuem sua imunidade comprometida e que estão hospitalizados por mais tempo. Esse tipo de bactéria é encontrado na pele dos pacientes e é trazida ao ambiente cirúrgico pelos profissionais ou até mesmo por outros pacientes.^{22, 24}

1.2.1.4 Fontes de Infecções

Em paralelo a isso, vale informar que as principais fontes das infecções hospitalares se encontram em máscaras, uniformes, cânulas de traqueostomia, aparelhos de aerossol, frascos de drenagem, instrumental cirúrgico, entre outros.²⁵

Nessa acepção, o contágio indireto ocorre em consequência do contato de um hospedeiro vulnerável com objetos inanimados, mais conhecidos como fômites, que acabam transpassando o instrumento infectado para a pele, as mucosas, sejam elas lesadas ou íntegras, e a boca. Dessa forma, acabam contribuindo para o surgimento da infecção cruzada.²⁵

Conquanto, ressalta-se que o principal artigo hospitalar que oferece maior risco de contaminação e, posteriormente, infecção é o instrumental cirúrgico. Isso

ocorre porque nem todos os instrumentais são passíveis de esterilização pelo calor, a saber: cateteres reprocessáveis, umidificadores, citoscópios e outros mais.²⁵

Um dos principais instrumentais cirúrgicos passíveis de contaminação é a caneta de bisturi elétrico. O referido instrumental é usado ao longo da cirurgia para cortar e coagular tecidos biológicos. A sua composição abarca um eletrodo ativo (caneta) e o eletrodo de retorno (placa neutro), por conta disso acaba gerando uma corrente elétrica alternada, de frequência variada, que possui grande intensidade. Além disso, a sua composição também conta com pedais, fonte geradora de energia e cabos.^{25,26}

Em virtude desses apontamentos, a caneta de bisturi elétrico acaba sendo considerada um artigo que traz riscos tanto para a pessoa que o opera, assim como para o paciente. Dentre os riscos, citam-se: choque elétrico, queimaduras e paradas cardíacas.^{25,26}

Desta maneira, é sempre necessário, antes de qualquer cirurgia, verificar as condições de uso das canetas de bisturi elétrico, uma vez que a caneta e seu cabo estarão em contato com o campo operatório, portanto são passíveis de contaminação, por meio de microrganismos presentes no ambiente cirúrgico, e conseqüentemente, podem gerar uma infecção cruzada.^{25,26}

1.2.1.5 Infecções de Sítio Cirúrgico

As infecções de sítio cirúrgicos (ISC) são as que possuem maiores prevalências quando comparadas as demais infecções. Além disso, são as mais frequentes no mundo, ficando em segundo ou terceiro lugar.²⁷

Um estudo realizado pelo Ministério da Saúde em 1990, aponta que as ISC possuem uma taxa de incidência de 11% nos procedimentos cirúrgicos, essa margem grande de incidência só se torna possível em consequência da população atendida e dos procedimentos realizados.^{28, 29}

Em síntese, a ISC é definida por ser toda aquela infecção adquirida no local onde ocorrem os procedimentos cirúrgicos aos quais o paciente é submetido. Dentre as mais diversas infecções de âmbito hospitalar, a de sítio cirúrgico vem ganhando notoriedade quando o assunto se remete aos lugares mais tendenciosos de se adquirir infecção. A saber, as ISC correspondem cerca de 15% das infecções relacionadas à assistência à saúde. No entanto, esse número, no tempo de internação, recebe um aumento de 60%.^{28, 29}

À vista disso, indica-se que fatores endógenos e exógenos, dentro do ambiente cirúrgico, são os principais causadores de contaminação dos tecidos manipulados.²⁸

Os fatores endógenos são aqueles oriundos da própria microbiota do paciente, ou seja, o surgimento e o desenvolvimento das ISC, em sua maioria, advém de fontes de microrganismos do próprio paciente. Nesse sentido, vale informar que os microrganismos mais encontrados e os mais frequentes nas ISC são os que integram a microbiota do paciente, tais como, os cocos gram-positivos encontrados na pele, os conhecidos *Staphylococcus aureus*.²⁴

Em contrapartida, os fatores exógenos incidentes no aparecimento das ISC são associados à equipe médica, isso com relação a sujeira presente nas vestimentas, quebra durante a técnica asséptica, higiene das mãos e demais, ao ambiente que o paciente se encontram, considerando as questões de ventilação e espaço físico, aos instrumentais e quaisquer outros objetos que façam contato ou estejam presentes no campo cirúrgico.²⁸

Ao trabalhar com as ISC, tem-se a necessidade de classifica-las (**Figura 1**) conforme as áreas em que são desenvolvidas. Assim,

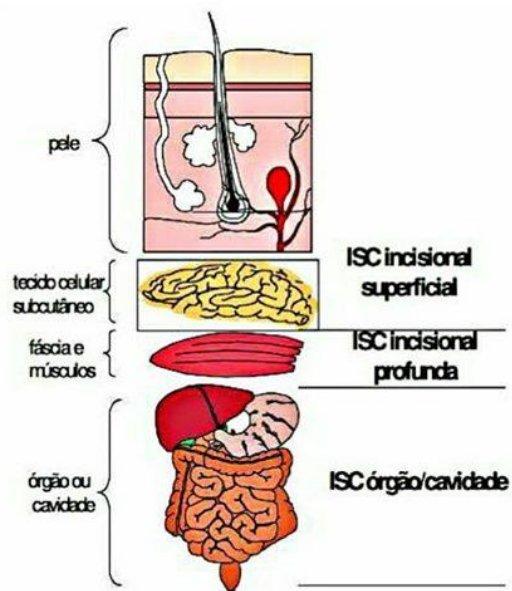


Figura 1: Classificação das Infecções do Sítio Cirúrgico.

Fonte: Anvisa [29].

Dada a classificação das ISC é necessário compreender de que maneira os critérios dessas infecções são definidos (**Tabela 1**).

<p>INCISIONAL SUPERFICIAL</p> <p>ISC – IS</p>	<p><u>Critério:</u></p> <p>Ocorre nos primeiros 30 dias após a cirurgia e envolve apenas pele e subcutâneo. Com pelo menos 1 (um) dos seguintes:</p> <p>Drenagem purulenta da incisão superficial; Cultura positiva de secreção ou tecido da incisão superficial, obtido assepticamente (não são considerados resultados de culturas colhidas por swab); A incisão superficial é deliberadamente aberta pelo cirurgião na vigência de pelo menos um dos seguintes sinais ou sintomas: dor, aumento da sensibilidade, edema local, hiperemia ou calor, EXCETO se a cultura for negativa; Diagnóstico de infecção superficial pelo médico assistente.</p> <p>Obs:</p> <p>No caso de cirurgia oftalmológica conjuntivite será definida como infecção incisional superficial. Não notificar mínima inflamação e drenagem de secreção limitada aos pontos de sutura.</p>
<p>INCISIONAL PROFUNDA</p> <p>ISC – IP</p>	<p><u>Critério:</u></p> <p>Ocorre nos primeiros 30 dias após a cirurgia ou até UM ano, se houver colocação de prótese, e envolve tecidos moles profundos à incisão (ex: fáscia e/ou músculos).</p> <p>Com pelo menos UM dos seguintes:</p> <p>Drenagem purulenta da incisão profunda, mas não de órgão/cavidade; Deiscência parcial ou total da parede abdominal ou abertura da ferida pelo cirurgião, quando o paciente apresentar pelo menos um dos seguintes sinais ou sintomas: temperatura axilar $\geq 37,8^{\circ}\text{C}$, dor ou aumento da sensibilidade local, exceto se a cultura for negativa; Presença de abscesso ou outra evidência que a infecção envolva os planos profundos da ferida, identificada em reoperação, exame clínico, histocitopatológico ou exame de imagem; Diagnóstico de infecção incisional profunda pelo médico assistente.</p>
<p>ÓRGÃO / CAVIDADE</p> <p>ISC – OC</p>	<p><u>Critério:</u></p> <p>Ocorre nos primeiros 30 dias após a cirurgia ou até UM ano, se houver colocação de prótese, e envolve qualquer órgão ou cavidade que tenha sido aberta ou manipulada durante a cirurgia.</p> <p>Com pelo menos UM dos seguintes:</p> <p>Cultura positiva de secreção ou tecido do órgão/cavidade obtido assepticamente; Presença de abscesso ou outra evidência que a infecção envolva os planos profundos da ferida, identificada em reoperação, exame clínico, histocitopatológico ou exame de imagem; Diagnóstico de infecção de órgão/cavidade pelo médico assistente.</p> <p>Obs.:</p> <p>Osteomielite do esterno após cirurgia cardíaca ou endoftalmite são consideradas infecções de órgão/cavidade. Em pacientes submetidos a cirurgias endoscópicas com penetração de cavidade, serão utilizados os mesmos critérios de infecção do sítio cirúrgico do tipo órgão-cavidade. Não há, até o momento, critérios que permitam separar infecção ascendente do trato urinário, de infecção urinária como expressão secundária de infecção em cirurgia urológica. NÃO considerar que a eliminação de secreção purulenta através de drenos seja necessariamente sinal de ISC-OC. Sinais clínicos (febre, hiperemia, dor, calor, calafrios) ou laboratoriais (leucocitose, aumento de PCR quantitativa ou VHS) são inespecíficos, mas podem sugerir infecção.</p>

Tabela 1: Critérios definidores de infecção cirúrgica.

