



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
FACULDADE DE VETERINÁRIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM BIOTECNOLOGIA EM SAÚDE HUMANA E
ANIMAL

TALITA NICOLAU DE OLIVEIRA VIDAL DE NEGREIROS

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE TECIDOS DE AVENTAIS CIRÚRGICOS
APÓS PROCESSO DE LAVAGEM E ESTERILIZAÇÃO

FORTALEZA - CEARÁ

2018

TALITA NICOLAU DE OLIVEIRA VIDAL DE NEGREIROS

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE TECIDOS DE AVENTAIS CIRÚRGICOS APÓS
PROCESSO DE LAVAGEM E ESTERILIZAÇÃO

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Profissional em Biotecnologia em Saúde Humana e Animal da Faculdade de Veterinária da Universidade Estadual do Ceará como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biotecnologia.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Antonia Debora Sales

FORTALEZA - CEARÁ

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Estadual do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Vidal de Negreiros, Talita Nicolau de Oliveira.
Avaliação da resistência de tecidos de aventais cirúrgicos após o processo de lavagem e esterilização [recurso eletrônico] / Talita Nicolau de Oliveira Vidal de Negreiros. ? 2018.
1 CD-ROM: il.; 4 ? pol.

CD-ROM contendo o arquivo no formato PDF do trabalho acadêmico com 73 folhas, acondicionado em caixa de DVD Slim (19 x 14 cm x 7 mm).

Dissertação (mestrado profissional) ? Universidade Estadual do Ceará, Faculdade de Veterinária, Mestrado Profissional em Biotecnologia em Saúde Humana e Animal, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof.ª Ph.D. Antonia Debora Sales.

1. Aventla Cirúrgico. 2. Fibra Têxtil. 3. Barreira Antimicrobiana. 4. Infecção Cirúrgica. I. Título.

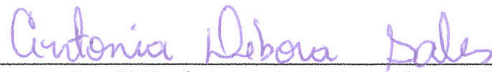
TALITA NICOLAU DE OLIVEIRA VIDAL DE NEGREIROS

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE TECIDOS DE AVENTAIS CIRÚRGICOS APÓS
PROCESSO DE LAVAGEM E ESTERILIZAÇÃO

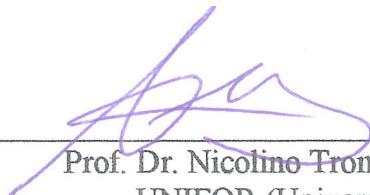
Dissertação apresentada ao curso de
Mestrado Profissional em Biotecnologia
em Saúde Humana e Animal da
Faculdade de Veterinária da Universidade
Estadual do Ceará como requisito parcial
à obtenção do título de Mestre em
Biotecnologia.

Aprovado em: 22 de agosto de 2018

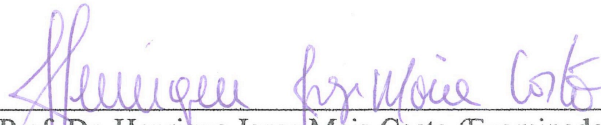
BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Dr.^a Antonia Debora Sales (Presidente)
UECE (Universidade Estadual do Ceará)



Prof. Dr. Nicolino Trompieri Neto (Examinador)
UNIFOR (Universidade de Fortaleza)



Prof. Dr. Henrique Jorge Maia Costa (Examinador)
UECE (Universidade Estadual do Ceará)

AGRADECIMENTOS

A meu marido Núbio Vidal por ser meu braço direito, companheiro e paciente, meu maior apoiador, exemplo de perseverança, que me impulsiona a ir além e me ergue sempre que padeço.

Às meninas do laboratório SisNaBio (Ana Luiza Bezerra, Stephany Maia, Sara Luna, Monalisa Torres, Ana Eufrázio) por me acolherem tão bem, se fazerem presentes e por serem exemplo de força feminina. Em especial, à Chrislane Sousa, que me ajudou de perto, e à Katiany Abreu, a qual me acolheu de braços abertos e teve participação direta nesta pesquisa.

A minha orientadora Debora Sales por confiar em mim e embarcar comigo nesta jornada.

A meus pais Rosimary Nicolau, Francisco Antonio e Luiz Mendonça por me incentivarem a buscar mais conhecimento.

A minha irmã Ana Julia por me fazer querer ser uma pessoa melhor e por, no auge dos seus seis anos de idade, conseguir me confortar. Sempre!

À Deus, pois sei que Ele tem um plano para mim. Entrego, confio, aceito e agradeço.

“Amar e mudar as coisas me interessa
mais”

(Belchior)

RESUMO

O avental cirúrgico é componente fundamental da paramentação cirúrgica e tem o propósito de criar uma barreira de proteção mútua, protegendo ao profissional de sangue e fluidos provenientes do paciente e ao paciente da microbiota da equipe cirúrgica, permitindo a todos os envolvidos no procedimento uma maior segurança. O estudo objetivou em analisar como se dá o desgaste da barreira de proteção dos principais tecidos utilizados em aventais cirúrgicos reutilizáveis. Então, testes foram realizados para a caracterização do tecido (gramatura, área do poro e crescimento bacteriano) após os processos de lavagem e esterilização. Os tecidos analisados foram 100% poliéster, 100% algodão e misto (50% poliéster e 50% algodão). Para as variáveis quantitativas (gramatura e área do poro) foi inicialmente feita estatística descritiva e posteriormente inferencial, utilizando ANOVA de um fator para medidas repetidas e Correlação de Pearson. Já o crescimento bacteriano foi avaliado após cada cinco ciclos de lavagem e autoclavagem por meio de cultura. Observou-se que para as duas primeiras variáveis, o algodão apresentou melhor desempenho, enquanto para crescimento bacteriano o mesmo não se manteve estéril após 10 ciclos de lavagem e autoclavagem. Tal resultado era esperado, visto que as fibras naturais são ambientes favoráveis para cultura bacteriana, mas esta característica pode ser mitigada com a adição de tratamentos/acabamentos antibacterianos na confecção dos tecidos utilizados em procedimentos estéreis.

Palavras-chave: Avental Cirúrgico. Fibra Têxtil. Barreira Antimicrobiana. Infecção Cirúrgica.

ABSTRACT

The surgical apron is a fundamental component of surgical paramentation and it intendeds to create a barrier for mutual protection, protecting the both professional of blood and fluids from the patient and the patient from the microbiota of the surgical team, allowing greater safety to all those involved in this procedure. The aim of this research was to analyze how the protective barrier of the main fabrics used in reusable surgical aprons wears off. Then, tests were performed to characterize such fabrics in terms of weight, pore area and bacterial growth after washing and sterilization processes. The analyzed fabrics were 100% polyester, 100% cotton and mixed (50% polyester and 50% cotton). For the quantitative variables (weight and pore area), descriptive statistics were initially performed and then inferential methods were used: one-way ANOVA for repeated measurements and Pearson's correlation. The bacterial growth was evaluated after every five cycles of washing and autoclaving by culture medium. It was observed that for the first two variables, cotton presented better performance, while for bacterial growth it did not remain sterile after 10 cycles of washing and autoclaving. Such a result was expected, since natural fibers are favorable environments for bacterial culture, but this feature can be mitigated by the addition of antibacterial treatments / finishes in the fabrics used in sterile procedures.

Keywords: Surgical Apron. Textile Fiber. Antimicrobial barrier. Surgical Infection.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tipos de Infecção.....	17
Figura 2 – Avental Cirúrgico (Frente e Costas).....	23
Figura 3 – Estrutura dos Tecidos Planos.....	38
Figura 4 – Ligamentos Tafetá (tela), Sarja e Cetim.....	39
Figura 5 – Estrutura das Malhas.....	39
Figura 6 – Estrutura do TNT.....	40
Figura 7 – Placas de Cultura.....	56
Figura 8 – Lâminas Coradas.....	56
Figura 9 – Imagens <i>Bacillus</i> gram-positivos.....	57
Quadro 1 – Propriedades das Fibras.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatística Descritiva da Área e da Gramatura.....	48
Tabela 2 – Evolução Percentual da Área e da Gramatura após os Ciclos....	49
Tabela 3 – Resultados Teste Shapiro-Wilk.....	50
Tabela 4 – Resultados ANOVA para Medidas Repetidas.....	51
Tabela 5 – Diferença entre Rodadas para Tecidos Mistos.....	52
Tabela 6 – Diferença entre Rodadas para Tecidos de Poliéster.....	53
Tabela 7 – Crescimento Bacteriano nas Amostras.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AATCC	<i>American Association of Textile Chemists and Colorists</i>
ABNT	Agência Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATCC	<i>American Type Culture Collection</i>
CCIH	Comissões de Controle de Infecção Hospitalar
DP	Desvio Padrão
HIV	Vírus da Imunodeficiência Humana
M	Média
NBR	Normas Brasileiras
OMS	Organização Mundial da Saúde
SISNABIO	Sistema de Laboratório em Nanomateriais e Biotecnologia
TSA	<i>Tryptic Soy Agar</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

cm	Centímetros
g	Gramas
g/L	Gramas por litro
g/m ²	Gramas por metro quadrado
mL	Mililitros
nm	Nanômetros
°C	Graus Celcius
°GL	Graus Gay Lussac
μm	Micrômetros
μm ²	Micrômetros quadrados

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	INFECÇÃO NO CENTRO CIRÚRGICO	16
2.1	HISTÓRICO DO USO DE TECIDOS EM CENTRO CIRÚRGICO...	21
2.2	O AVENTAL CIRÚRGICO.....	23
2.3	CARACTERÍSTICAS DESEJÁVEIS PARA AVENTAIS CIRÚRGICOS.	27
2.4	PROCESSO DE LAVAGEM E ESTERILIZAÇÃO.....	29
3	FIBRAS, TECIDOS E TECNOLOGIAS	32
3.1	AS FIBRAS TÊXTEIS.....	32
3.2	AS ESTRUTURAS TÊXTEIS.....	37
3.3	BENEFICIAMENTOS E ACABAMENTOS TÊXTEIS: NANOTECNOLOGIA E OS TECIDOS INTELIGENTES.....	40
4	METODOLOGIA	43
4.1	VARIÁVEIS E MÉTODOS LABORATORIAIS.....	43
4.1.1	Gramatura	43
4.1.2	Área do Poro	44
4.1.3	Contaminação dos tecidos	44
4.1.3.1	Ativação da cepa.....	45
4.1.3.2	Preparo do inóculo e crescimento celular.....	45
4.1.3.3	Ciclos de lavagem e esterilização.....	46
4.1.3.4	Verificação de esterilidade das amostras.....	46
4.1.3.5	Método de identificação.....	46
4.2	MÉTODOS ESTATÍSTICOS.....	47
5	DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	48
6	CONCLUSÃO	58
	REFERÊNCIAS	59
	ANEXOS	65
	ANEXO A – EQUIPAMENTOS LABORATORIAIS.....	66
	ANEXO B – DEFINIÇÃO DE MÉTODOS ESTATÍSTICOS.....	69
	ANEXO C – ARTIGO REVISTA: TM & IH. TROPICAL MEDICINE AND INTERNATIONAL HEALTH.....	76

1 INTRODUÇÃO

O centro cirúrgico é um local único, onde podem ser encontrados riscos biológicos e químicos, sendo assim têxteis específicos que atendam suas particularidades e atendam suas necessidades são necessários, uma vez que a utilização de material inadequado, no que tange às vestimentas, contribui para eventuais contaminações durante procedimentos cirúrgicos.

A paramentação cirúrgica é um conjunto de barreiras contra a invasão de microrganismos na ferida operatória, além de evitar a exposição dos profissionais. Tradicionalmente, a paramentação cirúrgica constitui-se de: pijama cirúrgico, avental cirúrgico, luva estéril, gorro, máscara, óculos de proteção e propés. E tem principais objetivos: (i) proteger a equipe de sangue e outros fluídos corporais provenientes do paciente; e, (ii) criar uma barreira de proteção, reduzindo a dispersão de células epiteliais liberadas pela equipe que levariam microrganismos ao sítio cirúrgico (CATANEO *et al.*, 2004; GUTAROWSKA; MICHALSKI, 2012; TEIXEIRA; LINCH; CAREGNATO, 2014).

Uma vez que a paramentação é composta por várias peças e de materiais distintos, faz-se necessário o estudo de cada um destes equipamentos em separado, sendo assim este estudo atentar-se-á ao avental cirúrgico, mais especificamente, os reutilizáveis. Os aventais cirúrgicos precisam ser confeccionados com materiais resistentes ao desgaste e que eliminem o mínimo possível de resíduos, a fim de diminuir a liberação de partículas na ferida e no centro cirúrgico, também devem permitir a completa passagem do vapor durante a esterilização e suportar os vários processos de lavagem e desinfecção.

Uma das fibras mais utilizadas para a confecção de aventais cirúrgicos é o algodão; contudo, desde 1952, o Doutor William Beck discute sobre suas propriedades como barreira de proteção (RAMOS, 2003).

O principal achado de Beck estava associado às características do tecido 100% algodão, os quais enquanto seco mantinham suas propriedades, todavia ao serem molhados perdiam suas funções como barreira bacteriológica, o que foi comprovado mediante os testes realizados, o efeito barreira dos têxteis cirúrgicos é garantido até os 35 ciclos de lavagem (RAMOS, 2003).

Dentre as principais fibras, o algodão é o mais suscetível ao ataque de fungos e bactérias, pois sua estrutura porosa retém água, oxigênio e nutrientes, favorecendo o crescimento dos microrganismos (MAGALHÃES, 2015).

Com o aparecimento do Vírus da Imunodeficiência Humana (HIV) e Hepatite B, os quais são transmitidos através do sangue, a preocupação com a proteção da equipe cirúrgica aumentou, sendo assim o avental cirúrgico é visto não somente como proteção para o paciente, mas também de proteção para a equipe provenientes do paciente (RAMOS, 2003; SUN; WORLEY, 2005).

Nesse contexto, vale ressaltar os avanços têxteis ocorridos e tecnologias existentes no mercado que podem ser aplicadas em roupas para o uso no ambiente hospitalar, tendo em vista que o avental cirúrgico atualmente encontrado no mercado utiliza uma matéria-prima que não atende todas as necessidades da equipe cirúrgica.

Embora existam normas determinando parâmetros mínimos a serem seguidos para a confecção dos aventais cirúrgicos (ABNT, 2016) e regras que visam intensificar medidas protetivas à segurança e à saúde da equipe (MTE, 2011) ainda há muitas limitações no controle das análises com relação a produção do têxtil voltado para a confecção de um avental cirúrgico.

A barreira antimicrobiana é rompida no momento em que o tecido se molha, já que a trama muda sua estrutura e perde sua função protetora. Por exemplo, ao molhar tecidos de algodão, seja com água ou fluidos corporais, os organismos encontrados na pele de quem os veste utilizam o meio líquido como transporte, ultrapassando mais facilmente a barreira do tecido (RAMOS, 2003; BORYO, 2013).

A justificativa deste trabalho decorre da inquietação de equipes cirúrgicas que vivenciam a rotina onde percebe-se pouca preocupação com o material utilizado para a confecção desta vestimenta e com o uso excessivo de reutilizações, em alguns casos beirando a sua inutilidade.

Segundo Teixeira, Linch e Caregnato (2014, p. 161) “a capacidade de proteção após cada ciclo de uso de vestimenta reutilizável deve ser rotineiramente testada por inspeção física e testes de repelência, de forma a garantir sua eficácia”. É importante que se entendam as propriedades das fibras para a confecção dessas vestimentas, atentando-se ao que já existe e, assim, pensando em melhorias para este produto, propiciando maior segurança para a equipe cirúrgica e paciente.

A moda e a ciência devem unir conhecimentos em prol da proteção, saúde, conforto e segurança no trabalho, permitindo a criação de produtos que apresentem maior benefício aos seus usuários nos diversos ambientes (SÁNCHEZ, 2006; FERREIRA; FERREIRA; OLIVEIRA, 2014).

Portanto, sabendo da relevância da qualidade do avental cirúrgico este estudo tem como principal objetivo compreender como se dá o desgaste da barreira de proteção dos principais tecidos utilizados em aventais cirúrgicos reutilizáveis.

Para sua consecução, são delimitados três objetivos específicos ou secundários, são eles: (i) avaliação das modificações de gramatura e de área do poro na medida em que passam por reprocessamento; (ii) contabilizar o número de processos de lavagem e esterilização que cada um dos tipos de tecido suporta antes de perderem sua capacidade como barreira de proteção; e, (iii) identificar qual das composições atualmente utilizadas suporta mais adequadamente o processo de lavagem e esterilização.

Para um melhor esclarecimento sobre a relevância deste trabalho, no capítulo posterior, 02, será abordado: a infecção cirúrgica, suas causas e maneiras de evitar. Uma evolução histórica do avental cirúrgico como proteção, onde será também abordado sua função como barreira de proteção, suas particularidades e tipos. Por fim, ainda no capítulo 02, todo o processo de lavagem, desinfecção e esterilização dos aventais reutilizáveis.

O capítulo 03 se destina aos tecidos, expondo suas qualidades necessárias para eficácia como barreira, às principais fibras e suas características, às estruturas têxteis e aos possíveis acabamentos. Em seguida, no capítulo 04, será demonstrada a metodologia utilizada tanto sob uma ótica da pesquisa em si, classificando-a em relação ao tipo de estudo, bem como determinando a maneira como os tecidos foram avaliados no que tange à gramatura, à área do poro e ao crescimento bacteriano.

Finalmente, desenvolveu-se dois capítulos, o quinto para análise e discussão dos resultados, no qual são comparados os resultados obtidos neste estudo com os principais teóricos e achados de cada um dos parâmetros analisados. Já o último capítulo, sexto, está destinado à conclusão deste trabalho, permitindo à autora definir pelos testes e observações feitas durante a pesquisa qual(is) tecido(s) é(são) mais apropriado(s) como matéria-prima dos aventais cirúrgicos.

2 INFECÇÃO NO CENTRO CIRÚRGICO

O manual de prevenção de infecção de sítio cirúrgico do Hospital Albert Einstein – São Paulo (2014) define infecção cirúrgica como: aquelas que ocorrem como complicação de uma cirurgia, comprometendo a incisão, tecidos, órgãos ou cavidades manipuladas, podendo ser diagnosticadas entre 30 dias após a realização do procedimento e até três meses, dependendo do procedimento e da presença ou não de prótese.

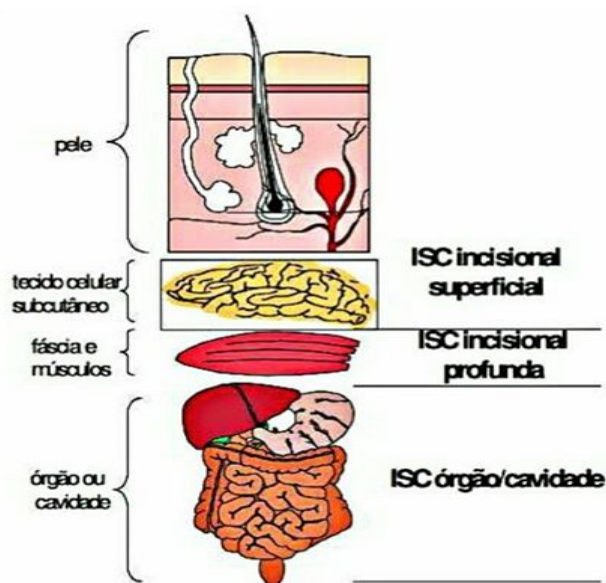
Complicações decorrentes do ato cirúrgico são denominadas como infecções e seu controle em níveis adequados se tornou de tamanha importância que existem índices padronizados¹ que hospitais devem seguir (MEDEIROS; CARVALHO, 2016).

São necessários três elementos para que um agente infeccioso seja transmitido: a fonte do agente infeccioso, um hospedeiro suscetível com uma porta de entrada e o modo de transmissão do agente patogênico (KILINC, 2015). Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa – (2017) a preocupação com infecções de sítio cirúrgico deve constar como um ponto recorrente nas análises das Comissões de Controle de Infecção Hospitalar (CCIH) uma vez que “permanece nos dias atuais como um dos principais riscos à segurança dos pacientes nos serviços de saúde no Brasil” (ANVISA, 2017, p. 14).

As infecções de maneira geral podem ser classificadas quanto ao seu grau de acometimento, sendo superficial, profunda ou de cavidade. Uma infecção incisional superficial acontece quando há comprometimento somente da pele ou do tecido celular subcutâneo (ANVISA, 2017). Já a infecção incisional profunda remete a situações em que estruturas profundas da parede, a fáscia e/ou a camada muscular são atingidas. Podendo, ainda, ser no órgão ou cavidade, ou seja, quando envolve qualquer parte da anatomia do órgão ou da cavidade aberta ou manipulada durante o procedimento cirúrgico, as quais são representadas na Figura 1.

¹ Cf. Critérios Diagnósticos de Infecção Relacionada à Assistência à Saúde (2017). Disponível em: http://sobecc.org.br/arquivos/Crit_rios_Diagn_sticos_de_IRAS__2_Ed.pdf

Figura 1 – Tipos de Infecção



Fonte: Grinbaum (2009).

O manual de prevenção de infecção do sítio cirúrgico do Hospital Albert Einstein aborda as principais fontes de contaminação que podem ser: endógenas, quando vêm do próprio paciente, o agente infeccioso geralmente pertence a sua microbiota, principalmente da pele e da região manipulada; e exógenas, ou seja, aquela que não vem do próprio paciente e sim da equipe cirúrgica, dos materiais usados e do ambiente (Manual de Prevenção de Infecção de Sítio Cirúrgico, 2014).

Existe uma classificação associada ao potencial de contaminação, mas ela só é determinada ao final do procedimento pelo cirurgião. O primeiro tipo são as limpas, ou seja, aquelas realizadas em tecidos estéreis ou passíveis de descontaminação, na ausência de processo infeccioso e inflamatório local ou falhas técnicas grosseiras, cirurgias eletivas com cicatrização de primeira intenção e sem drenagem aberta, por exemplo: cirurgias em que não ocorrem penetrações nos trato digestivo, respiratório ou urinário, como herniorrafia ou safenectomia (CÂMARA, 2015).

O segundo nível de contaminação refere-se aos procedimentos potencialmente contaminados são aqueles realizados em tecidos colonizados por flora microbiana pouco numerosa ou em tecidos de difícil descontaminação, na ausência de processo infeccioso e inflamatório e com falhas técnicas discretas no

transoperatório. Mais especificamente, cirurgias com drenagem aberta enquadram-se na categoria anterior. Outra possibilidade seria quando ocorre penetração nos tratos digestivo, respiratório ou urinário sem contaminação significativa, por exemplo: gastrectomia (CÂMARA, 2015).

O terceiro tipo refere-se às contaminadas são aquelas realizadas em tecidos recentemente traumatizados e abertos, colonizados por flora bacteriana abundante, cuja descontaminação seja difícil ou impossível, bem como todas aquelas em que tenham ocorrido falhas técnicas grosseiras, na ausência de supuração local. Vê-se este tipo de contaminação na presença de inflamação aguda na incisão e cicatrização de segunda intenção, ou grande contaminação a partir do tubo digestivo. Percebe-se que a mesma é vista nas obstruções biliar ou urinária ou, ainda, colecistectomia com inflamação aguda (CÂMARA, 2015).

Já o quarto, e maior nível de infecção, é constatado nas cirurgias infectadas, que são todas as intervenções realizadas em qualquer tecido ou órgão em presença de processo infeccioso (supuração local) e/ou tecido necrótico, por exemplo: ceco perfurado (CÂMARA, 2015).

Há de se perceber que uma vez classificada o tipo de cirurgia de acordo com o seu potencial infeccioso é preciso compreender como se dão os fatores de risco associados à mesma. Esses fatores de risco podem ser intrínsecos e extrínsecos, sendo os primeiros aqueles associados ao próprio paciente, tais como: idade, tipo de cirurgia, tabagismo, desnutrição, internação pré-operatória, patologias, comorbidades, entre outras. Enquanto que o segundo relaciona-se aos procedimentos utilizados, como anestesia, técnica cirúrgica, pré-operatório, ambiente, paramentação cirúrgica, profilaxia e afins (MANGRAM *et al.*, 1999; MEDEIROS; CARVALHO, 2016).

Segundo a ANVISA (2017, p. 14), a ocorrência de infecções de sítio cirúrgicos “(...) ocupa o 3º entre as infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (...), compreendendo 14% a 16% daquelas encontradas em pacientes hospitalizados”.

O Manual de Prevenção de Infecção de Sítio Cirúrgico do Hospital Albert Einstein (2014) lista algumas medidas que devem ser tomadas a fim de mitigar o risco de infecção cirúrgica, são elas:

1. O preparo da pele do paciente, que deve ser feito com solução antisséptica apropriada tais como clorexidina ou iodopovidona e remoção de adornos.
2. O preparo da pele da equipe cirúrgica que deve remover anéis, relógios e pulseiras antes da assepsia das mãos e braços com a solução indicada.
3. Remoção adequada dos pelos do paciente, caso haja indicação, deve ser realizada imediatamente antes da cirurgia com tricotomizador, nunca utilizar lâminas barbear ou lâminas de bisturi.
4. Realizar a profilaxia com antibiótico, quando necessário, e no momento adequado.
5. Manter a normotermia do paciente durante o procedimento.
6. Manter o controle glicêmico do paciente no período perioperatório.
7. Manter a ventilação da sala cirúrgica em pressão positiva, com no mínimo 15 trocas de ar por hora e uso de filtro HEPA.
8. Manter a porta da sala fechada.
9. Limitar o número de pessoas no ambiente.
10. Limpeza terminal mecânica no piso após a última cirurgia do dia.
11. Limpeza e desinfecção concorrente entre procedimentos, valorizando as superfícies mais tocadas e a limpeza de equipamentos.
12. Higienizar as mãos (com produto alcoólico ou água e sabão) nos 5 momentos recomendados (antes do contato com o paciente, antes de procedimentos limpos ou assépticos, após risco de exposição com fluidos corpóreos, após contato com o paciente e após contato com as superfícies próximas ao paciente).
13. Higienizar as mãos antes e após manuseio de feridas.
14. Utilizar técnica asséptica para a execução do curativo.
15. Utilizar luvas estéreis e produtos estéreis no contato com as feridas.
16. Rigor na paramentação cirúrgica e manutenção da barreira máxima no ato cirúrgico.

Grande parte das infecções seriam prevenidas com o intermédio de ações básicas tais como: as corretas desinfecção e esterilização de matérias utilizados na

cirurgia, a limpeza da sala e a adequada paramentação da equipe, bem como a antisepsia correta da pele (OMS, 2009).

A pele em indivíduos sadios contém microrganismos que a habitam e são denominados de flora bacteriana e pode ser classificada em microbiota residente, aquela que é formada por tipos relativamente fixos de microrganismos regularmente achados em determinadas áreas; e, microbiota transitória que são os microrganismos não-patogênicos ou possivelmente patogênicos, os quais se instalam na pele por tempo indeterminado, provenientes do meio ambiente, não provocando patologias e não se mantendo permanentemente na superfície. Em todo caso se a última for alterada, os microrganismos transitórios podem colonizar e aumentar, causando doenças (JAWETZ; MELNICK; ADELBERG, 2001).

Jawetz, Melnick e Adelberg (2001) citam os principais microrganismos encontrados na pele:

Bacilos difteróides aeróbicos e anaeróbicos (p. ex., *Corynebacterium*, *Propionibacterium*); estafilococos anaeróbicos e aeróbicos não-hemolíticos (*Staphylococcus epidermidis*, ocasionalmente *S. aureus* e espécies de *Peptostreptococcus*); bacilos-gram-positivos, aeróbicos e formadores de esporos, onipresentes no ar, na água e no solo; estreptococos α -hemolíticos (estreptococos *viridans*) e enterococos (espécie de *Enterococcus*); e bacilos Gram-negativos coliformes e acinetobacter. (JAWETZ; MELNICK; ADELBERG, 2001, p. 161)

Neste estudo se utilizou duas bactérias: *Bacillus sp.* e *Staphylococcus aureus*. Como explicam Jawetz, Melnick e Aldeberg (2001), o gênero *Bacillus* compreende grandes bastonetes aeróbicos gram-positivos que são organizados em cadeias. Seu tamanho é de 3-4 μm de diâmetro, são formadores de esporos, a maioria não causa doença e são resistentes a condições desfavoráveis, totalizando 60 espécies. A maioria dos membros deste gênero é saprofítica e vive na terra, na água, no ar e na vegetação. Alguns são patógenos de insetos. Esses microrganismos podem causar doenças em pessoas imunossuprimidas. A presença de esporos nos bacilos faz com que os mesmos não coem completamente.

As principais espécies causadoras de doenças são: i) *Bacillus Anthracis* que é responsável pelo Antraz, que pode ocorrer por inalação, lesão cutânea ou até gastrointestinal, podendo progredir e levar a sepse, meningite e a morte.; e, ii) *Bacillus Cereus* pode causar intoxicação alimentar, infecções oculares,

endocardite, meningite, osteomielite e pneumonia (JAWETZ; MELNICK; ALDEBERG, 2001).

Já o *Staphylococcus aureus* é uma bactéria frequentemente encontrada na microbiota humana que pertence ao grupo dos cocos gram-positivos, que medem de 0,5 a 1,5 µm de diâmetro, são imóveis, não-esporulados e normalmente não-encapsulados (SANTOS; SANTOS; FREITAS, 2007).

O arranjo desta bactéria é muito amplo, pois essa bactéria consegue sobreviver à condições extremas de calor e frio, permanecendo em partículas de poeira. O homem é seu principal reservatório, sua incidência pode ser maior em hospitais. Caso as barreiras da pele e mucosas encontrassem interrompidas, por trauma ou cirurgia, o *Staphylococcus aureus* é capaz de se hospedar no tecido e provocar uma lesão. Ela é facilmente isolada de feridas cirúrgicas infectadas, que podem representar focos para desenvolvimento de infecções sistêmicas (SANTOS; SANTOS; FREITAS, 2007).

Por fim, as principais doenças causadas por essa bactéria são: broncopneumonia estafilocócica, pneumonia nosocomial, bacteremia por *S. aureus*, por fazer parte da da microbiota da pele, é um risco para pacientes em uso de cateteres endovenosos, pode causar endocardites, osteomielites, piodartrites e formação de abscessos metastáticos, em particular em pele, tecidos subcutâneos, pulmões, fígado, rins e cérebro, e é uma das maiores causas de meningites (SANTOS; SANTOS; FERREIRA, 2007).

A principal bactéria causadora de infecção em cirurgias ortopédicas é o *Staphylococcus aureus*. Em um centro cirúrgico: *Hafniaalvei* (2,9%), *Pseudomonas spp.*(4,3%), *Shigella spp.* (4,3%), *Staphylococcus aureus* (5,7%), *Staphylococcus coagulase-negativo* (5,71%), *Staphylococcus spp.* (50,0%) e *Bacillus spp* (12,9%) (BARDAQUIM, 2012).

A função da veste cirúrgica é o controle de infecções no sítio cirúrgico. Este controle relaciona-se ao material que as vestes são feitas, à área dos poros do tecido, à indicação para o procedimento, à modelagem, aos tratamentos realizados para sua melhoria e ao tempo de reutilização (TEIXEIRA; LINCH; CAREGNATO, 2014).

2.1 HISTÓRICO DO USO DE TECIDOS EM CENTRO CIRÚRGICO

Desde 1867, sabe-se da existência dos têxteis com ação antimicrobiana, estes previnem doenças, a partir da inserção de uma camada de filme impermeável, e previne sua descoloração e odores desagradáveis (SUN; WORLEY, 2005; MAGALHÃES, 2015). O primeiro material têxtil utilizado foi a musseline, T-140², um tecido de algodão cujo espaço entre os fios era de 140 μm^2 (micrômetros quadrados) e que por sua vez não criaria a barreira necessária para microrganismos em geral, já que os mesmos medem entre 0,5 a 10 μm^2 (STANEWICK; KOGUT, 1997). Em meados do século XX, este mesmo tecido passou a ser tingido de verde para ser utilizado nos lençóis do centro cirúrgico, mas como geravam muitos resíduos seu uso foi diminuído, mesmo que resistisse ao reprocessamento (lavagem e esterilização) por 30 ciclos.

Nos anos 1960, uma mistura de algodão e poliéster, conhecida como percal (T-180) foi introduzida, seu primeiro diferencial foi a redução dos poros existentes entre os fios, o qual passou a ser 75 μm^2 . Adicionalmente, apresentava, ainda, duas vantagens: a redução na eliminação de fiapos e o aumento da sua durabilidade de reprocessamento que passava a ser de 40 ciclos.

No início dos anos 1970, criou-se o quarpel (T-280³), um tecido feito em 100% de algodão, cujo acabamento se daria em fluoreto de carbono. Inicialmente o quarpel havia sido desenvolvido para indumentárias bélicas e o uso deste tecido decorria do fato de que ao ser molhado seus fios inchariam, reduzindo o espaço entre eles para 1 μm^2 . Contudo, os constantes reprocessamentos aumentavam a geração de resíduos e a área dos poros (STANEWICK; KOGUT, 1997).

Anos mais tarde, ainda para fins bélicos, foi desenvolvido um novo tecido, denominado como T-175, que continha 50% de algodão e 50% de poliéster com acabamento de fluoreto de carbono. Ele também apresentava distância entre seus fios de 1 μm^2 . Suas desvantagens eram a redução drástica da sua capacidade como

² Na denominação T-140: a letra T indica tipo, em outras palavras, enquanto o numeral 140 representa a soma de fios tecidos em ambas às direções por polegada quadrada (6,4516 cm^2).