Fonte: Adaptado de Anvisa. [29]

Em virtude disso, o controle de possíveis contaminações perioperatórias vem sendo, rigorosamente, trabalhado em ambientes hospitalares, como medida obrigatória na prevenção das ISC. Essas medidas abarcam a paramentação adequada da equipe cirúrgica, controle de acesso de pessoas, limpeza adequada de pisos, paredes, equipamentos, ou seja, processos de esterilização como um todo.³⁰

1.2.2 Esterilização

1.2.2.1 Centro de Materiais e Esterilização

Os serviços de assistência à saúde devem primar pela garantia e segurança dos materiais críticos, assim como a manutenção dos mesmos, uma vez que eles são primordiais para o nível qualidade prestado aos pacientes, ainda mais quando estão sobre algum tratamento cirúrgico.³¹

Borgheti *et al* [32] em seus estudos, abordaram a biossegurança como sendo um grande desafio para todos os profissionais da área da saúde, principalmente para àqueles pertencentes ao Centro de Materiais e Esterilização (CME), pois são os responsáveis por todo o processamento dos produtos para saúde (PPS), de modo que seja assegurado ao paciente a qualidade do serviço e utilizados materiais adequados, que passaram pelos processos de esterilização.

No âmbito da organização de saúde, o CME serve como uma unidade de apoio no que diz respeito a assistência a ser prestada aos pacientes, isso com relação a todos os serviços e diagnósticos no ambiente hospitalar que utilizem artigos médico-hospitalares.^{31,32}

A luz disso, o Ministério da Saúde afirma que o CME deve ser definido como “conjunto de elementos destinado à recepção e expurgo, preparo e esterilização, guarda e distribuição do material para as unidades de estabelecimento de saúde”.³³

Para Ouriques *et al* [34] o CME deve ser compreendido como uma variável essencial quanto ao acompanhamento dos procedimentos cirúrgicos, isso porque seu principal objetivo é garantir melhores condições cirúrgicas. Em suma, o setor busca atuar na prevenção de infecções hospitalares, de maneira direta e indireta.

O paciente internado dificilmente não necessitará de um procedimento invasivo. A maioria dos microorganismos que penetra na ferida operatória é transmitida nos setores críticos, como o Centro Cirúrgico (CC), proveniente de um reservatório ou fonte presente no campo operatório. Dessa forma, quase toda infecção é adquirida durante o período do transoperatório onde, conseqüentemente, existe maior exposição do paciente.³⁴

Todos os serviços e atividades desenvolvidas pelo CME possuem alta complexidade, pois demandam certo cuidado por parte de quem manipula os materiais médicos para que eles sejam reutilizados em outros procedimentos hospitalares, sem quaisquer contaminações.^{31,32, 34}

Assim, o processamento de artigos médico-hospitalares, envolve os processos de limpeza, verificação de sua integridade, assim como de sua

funcionalidade e acondicionamento em locais adequados até que seja feita a entrega, depois da esterilização, para as unidades de destino.

O processo de esterilização busca garantir a qualidade necessária para que os procedimentos cirúrgicos ocorram sem nenhuma interferência negativa. Portanto, o CME possui papel fundamental quanto a assistência prestada aos pacientes, mesmo que de maneira indireta.^{31, 32, 34}

Ascari et al [35] acrescenta que, apesar dessa assistência ser considerada indireta, sua função é tão importante quanto a assistência direta, uma vez que para que os procedimentos cirúrgicos ocorram sem quaisquer interferências, é necessário que ambas andem em conjunto.

Segundo Ouriques *et al* [34], torna-se necessário investir e incentivar o CME em busca de novas estratégias e meios que incidam diretamente no processo de esterilização, afim de que sejam controladas as infecções hospitalares.

Ademais, dentre as principais infecções encontradas no ambiente hospitalar, a de sítio cirúrgico é a que carrega mais complicações, isso porque elas acometem pacientes que precisam de procedimentos cirúrgicos e, portanto, acabam sendo um desafio quanto a sua prevenção e seu controle. É nesse ponto que se percebe o quão importante o CME é no controle de infecções. Por isso, torna-se fundamental que o instrumental a ser utilizado no procedimento cirúrgico seja processado adequadamente, para que não corra o risco do mesmo virar fonte de contaminação e transmissão de microrganismos.^{31,32, 34}

Para que se possam processar adequadamente os artigos – de forma a garantir a segurança do paciente – é necessário implementar programas de educação permanente em saúde que alcancem todos os profissionais que atuam nessa área, buscando mudanças no processo de trabalho por meio da sensibilização, engajamento, compartilhamento e aplicação do conhecimento científico na prática profissional, como fator fundamental para o reconhecimento e a valorização dos profissionais e no combate à infecção, pois a saúde tem sido influenciada pelos avanços tecnológicos e indicadores da qualidade dos processos, sendo que os trabalhadores precisam acompanhar essas mudanças e se tornarem mais capacitados, subsidiados por valores políticos, culturais e éticos.³⁴

A implementação e a consolidação do CME dentro dos hospitais respaldaram-se na conscientização de que o controle das infecções hospitalares deveria ser algo a se levar em conta quando o assunto é a segurança do paciente e dos procedimentos cirúrgicos que lhes são aplicados, isso porque incidem diretamente na qualidade dos serviços prestados.^{34, 35}

Além disso, o entendimento de como os procedimentos de limpeza, desinfecção e esterilização influenciam no controle e na prevenção das infecções hospitalares, especialmente as de sítio cirúrgico, reitera a importância do CME no âmbito hospitalar, uma vez que se houverem falhas nos procedimentos cirúrgicos, os surgimentos de complicações nos pacientes tornam-se mais propensos.^{34, 35}

A Anvisa, em sua RDC de nº 50, de 21 de fevereiro de 2002, dispõe sobre os estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS). A referida Resolução afirma ser obrigatória a presença do CME em todos os ambientes hospitalares que tenham centro cirúrgico, centro obstétrico, serviços de hemodinâmica, de emergência de alta complexidade e urgência.³⁶

No ambiente hospitalar, o CME representa um papel importante e fundamental, conforme visto anteriormente. Essa hipótese é corroborada quando se percebe que essa unidade é vital para o bom andamento do contexto hospitalar como um todo.^{34, 35, 36}

Acontece que isso influi diretamente na responsabilidade que é atribuída ao CME, isso com relação ao fluxograma (**figura 2**) necessário para a efetivação do processo de esterilização. Isto posto, salienta-se que o CME é caracterizado como sendo um ambiente fechado que utiliza de tecnologias de última geração e procedimentos que são bem definidos. No entanto, deve existir um rigor muito grande quanto ao cumprimento das rotinas preestabelecidas, pois somente assim os produtos estéreis serão utilizados em procedimentos cirúrgicos.^{34, 35, 36}

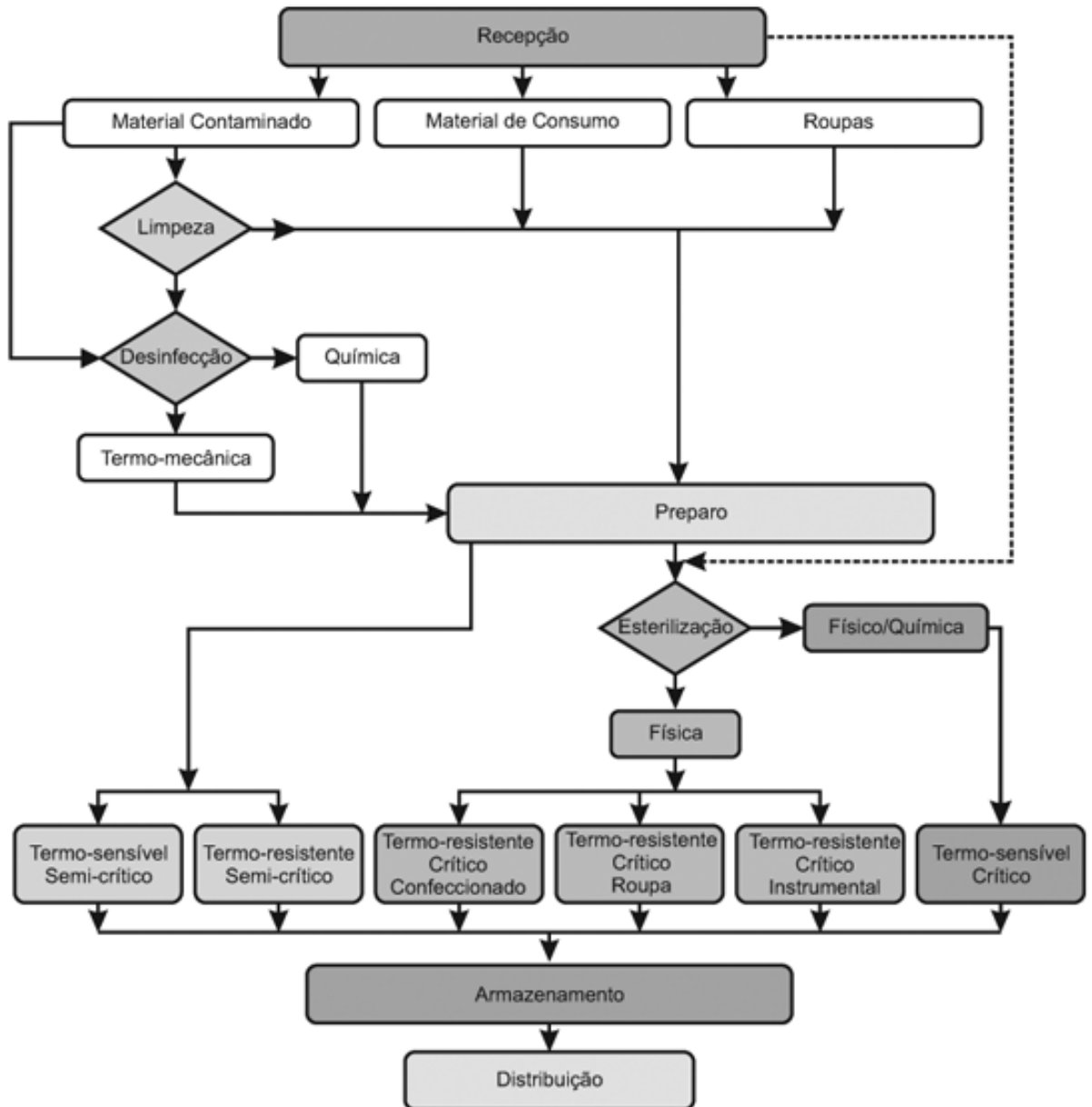


Figura 2: Fluxograma dos artigos médicos no CME.

Fonte: Jericó, Castilho [37].

Percebe-se que o fluxograma da figura 2 mostra como as atividades e os serviços no CME são realizados, passo a passo. A compreensão da interconexão entre todas as etapas, faz com que o exercício dele se transforme em algo primordial dentro do ambiente hospitalar.³⁷

Em suma, os processos de esterilização, seguidos das desinfecções e limpezas, buscam eliminar os microrganismos existentes em artigos médicos, transformando-os em superfícies seguras para serem utilizadas. Conquanto, um processo de descontaminação não abarca, necessariamente, o aval para utiliza-los

assim logo de cara, isso acontece porque existe certa variação quanto ao grau certo a ser alcançado para que sua utilização aconteça, de fato.^{36, 37}

Vale ressaltar que o CME é subdividido em três partes: a descentralizada, a semicentralizada e a centralizada. A primeira, refere-se ao fato de cada setor ser o próprio responsável pelos procedimentos de limpeza e desinfecção. A segunda, já avalia o início de concentração dos serviços envolvendo o processo de esterilização, sendo, para tanto, cada setor o responsável pela limpeza e desinfecção, o que difere da primeira é que a esterilização acaba sendo feita em uma área comum a todos os setores do EAS. Por fim, a terceira, além de ser a mais utilizada, informa que todo o processo, desde a limpeza até a esterilização e estocagem, é efetuado em um mesmo local.^{34, 35, 36}

A etapa de limpeza envolve a remoção de toda sujidade para que a carga microbiana seja devidamente retirada. A limpeza deve anteceder a desinfecção e a esterilização dos artigos médicos. O tipo de método utilizado vai de acordo com o produto a ser limpo, podendo variar de normal (fricção de escovas e enxague abundante) e mecânica (através de equipamentos).^{36, 37, 38}

Posterior a essa etapa, a desinfecção vem para realizar a eliminação dos microrganismos, em três níveis distintos: alto (as bactérias vegetativas, microbactérias, fungos e vírus são destruídos), intermediário (ação virucida e bactericida, sem que haja a destruição dos esporos) e baixo (as bactérias vegetativas são eliminadas, mas não ocorre ação contra os esporos e vírus).^{36, 37, 38}

Ademais, a etapa de desinfecção pode ocorrer por meio de dois processos: o físico e o químico. O processo físico abarca a utilização de um equipamento com temperatura entre 60°C a 90°C, por 15 minutos. Já os processos químicos envolvem agentes aldeídos, fenólicos, álcoois, peróxidos, entre outros.^{36, 37, 38}

No entanto, antes da realização do processo químico existe a obrigatoriedade de se realizar uma lavagem minuciosa, assim como secagem e enxágue abundante. A umidade do ar, na estocagem, deve variar entre 30°C a 40°C.^{37, 38}

1.2.2.2 Tipos de Esterilização

Para Gil e Laus [35] os processos de esterilização são divididos entre físico, físico-química e químico. Esses processos vão variar de acordo com a necessidade e o tipo de artigo médico a ser esterilizado.

A esterilização física acontece em autoclaves, por meio do vapor saturado sob pressão. Os equipamentos de autoclaves são feitas com câmaras de aço inoxidável, de modo que a água é acrescida em sua temperatura e pressão. Esse tipo de esterilização é mais usado em artigos termorresistentes. A utilização desse equipamento tem como principal objetivo a morte dos agentes infecciosos presentes nos instrumentais.^{35, 38}

Por outro lado, a esterilização físico-química, também ocorre em autoclaves, mas agregam agentes químicos, dentre os quais podem-se citar: formaldeído, óxido de etileno, plasma de peróxido de hidrogênio e pastilhas de formaldeído. Esse método é visto como uma nova tecnologia, pois utiliza-se a baixa temperatura (50°C) como forma de esterilizar artigos termosensíveis, sem a necessidade de aeração.^{35, 38}

A esterilização química é a imersão do instrumental em um germicida, sendo, para tanto, mais conhecido como esterilização a frio. Os principais germicidas usados nesse processo, incluem: o ácido peracético, o glutaraldeído, alcoóis, o hipoclorito de sódio e outros mais. Conquanto, quando esse tipo de esterilização é utilizado, recomenda-se que seja colocado um lavoulo para limpeza imediata, no caso de algum acidente.^{35, 38}

Outrossim, a esterilização química é dividida entre líquida e gasosa. O primeiro método, o líquido, envolve a utilização do glutaraldeído (desinfetante de alto nível), peróxido de hidrogênio (esporicida), formaldeído (usado em materiais para hemodiálises) ou ácido peracético (derivado do peróxido de hidrogênio e realiza desinfecção de alto nível). Além disso, tais métodos de esterilização apresentam algumas desvantagens, tais como toxicidade, efeito corrosivo, entre outros.^{35, 38}

Por outro lado, a esterilização por métodos químicos gasosos ocorre através da utilização do óxido de etileno. A principal vantagem desse método está no seu alto teor de difusão e penetração em materiais que são, essencialmente, sensíveis ao calor, no entanto, a sua grande desvantagem está relacionada a seu alto custo e a sua toxicidade, haja vista que isso pode incidir em reações locais na pele e nas mucosas, além de efeitos sistêmicos diversos.³⁸

De acordo com a Anvisa [39], os métodos físicos usados nos processos de esterilização, envolvem o calor úmido e o seco. A saber, deve-se considerar que o calor é um dos agentes esterilizantes mais simples e seguros, porém existem variações quanto a resistência dos microrganismos a ele. Com isso, a eficácia desse método depende da temperatura, do tempo e da água a que eles são expostos.