³ A barreira antimicrobiana do quarpel aguentaria 75 reprocessamentos antes de sua quebra (*Association of Operating Room Nurses*, 1988). Em tecidos com 270 filamentos se conseguiu resultado surpreendente de manutenção da barreira antimicrobiana após 100 reprocessamentos (SCHWARTZ; SAUNDERS, 1980).

barreira protetora com passar por dos ciclos de reprocessamento; e, a quantidade considerável de resíduos produzida, mesmo que menor comparado ao T-280.

Nesse sentido, observasse que os tecidos supracitados como não foram desenvolvidos especificamente para o uso em centros cirúrgicos, ainda apresentam falhas a serem superadas para a criação de um avental considerado seguro.

2.2 O AVENTAL CIRÚRGICO

A paramentação cirúrgica é tradicionalmente feita por avental e campos cirúrgicos esterilizado, uniforme privativo, gorro, mascara, propé, luva estéril e óculos de proteção (MONTEIRO *et al.*, 2000). A seguir, na Figura 2, apresenta-se um avental cirúrgico reutilizável, que é o foco deste estudo.

Figura 2 – Avental Cirúrgico (Frente e Costas)



Fonte: *Speciale* Enxovais e Tecidos (2017)

Os aventais cirúrgicos podem ser confeccionados em tecido (reutilizáveis) e não tecido (uso único), nesse estudo abordar-se-ão brevemente sobre os de não tecido com foco maior naqueles de tecido.

Os aventais cirúrgicos têm duplo papel de proteção são eles: impedir que microrganismos presentes na pele da equipe cheguem a ferida operatória, evitando o risco de infecção cirúrgica, e de proteger o profissional dos fluidos provenientes do paciente. O mesmo precisa garantir uma proteção de barreira eficaz tanto a líquidos quanto a vírus e bactérias.

A nota técnica da ABNT, NBR 16064/16, explica que:

enquanto caminha, um indivíduo saudável pode dispersar no ar aproximadamente 5000 escamas de pele por minuto (que transportam bactérias). As partículas são de 5 μm^2 a 60 μm^2 em tamanho e o número médio de bactérias aeróbicas e anaeróbicas transportadas é estimado em cerca de cinco por escama de pele. As partículas em suspensão contaminam a incisão cirúrgica diretamente por sedimentação, ou indiretamente, depositando-se primeiramente sobre os instrumentos ou outros itens que são colocados em contato com a incisão cirúrgica. Tecidos com interstícios maiores do que 80 μm^2 pouco fazem para impedir a dispersão de partículas de pele. (ABNT, 2016, p. 13)

A função do avental cirúrgico vem sendo analisada quanto a sua barreira na proteção de infecções e é um dos assuntos de crescimento dentro da literatura cirúrgica, onde se faz necessário estudar fibras, tecidos, acabamentos e tecnologias voltadas para a sua modernização. Os aventais cirúrgicos são também classificados de acordo com a quantidade de vezes que são utilizados, podendo ter uso único, isto é, desenvolvidos para o uso em apenas uma situação ou aqueles que possuem usos múltiplos. Nos EUA, os aventais descartáveis são os mais utilizados, enquanto na Europa e no Brasil, os reutilizáveis são mais comuns (KILINC, 2015).

Os aventais de não tecido são fabricados a partir de uma grande variedade de tecnologias de junção das fibras, podendo ser termal, químicas ou mecânica (KILINC, 2015). Estes aventais, são uma alternativa para cirurgias com grande volume de líquidos, pois podem ser totalmente impermeáveis ou com boa resistência a líquidos; ser confeccionados em composição mista e com reforço frontal e nos antebraços; possuir membranas impermeáveis e duplas camadas do mesmo material. Contudo, os mesmos são descartáveis e não dispõem de norma que especifique a composição do material, ficando a cargo dos fabricantes. Além disso, o crescente uso destes aventais contribui para o aumento de lixo de materiais não degradáveis ou que exigem um longo tempo para sua decomposição (MONTEIRO *et al.*, 2000).

Há um desconforto causado por esse tipo de material (não tecido), alegando a diminuição da mobilidade, aquecimento corporal e aumento da transpiração. Tais situações oferecem risco ao paciente, pela possibilidade do aumento da liberação da microbiota da equipe. ao diminuir a temperatura do centro cirúrgico para minimizar o calor causado pelo o avental, aumenta a probabilidade de hipotermia no paciente além de causar um prejuízo no desempenho geral dos profissionais por conta do desconforto (BURGATTI, 2007).

Um importante ponto ao se pensar na escolha do avental é o seu conforto, o qual é definido em vários níveis, sendo: térmico, tátil, ergonômico e psicoestético. O primeiro, conforto térmico, relaciona-se com a capacidade de a roupa manter calor ou evaporar suor, equilibrando, assim, a temperatura corporal. O segundo (conforto tátil) é a sensação que o tecido causa em contato com a pele. Em seguida, tem-se o conforto ergonômico, que representa a habilidade que a peça tem em se encaixar no corpo, não limitando os movimentos. Por fim, há a dimensão relativa ao conforto psicoestético, que está ligada a satisfação em utilizar aquela vestimenta, isto é, preocupa-se com o bem-estar do usuário (SLATER, 1997).

A paramentação cirúrgica foi desenvolvida com a função principal de proteger o paciente contra a contaminação de centro cirúrgico, porém a mesma também tem função de proteger a equipe de sangue e outros fluidos, e consequentemente doenças, dentre elas a Aids. A transmissão de HIV é muito baixa (cerca de 0,09% em contato com mucosa e 0,3% em percutâneo) já o risco de transmissão de Hepatite B é cerca de 100 vezes maior do que de HIV. A busca do modelo ideal de roupa de proteção é um assunto ainda em discussão, tendo em vista a inexistência de normas técnicas que padronizem a fabricação, assim permitindo a variação de tecidos e modelagens, gerando a dúvida se o mesmo realiza a função a qual se destina (PAZ *et al.*, 2000; KILINC, 2015).

Um estudo com 700 cirurgias de diversas especialidades revelou que em 28% delas houve contato direto do sangue dos pacientes com a pele dos profissionais, demonstrando que nos casos em que há o contato com sangue contaminado, em média o risco de contaminação por parte da equipe é de uma entre quatro cirurgias (POPEJOY; FRY, 1991).

A vestimenta adequada é a principal ferramenta para a prevenção da infecção cirúrgica, portanto é de extrema importância a proteção da equipe cirúrgica com a paramentação adequada, a fim de reduzir o contato com sangue e fluidos (DUARTE; LEITE, 2012).

É sabido que a barreira microbiana existente na maioria dos aventais cirúrgicos é feita pela trama e a escolha do tecido para a sua confecção é um dos principais pontos para a conquista deste objetivo. O algodão, por exemplo, que é bastante utilizado por conveniência, pode apresentar trama com poros entre 80 e 100 μm^2 , o que é incompatível com a necessidade da barreira, tendo em vista que

um microrganismo tem em média 0,5 a 10 μm^2 (STANEWICK; KOGUT, 1997; TEIXEIRA; LINCH; CAREGNATO, 2014).

Magalhães (2015) adiciona à discussão:

estudos mostraram que o algodão e o poliéster sem qualquer adição de antimicrobiano, isto é, 100% algodão e 100% poliéster não apresentaram qualquer atividade contra os microrganismos, apenas quando lhes é impregnado ou incorporado agente antimicrobiano é que revelam atividade contra as bactérias/fungos. (MAGALHÃES, 2015, p. 73)

Nos tecidos de fibra de algodão, os patógenos sobrevivem por maior tempo, quando comparados aos de fibras sintéticas, pois a hidrofobicidade dos sintéticos impede a sobrevivência (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Os aventais reutilizáveis, de maneira geral, quando molhados perdem sua barreira contra bactérias, já que estas se transportam pelo meio líquido, além disso é de fundamental importância a inspeção do tecido após cada ciclo de esterilização, para garantir sua eficácia. Sabe-se, por exemplo, que em tecidos de poliéster a quantidade de ciclos pode chegar a 70 (STANEWICK; KOGUT, 1997; TEIXEIRA; LINCH; CAREGNATO, 2014).

Estudos feitos com campos cirúrgicos reutilizáveis 100% algodão, os quais em sua maioria apresentam a mesma composição dos aventais, avaliavam seu reprocessamento e manutenção da barreira antimicrobiana obtiveram como resultado a possibilidade de reutilizar 65 vezes o mesmo campo, porém no que tange ao peso e à barreira microbiana recomendam seu uso até cinco vezes, pois após isso se perde aproximadamente 6,5 a 15,9% do seu peso inicial e a partir da sexta vez apresentavam colônias com mais de 5 unidades, demonstrando a quebra da barreira (BURGATTI; POSSARI; MODERNO, 2004; RODRIGUES *et al.*, 2006).

Por outro lado, tecidos de fibras sintéticas, como o poliéster, demonstraram que não houve perda significativa na sua massa após 25 ou 50 ciclos (LEONAS; JINKINS, 1997; LEONAS, 1998). Os tecidos mistos (50% algodão e 50% poliéster) não devem ser reprocessados mais do que 50 vezes, uma vez que sua barreira microbiana perde a integridade (SANTANA *et al.*, 2010). De maneira genérica, os materiais com funções bactericidas, sem muitos acabamentos tecnológicos, geralmente têm suas características mantidas por pelo menos 50 ciclos de lavagem (SUN; WORLEY, 2005).

Existem situações em que aventais de tecido brim⁴ eram reutilizados, em média, 180 vezes antes de apresentar grandes desgastes (PISSINATI *et al.*, 2014). A falta de monitoramento em relação à vida útil dos têxteis reutilizáveis em muitas unidades de saúde leva estes a serem usados até apresentarem marcas visuais de decomposição, comprometendo sua capacidade protetora (*Association of Operating Room Nurses*, 1988; PISSINATI *et al.*, 2014). Situação corriqueira onde foi realizado este estudo.

Ressalta-se que é irrelevante o material da vestimenta cirúrgica se a técnica de colocação, o modelo e o tamanho, os quais garantem a cobertura necessária da área que se destina, não forem respeitados. Outra questão relevante é o uso de técnica asséptica adequada dentro do centro cirúrgico durante o processo de paramentação. (LACERDA, 2003; BURGATTI, 2007)

De acordo com a Bohatch Júnior (2015), o protocolo de colocação do avental cirúrgico deve seguir os passos nesta ordem:

Pegar o capote firmemente e afastá-lo da mesa. O avental é dobrado de forma que a parte externa fique voltada para fora.

Segurar o capote ao nível dos ombros e deixar que ele se desdobre livremente, de forma a mantê-lo esticado, sem esbarrar em estruturas próximas nem encostar a extremidade inferior no chão. Não sacudir o capote.

Pela face interna do avental, inserem-se, em um só movimento, as mãos e os antebraços pelas mangas do avental, elevando-os e afastando-os. Não deixar que as mãos saiam do punho do capote.

O circulante auxilia no fechamento do avental puxando o capote até os ombros pela face interna e amarra os cordões da gola e da cintura, nunca encostando na superfície externa do avental. Com essa manobra, a face posterior do avental cirúrgico é contaminada pelo circulante. (BOHATCH JÚNIOR, 2015, *online*)

Os aventais dispõem de prolongamento ao longo de sua lateral direita, que fica dobrado sobre ele, e é amarrado com dois cordões, um superior e outro inferior. Para manter a esterilidade na região dorsal, outro integrante da equipe cirúrgica, previamente paramentado, deve desamarrar os cordões, esticando-os em torno do dorso e amarrando seus cordões com aqueles no lado esquerdo do avental, sendo um superior e outro inferior (BOHATCH JÚNIOR, 2015).

Acredita-se que 70% das infecções hospitalares ocorrem em casos cirúrgicos, sendo seu custo com o tratamento de infecções da ferida operatória em

⁴ Há de se perceber que brim representa apenas o nome do tecido, mas os autores do estudo não especificaram qual seria sua composição. Optou-se pelo uso desta referência apenas pela quantidade exacerbada de vezes que os aventais nele foram utilizados.

hospitais brasileiros, em média, R\$3.500,00 por paciente. Sendo assim há um custo-benefício positivo quando os hospitais investem em aventais de melhor qualidade e os reutilizam por menor tempo, isto é, pela a quantidade de vezes que sua barreira se mantenha íntegra. Logo um avental considerado de qualidade superior apresenta as características descritas no tópico a seguir (MEDEIROS; CARVALHO, 2016).

2.3 CARACTERÍSTICAS DESEJÁVEIS PARA AVENTAIS CIRÚRGICOS

No mercado brasileiro existe a norma técnica ABNT NBR 16064/16 referente a Produtos têxteis para saúde — Campos cirúrgicos, aventais e roupas para sala limpa, utilizados por pacientes e profissionais de saúde e para equipamento — Requisitos e métodos de ensaio. Esta norma apresenta características e requisitos de desempenho a serem avaliados em aventais cirúrgicos, tais como: resistência a penetração microbiana a secos e a úmidos, limpeza microbiana e de material particulado, *linting*, resistência a penetração de líquidos, resistência ao estouro seco e úmido; e resistência a tração a seco e a úmido. Contudo a norma não especifica o tecido ou fibra que o avental deve ser confeccionado, além de não determinar que o fabricante explicita o número máximo de vezes que o avental pode ser reprocessado na desinfecção e esterilização para o reuso.

As características necessárias para um tecido hospitalar são: efetividade da barreira, repelência, beneficiamento contra infecções, qualidade na manutenção, funcionalidade, conforto, custo, resistência, fortitude, esterilidade, questões ambientais, dobradura, expurgo de fios, biocompatibilidade, toxicidade, resistência a chamas, abrasividade, exigências de armazenamento e risco de lavagem⁵ (GUPTA, 1988; STANEWICK; KOGUT, 1997; RUTALA; WEBER, 2001).

Independente da forma em que se dividem tais características, podemos observar que o desenvolvimento ou compra de um tecido precisa levar em consideração as demandas específicas e particularidades do uso, bem como precisarão ter tais características testadas (RUTALA; WEBER, 2001).

Dentre as características supracitadas, uma das mais importantes é a repelência, que representa a capacidade do tecido em resistir à passagem de

⁵ Cf. Rutala e Weber (2001, p. 250, Tabela 01).

líquidos, tal característica pode ser analisada em laboratórios a partir de um teste denominado teste de pressão hidrostática (AATCC 127-1995)⁶ (STANEWICK; KOGUT, 1997).

Outra característica relevante é a resistência a chamas, tendo em vista que o uso de aparelhos geradores de faísca é comum e as vestimentas podem ter contato com a fonte ígnea. Para esta característica existem testes que avaliam em quanto tempo o tecido entrará em combustão, sabendo que todos eles o farão em algum momento, os classificando como: Classe I ou Classe III⁷. São considerados Classe I os tecidos que precisam de mais 3,5 segundos para queimar, enquanto os da Classe III queimam em menos de que 3,5 segundos⁸ (STANEWICK; KOGUT, 1997).

A mais importante, entretanto, é a ação antimicrobiana, porque no ambiente hospitalar, onde as taxas de infecções por bactérias multirresistente estão aumentando⁹, acredita-se que com o uso desses materiais reduza significativamente sua carga microbiana (SUN; WORLEY, 2005; BORROW *et al.*, 2008). Portanto, um tecido com características antimicrobianas precisa ter: i) capacidade de rápida inativação de grande espectro bacteriano; ii) imutável e não-seletivo aos patógenos; iii) atóxico e ambientalmente responsável; iv) durável aos processos de lavagem; v) capazes de serem recarregados durante a lavagem; vi) baixa volatilidade e ausência de ação corrosiva a partir dos materiais utilizados nos processos de lavagem¹⁰ (SUN; WORLEY, 2005; GUTAROWASKI; MICHALSKI, 2012).

Tais têxteis precisam ter um efeito durável já que passam por diversos tipos de tratamento ao longo de sua vida útil e esse é um dos desafios da sua produção. A escolha do tecido para a confecção de aventais cirúrgicos também deve ser baseada na sua resistência ao processo de esterilização, além de contemplar as

⁶ Este teste utiliza uma coluna d'água e em sua parte inferior há um revestimento do tecido de interesse. Este teste mede a resistência a tecidos e a quantidade de líquido necessário para ultrapassá-lo. Nos casos de tecidos em que são necessários menos de 20 cm de resistência hidrostática não os consideram repelentes. Quanto maior este resultado, mais repelente é o tecido. Existe ainda o teste de penetração por impacto de água (AATCC 42-1994), o qual analisa a indiretamente sua capacidade de repelência.

⁷ Já não são mais fabricados tecidos de classe II.

⁸ Não há um padrão para os testes com o uso de lasers sobre os tecidos na indústria, podendo ser pressionando sobre o tecido ou à distância, mas percebe-se que tecidos cuja base é de poliéster são mais fortes neste aspecto.

⁹ Sun e Worley (2005) exemplificam-nas pela *Staphylococcus aureus* resistente a metilicina (MRSA, em inglês), a qual não só foi encontrada, mas sobrevivia por longos períodos em materiais têxteis em ambientes hospitalares.

¹⁰ Sun e Worley (2005) indicam que o uso de alvejantes à base de cloro é capaz de aumentar a vida útil dos acabamentos germicidas, bem como, revitalizar sua capacidade antimicrobiana.

qualidades necessárias para o conforto e a proteção da equipe que o utiliza, sem esquecer a prevenção de infecções ao paciente.