O calor úmido, como importante variável na utilização dos métodos físicos, depende de uma câmara conhecida como autoclave, de modo que no processo de esterilização seja empregado vapor saturado sob pressão, ou seja, ocorre a substituição do ar presente na câmara, pelo vapor saturado.^{38,39}

Para deslocar ar mais eficientemente da câmara e de dentro dos produtos, o ciclo de esterilização pode incluir estágios de evacuação de ar e de vapor. Para esse método de esterilização, a condição de referência para esterilização de preparações aquosas é de aquecimento de, no mínimo, 121 °C por pelo menos 15 minutos. Combinações distintas de tempo e temperatura podem ser utilizadas, contanto que validadas e que demonstrem a eficácia do processo escolhido, proporcionando um nível adequado e reprodutível de letalidade quando operado, rotineiramente, dentro das tolerâncias estabelecidas. São aplicados procedimentos e precauções de modo a atingir um nível de segurança de esterilidade de 10^{-6} ou melhor. Combinações de tempo e temperatura devem ser estabelecidas baseadas em fatores como natureza do material e sua termolabilidade, penetrabilidade do vapor no produto a ser esterilizado e outros parâmetros definidos no processo de validação.³⁹

Portanto, para que esse tipo de processo de esterilização pautar-se na eficiência, quanto a eliminação da carga microbiana, deve-se considerar que a distribuição do vapor dentro da autoclave deve abranger, inclusive, os locais de mais difícil acesso.^{38, 39}

Já a esterilização térmica realizada por meio do calor seco, deve ser efetuada em uma estufa em que haja distribuição homogênea do calor, sendo necessário, para tanto, a circulação forçada do ar. Pode receber esse tipo de esterilização, materiais como: vidros, metais, soluções oleosas, tecidos especiais, entre outros.³⁹

Esse processo é aplicado, principalmente, para materiais sensíveis à esterilização por calor úmido. Para esse método de esterilização, a condição de referência é uma temperatura mínima de 160 °C por, pelo menos, 2 horas. Combinações distintas de tempo e temperatura podem ser utilizadas, contanto que validadas e que demonstrem a eficácia do processo escolhido, proporcionando um nível adequado e reprodutível de letalidade quando operado rotineiramente dentro das tolerâncias estabelecidas. Um nível de garantia de esterilidade de 10^{-12} é considerado aceitável para produtos termoestáveis. Um exemplo de indicador biológico para validar e monitorar a esterilização por calor seco é a preparação de esporos de *Bacillus atrophaeus*.³⁹

Assim, vale enfatizar que para que ocorra a eficiência na eliminação da carga microbiana, alguns fatores devem ser considerados, para tanto. Esses fatores, conforme vistos anteriormente, incluem a temperatura, o tempo em que o material é exposto no processo de esterilização e a presença ou não da água. No calor úmido, ocorre a cauterização das proteínas celulares dos microrganismos. Já no calor seco, ocorrem processos oxidativos que demanda maior tempo de exposição, assim como altas temperaturas.^{37, 38, 39}

1.2.3 Necessidade de Novos Agentes de Esterilização

Uma das principais preocupações quanto aos agentes de esterilização, está no que concerne os gastos efetivados em prol da eliminação microbiana. Com o avanço tecnológico, os agentes físicos e químicos convencionais acabaram perdendo força, dando espaço, para tanto, a novos agentes de esterilização que visavam a diminuição do tempo e do custo.^{39, 40}

Leoncine *et al* [40], em seus estudos, informam que o hospital é reconhecido por ser uma instituição, em termos da saúde, quase completa, porque engloba a equipe de profissionais, assim como os serviços prestados, as tecnologias médicas e os equipamentos utilizados.

Em consequência disso, a gestão de custos, sejam eles diretos ou indiretos, é uma variável extremamente importante no que concerne o gerenciamento e controle dos gastos realizados no ambiente hospitalar. Dessa forma, é necessário que ocorra implementação dos centros de custos para que sejam gerados os controles desejados.

O método dos centros de custos representa o instrumento mais tradicional de gestão de custos. Assim, essa abordagem de custeio é largamente utilizada para o processo de apuração dos custos hospitalares, ou seja, para o cálculo dos custos de todos os centros de custos, bem como para o cálculo dos custos por procedimento hospitalar.⁴⁰

Nesse sentido, vale ressaltar que o gerenciamento de custos acaba ocasionando as adequações necessárias para que ocorra o equilíbrio entre os processos administrativos e a oferta de serviços.⁴¹

Com isso, as competências assertivas que envolvem o conhecimento e as habilidades para a tomada de decisão, promovem melhorias contínuas nos gerenciamentos de custos que acabam levando a efetivação nos resultados econômicos da instituição hospitalar.⁴¹

A luz desse gerenciamento de custos, o Centro de Materiais e Esterilização (CME) adentra-se nesse cenário como um dos principais setores que mais contribuem para a diminuição dos gastos, haja vista sua importância no ambiente hospitalar. Nessa perspectiva, vale informar que, por ser uma unidade de apoio técnico, o CME torna-se responsável por fornecer os artigos médicos hospitalares, assegurando-os quanto ao processamento e à assistência à saúde.^{40,41}

Os agentes físicos e químicos utilizados na esterilização de artigos médicos hospitalares, respalda-se, muitas vezes no alto custo atribuído ao seu reprocessamento. Assim, viu-se a necessidade de se buscar novos métodos que visassem e contribuíssem para a diminuição dos custos diretos causados pelos agentes esterilizadores, anteriormente usados. No caso, o enfoque será na utilização do ozônio na esterilização como principal fonte, quando se considera a redução de gastos.⁴¹

1.2.4 Ozônio na Área da Saúde

Antes de adentrar-se na utilização do ozônio no processo de esterilização, existe a necessidade de se fazer alguns apontamentos com relação a sua influência sobre os procedimentos terapêuticos e demais interferências na área da saúde.

Assim, no ano de 1834, o alemão Cristian Friedrich Schönbein descobriu o ozônio. Seu reconhecimento ocorreu essencialmente pelo odor transmitido pelo gás e, por conta disso, o referido químico passou a investigá-lo.⁴²

Em sua investigação ficou estabelecido que, ao liberar descarga elétrica sobre a água, o odor era exalado. Mais adiante foi verificado que o O_3 agia como um importante oxidante e desinfetante, essencialmente na área de saúde. Já em 1857, o Dr. Werner Von Siemens, em suas pesquisas, verificou a importância do O_3 e acabou desenvolvendo um gerador de alta frequência que, a partir de descargas elétricas em átomos de O_2 , formava o gás ozônio.⁴²

Assim sendo, vale destacar que O_3 é uma molécula constituída de três átomos de oxigênio, em uma estrutura dinamicamente instável devido à presença de estados mesoméricos. O gás é incolor, acre em cheiro e é explosivo em forma líquida ou sólida. Tem uma semi-vida de 40 min a 20 ° C e cerca de 140 minutos a 0 ° C.⁴³

Sua função básica é proteger os seres humanos contra os efeitos nocivos das radiações UV. O ozônio ocorre a menos de 20 µg / m³ da superfície da Terra em concentrações que são perfeitamente compatíveis com a vida.⁴³

Embora o O₃ tenha efeitos perigosos, diversos pesquisadores acreditam que o mesmo possui efeitos terapêuticos. Assim sendo, o surgimento de geradores de O₃ médicos precisos, permitiu que os mecanismos, a ação e a possível toxicidade do O₃ fossem avaliadas por ensaios clínicos.^{42,43}

O ozônio tem capacidade para oxidar compostos orgânicos e tem efeitos tóxicos bem conhecidos no trato respiratório quando presente em poluição atmosférica.^{42,43}

Em uso médico, o gás produzido, a partir de oxigênio de grau médico, é administrado em doses terapêuticas precisas e nunca por inalação e é defendido como tendo excelentes benefícios para a saúde em cáries dentárias, diminuição do colesterol no sangue, além de estimular as respostas antioxidantes, modificar a oxigenação no músculo em repouso e para tratamento complementar de síndromes hipóxicas e isquêmicas.^{42,43}

A utilização do ozônio para fins terapêuticos foi, inicialmente, aplicada no tratamento de soldados alemães que apresentavam feridas (em estágio de gangrena), fraturas ósseas supuradas e abscesso na Primeira Guerra Mundial, por intermédio do Dr. Hans Wolff, que dedicou sua vida para pesquisar o uso do gás ozônio na medicina.⁴²

No Brasil, o tratamento com o ozônio foi iniciado em 1975, através do Dr. Henz Konrad, sendo utilizado até os dias atuais.⁴²

Este gás vem ganhando notoriedade em diversas áreas de conhecimento, isso porque suas propriedades químicas são extremamente relevantes e influentes na resolução e no auxílio em diversas áreas da saúde, por conta do seu alto potencial bacteriológico e imunoestimulante⁴⁴.

O ozônio na área da saúde, também pode ser considerado como um medicamento ativo que pode ser usado para fins terapêuticos em diversas doenças. No entanto, a sua utilização dependerá do grau da doença a ser tratada e da sua aplicabilidade, uma vez que existe certa variação no processo de mistura entre o oxigênio e o ozônio para o tratamento das doenças.^{42,43,44}

Na medicina, o ozônio exerce influência positiva na desinfecção de lesões, isso porque o gás possui efeitos fungicida e bactericida. Além disso, ele é abarcado

em tratamentos sanguíneos interligados à circulação e também se relaciona com a melhora na imunidade do organismo.^{42,43,44}

Com isso, pode-se verificar que, dada a sua importância no tratamento de algumas doenças e de outras interferências, o ozônio possui ações diversas quando associado à sua utilização na área da saúde. Nesse sentido, vale informar que, além da ação exercida depender do local em que será aplicado, existe a influência da umidade, da oxigenação e da temperatura na eficácia do tratamento.⁴⁴

1.2.5. Ozônio como forma de esterilização

Dada à necessidade de surgimento de novos agentes esterilizantes, diversos pesquisadores focaram na descoberta de um agente que fosse capaz de eliminar a carga microbiana de maneira mais rápida e que tivesse um custo menor, haja vista que o intuito é manter a qualidade do serviço e assegurar a assistência prestada aos pacientes no ambiente hospitalar.^{1,2}

O O₃ passou a ser indicado como forma de esterilização de instrumentos cirúrgicos, dentre os quais citam-se as canetas de bisturi elétrico, por possuir alto teor oxidativo. Seu emprego se daria em materiais compostos por titânio, aço inox, borracha, cerâmica, cloro de polivinil, poliuretano, entre outros.

Com o tempo, foram desenvolvidos equipamentos de autoclave que fossem pertinentes e eficazes para a realização da esterilização de instrumentos médicos-hospitalares, utilizando o ozônio como principal agente, dada a sua potência germicida, seu teor oxidante, sua segurança, sua eficiência e seu poder econômico.^{1,2,44}

Em paralelo a isso, ressalta-se que a utilização de um dispositivo médico depende do quão estéril o material se encontra, muitas vezes, por serem sensíveis a danos químicos e térmicos, os métodos tradicionais de esterilização não trarão efeitos positivos e, por conta disso, a utilização de novos métodos se faz necessária. Com isso, ao introduzir o gás ozônio no processo de esterilização dos dispositivos médicos, em especial a caneta de bisturi elétrico, verificou-se a adequação necessária que faltava para a eficácia tornar-se evidente.⁴⁵

O ozônio é um agente antimicrobiano único. Na verdade, é o agente antimicrobiano oxidante mais agressivo conhecido pelo homem. O ozônio é formado pela aplicação de energia elétrica à molécula de oxigênio, que separa uma parte dessas moléculas de oxigênio pela metade, em singletos de Oxigênio. Esses átomos

de Oxigênio únicos se ligam ao O_2 por um período de tempo muito curto, tornando-se O_3 , que tem uma meia-vida, em seu estado natural, de cerca de 20 minutos antes e por si só, converte-se de volta ao oxigênio, liberando seu singleto de O .^{1,45}

Durante essa fase ativa como ozônio, ele reage a qualquer composto orgânico por oxidação de ligações duplas de carbono. Assim, ao contrário de muitas outras tecnologias de esterilização, no ato de separar literalmente a célula, destruindo-a, converte-se de volta ao oxigênio, que é um produto de resíduos muito benigno.^{1,45}

Nesse sentido, um esterilizador de ozônio é capaz de aproveitar os poderes únicos do ozônio, produzindo-o dentro do esterilizador de oxigênio de grau médico, que é comumente disponível em hospitais. Esta capacidade é adequada para esterilizar dispositivos médicos delicados, que não suportam o alto calor e umidade da autoclave de vapor padrão. Assim, ao surgir como um novo processo de esterilização a baixa temperatura, sua eficácia microbiana tem sido comprovada com uma variedade de microrganismos.⁴⁶

Na verdade, por sua vez, o ozônio pode ser bastante perigoso: é tóxico, corrosivo e inflamável, mas, como o ozônio é produzido e quebrado no esterilizador, as chances de exposição ao mesmo são bastante pequenas. O ozônio residual é destruído passando por um catalisador simples, que o traz de volta a um estado de oxigênio que pode ser expulso com segurança para o ar.⁴⁷

A luz disso, ao considerar a eficácia da esterilização de canetas de bisturi elétrico, usando o O_3 como principal agente, verifica-se que a sua utilização deve ser cada vez mais constante, haja vista sua influência na eliminação microbiana, isso porque o referido equipamento encontra-se em constante contato com tecidos e sangue. Ademais, vale informar quais são as vantagens e as desvantagens quanto a utilização do ozônio no processo de esterilização (**tabela 2**).

Tabela 2. Vantagens e desvantagens da utilização do ozônio.

Vantagens	Desvantagens
Precisa apenas de oxigênio de grau médico, que não é um gás perigoso para manipular ou transportar.	O ozônio em si é um gás tóxico e inflamável.
O oxigênio de grau médico está prontamente disponível em hospitais de todo o mundo, removendo a sobrecarga adicional de esterilizantes caros.	O tempo de ciclo é maior do que a esterilização por plasma de peróxido de hidrogênio.
Não deixa fumaça tóxica ou resíduos, em vez disso converte de volta ao oxigênio que pode ser liberado com segurança no ar.	
Se houvessem vazamentos, mesmo em pequenas quantidades de ozônio, poderiam ser detectadas pelo seu cheiro pungente.	
O tempo de ciclo é menor do que a esterilização de óxido de etileno (EtO).	
O custo por ciclo é mais barato do que o EtO, pois sua aquisição é mais rápida e o custo, menor.	

Fonte: Adaptado de Slavish [10].

Por fim, conforme o que foi elencado percebe-se o grande potencial que o O₃ possui para com os processos de esterilização de dispositivos médicos. A tendência é que pesquisas mais aprofundadas quanto a utilização do ozônio, sejam realizadas a fim de corroborar as hipóteses referentes a sua segurança e a sua rentabilidade.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

- Verificar a eficácia do ozônio como alternativa para a esterilização das canetas de bisturi elétrico.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar os microrganismos presentes nas canetas de bisturi elétrico.
- Analisar em qual tempo acontece a destruição dos microrganismos das canetas de bisturi elétrico submetidas ao ozônio.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para este experimento foram avaliadas canetas de bisturis elétricos, após sua utilização em um centro cirúrgico de cirurgias de pequeno porte (cirurgias urológicas, dermatológicas e gerais), oferecidas em um Ambulatório Médico de Especialidades de uma cidade do Noroeste Paulista, no ano de 2017. Os tratamentos foram: canetas de bisturis elétricos não lavadas, tratadas com ozônio a 5, 10 e 15 minutos. Para a realização dos testes de desinfecção cada uma das 8 canetas utilizadas na amostra, foram submetidos à ozonização com dose de 140, 280, 420 mg L⁻¹ de ozônio.

O ozônio foi obtido por um equipamento gerador corona, Modelo Ozone & Life[®] (Medical System), sendo a concentração do gás limitada pelo equipamento, calibrado em uma vazão de O₃ de 28 mg. L⁻¹. O fluxo de entrada do gás oxigênio (O₂) utilizado foi de 1L por minuto de O₂ e a temperatura do ambiente controlada entre 18-20°C durante todo o experimento. O gás ozônio foi conduzido ao recipiente de ozonização por meio de um tubo de silicone.

Foi utilizado um sistema de fumigação de ozônio modificado, onde esta câmara foi projetada para melhorar a aplicação de ozônio nas superfícies a serem desinfetadas e para reduzir o tempo necessário para aumentar as concentrações de ozônio desejadas no interior da mesma. A câmara usada na ozonização foi confeccionada em vidro, em formato retangular, com dimensões de 25,5 x 25,0 x 15,3 cm (volume 9,753 cm³ ou 9,753 L).

Para iniciar o processo de ozonização a câmara foi fechada na parte superior com uma tampa móvel para inserção e retirada do material. Nas extremidades foram colocados orifícios que permitissem a entrada e saída do gás. Cada caneta foi colocada no interior da câmara e exposta ao ozônio uma vez que a concentração desejada foi atingida.

Finalizado cada período de ozonização foram retiradas amostras da superfície da caneta de bisturi tratado para a realização das análises microbiológicas, utilizando-se swabs umedecidos em solução salina e friccionados na superfície, e depositados em tubos contendo 10 mL de solução de Cloreto de Sódio (NaCl) 0,5% estéril.

Para avaliação da eficácia do processo de desinfecção foi utilizada a metodologia descrita por Neto Os meios utilizados para o cultivo do material coletado dos bisturis elétricos foram o Ágar Sabouraud-dextrose, Ágar triptecaseína-

soja, Ágar Baird Parker e Ágar Cetrimide, incubados a 37 °C por 24-48 horas, após se procedeu com a contagem de unidades formadoras de colônias (UFC) e identificação dos micro-organismos presentes em cada uma das placas. Para se realizar as coletas dos materiais para análise das canetas de bisturis elétricos, utilizou-se o fluxo laminar e equipamentos de proteção individual.

As bactérias e os fungos isolados foram caracterizados, respectivamente, pela Coloração de Gram e pelo Azul de Algodão e identificados por métodos bioquímicos.

Para a identificação das espécies bacterianas Gram-negativas foi utilizado o sistema API 20E (Analytical Profile Index, BioMérieux) e para a caracterização das espécies bacterianas Gram-positivas foram realizados os testes breaq: catalase, coagulase, DNase, oxidase e hemólise.

Todos os experimentos para as análises microbiológicas, tanto das amostras coletadas das canetas de bisturi antes do tratamento quanto para as amostras tratadas, foram realizados em triplicata.