2.4 PROCESSO DE LAVAGEM E ESTERILIZAÇÃO

No “Processamento de roupas de serviços de saúde: prevenção e controle de riscos” descreve-se o processo de desinfecção de roupas hospitalares (ANVISA, 2009). As peças são separadas quanto a sua cor, tecido e grau de sujidade, quando possuem presença de sangue, fezes, vômitos, ou outras sujidades proteicas são classificadas como sujidade pesada e sujidade leve quando não há presença de fluidos corporais, sangue ou produtos químicos, a diferenciação por cor tem como objetivo evitar manchas, e a por tecidos define seu tipo de lavagem.

O processo de lavagem consiste na eliminação da sujeira, deixando-a com aspecto agradável, a roupa é desinfetada durante esse processo tornando-a livre de patógenos vegetativos, mas não se torna estéril e como explica ANVISA (2009):

Não existe um processo único e ideal para a lavagem de todas as roupas do serviço de saúde. As fases de um ciclo completo de lavagem consistem em: umectação, enxagues, pré-lavagem, lavagem, alvejamento, enxagues, acidulação e amaciamento. Um ciclo completo de lavagem geralmente é aplicado para roupas com sujidade pesada. Para roupas com sujidade leve, dispensam-se as etapas de umectação, primeiros enxagues e pré-lavagem, sendo que o ciclo se inicia na etapa de lavagem (ANVISA, 2009, p. 28).

A etapa de umectação é composta pelo uso de produtos que dilatam as fibras e diminuem a tensão superficial da água, ajudando a penetração da solução e a remoção da sujidade, utilizando água em temperatura ambiente (ANVISA, 2009).

Na pré-lavagem, segundo ANVISA (2009), são usados detergentes que tem propriedades de remover, suspender e emulsificar a sujeira. A remoção da sujidade ocorre pela ação química do detergente nas partículas de sujeira e o seu deslocamento por meio da ação mecânica.

A lavagem consiste de estágios físicos e químicos, tais como ação mecânica que ocorre pelo batimento e esfregação das roupas nas lavadoras, temperatura que deve ser mantida entre 22 e 50°C associada ao uso controlado e monitorado de produtos a base de cloro, o tempo que as peças passam no processo de lavagem interfere na qualidade do processo, se o tempo for acima do necessário

gera custos a mais e se for abaixo pode não promover a efetiva higienização, o nível da água que influencia diretamente no resultado do processo, alvejamento que muda a tonalidade natural do tecido e ajuda na redução da contaminação bacteriana, o enxágue que produz uma ação mecânica destinada à remoção, por diluição, da sujidade e dos produtos químicos, neutralização ou acidulação tem como objetivo remover a alcalinidade com a utilização de um produto ácido no ultimo enxágue, o pH do tecido passa de 12 para 5 que o torna semelhante ao da pele e contribui para a redução microbiana, o amaciamento adiciona um produto com ácidos graxos que realinha as fibras, lubrifica e elimina a carga estática (ANVISA, 2009).

O processo de centrifugação ocorre ao fim da lavagem e consiste em eliminar o excesso de água das roupas, ao fim desta etapa as peças devem ser separadas quanto ao processo de acabamento que deve ser submetida.

A secagem é realizada em artigos que não podem ser calandradas, como por exemplo uniforme de centro cirúrgicos, toalhas, cobertores e roupas felpudas. Ao fim das etapas descritas as peças devem ser embaladas de acordo com seu destino.

O processamento padrão não atinge a eliminação total dos microrganismos, sendo assim as peças que serão utilizadas em procedimentos cirúrgicos ou que exijam técnica asséptica devem ser encaminhadas a esterilização.

A coordenação de controle de infecção hospitalar do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (2013) define o processo de esterilização como:

(...) o processo que se utiliza de agentes químicos ou físicos para destruir todas as formas de vida microbiana. Convencionalmente considera-se um artigo estéril quando a probabilidade de sobrevivência dos microrganismos que os contamina é menor do que 1: 1.000.000. Esse critério é o princípio básico dos testes biológicos usualmente utilizados para controlar o processo de esterilização. (Coordenação de Controle de Infecção Hospitalar, CCIH, do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, 2013, p. 1)

O processo de esterilização de artigos hospitalares, descrito no Manual de Normas e Rotinas para o Processamento de Materiais de Enfermagem/Médico/Odontológico da Secretaria Municipal de Campinas (2014), deve ser utilizado o método de calor úmido sob pressão (autoclave) este processo é o de maior segurança por destruir todas as formas de vida a temperatura de 121°C a 134°C.

A falta de métodos de controle sobre os têxteis reprocessáveis no centro cirúrgico. Como não há um método específico que teste a efetividade da barreira de proteção ou uma norma que determine a quantidade máxima de usos é corriqueiro seu uso até atingir o desgaste máximo, apresentando remendos e permitindo o acúmulo de microrganismos, elevando o número de infecções cirúrgicas (SANTANA *et al.*, 2010).

Levando em conta este processo de desgaste, se faz necessário o estudo de tecidos e fibras para entender características, particularidades e estrutura com objetivo de reconhecer sua adequabilidade, o que será discutido no capítulo a seguir.

3 FIBRAS, TECIDOS E TECNOLOGIAS

Os tecidos surgiram da necessidade do homem em proteger o corpo das intempéries climáticas e se vestir. Já a manipulação das fibras surgiu com a arte da cestaria e evoluiu, elaborando várias formas de entrelaçar, criando formas e texturas diferentes. Relata-se, ainda, que há mais de 24 mil anos existem indícios de têxteis na história (PEZZOLO, 2013).

Os avanços no desenvolvimento de tecidos traçam jornadas distintas que se cruzam em um ponto em comum: a criação de tecidos, materiais e técnicas de produção que sejam ecologicamente sustentáveis e inovadoras, aproximando o *design* com arte, tecnologia e ciência (UDALE, 2015).

A importância de conhecer bem o tecido antes de desenhar o modelo, definir a função da peça e entender bem suas qualidades para saber se este adequa-se ao papel desejado (UDALE, 2015).

Por sua vez, Pinto (2015) explica que:

O vestuário funcional representa um segmento evolutivo no mercado de têxteis funcionais, sendo uma área onde se integram novos domínios como o da medicina, biotecnologia, nanotecnologia, física e informática, entre outros, para atender a diversas e complexas exigências dos utilizadores finais. “Vestuário funcional” pode, portanto, ser definido como um termo genérico que inclui todos os tipos de roupas ou conjuntos que são especificamente projetados para fornecer um desempenho ou funcionalidade pré-definida para o utilizador, para além das duas funções normais. Este vestuário, elaborado a partir da conjugação de matérias inovadoras, e de novas funcionalidades, implicará um valor acrescentado. (PINTO, 2015, p. 19)

Sendo assim é de grande importância conhecer as fibras e suas propriedades, sabendo que o tecido apresenta em larga escala as características das fibras que o compõe.

3.1 AS FIBRAS TÊXTEIS

As fibras podem ser definidas em naturais e químicas, mas por bastante tempo só se utilizavam fibras de origem animal, vegetal e mineral. Com o passar dos anos, surgiu a necessidade de se ter fibras distintas dando início à fabricação das químicas, criadas em laboratórios, que se dividem em artificiais que utilizam matéria

animal, vegetal e mineral modificadas, ou sintéticas que sintetizam carvão, petróleo, entre outras matérias-primas (PEZZOLO, 2013).

Rezende (2013) relaciona os dois tipos de fibras em:

Fibras sintéticas, por serem versáteis, podem ser desenvolvidas na forma e nas especificações demandadas no momento da fabricação, atingindo uma grande gama de efeitos visuais e texturas, sem perder as suas propriedades principais de serem fibras resistentes, duráveis e de fácil cuidado, e por esse motivo são frequentemente misturadas com fibras naturais para aperfeiçoar a durabilidade destas (REZENDE, 2013, p. 2).

As fibras têxteis são a menor unidade dos tecidos e as propriedades do tecido e estão diretamente relacionadas a elas, é importante que possamos analisá-las com mais profundidade (KILINC, 2015). Frings (2012) define fibras têxteis como sendo:

materiais semelhantes a fios de cabelos, sejam elas naturais ou fabricadas, que formam o elemento básico de tecidos e outros materiais têxteis. Elas podem ser fiadas e transformadas em fio e, em seguida, transformadas em tecido por meio dos mais diferentes métodos, como a tecelagem e a malharia (FRINGS, 2012, p. 110).

É de grande importância conhecer as particularidades de cada fibra envolvida no processo de fabricação de um artigo têxtil. As fibras artificiais têm traços pré-definidos, enquanto as naturais, por sua vez, sujeitam-se há grandes variabilidades, tais como a irrigação da plantação, a seleção das sementes, a hibridação, a criação dos animais, etc. Logo, sua qualidade influi diretamente no seu valor comercial (PITA, 1996).

As propriedades químicas das fibras estão ligadas a resistência que as mesmas têm a ácidos, álcalis e solventes orgânicos. Já as propriedades biológicas estão relacionadas a resistência a insetos e microrganismos, enquanto as propriedades físicas são o comprimento, elasticidade, morfologia, porosidade, absorção, densidade, flamabilidade, flexibilidade, fiabilidade, cor e espessura (MENEGUCCI, 2012).

Lobo, Limeira e Marques (2014) definem as propriedades das fibras:

- **Morfologia:** estuda a forma, enumerando as relações espaciais das estruturas quanto ao aspecto, forma que o material apresenta, pode ser macrófago ou forma física, e micrófaga ou estrutura química. Em geral

as fibras sintéticas possuem massa menor quando comparada os naturais, assim são indicadas para confecção de tecidos mais leves.

- Finura: define a densidade linear ou a massa da fibra a partir do comprimento, vê espessura, diâmetro e calibre.
- Flexibilidade: está diretamente relacionado com o conforto anatômico, quanto maior seu valor maior facilidade de movimentos, está ligada a capacidade da fibra de dobrar ou ceder quando realizada força sobre elas, e assim voltar ao estado inicial em repouso.
- Resiliência: é a condição de retornar ao estado natural após sofrer algum dano.
- Alongamento: é a força máxima longitudinal que o material aguenta antes de se partir.
- Elasticidade: capacidade de retornar ao comprimento inicial após sofrerem alongamento.
- Limite de elasticidade: é a maior força que a fibra suporta de alongamento antes de sofrer dano permanente.
- Resistência: é a força que a fibra suporta até atingir seu ponto de ruptura.
- Tenacidade: demonstra sua resistência contra uma fratura, quando é aplicada nela uma força de tração.
- Higroscopicidade: é a característica de absorver e segurar a umidade do ar.
- Hidrofilidade: capacidade de a fibra absorver e reter líquidos rapidamente.
- Hidrofobildade: propriedade de repelir ou absorver lentamente líquidos.
- *Regain*: é taxa percentual de reabsorção de umidade.
- Densidade: proporção entre massa e volume.

As propriedades das fibras quanto ao tecido podem ser divididas em quatro grandes grupos: aparência, manutenção, conforto e durabilidade (PITA, 1996), como exposto no quadro 1, apresentado a seguir.

Quadro 1 – Propriedades das Fibras

APARÊNCIA	CONFORTO	MANUTENÇÃO	DURABILIDADE
Cor	Densidade	Resistência/ Tenacidade	Tenacidade
Lustro/Brilho	Alongamento/ Elasticidade	Resiliência	Flexibilidade/ Maleabilidade
Resistência a abrasão	<i>Regain</i> e absorção	Absorção de umidade	Coesão
Afinidade por corantes e acabamentos	Carga estática	Resistência a abrasão	<i>Regain</i> e absorção de umidade
Resiliência	Flexibilidade/ Maleabilidade	Resistência a química	Alongamento e elasticidade
	Resiliência		Reações químicas
			Reações térmicas
			Reações biológicas

Fonte: Pitta (1996, p. 63). Elaboração da autora.

As fibras naturais, como todas as que já se encontram prontas na natureza, precisando somente de alguns processos físicos para transformá-las em fios (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014), diante da impossibilidade de se estudar todas as fibras citar-se-ão apenas aquelas que mais se adequam às necessidades de vestimenta cirúrgica, como o algodão que apresenta propriedades como conservação de calor satisfatória, toque macio, satisfatória elasticidade, boa absorção de umidade do ambiente, boa retenção de líquidos, fácil tingimento, não suporta altas temperaturas sem danificação, boa resistência a lavagens.

O cânhamo, porque possui alta resistência, porosidades que permite troca de ar e traz frescor, é naturalmente antifúngica, com o uso ganha maciez e suavidade, suporta temperaturas de ebulição. A lã, pois possui boa recuperação elástica, conforto e durabilidade, bom isolamento térmico, boa elasticidade e resiliência, boa resistência a tração e abrasão, alta higroscopicidade, alta absorção, não conduz calor com facilidade sem chama. Já as fibras químicas são feitas de polímeros orgânicos, naturais e sintéticos, sendo a última classificação dividida em artificiais e sintéticas (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

Dentre as fibras artificiais, tem-se o Liocel que apresenta propriedades semelhantes ao algodão, como sua maciez e boa absorção, é extremamente

resistente, quando molhado apresenta microfibras, conhecida como fibrilação, é uma fibra bem versátil que pode receber diversos tipos de acabamentos, é usada na confecção de diferentes tecidos, possui excelente estabilidade de lavagem e bom alongamento. Também é comum seu uso na mistura íntima com outras fibras, processo feito durante a produção dos fios, o qual mistura-se duas fibras, antes da finalização do fio (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

O modal, por sua vez, tem toque macio e mantém suas propriedades após diversas lavagens, absorve 50% mais umidade que o algodão, estabilidade dimensional. Também muito utilizado no processo de mistura íntima (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

Dentre as fibras sintéticas, tem-se a modacrílica que é bastante utilizada na fabricação de roupas de proteção de alta performance, como as de combate a incêndios, possui boa durabilidade, toque agradável, excelente resistência, resiliência e é antialérgica (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

A poliamida tem alta resistência a tração, bom alongamento, atura altas temperaturas, tem ação contra o crescimento bacteriano, tem resistência a abrasão, é fácil de lavar, é resiliente, toque macio e longa duração (LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

O poliéster resiste a alongamento e encolhimento, tem alta elasticidade, boa aceitação a produtos químicos, suporta altas temperaturas, também é utilizada na confecção de roupas de proteção, tem alta durabilidade, é hidrofóbico e quando ganha acabamento de resistência a água intensifica seu efeito (KUASNE, 2008; LOBO; LIMEIRA; MARQUES, 2014).

Microfibras são filamentos extremamente finos proveniente de fibras de acrílico, poliamida ou poliéster que surgiram no mercado entre o final da década de 80 e início da década de 1990 (PEZZOLO, 2013). Dez mil metros desses filamentos podem pesar menos de 1g na unidade de medida que chamamos de Dtexou ainda nove mil metros podem pesar 1g na unidade Denier. Um tecido feito de microfibras é formado pelo entrelaçamento de fios multifilamentos (filamentos contínuos de microfibras).

As microfibras também podem ser produzidas para atuar no tratamento de doenças e na estética, elas podem ser fabricadas com microcápsulas em sua estrutura que contêm substâncias químicas, tais como medicamentos, vitaminas, cremes hidratantes, agentes antibacterianos, bloqueadores de UV ou perfumes. Tais

substâncias são liberadas sobre a pele pela abrasão ou calor que vem do corpo, assim os benefícios são absorvidos, entre tanto, essas substâncias se esgotam e se desgastam na lavagem do tecido, também é possível agregar microrganismos que vivem de sujeira e suor para manter as roupas limpas e sem odores (UDALE, 2015).

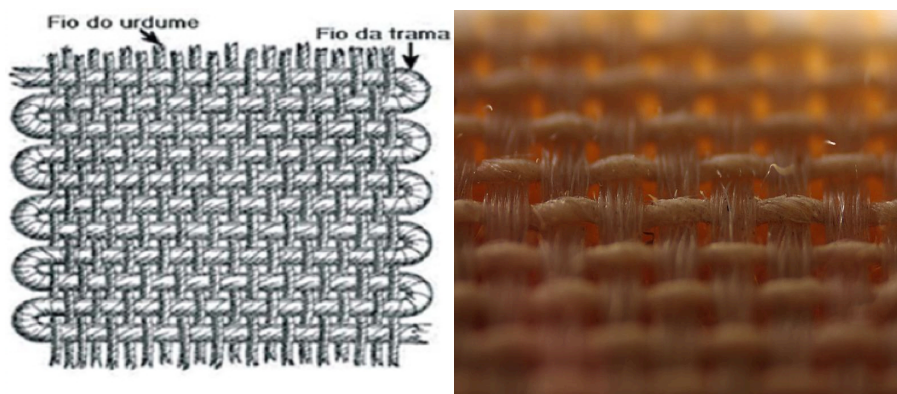
Para a utilização de fibras na fabricação de tecidos, elas precisam passar pelo processo de fiação, que consiste em transformar o material fibroso em fios.