Para a avaliação da eficácia do efeito antimicrobiano de cada um dos tratamentos com ozônio, um estudo sobre a variação da carga microbiana foi realizado a fim de observar qual tratamento apresentou a maior variação negativa (queda) na contagem microbiana. Nesse contexto, a variação percentual da contagem microbiana consistiu da seguinte relação:

$$\text{Variação}_{\text{contagem microbiana (\%)}} = \frac{\text{Contagem}_{5\text{min}} - \text{Contagem}_{0\text{min}}}{\text{Contagem}_{0\text{min}}} \times 100$$

De acordo com a expressão acima, variações negativas mostram diminuição na contagem microbiana e variações positivas mostram aumento da contagem microbiana à medida que o tempo de exposição aumenta.

Os resultados foram avaliados pelo teste de Kruskal-Wallis com posterior teste de comparação múltipla de Dunn para comparar a contagem microbiana dos mesófilos totais em relação aos tratamentos com ozônio. Análise descritiva percentual da ocorrência de diferentes micro-organismos de acordo com os tratamentos empregados também foi realizada. Todos os testes estatísticos foram aplicados com nível de significância de 5% (P<0,05).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras foram avaliadas antes e depois de serem submetidas ao ozônio, em intervalos diferenciados, sendo eles: 5 minutos, 10 minutos e 15 minutos. Na **Tabela 3** estão evidenciadas as estatísticas descritivas da contagem microbiana dos bisturis elétricos avaliados no estudo de acordo com os tratamentos empregados. Verificou-se que houve diferenças significativas entre a contagem microbiana quando os tratamentos foram comparados ($p < 0,001$).

Tabela 3. Estatísticas descritivas da contagem de mesófilos totais de acordo com os tratamentos utilizando ozônio.

Tratamento	Média±desvio padrão	Mediana ²	(Mín;Máx)
Sem ozônio	$5,9.10^3 \pm 1,4.10^4$	$3,0.10^2$ a	($1,3.10^2$; $4,4.10^4$)
Ozônio por 5 minutos	$8,3.10^1 \pm 1,3.10^2$	$2,9.10^1$ b	($1,0.10^0$; $5,0.10^2$)
Ozônio por 10 minutos	$1,8.10^1 \pm 4,2.10^1$	$2,5.10^0$ c	($1,0.10^0$; $1,6.10^2$)
Ozônio por 15 minutos	$0,0 \pm 0,0$	$0,0$ d	($0,0; 0,0$)
Valor P	(<0,001)		

¹ Valor P referente ao teste de Kruskal-Wallis a $P < 0,05$.² Letras diferentes na mesma coluna diferenciam-se entre si pelo teste de comparação múltipla de Dunn a $P < 0,05$.

Fonte: Do próprio autor.

Foi possível observar que a contagem dos mesófilos totais foi superior para o tratamento sem ozonização e, quando os bisturis foram submetidos a tempos diferenciados de ozonização, a contagem dos mesófilos totais foi decrescendo de forma significativa. A presença de um número relativamente elevado de microorganismos nas canetas de bisturi elétrico (**Tabela 3**) estão relacionadas a capacidade dos microrganismos em colonizarem superfícies abióticas ou tecidos animais e vegetais.

A colonização de dispositivos médicos e a formação de biofilmes na sua superfície podem desencadear infecções graves principalmente em humanos com deficiência de sistema imunológico. Na atualidade são empregados vários métodos para a prevenção da formação de biofilmes microbianos, ainda assim, uma vez que um biofilme é formado, sua eliminação requer a utilização de métodos mais apurados, tais como: plasma a frio, ultrassom, laser, tratamento com água ozonizada, gás ozônio entre outros.⁵⁴

Após o tratamento das canetas com ozônio, verificou-se que foram necessários 15 minutos de exposição das amostras ao gás para comprovar a ausência total de mesófilos totais nas amostras avaliadas (**Tabela 3**). Segundo

Brodowska *et al*[55], após o tratamento com ozônio, a taxa de sobrevivência dos microrganismos diminui drasticamente, evidenciando que a eficiência do tratamento com ozônio depende do tempo de contato com o gás e da dose de mesmo

Os dados da **Tabela 4** indicam diferenças estatisticamente significativas na contagem dos mesófilos totais. A variação nos primeiros 5 minutos de exposição foi relevante, apresentando redução de 96,5 % na contagem dos mesófilos totais nos bisturis elétricos, pressupondo que os primeiros cinco minutos de exposição já são suficientes para que a contagem microbiana dos mesófilos totais apresente uma redução significativa. Desse modo, o tratamento com ozônio a 15 minutos é o mais eficaz no objetivo de desinfecção dos bisturis elétricos, já que nesse tempo de exposição ocorreu contagem microbiana nula.

Tabela 4. Estatísticas descritivas da variação percentual (%) da contagem microbiana em relação aos tratamentos empregados com ozônio.

Tempos de exposição ao ozônio	Variação da contagem microbiana (%)	
	Média±desvio padrão	Mediana ²
0 a 5 min	-89,4±14,0	-96,5 b
5 a 10 min	-70,8±39,4	-81,5 a
10 a 15 min	-100±0,0	-100 c
Valor P ¹	<0,001	

¹ Valor P referente ao teste de Kruskal-Wallis a $P < 0,05$. ² Letras diferentes na mesma coluna diferenciam-se entre si pelo teste de comparação múltipla de Dunn a $P < 0,05$.

Resultados semelhantes foram observados por Brodowska *et al*[55] em estudo para o desenvolvimento de um modelo de tratamento de vários microrganismos com diferentes doses de ozônio e de tempos de contato.

Os resultados indicaram que o aumento da concentração de ozônio e o tempo de contato aumentaram as taxas de redução na carga microbiana. Estes autores afirmam que as células que sobrevivem tornam-se mais resistentes ao ozônio e que a eficácia do tratamento com ozônio diminui com o tempo. Isso significa que um maior tempo de contato com o ozônio pode ter um impacto negativo na qualidade do produto sob a perspectiva microbiológica, causando maior resistência ao ozônio e à reativação.

Devido à sua meia vida curta, sua toxicidade e reatividade, o gás ozônio deve ser produzido no local. O ozônio reage mais lentamente com ácidos graxos e

carboidratos, e mais rapidamente com proteínas, amins, aminoácidos, ácidos nucleicos e grupos funcionais de proteínas.⁵⁶

Assim a fumigação de materiais com gás ozônio pode constituir um sistema antimicrobiano alternativo eficaz, uma vez que é capaz de penetrar em todas as irregularidades superficiais e é aplicável a um amplo espectro microbiano.^{57,}

58

Tabela 5. Ocorrência dos micro-organismos encontrados nos bisturis elétricos de acordo com o tempo de exposição ao ozônio.

Micro-organismos	Sem ozônio	5 min	10 min	15 min	Total
<i>Staphylococcus aureus</i>	3 (50,0%)	3 (50,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	6
<i>Escherichia coli</i>	5 (100%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	5
<i>Candida albicans</i>	6 (33,3%)	6 (33,3%)	6 (33,3%)	0 (0,0%)	18
<i>Proteus vulgaris</i>	2 (100%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2
<i>Micrococcus spp.</i>	3 (50,0%)	3 (50,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	6
<i>Bacillus spp.</i>	2 (50,0%)	2 (50,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	4
<i>Proteus mirabilis</i>	1 (100%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1
Total	22	14	6	0	42

De acordo com os resultados da Tabela 5 é possível observar que o tratamento sem ozônio apresentou maior quantidade e a maior diversidade de micro-organismos quando comparados aos demais tratamentos. A partir do momento que a exposição ao ozônio foi aumentando, o número de ocorrências e, a variedade de micro-organismos foi diminuindo de forma drástica até culminar na total supressão dos micro-organismos avaliados a 15 minutos de exposição ao ozônio.

Além disso, *Escherichia coli* e *Proteus spp* apresentaram maior sensibilidade ao ozônio, visto que com apenas 5 minutos de exposição a contagem foi nula enquanto que para *Staphylococcus*, *Micrococcus* e *Bacillus* foram necessários 10 minutos. Em contrapartida, a levedura *Candida albicans* exibiu maior resistência ao tratamento com ozônio e somente verificou-se ocorrência nula aos 15 minutos de exposição ao agente desinfetante (**Figura 3**).