Os fios são produtos obtidos pela fiação de fibras naturais e pela estrutura de fibras químicas (artificiais ou sintéticas). O fio pode ser constituído por um único filamento (monofilamento) ou formado por um conjunto de dois ou mais filamentos (multifilamentos). Filamento contínuo é a unidade linear do comprimento indefinido, caso do acetato, do náilon, do poliéster e de outras fibras químicas, que podem ter vários quilômetros de comprimento. (PEZZOLO, 2013, p. 139).

A produção dos fios com o resultado final do tecido, a partir da fiação das fibras, podemos definir como será sua textura, suas propriedades funcionais, sua espessura e seu peso. A mistura de fios é uma estratégia quando se quer criar características distintas que não seriam possíveis com fios iguais (UDALE, 2015).

3.2 AS ESTRUTURAS TÊXTEIS

As estruturas têxteis se dividem em tecido plano, malha e não-tecido. Os tecidos planos são compostos por dois conjuntos de fios trançados em 90°, a malha é o entrelaçamento de laçadas de um ou mais fios, já o não-tecido é uma estrutura plana, flexível e porosa, constituída de véu ou manta de fibras ou filamentos (PEZZOLO, 2013).

Figura 3 – Estrutura dos Tecidos Planos

Fonte: Marisanta (2012) e Paulo Roberto CM Júnior (2010).

No caso do tecido plano, a maneira como os fios são entrelaçados determina a sua estrutura básica. O seu padrão de entrelaçamento na tecelagem pode ser feito de várias maneiras diferentes, porém a ordem básica de cruzamentos dos fios da trama com os fios do urdume se dividem nos três tipos de ligamentos fundamentais: o tafetá que é o mais simples e utiliza a disposição contrária dos fios pares e ímpares, os fios da trama passam alternando por cima e por baixo de cada fio do urdume, o resultado lembra um tabuleiro de dama; já o ligamento sarja usa linhas diagonais que cria, quase sempre, um ângulo de 45 graus, formando um tecido com frente e verso distintos; e o ligamento cetim forma um tecido liso, sem efeitos realizados pela trama e com brilho na parte frontal do tecido (PEZZOLO, 2013).

O tecido plano é formado basicamente por fios de ourela (fios que formam as bordas do tecido) e fios de fundo (fios que formam o tecido) que se situam entre as ourelas, como observado na Figura 3. O mesmo pode ser entrelaçado através de vários padrões que se originam dos três fundamentais, o tafetá ou tela, a sarja e o cetim, o tafetá, por ser 1x1 possui uma maior amarração, as quais são apresentadas na Figura 4.

Figura 4 – Ligamentos Tafetá (tela), Sarja e Cetim

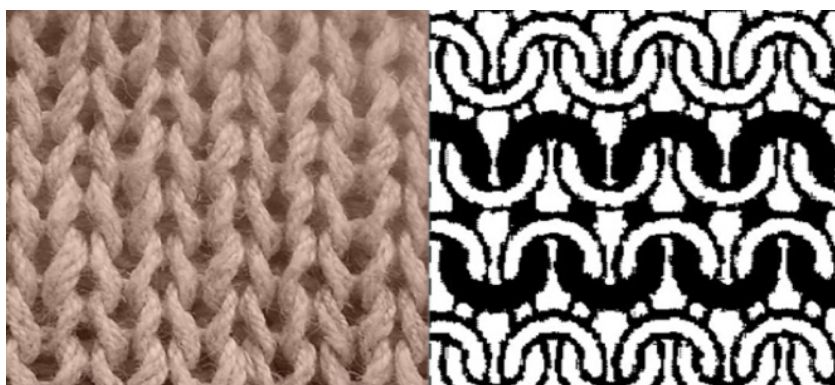


Fonte: Felippi (2011).

No que se refere ao aspecto visual, os tecidos se apresentam em quatro tipos principais: liso que possui aspecto uniforme; o maquinado que tem aparência como desenhos diferenciados que pode ser feito pela combinação de padrões; o *jacquard*, com efeito decorativo criado pelo tear *jacquard* o tecido estampado que na fase de acabamento recebe seu desenho (PEZZOLO, 2013).

No caso da malha, sua estrutura não é resultado da tecelagem, mas sim do entrelaçamento de laçadas de um ou mais fios (Figura 5). Divide-se em três tipos: malha de trama feita com entrelaçamento de um único fio, formando um tecido aberto ou circular; as malhas de teias ou urdume são conjuntos de fios colocados lado a lado, enquanto as malhas mistas vêm da malha de teia ou urdume com a realização de inserção periódica de um fio de trama com o intuito de dar firmeza (PEZZOLO, 2013).

Figura 5 – Estrutura das Malhas



Fonte: Marisanta (2012).

Outra estrutura têxtil é o não tecido, que também podem ser chamados de não texturizados, são feitos a partir de elementos fibrosos compactados de forma mecânica, física ou química, dando origem a uma folha contínua, podem ser obtidos pelo entrelaçamento das fibras, que é feito por agentes mecânicos que consiste em emaranhar as fibras têxteis entre si ou por ação adesiva na fusão das fibras, que é um processo químico que promove a união das fibras (PEZZOLO, 2013). Sua estrutura é apresentada na Figura 6.

Figura 6 – Estrutura do TNT



Fonte: França (2017)

3.3 BENEFICIAMENTOS E ACABAMENTOS TÊXTEIS: NANOTECNOLOGIA E OS TECIDOS INTELIGENTES

Na indústria têxtil, o futuro relaciona-se diretamente à pesquisa e ao desenvolvimento de novas fibras e, por conseguinte, têxteis. Os avanços tecnológicos observados na indústria apresentam uma tendência de valorização não apenas em seu aspecto estético, mas, principalmente, em seu desempenho (REZENDE, 2013).

Pezzolo (2013, p. 159) afirma que “o beneficiamento têxtil, constituído por várias etapas, tem por finalidade melhorar as características físico-químicas de fibras, fios e tecidos”. Já na etapa final ou acabamento têxtil, são conferidas propriedades particulares aos tecidos, dando as mesmas características funcionais.

Os beneficiamentos têxteis são divididos em: primários, que visa preparar tecido para a aplicação em processos posteriores; secundário, que consiste em processos que visam obter a coloração nos artigos têxteis seja ela total ou parcial, e

o acabamento final, que proporciona alterações físico-químicas nas características dos tecidos.

Os acabamentos finais que dão novas propriedades aos tecidos, estes podem durar por toda a vida do tecido ou desgastam-se com o tempo e são incluídos na fase de progressão da fibra ou na própria superfície do tecido (UDALE, 2015).

Dentre os diversos tipos de acabamento podemos citar:

- O acabamento lave e use (*wash and wear*) que consiste em deixar o tecido de algodão e poliéster sem amarrotamento por tempo indeterminado;
- O antifogo que impede que tecido entre em combustão;
- O antimanchas que torna o tecido repelente a sujeira assim impedindo a formação de manchas;
- O antimicroorganismos combate o ataque de numerosos microrganismos e o crescimento de fungos, assim como a deterioração biológica do tecido;
- A aplicação de amaciante dá toque suave;
- Com a aplicação de encorpantes o tecido fica mais grosso e rígido;
- A calandragem dá lustro ao tecido;
- O carregamento aplica agentes de carga que confere um maior peso ao tecido;
- A escovagem deixa a superfície do tecido fibrosa, melhora o toque e o isolamento térmico;
- A flanelagem deixa o tecido com uma base felpuda;
- A gofragem cria relevos na superfície do tecido;
- A hidrofugação traz propriedades hidrofóbicas, sem interferir na ventilação;
- Já a impermeabilização veda o tecido com aplicação de resina sintética impedindo a passagem de líquidos;
- A lixagem também promove uma superfície fibrosa, mas ao contrário da flanelagem a sua altura é menor, a matificação retira o brilho;
- O moiré cria efeito de ondulações com pouco brilho;

- O pré-encolhimento evita que os tecidos se encolham na lavagem doméstica;
- A prensagem permanente aumenta a estabilidade dimensional, formando vincos permanentes;
- A resinagem pode ser com resultado de PVC que traz aspecto de borracha ao tecido;
- Enquanto a acrílica deixa o tecido impermeável;
- A termofixagem que através do calor torna o tecido mais estável, evitando deformações futuras (PEZZOLO, 2013).

A empresa Santanense que trabalha com diversos tipos de acabamentos, explica em seu endereço eletrônico muito deles. Dentre eles, um muito interessante é o Repelente, que é descrito como:

Este acabamento tem como finalidade propiciar ao tecido a característica de repelência à líquidos, através da aplicação de produto à base de fluorcarbono, evitando a absorção pelo tecido de sujidades, facilitando assim sua limpeza e aumentando a durabilidade do uniforme. Além de repelir os líquidos, este acabamento evita que terra e pó se fixem ao tecido. Não altera a aparência nem as propriedades dos tecidos, proporcionando boa costurabilidade, boa resistência ao amarrotamento e excelente solidez a lavagens. Há vários níveis de repelência, cada um adequado com uma área de aplicação. O fluorcarbono é o produto responsável pela característica de repelência aplicada aos tecidos, obtida através da diminuição da tensão superficial do material sobre o qual está aplicado e aumentando o ângulo de contato. Com isso: líquidos formam gotas sobre o tecido, pó e terra não se fixam ao tecido. Acabamentos fluorquímicos duráveis formam um escudo invisível em torno de cada fibra. (Santanense, 2017, *online*)

A nanotecnologia utiliza nível molecular para desenvolver tecidos inteligentes e sofisticados, os mesmos podem fazer uma roupa modificar sua cor, estrutura e até seu tamanho. A nanotecnologia desenvolve acabamentos para tecidos, como por exemplo o revestimento que é resistente a sujeira.

Metais também podem ser transformados em tecidos, misturados com material sintético garantem a qualidade antiestática. A prata vem sendo utilizada dentro de tecidos por sua característica antibacteriana. O *x-static* liga a prata a superfície de fibras assim garantindo propriedades como prevenção de odores e infecções causadas por fungos (UDALE, 2015).

Um dos setores que se beneficiam com os acabamentos têxteis é o ambiente hospitalar, pois apresenta necessidades especiais associadas à função dos tecidos, já que neste precisam-se de vestimentas que proporcionem proteção.

4 METODOLOGIA

Neste estudo foram avaliados três tipos de tecido, Brim de algodão 100%, Brim misto (50% algodão e 50% poliéster) e Oxford 100% poliéster. E esta seção expõe, cada uma das etapas dos processos laboratoriais e estatísticos utilizados. Serão analisadas as variáveis a seguir: gramatura do tecido (g/m²) após cada processamento, área do poro (μm²) após cada processamento; crescimento bacteriano, se houver, após cada processamento.

4.1 VARIÁVEIS E MÉTODOS LABORATORIAIS

Nesta seção explicam-se quais foram as variáveis e como elas foram calculadas, quando eram quantitativas. As variáveis deste tipo eram Gramatura e Área do Poro. Todos os procedimentos experimentais foram realizados no Sistema de Laboratório em Nanomateriais e Biotecnologia – SISNABIO, localizado na Universidade Estadual do Ceará.

4.1.1 Gramatura

Segundo ABNT (2008), em sua norma técnica NBR 10591/08, a gramatura de um tecido deve ser calculada pelo seguinte procedimento: i) Coletar no mínimo três corpos de prova de dimensão 15x15cm¹¹ de lugares diferentes e sem defeitos; ii) pesar em balança de precisão de 0,001g o peso desses corpos; iii) computar média desse resultado; e, iv) multiplicar a média por 100, obtendo o valor em g/m².

Sendo assim, os passos quantitativos do procedimento podem ser condensados na fórmula abaixo:

$$Gramatura_i = \frac{\overline{Peso_{ij}}}{4} \times 100 \quad (1)$$

¹¹ Esta metodologia tem uma limitação para este trabalho, porque esses corpos de prova são muito pequenos e poderiam se perder durante as rodadas de lavagem, as quais eram feitas conjuntamente com as rouparias de um Hospital Público situado no Estado do Ceará, portanto tirou-se corpos de prova maiores de 30x30cm. A partir dessa decisão de corpos de prova maiores, foi necessário rever a o procedimento descrito na nota técnica, a fim de continuar utilizando seu procedimento, portanto fez-se o seguinte ajuste da média, dividindo seu resultado por 4, uma vez que a área dos tecidos utilizados apresenta área quatro vezes maior do que aquelas descritas pela NBR 10591/08.

Onde, \overline{Peso}_{ij} indica a média dos pesos dos i corpos de prova do tecido j , em gramas.

Cada exemplar de tecido tinha quatro corpos de prova, nomeados por código alfanumérico: “A”, “M”, “P” representando, respectivamente, “Algodão”, “Misto” e “Poliéster”; e uma numeração que variava de 1 a 4¹². Este código foi bordado e os corpos de prova foram embainhados, a fim de que simulasse ao máximo um avental do centro cirúrgico¹³.

Para o cálculo do peso de cada corpo de prova foi utilizada a balança analítica BIOPRECISA, modelo FA2104N¹⁴, sendo a primeira pesagem feita antes do primeiro ciclo e as demais após cada cinco rodadas de lavagem e autoclavagem.

4.1.2 Área do Poro

A partir de uma área retangular de 2 cm² que se situava 1 cm acima do bordado foram coletados os poros e tiveram sua área mensurada com o microscópio de reflexão e transmissão LOBORAL, modelo LAB2200T¹⁵. A mensuração da área se dava pelo *software* Vision Lite 5.0, do próprio microscópio, sendo seus resultados dados em μm^2 .

4.1.3 Contaminação dos tecidos

As amostras de numeração 3 e 4 foram contaminadas com caldo bacteriológico composto por duas bactérias patogênicas: *Staphylococcus aureus* ATCC27664 e *Bacillus sp.* enquanto as amostras 1 e 2 foram submetidas ao caldo sem bactérias (branco). Esse processo foi realizado antes do primeiro ciclo de lavagem, isto é, com os tecidos virgens, e repetidos após cada 5 ciclos completos de lavagem e autoclavagem.

¹² Foram escolhidos três tipos de tecidos utilizados em aventais cirúrgicos, um Oxford 100% poliéster, um Brim 100% algodão e um Brim misto, 50% poliéster e 50% algodão. Os tecidos Brim possuem uma estrutura têxtil de ligação em Sarja, enquanto o Oxford tinha ligação em Tafetá.

¹³ Há de se observar que as gramaturas dos tecidos aumentaram entre 0,001% a 0,005% do seu resultado estimado real por conta da linha utilizada no bordado e da linha utilizada na bainha.

¹⁴ Caso o leitor tenha interesse, é possível visualizar as imagens dos equipamentos no Anexo A – Equipamentos Laboratoriais. Cf. Anexo A, Figura A.1.

¹⁵ Cf. Anexo A, Figura A.2.

Estas bactérias fazem parte da microbiota da pele, sendo a primeira (*Staphylococcus aureus*) bastante utilizada neste tipo de pesquisa, enquanto a segunda (*Bacillus sp.*) são reconhecidos por formarem esporos.

4.1.3.1 Ativação da cepa

A bactéria *Staphylococcus aureus* ATCC27664 foi obtida na EMBRAPA Agroindústria Tropical, e o *Bacillus sp.* foi obtido no próprio laboratório. As cepas bacterianas foram ativadas em meio de cultura TSA (*Tryptic Soy Agar*) esterilizados em autoclave a 121°C por 15 minutos.

A manutenção e repique das culturas isoladas, foram feitas em placas petri contendo meio TSA, esterilizados em autoclave a 121°C por 15 minutos. As placas TSA repicadas foram incubadas em estufa bacteriológica a 30°C por 24 horas para obtenção da cultura para realização dos ensaios fermentativos com o objetivo de crescimento celular.

4.1.3.2 Preparação do inóculo e crescimento celular

O meio de propagação do inóculo tem como fonte de carbono 10,0g/L de glicose em meio mineral com reativos padrão analítico, 1,0g/L de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ como fonte de nitrogênio, 5,0g/L de extrato de levedura, 6,0g/L de Na_2HPO_4 , 3,0g/L de KH_2PO_4 , 2,7g/L de NaCl e 0,6g/L de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ com 0,1% da solução de micronutrientes com a seguinte composição: ZnSO_4 10,95g/L, FeSO_4 5g/L, MnSO_4 0,6 g/L, CuSO_4 0,39g/L, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ 0,25g/L, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 0,17g/L, EDTA 2, 5,0g/L esterilizados a 110°C por 10 minutos.

Três alçadas da cultura na fase exponencial de crescimento foram transferidas para frascos de erlenmeyer de 250mL contendo 50mL meio de propagação do inóculo, incubado 150 rpm, 30°C por 24 horas em agitador rotatório (*Shaker Tecnal TE-480*¹⁶).

O inóculo foi ajustado para uma faixa de 0,1 a 0,2 em espectrofotômetro (*Genesys 10S UV-VIS*¹⁷) a 600nm. Os tecidos foram contaminados com a pulverização da solução de baterias descrita acima. Após o procedimento os

¹⁶ Cf. Anexo A, Figura A.3

¹⁷ Cf. Anexo A, Figura A.4

mesmos secaram em estufa de circulação de ar (Marconi MA035¹⁸) a 30°C até a secagem total.

4.1.3.3 Ciclos de lavagem e esterilização

O processo de lavagem (como descrito no item 2.4) foi realizado por intermédio de um hospital público situado no Estado do Ceará, o qual terceiriza o processo de lavagem, as amostras foram encaminhadas juntamente com os aventais cirúrgicos e demais peças utilizadas no centro cirúrgico da instituição. Foram realizados ao total 10 ciclos de lavagem e autoclavagem a 121°C por 15 minutos.

4.1.3.4 Verificação da esterilidade das amostras

A cada 5 ciclos de lavagem e autoclavagem as amostras foram submetidas a esfregaço com *swab* estéril em placas de petri esterilizadas com meio de cultura APGE (Agar, Peptídeo, Glicose e Extrato de levedura) em capela de fluxo laminar (dmd Solutions¹⁹) e em seguida foram incubadas em estufa bacteriológica QUIMIS²⁰ a 30°C por 48 horas para verificar o crescimento de microrganismos.

4.1.3.5 Método de identificação

Caso seja evidenciado crescimento nas placas, as amostras serão analisadas microscopicamente e para o preparo da lâmina, utiliza-se o método apropriado a partir da análise das colônias na placa de petri. Nos casos de fungos e bactérias, utiliza-se a coloração de Gram para a confecção da lâmina.

O passo a passo deste procedimento é: a) cobrir o esfregaço por 1 minuto com solução fenicada de cristal violeta; b) Escorrer o corante e cobrir o esfregaço, durante 1 minuto com solução de lugol fraco; c) Lavar em água corrente; d) Descorar com álcool 95°GL, até o descorante fluir límpido; e) Cobrir o esfregaço com solução de fucsina básica por 30 segundos (STIGHEN, 2009).

¹⁸ Cf. Anexo A, Figura A.5.

¹⁹ Cf. Anexo A, Figura A.6.

²⁰ Cf. Anexo A, Figura A.7.

As bactérias adquirem cores diferentes, as gram-positivas assumem uma coloração arroxeada enquanto as gram-negativas tornam-se vermelhas ou rosas (Ministério da Saúde, 2001). Os fungos, por outro lado, “são gram-positivos, assim a utilização da coloração não visa a diferenciação dos microrganismos, mas possibilita discriminar elementos fúngicos” (ANVISA, 2004, p. 7).

4.2 MÉTODOS ESTATÍSTICOS

Para a determinação das técnicas de inferência utilizadas neste artigo, avaliou-se o pressuposto de normalidade por meio do teste Shapiro-Wilk, o qual tem boa performance com pequenas amostras (NORNADIAH; WAH, 2011).

Para a “área do poro”, utilizou-se a Análise de Variância (ANOVA) de um fator para medidas repetidas, porque permite a análise de múltiplos indivíduos contrastando com outros momentos, a fim de mensurar o efeito das rodadas sobre o tamanho dos poros em cada um dos tecidos (VIALI, 2007; RODRIGUES, 2017). Esse método de inferência avaliou um segundo pressuposto essencial, homocedasticidade, por meio do teste de esfericidade de Mauchly (MALHEIROS, 2012; DIAZARAQUE, 2015). Nos casos em que a hipótese nula da ANOVA foi rejeitada, utilizou-se um teste *post hoc* para definir a diferença média estimada entre os resultados de cada um dos períodos, sendo os intervalos de confiança corrigidos pelo método de Bonferroni, o qual é mais conservador e controla o erro tipo-I (DIAZARAQUE, 2015).

Ainda sobre a hipótese de desgaste e, conseqüentemente, relação entre “gramatura” e “área média do poro de cada tecido” utilizou-se uma correlação de Pearson para verificar se tal relação²¹.

²¹ Cf. Anexo B – Definição de Métodos Estatísticos.

5 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os primeiros resultados obtidos nesse estudo são de característica descritiva e visam apresentar como se deu a estatística descritiva, média (M) e desvio-padrão (DP), das variáveis quantitativas (gramatura e área do poro), as quais têm seus resultados apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Estatística Descritiva da Área e da Gramatura

Ciclos	Algodão		Misto		Poliéster	
	Área M (DP)	Gram. M (DP)	Área M (DP)	Gram. M (DP)	Área M (DP)	Gram. M (DP)
0	1,69 (0,60)	726,13 (10,47)	1,05 (0,38)	516,31 (9,22)	3,92 (1,74)	440,25 (11,47)
5	1,77 (0,50)	720,88 (10,15)	1,54 (0,37)	514,31 (9,28)	4,34 (1,25)	439,44 (11,12)
10	2,05 (0,28)	703,69 (9,91)	2,81 (0,51)	513,63 (9,08)	6,72 (1,09)	439,25 (10,88)

Fonte: IBM® SPSS v. 23 (2018). Observação: A “Área” é medida em μm^2 , enquanto “Gram.”, que representa Gramatura é dada em g/m^2 .

A partir dos resultados obtidos na tabela 1, é possível perceber que desde antes de qualquer rodada de lavagem as amostras do tecido de poliéster apresentavam maior área média do poro e menor gramatura. Na medida em que os ciclos de lavagem e autoclavagem se sucedem, percebe-se que esta tendência é mantida. Nota-se, ainda da tabela 1, que a média do poro no tecido misto, antes da primeira rodada era menor do que a do algodão, contudo ao chegar no marco da décima rodada a média do poro já era maior do que a do tecido natural.

Os resultados encontrados já são preocupantes, uma bactéria mede entre 0,5 a $10\mu\text{m}^2$ (STANEWICK; KOGUT, 1997; TEIXEIRA; LINCH; CAREGNATO, 2014). Todavia, ao comparar com os resultados médios das áreas dos poros, encontrados por Leonas (1998), com os desta pesquisa, percebe-se que os poros dos tecidos utilizados aqui são menores do que seus resultados já comparados em seu momento inicial²², ou seja, antes da primeira lavagem, sendo possível explicar tais resultados pela própria gramatura do tecido.

²² Para maiores informações: Leonas (1998: 500), Tabela 6, linhas: B e E que são tecidos 100% poliéster e linha C para um tecido misto (50% algodão e 50% poliéster).

A partir da explicação da empresa Kohler & Cia. (2014) sobre a gramatura de tecidos, percebe-se que todos os tecidos utilizados nesta pesquisa são classificados como pesados, por terem mais do que 220 g/m². Esta característica se faz necessária porque são esses os tecidos mais adequados para a manufatura de aventais cirúrgicos. Aspectos que comparativamente aos resultados de Leonas (1998) são também mais almejados, uma vez que em sua pesquisa, esta autora utilizou tanto um tecido leve quanto um tecido médio²³.

Faz-se uma ressalva sobre a gramatura dos tecidos de algodão, especialmente, porque após os ciclos completos e com aparência seca, os mesmos apresentavam maiores pesos e conseqüentemente maiores gramaturas, contudo isto se daria porque estas fibras absorvem vapor de água, aumentando sua massa e reajustando seus filamentos, gerando valores até 25% maiores (RODRIGUES *et al.*, 2006). A partir deste resultado, optou-se por computar os valores da tabela 1 apenas após processamento em estufa de circulação de ar e uso de sílica para reter umidade.

Em seguida, começa-se a avaliar a hipótese do desgaste, partindo dos resultados encontrados é possível desenvolver uma tabela, 02, que indica a evolução percentual das perdas de gramatura e dos aumentos dos poros. Esta movimentação condiz com o efeito esperado dos ciclos de lavagem e autoclavagem, uma vez que na medida em que esses processos ocorrem, eles danificam as fibras dos tecidos.

Tabela 2 – Evolução Percentual da Área e da Gramatura após os Ciclos

Ciclos	Algodão		Misto		Poliéster	
	Área	Gram.	Área	Gram.	Área	Gram.
0 - 5	4,33%	-0,72%	46,04%	-0,42%	10,66%	-0,18%
5 -10	15,74%	-2,38%	82,56%	-0,13%	55,01%	-0,04%
0 - 10	20,75%	-3,09%	166,61%	-0,56%	71,52%	-0,23%

Fonte: IBM® SPSS v. 23 (2018).

Os principais resultados da tabela 2 são mencionados a seguir. Sobre o crescimento das áreas dos poros, pode-se perceber que a maior evolução percentual se deu nos tecidos mistos, ocorrendo um aumento do poro médio ao final

²³ Cf. Leonas (1998: 498), Tabela 4, linhas: B e E que são tecidos 100% poliéster e linha C para um tecido misto (50% algodão e 50% poliéster).

dos 10 ciclos de 166,61%, ao mesmo tempo o algodão apresentou o melhor resultado, uma vez que ao final dos dez ciclos aumentou em praticamente 1/5 se comparado ao valor inicial. Desta forma, é possível inferir que nesse quesito o algodão é preferível aos outros e que as características do poliéster intensificam o esgarçamento do poro.

Já no que tange à gramatura, percebe-se que mesmo tendo os maiores valores absolutos, o algodão é dos tecidos aquele que mais apresenta perdas, totalizando ao final dos dez ciclos uma perda de 3,09% e, acima de tudo, numa tendência negativa. Um aspecto interessante dos outros tecidos, é que na medida em que as rodadas passam, tanto o misto, quanto o poliéster, quase que estabilizam suas perdas. Para este quesito, perda de gramatura em função das rodadas, o poliéster é o menos afetado e nenhum dos tecidos utilizados teria chegado aos limites de 6,5% a 15,9% de perda na gramatura que foi relacionado à quebra de barreira antimicrobiana no sexto ciclo (BURGATTI; POSSARI; MODERNO, 2004; RODRIGUES *et al.*, 2006).

A partir desses resultados descritivos, se faz necessário buscar algumas respostas em termos de inferência, portanto a primeira análise estatística feita se deu sobre a hipótese de normalidade de cada uma das variáveis para cada um dos tipos de tecido. Foram analisadas, em cada um dos tecidos e períodos, as áreas dos poros e suas gramaturas, os quais têm seus resultados descritos na tabela 3.

Tabela 3 – Resultados Teste Shapiro-Wilk

Variável	Estatística	gl	p-valor
APAlg(0)	0,968	12	0,883
APAlg(5)	0,943	12	0,543
APAlg(10)	0,923	12	0,311
APMis(0)	0,950	12	0,634
APMis(5)	0,919	12	0,275
APMis(10)	0,941	12	0,514
APPol(0)	0,961	12	0,797
APPol(5)	0,952	12	0,666
APPol(10)	0,930	12	0,380
GAlg	0,914	3	0,430
GMis	0,914	3	0,432
GPol	0,893	3	0,363

Fonte: IBM® SPSS v. 23 (2018). Observações: A leitura das variáveis segue a lógica: “AP” representa “Área do Poro do”, “G” representa “Gramatura do”, “Alg” indica “Algodão”, “Mis” Misto, “Pol” Poliéster.

Quando aplicável, inseriu-se uma numeração entre parênteses, que representa a quantidade de ciclos completos feita.

A partir dos resultados apresentados na tabela 3, é possível verificar que para todas as variáveis decorrem de populações normais, uma vez que houve não rejeição da hipótese nula do teste de Shapiro-Wilk.

Esta hipótese é importante, pois permite que sejam utilizadas técnicas paramétricas, bem como permite aos pesquisadores averiguar se há algum resultado atípico em qualquer uma das variáveis, não sendo encontrado nenhum resultado com essa característica, utilizando o critério do escore-z.

A única observação que se faz sobre a tabela 3 refere-se ao tamanho amostral da variável Gramatura, pois ela apresenta amostra reduzida de 3 observações e isto acontece, pois, a gramatura do tecido é calculada após cada grupo de rodadas, então tem-se o resultado no início, após 5 rodadas e após 10 rodadas.

Em seguida, parte-se para uma análise sobre o efeito que os ciclos completos têm sobre as áreas dos poros, tal preocupação se dá porque ela contribui para a performance do avental cirúrgico (LEONAS, 1998). Sendo assim, utiliza-se a ANOVA para medidas repetidas, as quais apresentam os seguintes resultados agregados e expostos na tabela 4.

Tabela 4 – Resultados ANOVA para Medidas Repetidas

Tecido	Teste de Mauchly		Testes multivariados			
	p-valor	Gl	F	Gl (Rodadas)	Gl (Erro)	p-valor
Algodão	0,164	2	2,302	2	10	0,124
Misto	0,340	2	57,861	2	10	0,000*
Poliéster	0,523	2	17,734	2	10	0,001*

Fonte: IBM® SPSS v. 23 (2018). Observações: “Teste de Mauchly” representa o teste de esfericidade de Mauchly, condição fundamental para análise da ANOVA para Medidas Repetidas. “*” indica que o valor é estatisticamente significativo a 99%.

Da tabela 4, é possível verificar que nos três tecidos houve não rejeição da hipótese de homoscedasticidade, portanto não se fez necessária nenhum tipo correção. Os valores de F apresentados utilizam os resultados do Traço de Pillai, sendo possível perceber que para o algodão não há rejeição da hipótese nula de

diferença na área dos poros após as rodadas. Em outras palavras, mesmo havendo na parte descritiva (tabelas 01 e 02) mudança nos valores, não é possível garantir que para a população esses resultados são diferentes, fator positivo para esta fibra.

A seguir analisam-se os resultados dos tecidos misto e de poliéster. Inicialmente, percebe-se que as diferenças encontradas com o passar das rodadas é estaticamente diferente, ou seja, a um elevado nível de confiança (99%) pode-se inferir que este aumento dos poros se repetirá na população. Em seguida é fundamental a análise de qual(is) rodada(s) é(são) estatisticamente diferente(s), estes resultados que são descritos respectivamente nas tabelas 5 e 6.

Tabela 5 – Diferenças entre Rodadas para Tecidos Mistos

Rodada (I)	Rodada (J)	Diferença média (I-J)	p-valor	Intervalo de Confiança**	
				Limite Inferior	Limite Superior
0	5	-0,485	0,004*	-0,802	-0,168
	10	-1,755	0,000*	-2,198	-1,312
5	0	0,485	0,004*	0,168	0,802
	10	-1,270	0,000*	-1,748	-0,792
10	0	1,755	0,000*	1,312	2,198
	5	1,270	0,000*	0,792	1,748

Fonte: IBM® SPSS v. 23 (2018). Observações: Resultado das colunas: “Diferença média (I-J)”, “Intervalo de Confiança – Limite Inferior” e “Intervalo de Confiança – Limite Superior” é dado em μm^2 . “*” indica que o valor é estatisticamente significativo a 99%. “***” indica que foi utilizado o ajustamento de Bonferroni.

A tabela 5 apresenta resultados extremamente significativos em todos os seus níveis de comparação, sendo possível perceber que após o quinto ciclo a área dos poros já é estatisticamente diferente se comparada à área dos poros antes de qualquer processo de lavagem. Seu real aumento, a um nível de confiança de 95%, está dentro de um intervalo [0,168; 0,802] μm^2 . Ainda sobre esses tecidos, é possível perceber que o real aumento médio dos poros do tecido da quinta rodada para a décima está, a um nível de confiança de 95%, entre [0,792; 1,748] μm^2 .

O segundo grupo de valores é importante. porque o real valor do aumento esperado dos poros já é maior do que o valor de 0,5 μm^2 exposto como um possível tamanho de microrganismos, portanto independente do tamanho do poro, ele se abrirá suficientemente para passar esses menores seres. Em seguida, são discutidos os resultados do poliéster encontrados na tabela 6.

Tabela 6 – Diferenças entre Rodadas para Tecidos de Poliéster

Rodada (I)	Rodada (J)	Diferença média (I-J)	p-valor	Intervalo de Confiança**	
				Limite Inferior	Limite Superior
0	5	-0,420	1,000	-2,009	1,169
	10	-2,799	0,002*	-4,433	-1,165
5	0	0,420	1,000	-1,169	2,009
	10	-2,379	0,000*	-3,582	-1,176
10	0	2,799	0,002*	1,165	4,433
	5	2,379	0,000*	1,176	3,582

Fonte: IBM® SPSS v. 23 (2018). Observações: Resultado das colunas: “Diferença média (I-J)”, “Intervalo de Confiança – Limite Inferior” e “Intervalo de Confiança – Limite Superior” é dado em μm^2 . “*” indica que o valor é estatisticamente significativo a 99%. “**” indica que foi utilizado o ajustamento de Bonferroni.

A partir da tabela 6, que avaliou as diferenças dos poros dos tecidos de poliéster no decorrer das rodadas, é possível perceber que há diferenças significativas entre: o momento inicial (0) e após dez rodadas (10); e, após cinco rodadas (5) e após dez rodadas (10). Para o primeiro par tem-se que o real aumento do poro decorrente das rodadas está entre $[1,165; 4,433] \mu\text{m}^2$, já para o segundo grupo o aumento do poro decorrente das últimas cinco rodadas está entre $[1,176; 3,582] \mu\text{m}^2$. Novamente, é possível perceber que neste segundo grupo de resultados os menores microrganismos ultrapassam a barreira física do tecido, independentemente do tamanho do poro inicial.