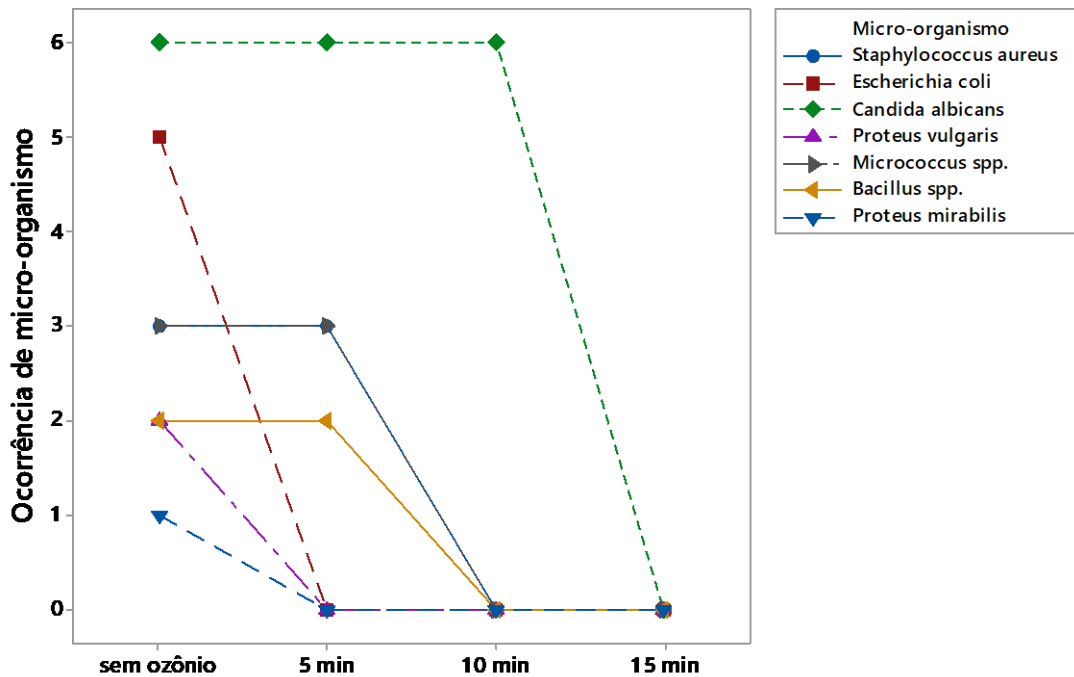


Figura 3. Ocorrência de diferentes micro-organismos de acordo com os tratamentos empregados no estudo.

Fonte: Do próprio autor.

De acordo com Tormin *et al* [59] o ozônio tem efeito bactericida sobre bactérias multirresistentes, sendo este efeito proporcional à concentração e ao tempo de exposição.

O ozônio apresenta atividade bactericida em micro-organismos Gram-positivos e Gram-negativos, assim como em esporos⁶⁰. Os principais mecanismos pelos quais o ozônio exerce o efeito bactericida são a oxidação de grupos sulfidrilo e aminoácidos de enzimas, peptídeos e proteínas e, a oxidação dos ácidos graxos polinsaturados (PUFAs).

Nas bactérias Gram-negativas, os efeitos destrutivos incidem nas camadas de lipoproteína e lipopolissacarídeos, o que contribui para o aumento da permeabilidade das células, que resulta na sua lise.^{61, 62}

Atualmente, não há dúvidas quanto à capacidade bactericida, fungicida, virucida do ozônio, no entanto o uso do ozônio requer alguns cuidados, pois é um gás extremamente tóxico em concentrações elevadas.¹

Por esta razão ao decidir aplicar um método de descontaminação com gás ozônio, é necessário saber sobre qual a relação da concentração de gás a ser alcançada e a capacidade de difusão do ozônio, entre carga microbiana e o tempo, para que se possa definir sua capacidade como esterilizante ou desinfetante.⁶³

A AORN (Association of Perioperative Registered Nurses) afirma que o O_3 é um potente oxidante quando recomenda práticas de esterilização de produtos para a saúde, e que poderia se constituir num efetivo sistema de esterilização a baixa temperatura. Entretanto, se faz necessário entender melhor a relação entre carga microbiana, tempo, concentração, umidade e capacidade de difusão do O_3 , pois são estes aspectos essenciais para analisar e definir sua capacidade como esterilizante

4. CONCLUSÕES

Frente aos resultados encontrados, é possível concluir que o gás ozônio apresentou-se eficiente na esterilização de canetas de bisturi elétrico, quando tratados no tempo de 15 minutos, contra todos os microrganismos previamente isolados, independentemente de sua carga microbiana, sendo de 10 minutos para bactérias e 15 minutos para leveduras.

É válido lembrar que as canetas de bisturi elétrico não haviam sido previamente lavadas, o que diminui ainda mais o custo e o tempo do processo de esterilização, tornando o mesmo mais viável do ponto de vista econômico para as instituições que prestam assistência a saúde, além de diminuir o impacto ambiental.

Estudos recentes afirmam que o ozônio, apresenta-se como alternativa promissora ao processo de esterilização, e que o mesmo pode gerar uma economia significativa em relação aos meios utilizados atualmente, visto que a busca por novas tecnologias na área da saúde se torna cada vez mais incessante. Entretanto, novas pesquisas são importantes para subsidiar os pontos positivos e negativos do ozônio, evidenciando suas potencialidades e limitações.

REFERÊNCIAS

1. Sousa CS, Torres LM, Azevedo MPF, Camargo TC, Graziano KU, Lacerda RA, Turrini RNT. Ozônio na esterilização de produtos para assistência à saúde: revisão integrativa da literatura. *Rev Esc Enferm USP*. 2011; 45(5): 1243-1249.
2. Oliveira RM, Leitão IMTA, Silva LMS, Figueiredo SV, Sampaio RL, Gondim MM. Estratégias para promover segurança do paciente: da identificação dos riscos às práticas baseadas em evidências. *Esc Anna Nery* 2014;18(1):122-129.
3. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil). Resolução n. 36, de 25 de julho de 2013. Institui ações para a segurança do paciente em serviços de saúde e dá outras providências. *Diário Oficial da União* 26 de julho de 2013.
4. Brasil. Ministério da Saúde. Coordenação de Controle de Infecção Hospitalar. *Processamento de Artigos e Superfícies em Estabelecimentos de Saúde*. 2. ed. Brasília, 1994. 50p.
5. Rutala WA, Weber DJ. Disinfection and sterilization: An overview. *American Journal of Infection Control*. 2013; 41:S2-S5.
6. Padoveze MC, Delmonte MCC. Limpeza e desinfecção de artigos. In: APECIH. *Associação Paulista de Estudos e Controle de Infecção Hospitalar*. São Paulo, 1999.
7. Silva SA, Silva ALC, Corrêa AL. O Conhecimento de Profissionais da Enfermagem sobre Ozonioterapia Tópica em Feridas. XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2008.
8. Alisson E. Empresa Desenvolve Esterilizador à Base de Ozônio. Agência Fapesp. 2013.
9. Garcia CA, Stanziola L, Vieira IS, Naves JHFF, Neves, SMN. O gás ozônio na descontaminação de ambientes cirúrgicos. *Veterinária Notícias*. 2013; 14(2):37-40.
10. Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. ANVISA. *Manual de Segurança no Ambiente Hospitalar*. Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2003.
11. Slavish SM. *Manual de Prevenção e Controle de Infecções para Hospitais*. Porto Alegre: Artmed; 2012. p. 111.
12. Neto SB, Graziano KU, Padoveze MC, Kawagoe JY. Eficácia da esterilização de canetas de bisturi elétrico de uso único reprocessadas. *Rev. Latino-Am. Enfermagem*. 2010; 18(1): 1-7.

13. Conti R, Guimarães DO, Pupo MT. Aprendendo com as interações da natureza: microrganismos simbiotes como fontes de produtos naturais bioativos. *Cienc. Cult.* 2012; 64(3): 43-47.
14. Almeida C, Júnior W, Nascimento G, Presotti C, Sousa C. Material Particulado, microbiota aérea e resistência Antimicrobiana da *Staphylococcus aureus* em cirurgia ortopédica. *Revista SOBECC.* 2013;18(2): 45-56.
15. Meneguetti MG, Canini SRMS, Belissimo-Rodrigues F, Laus AM. Avaliação dos Programas de Controle de Infecção Hospitalar em serviços de saúde. *Rev. Latino-Am. Enferm.* 2015; 23(1): 98-105.
16. Brasil. Ministério da Saúde – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Segurança do Paciente em Serviços de Saúde: Higienização das Mãos.* 1. ed. Brasília, 2009. 109p.
17. Garcia LM, César ICO, Braga CA, Souza GAAD, Mota EC. Perfil epidemiológico das infecções hospitalares por bactérias multidrogarresistentes em um hospital do norte de Minas Gerais. *Rev Epidemiol Control Infect.* 2013;3(2):45-49.
18. Ribeiro AEO, Lima MS, Castro RA, Ribeiro TLS, Santos CRB. Infecções hospitalares: aspectos relevantes e a atuação dos profissionais de enfermagem no controle de infecções. *Mostra Interdisciplinar do curso de Enfermagem.* 2017; 2(1): s/p.
19. Brasil. Ministério da Saúde. Portaria nº 2616 de 12 de maio de 1998. Programa de Controle de Infecção Hospitalar. Brasília, 1998.
20. Giarola LB, Baratieri T, Costa AM, Bedendo J, Marcon SS, Waidman MAP. Infecção Hospitalar na Perspectiva dos Profissionais de Enfermagem: um estudo bibliográfico. *Cogitare Enferm.* 2012; 17(1):151-157.
21. Ferreira FS, Chrizostimo EM, Azevedo LM, Ferreira SS, Braga DS, Lima AL. Um desafio para o controlador de infecção: falta de adesão da enfermagem às medidas de prevenção e controle. *Enfermería Global.* 2013; (2):330-343.
22. Azambuja EP, Pires DP, Vaz MRC. Prevenção e controle da infecção hospitalar: as interfaces com o processo de formação do trabalhador. *Texto contexto - enferm.* 2004; 13: 79-85.
23. Oliveira AC, Silva MDM. Caracterização epidemiológica dos microrganismos presentes em jalecos dos profissionais de saúde. *Rev. Eletr. Enf.* 2013;15(1):80-87.
24. Albuquerque AM, Souza APM, Torquato IMB, Trigueiro JVS, Ferreira JA, Ramalho MAN. Infecção cruzada no centro de terapia intensiva à luz da literatura. *Rev. Ciênc. Saúde Nova Esperança.* 2013;11(1):78-87.
25. Sampaio CPS, Dia IM, Faria FM, Oliveira MVM. Principais bactérias causadoras de infecção hospitalar. *Rev. Dig.* 2013; 18(182): s/p.

26. Reis UOP. Controle da infecção hospitalar no centro cirúrgico: revisão integrativa. Rev. Baian. de Enf. 2014; 28(3): 303-310.
27. Christie B. Introduction to Biomedical Instrumentation: The Technology of Patient Care. New York: Cambridge; 2007.
28. Fusco SFB et al. Infecção de sítio cirúrgico e seus fatores de risco em cirurgias de cólon. Rev Esc Enferm USP - 2016;50(1):43-49.
29. Centers for Disease Control and Prevention. The National Healthcare Safety Network. Surgical Site Infection (SSI) Event. Manual: patient safety component manual [Internet]. Atlanta: CDC; 2015.
30. Brasil. Ministério da Saúde; Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Critérios nacionais de infecções relacionadas à assistência [Internet]. Brasília; 2009.
31. Amaral AM, Filho AD, Sousa MMA, Barbosa PA, Gontijo Filho PP. Importância da proteção da mesa de instrumentais cirúrgicos na contaminação intraoperatória de cirurgias limpas. Rev. Latino-Am. Enfermagem. 2013;21(1): 1-8.
32. Moriya GAA, Graziano KU. Avaliação da manutenção da esterilidade de materiais úmidos/molhados após a esterilização por vapor e armazenamento por 30 dias. Rev. Latino-Am. Enfermagem. 2010; 18(4): 1-7.
33. Borgheti SP, Viegas K, Caregnato RCA. Biossegurança no Centro de Materiais e Esterilização: dúvidas dos profissionais. Rev. Sobecc. 2016; 21(1): 3-12.
34. Brasil. Ministério da Saúde. Manual de processamento de artigos e superfícies em estabelecimentos de saúde. 2 ed. Brasília, 1994.
35. Ouriques CM, Machado ME. Enfermagem no processo de esterilização de materiais. Texto Contexto Enferm. 2013; 22(3): 695-696.
36. Gil RF, Camelo SH, Laus AM. Atividades do enfermeiro de centro de material e esterilização em instituições hospitalares. Texto Contexto Enferm. 2013; 22(4): 927-934.
37. Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. ANVISA. Resolução – RDC n.º 50, de 21 de fevereiro de 2002. Dispõe sobre o regulamento técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Brasília (DF): Ministério da Saúde; 2002: 144.
38. Jericó MC, Castilho V. Gerenciamento de custos: aplicação do método de custeio baseado em atividades em centro de material esterilizado. Rev Esc Enferm USP. 2010; 44(3):737.
39. Sociedade Brasileira de Enfermeiros do Centro Cirúrgico. Centro de Material e Esterilização. SOBECC: São Paulo, 3 ed. 2005.

40. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil). Resolução da Diretoria Colegiada - RDCnº. 49, de 23 de novembro de 2010. Aprova a Farmacopeia Brasileira, 5ª edição e dá outras providências. 2010. 322p.
41. Leoncine M, Bornia AC, Abbas K. Sistemática para apuração de custos por procedimento médico-hospitalar. *Prod.* 2013; 23(3): 595.
42. Souza WR, Spiri WC, Lima SAM, Bernardes A, Luppi CHB. Utilização do custeio baseado em atividades em centro de material e esterilização como ferramenta gerencial. *Rev. Eletr. Enf.* 2015; 17(2):290-301.
43. Oliveira LMN. Utilização do ozônio através do aparelho de alta frequência no tratamento da úlcera por pressão. *Rev. Aten. a Saud.* 2011; 9(30): 128-140.
44. Sagai M, Bocci V. Mechanisms of Action Involved in Ozone Therapy: Is healing induced via a mild oxidative stress?. *Med Gas Res.* 2011; 1: 29.
45. Elvis AM, Ekta JS. Ozone therapy: A clinical review. *J Nat Sci Biol Med.* 2011; 2(1): 66-70.
46. Redigueri CF, Bank PA, Zanin MHA, Leo P, Cerize NNP, Oliveira AM, Pinto TJA. The effect of ozone gas sterilization on the properties and cell compatibility of electrospun polycaprolactone scaffolds. *J Biomater Sci Polym Ed.* 2017; 28(16):1918-1934.
47. Dufresne S, Richards T. The first dual-sterilant low-temperature sterilization system. *Cand. Journ. Of Inf. Cont.* 2016; 31(3): 169-174.
48. Wani S, Maker JK, Thompson JR, Barnes J, Singleton I. (2015). Effect of Ozone Treatment on Inactivation of *Escherichia coli* and *Listeria sp.* on Spinach. *Agr.* 2015; 5:155-169.
49. Garcia CA, Stanziola L, Vieira IS, Naves JHFF, Neves, SMN. O gás ozônio na descontaminação de ambientes cirúrgicos. 2008; 14(2): 37-40.
50. Neto SB, Graziano KU, Padoveze MC, Kawagoe JY. Eficácia da esterilização de canetas de bisturi elétrico de uso único reprocessadas. *Rev. Latino-Am. Enf.* 2010; 18(1).
51. Winn W, Allen S, Janda W, Koneman E, Procop G, Schreckenberger P, Woods G. Koneman's color atlas and textbook of diagnostic microbiology. Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, Md., USA. 2008.
52. Trabulsi LR, Alterthum F. *Microbiologia*. 5 ed. São Paulo: Editora Atheneu. 2008. 780p.
53. Zar JH. *Biostatistical Analysis*. 5th edition. Essex: Prentice Hall, 2009. 960p.

54. Zabielska J, Tyfa A, Kunicka-Styczyńska A. Methods for eradication of the biofilms formed by opportunistic pathogens using novel techniques – A review. *J. Univer. Lodz – Folia Biologica et Oecologica*. 2016;12(1):26–36.
55. Brodowska, AJ, Nowak A, Kondratiuk-Janyska A, Piatkowski M, Smigielski K. Modelling the ozone-based treatments for inactivation of microorganisms. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2017;14(10): 1196.
56. Rosenblum J, Ge C, Bohrerova Z, Yousef A, Lee J. Ozonation as a clean technology for fresh produce industry and environment: sanitizer efficiency and wastewater quality. *J. Appl. Microbiol.* 2012;113(4):837-45.
57. Martins CC, Kozusny-Andreani DI, Mendes ECB. (2015). Ozônio no controle de micro-organismos em resíduos de serviços de saúde. *Rev. Baian. de Enf.* 2015. 29(4):, 318-29.
58. Martinelli M, Giovannangeli F, Rotunno S, Trombetta CM, Montomoli E. Water and air ozone treatment as an alternative sanitizing technology. *J. Prev. Med. Hyg.* 2017; 58(1): E48-E52.
59. Tormin SC, Navarini A, Almeida JOCF, Travassos LHR, Negri MVG, Silva RA. (2016). Análise do efeito bactericida do ozônio sobre bactérias multirresistentes. *Arq. Med. Hosp. Fac. Ciênc. Med. Santa Casa São Paulo*. 2016; 61:138-141.
60. Guizel-Seydim Z, Bever PIJ, Greene AK. Efficacy of ozone to reduce bacterial populations in the presence of food components. *Food Microb.* 2004; 21(4): 475–479.
61. Thanomsub, B., Anupunpisit, V., Chanphetch, S., Watcharachaipong, T., Poonkhum, R., & Srisukonth, C. Effects of ozone treatment on cell growth and ultrastructural changes in bacteria. *J. App. Microb.* 2002. 48(4):193-199.
62. Russell AD. Similarities and differences in the responses of microorganisms to biocides. *J. Anti. Chemot.* 2003; 52(5): 750-763.
63. Christ D, Savi GD, Scussel VM. Effectiveness of Ozone Gas Application Methods against Combined Multi-Contaminants in Food. *F. Public Health*. 2017; 7(3): 51-58.
64. Association of Perioperative Registered Nurses. AORN Recommended Practices Committee. Recommended practices for sterilization in the perioperative practice setting. *AORN J.* 2006; 83(3):700-22.