Este estudo também utilizou uma hipótese de desgaste com o passar das rodadas, isto é, espera-se que haja uma redução da gramatura do tecido e consequentemente um aumento nos poros, portanto para averiguar essa relação a correlação de Pearson entre estas variáveis foi calculada, uma vez que as variáveis seguem o pressuposto de normalidade²⁴. Tal hipótese é corroborada por Rodrigues *et al.* (2006) e Gutarowska e Michalski (2012), os quais encontram que a barreira antimicrobiana falha simultaneamente com a perda de gramatura do tecido.

O resultado deste coeficiente é: $r_{AP,Gr} = -0,617 (0,077)$, de onde se tem que na medida em que a gramatura diminui a área média do poro aumenta. Ressalva-se este valor só é estatisticamente diferente de zero a um nível de 90%.

²⁴ Como a variável “Gramatura” estava muito próxima de rejeitar a hipótese nula de normalidade pelo teste Shapiro-Wilk, opta-se por apresentar o coeficiente de correlação de Spearman que representa a opção não-paramétrica do Coeficiente de Pearson. Utilizando esta correlação, temos: $r_s = -0,750 (0,02)$.

Acredita-se, entretanto, que um aumento na amostra torne mais significativo este resultado.

Por fim, averiguou-se o crescimento bacteriano nas amostras, uma vez que a literatura sobre esse tema indica os mais diferentes resultados e métodos utilizados. Um dos principais achados sobre este tópico é o método utilizado de autoclavagem, já que o tempo e a temperatura de esterilização tendem a mudar de acordo com a instituição ou estudos realizados, inexistindo padronização. Por exemplo, em um hospital, identificado como A, a temperatura é de 121 a 131°C por 17 minutos; na instituição B, a temperatura é de 121 a 123°C por 30 minutos, em um segundo estudo seu processo de esterilização foi a 134°C por 45 minutos, enquanto em um outro o processo foi a 134°C por 12 minutos (BURGATTI; POSARI; MODERNO, 2004; NEVES *et al.*, 2004; RODRIGUES *et al.*, 2006). Logo, estas diferenças podem impactar na qualidade do processo de esterilização dos artigos.

Magalhães (2015), ao explicar sobre o processo de esterilização, atesta:

a esterilização indicada para diferentes materiais, incluindo os têxteis, está descrita como sendo em autoclave a 121°C durante 15 minutos. Contudo, no nosso trabalho, esta esterilização mostrou-se ineficaz havendo crescimento de microrganismos, particularmente do gênero *Bacillus*, nos meios de cultura. Esta dificuldade foi ultrapassada utilizando uma esterilização a seco com temperaturas mais elevadas e com um maior período de tempo, tendo sido utilizada a esterilização em estufa durante 90 minutos a 180°C. A esterilização a seco mostrou-se eficaz na eliminação de microrganismos nas amostras têxteis. (MAGALHÃES, 2015, p. 73)

No presente estudo utilizou-se um processo de autoclavagem a 121°C por 15 minutos, sendo seus resultados condensados na Tabela 7.

Tabela 7 – Crescimento Bacteriano nas Amostras

Rodada	Algodão				Misto				Poliéster			
	A1	A2	A3	A4	M1	M2	M3	M4	P1	P2	P3	P4
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-

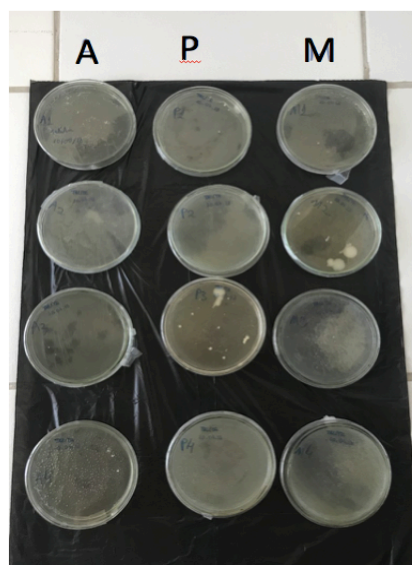
Elaboração própria (2018). Observações: A leitura desta tabela segue a lógica: letra “A” indica algodão; “M”, misto; e, “P” representa poliéster. Já a numeração é indicativa de qual unidade amostral se estava verificando em cada um dos casos. Nos resultados, “-” indica que não houve crescimento bacteriano, enquanto “+” atesta que o mesmo aconteceu naquela rodada.

Da tabela 7, permite-se inferir que os tecidos cuja fibra é totalmente natural (algodão) ou parcialmente natural (misto) encontrou-se mais amostras ao final da décima rodada com crescimento bacteriano. Estes resultados confirmam aqueles encontrados na literatura (LEONAS, 1998; GUTAROWSKA; MICHALSKI, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2012; BORYO, 2013; MAGALHÃES, 2015) os quais indicavam que as fibras naturais (exemplo: algodão) por apresentarem melhores condições de sobrevivência para os microrganismos, como: umidade, oxigênio e alimento, costumam ser meios de cultura mais permissivos para microrganismos (bactérias, fungos, etc.) do que tecidos totalmente sintéticos, caso do poliéster²⁵. Sobre as fibras utilizadas, alguns autores (OLIVEIRA *et al.*, 2012; MAGALHÃES, 2015;) acrescentam a necessidade de acabamentos para impedir o crescimento bacteriano.

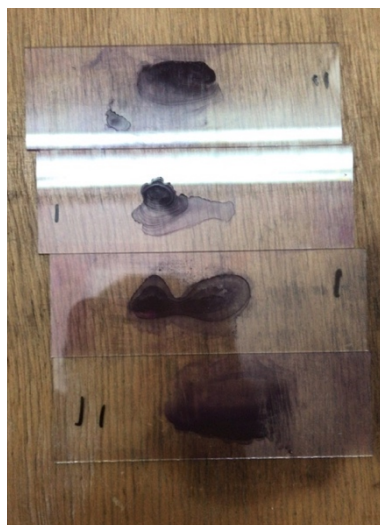
Lembra-se, contudo, que segundo o método de pesquisa, só eram infectados com microrganismos as amostras de numeração “3” e “4”, deixando os de primeira numeração (1 e 2) apenas com caldo “branco”. Acredita-se que a falta de padrão nesta resposta decorra de uma simples explicação realista: os tecidos quando colocados para início de rodada de lavagem eram misturados com o enxoval hospitalar, permitindo contaminação de um para o outro.

Sendo assim, os resultados encontrados na tabela 7 são dignos de nota, uma vez que houve surgimento de colônias bacterianas independentemente da inoculação. Tal situação corrobora a explicação de Magalhães (2015), que indica que tecidos naturais ou sintéticos sem qualquer adição de antimicrobiano não apresentaram qualquer atividade contra os microrganismos. A partir das placas da cultura dos tecidos (Figura 7) foram confeccionadas lâminas (Figura 8) para identificação dos microrganismos, as mesmas foram coradas com coloração de gram.

²⁵ Boryo (2013) ainda explica que ao utilizar produtos como goma, derivados de proteínas, gorduras ou óleos como componentes dos acabamentos têxteis já podem promover crescimento bacteriano, pois geram um meio nutritivo para o crescimento. Este crescimento será responsável pela descoloração ou manchas no tecido, mas não afetariam a força do tecido.

Figura 7 – Placas de Cultura

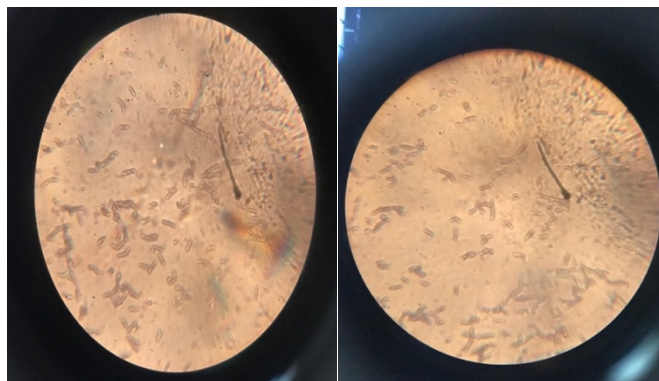
Fonte: Própria autora (2018).

Figura 8 – Lâminas Coradas

Fonte: Própria autora (2018).

Assim foi evidenciado que se tratava de um gram-positivo, as lâminas foram analisadas em microscópio, sendo possível a identificação do seu grupo a partir da presença de esporos, coloração final e formato de bastão, as imagens (Figura 9) mostram a presença de *Bacillus* gram-positivos esporulados. Não é possível afirmar que estas bactérias sejam as mesmas do inóculo feito nos tecidos 3 e 4, pois não foram realizados teste específicos para isto.

Figura 9 – Imagens *Bacillus* gram-positivos



Fonte: Própria autora (2018).

6 CONCLUSÃO

O controle de infecção cirúrgica está diretamente relacionado com as roupas e campos utilizados durante o procedimento. Estes itens são um forte aliado na efetividade do controle do escape de microrganismos, assim é necessária a escolha correta de matérias-primas adequadas para sua confecção.

Para a variável “área do poro”, o algodão apresenta melhor resultado, pois com o passar das rodadas não há diferença significativa. Para a variável “gramatura”, utilizou-se estatística descritiva e a partir dela, percebe-se que o algodão é o que mais perde neste quesito, entretanto este tecido é o que apresenta maiores gramaturas inicial e final. Adicionalmente, para “crescimento bacteriano”, os tecidos com fibras naturais (algodão e misto) apresentam maiores índices de contaminação.

Acredita-se que dentre as possibilidades estudadas, o algodão ainda se encaixa como a matéria-prima preferida para têxteis cirúrgicos, porém se faz necessária adição de acabamento antimicrobiano. O poliéster por ter apresentado bons resultados nos quesitos menor diminuição da gramatura e menor incidência de crescimento bacteriano pode ser considerado como alternativa nesta produção, contudo no fator decisivo para a formação de barreira física (área do poro) o mesmo já começa com área média muito elevada, havendo a possibilidade de diminuição da área média do poro inicial, o mesmo se tornaria a melhor opção.

Este achado é norteador para estudos futuros na biotecnologia, uma vez que o reconhecimento da matéria-prima ótima para um avental cirúrgico permite o desenvolvimento de bioprocessos e bioprodutos específicos, por exemplo: acabamentos adequados para a função (tratamentos antimicrobianos atóxicos que resistam às lavagens; antichamas; e, que aumentem o índice hidrofóbico do avental, diminuindo o contato direto da equipe com sangue e fluídos do paciente), desenvolvendo um avental cirúrgico que atenda às reais necessidades da equipe e do paciente; e, testar tecidos com outras fibras.

Ressalta-se que a maioria dos estudos só avaliam a permeabilidade da barreira de proteção enquanto seca. Portanto não se atentam à barreira quando o tecido se encontra molhado, situação comum no centro cirúrgico. Sendo assim, sugere-se a padronização destes testes, definindo parâmetros como temperatura, tempo e tipo de autoclave, com intuito de tornar os resultados futuros comparáveis.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10591/08 — **Materiais têxteis – Determinação da gramatura de superfícies têxteis**. Rio de Janeiro, 2008.

_____. NBR 16064/16 — **Produtos têxteis para saúde — Campos cirúrgicos, aventais e roupas para sala limpa, utilizados por pacientes e profissionais de saúde e para equipamento — Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIATION OF OPERATING ROOM NURSES. Recommended practices for aseptic barrier materials for surgical gowns and drapes. **AORN J.** v. 47, n. 2, p. 572-576, fev., 1988.

AZEVEDO, C. **Modelos mistos (análise de medidas repetidas)**. Disponível em: <https://www.ime.unicamp.br/~cnaber/aula_Mod_Mis_IML.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2018.

BARDAQUIM, V. A. **Incidência microbiana e medidas preventivas de contaminação em superfícies de um centro cirúrgico**. 2012. 68 f. Dissertação (Mestrado em Enfermagem) - São Carlos: UFSCar, 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Processamento de Roupas de Serviços de Saúde: Prevenção e Controle de riscos**. 2009. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/processamento_roupas.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2017.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Critérios Diagnósticos de Infecção Relacionada à Assistência à Saúde**. 2017. Disponível em: <http://sobecc.org.br/arquivos/Crit_rios_Diagn_sticos_de_IRAS__2_Ed.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2017.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Detecção e Identificação dos Fungos de Importância Média**. 2004. Disponível em: <https://www.anvisa.gov.br/servicosaude/microbiologia/mod_7_2004.pdf>. Acesso em 06 ago. 2018.

_____. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora NR-32. Segurança e saúde no trabalho em serviços de saúde**. Brasília: Ministério da Saúde; 2011. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR32.pdf>>. Acesso em 20 nov. 2017.

_____. Ministério da Saúde. **Técnica de Coloração de GRAM**. Brasília, 2001 Disponível em: <http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/115_03gram.pdf>. Acesso em 27 jul. 2018.

_____. Prefeitura Municipal de Campinas. Secretaria Municipal de Saúde. **Manual de Normas e Rotinas para o Processamento de Materiais de Enfermagem/Médico/Odontológico**. Campinas, 2014. Disponível em:

<http://www.saude.campinas.sp.gov.br/enfermagem/Manual_Esterelizacao_SMS_Campinas_versao_final_rev2015.pdf>. Acesso em: 01 fev. 2017.

BOHATCH JÚNIOR, M. S. **Tópicos em Técnicas Cirúrgicas – Paramentação**. Disponível em: <<https://www.medportal.com.br/blog/cirurgia/topicos-em-tecnicas-cirurgicas-paramentacao/>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

BORROW et al. Serotype-specific immune unresponsiveness to pneumococcal conjugate vaccine following invasive pneumococcal disease. **Infect Immun**, v. 76, n. 11, p. 5305-9, nov., 2008.

BORYO, D. E. A. The effect of microbes on textile material: a review on the way-out so far. **The International Journal of Engineering and Science**. v. 2. n. 8, p. 10-3, set., 2013.

BURGATTI, J.C.; POSSARI, J.F.; MODERNO, A.M.B. Avaliação da barreira microbiana do campo cirúrgico de algodão. **Revista da SOBECC**. v. 9. n. 1. p. 24-32, 2004.

BURGATTI, Juliane C; **Revisão Sistemática sobre o uso de aventais cirúrgicos, conforme o material de confecção, no controle da contaminação/infecção do sítio cirúrgico**. 2007. 150 f. Dissertação (Mestrado em Enfermagem) - São Paulo: USP, 2007.

CÂMARA, L. **Prevenção e Critério Diagnóstico de Sítio Cirúrgico**. Disponível em: <<http://www.saude.pa.gov.br/wp-content/uploads/2015/05/Prevenção-de-ISC-e-Critério-Diagnóstico.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2017.

CATANEO, C.; SILVEIRA, C.A.; SIMPIONATO, E.; CAMARGO, F.C.; QUEIROZ, F.A., CAGNIN, M.C. O preparo da equipe cirúrgica: aspecto relevante no controle da contaminação ambiental. **Revista Latino Americana de Enfermagem**. v. 12, n. 2, p. 283-6, 2004.

Coordenação de Controle de Infecção Hospitalar CCIH/HUCFF/UFRJ. **Esterilização de artigos em unidades hospitalares**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwidpM2lpPfsAhXFEpAKHQfaDdoQFgghMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.hucff.ufrj.br%2Fdownload-de-arquivos%2Fcategory%2F9-ccih%3Fdownload%3D249%3Aorientacoes-e-recomendacoes&usg=AFQjCNHRBcBTC3NTXurEdc4swFZ5Zp6IUUA&sig2=bZ9q5mYpVGVjb4kbugbvw>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

DAVIDIAN, M.; GILTINAN, D. M. **Nonlinear models for repeated measurement data: monographs on statistics and applied probability**. Londres: Chapman & Hall, 1996. 359 p.

DIAZARAQUE, J. M. M. **Análisis de varianzacon medidas repetidas. El procedimiento Modelo lineal general: Medidas repetidas**. Disponível em: <<http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/GuiaSPSS/16anovar.pdf>>. Acesso em: 23 jun. 2018.

DUARTE, I. G. L.; LEITE, M. D. Paramentação cirúrgica: artigo de revisão. **Revista Médica de Minas Gerais**. v. 23. n. 3. p. 343-6, 2012.

FELIPPI, V. **Tecelagem Plana: Conceitos Básicos**. Disponível em: <http://www.verafelippi.com/ObaPZ/2011/02/tecelagem-plana-conceitos-basicos_06.html>. Acesso em: 22 maio 2017.

FERREIRA, A. J. S.; FERREIRA, F. B. N.; OLIVEIRA, F. R. Têxteis Inteligentes: Uma breve revisão da literatura. **Revista REDIGE**. v. 5, n. 1, p. 1-22, 2014.

FREITAS, A. R.; FERREIRA, R. de P.; MOREIRA, A. Análises de dados de medidas repetidas por meio do modelo linear geral e do modelo misto. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**. v. 54, n. 3, p. 214-24, set/dez, 2011.

FRINGS, G. S. **Moda: do conceito ao consumidor**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. 472 p.

GRINBAUM, R. S. **Novos critérios de ISC**. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/grinbaumrs/critrios-isc>>. Acesso em: 04 jun. 2017.

GUPTA, B. S. Effect of structural factors on absorbent characteristics of nonwovens. **TAPPI Journal**, v. 71, n. 8, p. 147-52, 1988.

GUTAROWSKA, B.; MICHALSKI, A. Microbial degradation of woven fabrics and protection against biodegradation. In: JEON, H-Y. **Woven Fabrics**. Rijeka: InTech, 2012. cap. 10, p. 267-96.

JAWETZ, E.; MELNICK, J.; ADELBERG, E. **Microbiologia médica: um livro médico Lange**. 22. ed. Rio de Janeiro: McGraw-Hill, 2001. 575 p.

KILINC, F. S. A Review of Isolation Gowns in Healthcare: Fabric and Gown Properties. **J Eng Fiber Fabr**, v. 10, n. 3, p. 180-90, 2015.

Hospital Albert Einstein. **Manual de Prevenção de Infecção de Sítio Cirúrgico**. Disponível em: <https://medicalsuite.einstein.br/pratica-medica/guias-e-protocolos/Documents/manual_infeccao_zero_compacto.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2017.

Kohler & Cia Tinturaria e Estamparia. **Gramatura**. Disponível em: <<http://www.kohlercia.com.br/quali/03.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2018.

KUASNE, A. **Fibras Têxteis**. Disponível em: <https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/8/88/Apostila_fibras.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2007.

LACERDA, Rúbia A. Ambiente da sala de operação: fontes de contaminação com infecção em centro cirúrgico. In:_____. **Controle de Infecção em Centro Cirúrgico: fatos, mitos e controvérsias**. São Paulo: Atheneu, 2003. cap. 16, p. 325–60.

LEONAS, K. K. Effect of laundering on the barrier properties of reusable surgical gown fabrics. **American Journal of Infection Control**. v. 26., n. 5, p. 495-501, out., 1998.

LEONAS, K.K.; JINKINS, R.S. The relationship of selected fabric characteristics and the barrier effectiveness of surgical gown fabrics. **American Journal of Infection Control**. v. 25, p. 16-23, 1997.

LOBO, R. N; LIMEIRA, E. T. N. P; MARQUES, R. N. **Fundamentos da Tecnologia Têxtil: Da Concepção da Fibra ao Processo de Estamparia**. São Paulo: Érica, 2014, 118 p.

MAGALHÃES, A. P. S. A. **Atividade antimicrobiana em têxteis**. 2015. 105 f. Dissertação (Mestrado em Controlo de Qualidade) – Porto: Universidade do Porto, 2015.

MALHEIROS, E. B. **Análise de medidas repetidas no tempo usando o SAS**. Disponível em: <http://jaguar.fcav.unesp.br/euclides/AL_2012/CURSO_SAS_MRT/Apostila_MRT_p1.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2018.

MARISANTA. **100, 200, 1.000 fios... O que significa isto?**. Disponível em: <<https://marisantablog.wordpress.com/2012/09/20/100-200-1-000-fios-o-que-significa-isto/>>. Acesso em: 08 maio 2017.

MEDEIROS, A. C.; CARVALHO, M. D. F. Infecção em Cirurgia. **J. Surg. Cl. Res.** v. 7, n. 2, p. 60-73.

MENEGUCCI, F. **Vestuário de Proteção, Materiais Têxteis e Conforto Térmico: Uma análise com aplicadores de agrotóxico, EPI e ambiente agrícola**. 2012. 174 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Bauru: Unesp, 2012.

MONTEIRO, C. E. da C.; LACERDA, R. A; PAZ, M. S. de O.; CONCEIÇÃO, V. P. Paramentação Cirúrgica: Avaliação de sua adequação para a prevenção de riscos biológicos em cirurgias – Parte II: Os componentes da paramentação. **Revista da Escola Superior de Enfermagem da USP**. v. 34, n. 2, p. 185-95, 2000.

NORNADIAH, R.; WAH, Y. B. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. **Journal of Statistical Modeling and Analytics**. v. 2. n. 1. p. 21-33, 2011.

OLIVEIRA, A. C. et al. Vestuário de profissionais de saúde como potenciais reservatórios de microrganismos: uma revisão integrativa. **Texto e contexto Enfermagem**. v. 21. n. 3, p. 684-91, 2012.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Segundo desafio global para a segurança do paciente: Manual - cirurgias seguras salvam vidas (orientações para cirurgia segura da OMS)**. Rio de Janeiro: OPAS, 2009.

PAZ, M. S. de O. et al. Paramentação Cirúrgica: Avaliação de sua adequação para a prevenção de riscos biológicos em cirurgias – Parte I: A utilização durante as cirurgias. **Revista da Escola Superior de Enfermagem da USP**, v. 34, n. 2, p 108-17, 2000.

PEZZOLO, D. B. **Tecidos**: história, tramas, tipos e usos. 4. ed. São Paulo: Editora Senac, 2013. 328 p.

PINTO, L. A. M. **Avaliação do potencial de novos têxteis técnicos para área biomédica**. 2015. 77 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Porto: Universidade Católica Portuguesa. Novembro, 2015.

PISSINATI, P. S. C.; HADDAD, M. C. L. ROSSANEIS, M. A.; GIL, R. B.; BELEI, R. A. Custos de aventais de tecido reutilizáveis e de descartáveis em hospital universitário público. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**. v. 48, n. 5, p. 915-921, 2014.

PITA, P. A. N. **Fibras Têxteis**. v. 1 (341 p.) e v. 2 (293 p.). SENAI: Rio de Janeiro, 1996.

POPEJOY, S.L.; FRY, D.E. Blood contact and exposure in the operating room. **Surgery, Gynecology & Obstetrics**. v. 172, n. 6, p. 480-83, 1991.

RAMOS, D. G. G. **Têxteis cirúrgicos reutilizáveis e seu impacto ambiental**. 2003. 100 f. Dissertação (Mestrado em Química Têxtil) – Guimarães: Universidade do Minho, 2003.

REZENDE, S. C. **Tecnologia vestível: a nanotecnologia na moda e indústria têxtil**. Disponível em: <<http://www.fumec.br/revistas/achiote/article/view/2027>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

RODRIGUES, A. J. **Bioestatística Básica**. Disponível: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1679327/mod_resource/content/1/Bioestat%C3%ADstica%20B%C3%A1sica-aula%204-2016.pdf. Acesso em: 22 jun. 2018.

RODRIGUES, E.; LEVIN, A.S.; SINTO, S.I.; MENDES, C. F.; BARBOSA, B., GRAZIANO, K.U. Evaluation of the use and re-use of cotton fabrics as medical and hospital wraps. **Brazilian Journey of Microbiology**. v. 37, n. 2, p. 113-16, 2006.

RUTALA, W. A.; WEBER, D. J. A Review of Single-Use and Reusable Gowns and Drapes in Health Care. **Infection Control and Hospital Epidemiology**. vol. 22, n. 4, p. 248-57, abr., 2001.

SÁNCHEZ, J.C. Têxteis inteligentes. **Revista Química Têxtil**. n. 82, p. 58-77, 2006.

Santanense. **Acabamentos Especiais**: Repelente. Disponível em: <<http://www.santanense.com.br/workwear/repelente/>>. Acesso em 23 mai. 2017.

SANTANA, E; ABRAÃO, L. M.; RITZ, P. C.; SILVA, A. M. P; ARMEDE, V. C. B. Avaliação da durabilidade dos campos cirúrgicos reprocessáveis e sua relação com

o índice de infecções do sítio cirúrgico. **Revista Científica do Unisaesiano**. v. 1, n. 1, online, jan./jul., 2010.

SANTOS; A. L.; SANTOS, D. O.; FREITAS, C. C. Staphylococcus aureus: visitando uma cepa de importância hospitalar. **J. Bras. Patol. Med. Lab.** v. 43, n. 6. p. 413-23, dez., 2007.

SLATER, K. Subjective Textile Testing. **Journal of Textile Institute**. v. 88. part. 1., n. 2, p. 79-91, 1997.

STANEWICK, B.; KOGUT, W. Packaging: Textiles. In: REICHERT, M.; YOUNG, J. H. **Sterilization Technology for the Health Care Facility**. Maryland: Aspen Publishers, 1997. cap. 9, p. 77-84.

STIGHEN, A. E. M. **Coloração de Gram**. Disponível em: <[https://docs.ufpr.br/~microgeral/arquivos/pdf/pdf/Fundamentos%202009/Coloracao degram.pdf](https://docs.ufpr.br/~microgeral/arquivos/pdf/pdf/Fundamentos%202009/Coloracao%20degram.pdf)>. Acesso em: 27 jul. 2018.

SUN, G.; WORLEY, S. D. Chemistry of durable and regenerable biocidal textiles. **Journal of Chemical Education**. vol. 82, n. 1, p. 60–4, jan., 2005.

SCHWARTZ, J. T.; SAUNDERS, D. E. Microbial penetration of surgical gown materials. **Surgery, Gynecology and Obstetrics**. v. 150, n. 15, p. 507–12, abr., 1980.

TEIXEIRA, K. P.; LINCH, G. F. C.; CAREGNATO, R. C. A. Infecção relacionada ao vestuário em centro cirúrgico: revisão integrativa. **Revista SOBECC**. v. 19, n. 3, p. 155–63, jul./set., 2014.

UDALE, J. **Tecidos e Moda: Fundamentos de Design**. Porto Alegre: Bookman, 2015. 200 p.

VIALI, L. **Estatística Avançada**. 2007 Disponível em: <[http://www.pucrs.br/ciencias/viali/graduacao/producao/multivariada/material/laminas pi/Anova_OWway.pdf](http://www.pucrs.br/ciencias/viali/graduacao/producao/multivariada/material/laminas_pi/Anova_OWway.pdf)>. Acesso em: 22 jun. 2018.

ANEXOS

ANEXO A – EQUIPAMENTOS LABORATORIAIS

Este anexo foi desenvolvido para dar maior clareza ao leitor sobre quais aparelhos laboratoriais foram utilizados durante a elaboração deste trabalho, sendo a autora a elaboradora das imagens.

Figura A.1 – Balança BIOPRECISA, Modelo FA2104N



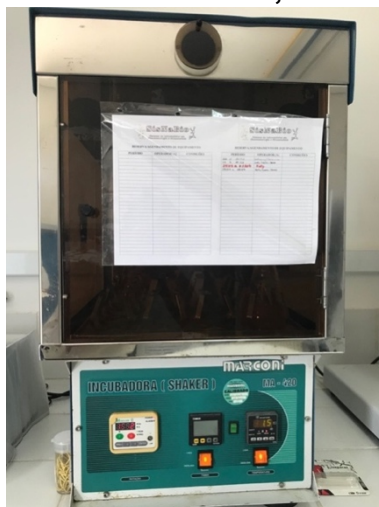
Fonte: Própria autora (2018).

Figura A.2 – Microscópio de reflexão e transmissão LOBORAAL, Modelo LAB2200T



Fonte: Própria autora (2018).

Figura A.3 – Shaker Tecnal, Modelo TE-480



Fonte: Própria autora (2018).

Figura A.4 – Espectrofotômetro Genesys, Modelo 10S UV-VIS



Fonte: Própria autora (2018).

Figura A.5 – Estufa Circulação de AR Marconi, Modelo MA035



Fonte: Própria autora (2018).

Figura A.6 – Capela de Fluxo Laminar dmd Solutions



Fonte: Própria autora (2018).

Figura A.7 – Estufa Bacteriológica QUIMIS



Fonte: Própria autora (2018).

ANEXO B – DEFINIÇÃO DE MÉTODOS ESTATÍSTICOS

Este anexo foi desenvolvido para o leitor que tem interesse em compreender de maneira mais aprofundada os métodos utilizados neste trabalho, bem como entender a motivação da escolha de cada um destes métodos.

1 TESTE SHAPIRO-WILK

O teste de Shapiro-Wilk é utilizado no intuito de verificar se a amostra em questão deriva de uma distribuição populacional que se distribua normalmente. Sua estatística W^{26} é utilizada para avaliar a seguinte estrutura de teste:

$$\begin{cases} H_0: a amostra decorre de uma população normalmente distribuída \\ H_1: a amostra não decorre de uma população normalmente distribuída \end{cases} \quad (2)$$

A execução deste teste se dá de maneira auxiliar no intuito de corroborar a decisão de qual teste será utilizado para avaliar a evolução das variáveis na medida em que o número de ciclos aumenta.

Caso a hipótese nula (H_0), como apresentada na fórmula (2) seja mantida é possível o uso de técnicas paramétricas que são mais robustas, contudo nos casos de rejeição desta hipótese, será utilizada uma técnica não-paramétrica, por não ter a exigência desse pressuposto para a população. A determinação de rejeição, ou não, da hipótese nula será feita a partir do p-valor.

A escolha pelo uso teste de Shapiro-Wilk, segue a explicação de Nornadiah e Wah (2011), os quais encontraram, a partir de simulações de Monte Carlo, que este teste tem maior poder de significância tanto para diferentes tipos de distribuição, quanto para diferentes tamanhos amostrais, comparativamente aos outros testes como: Kolmogorov-Smirnov (com e sem correção de Lillefors) e Anderson-Darling.

Os mesmos autores (2011) argumentam que, quando desenvolvido (SHAPIRO; WILK, 1965), este teste era utilizado estritamente para amostras com tamanho menor ou igual a 50 observações. Contudo, atualmente após o desenvolvimento do algoritmo AS R94²⁷, seu uso passou para qualquer amostra dentro do intervalo: $3 \leq n \leq 5000$ (NORNADIAH; WAH, 2011).

²⁶ Cf. Anjos (2005). Disponível em: < <https://docs.ufpr.br/~aanjos/CE213/ce213/node8.html> >

²⁷ Cf. Royston (1995).

2 ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA) PARA UM FATOR COM MEDIDAS REPETIDAS

A ANOVA de um fator para medidas repetidas é uma opção para o teste T de amostra pareadas, sua diferença está na possibilidade de utilizar múltiplos tratamentos ao invés de utilizar apenas dois, os quais normalmente quando neste formato são vistos sob a ótica antes e depois de um tratamento.

Viali (2007: *online*) explica que “[a] Análise de variância (ANOVA) é utilizada para mostrar os efeitos principais de variáveis independentes (fatores) sobre uma variável quantitativa dependente”. O “efeito principal” se traduz em um efeito direto que uma independente tem sobre a variável dependente (VIALI, 2007).

Ademais, existem dois delineamentos experimentais: i) testes para efeitos fixos e ii) análise de medidas repetidas. Este segundo caso é normalmente computado quando se tem duas ou mais avaliações no tempo, geralmente até um máximo de 20 sobre a mesma unidade experimental (DAVIDIAN; GILTIAN, 1996).

O aspecto positivo desta escolha de delineamento experimental (com repetições) está na menor exigência de sujeitos que um desenho totalmente aleatorizado exigiria, bem como permitem eliminar a variação residual devida às diferenças entre sujeitos (DIAZARAQUE, 2015).

No caso da ANOVA para medidas repetidas deste estudo será avaliado se há igualdade estatística entre as variáveis (área do poro do tecido e gramatura) antes dos processos de lavagem e autoclavagem ($t = 0$), depois de cinco ciclos completos de lavagem e autoclavagem ($t = 5$) e após dez ciclos de lavagem e autoclavagem ($t = 10$). Logo o indivíduo (tecido) é controle dele mesmo, quando medido em mais de uma condição de avaliação (AZEVEDO, 2008; RODRIGUES, 2017).

Sobre esta perspectiva, espera-se como hipótese que haja um efeito dos ciclos de lavagem sobre as variáveis, portanto espera-se que a hipótese nula da ANOVA de um fator para amostras repetidas seja rejeitada. A fim de esclarecer a estrutura de teste deste estudo, ela é apresentada a seguir:

$$\begin{cases} H_0: \mu_0 = \mu_5 = \mu_{10} \\ H_1: \mu_i \neq \mu_j, \forall i \neq j \end{cases} \quad (3)$$

De maneira simples, esta estrutura de teste avalia parte do pressuposto de que não há diferença estatística entre os resultados das médias encontradas independentemente do ciclo. Quando se rejeita a hipótese nula (H_0), tem-se que pelo menos uma das médias encontradas é estatisticamente diferente das outras. Rodrigues (2017) complementa que tal avaliação permite a análise de múltiplos indivíduos contrastando com os outros momentos.

Para a análise do efeito dos ciclos em relação às variáveis de interesse são utilizadas quatro estatísticas multivariadas: Traço de Pillai, Lambda de Wilks, Traço de Hotelling e Raiz Maior de Roy, os quais são medidas que permitem observar se há ou não rejeição da hipótese nula explicitada na fórmula (3) e baseiam-se na distribuição F.²⁸

2.1 TESTE DE ESFERICIDADE DE MAUCHLY

No caso da ANOVA para medidas repetidas utiliza-se o teste de esfericidade de Mauchly para analisar a homogeneidade das variâncias, o qual pode ser representado pela seguinte estrutura de teste²⁹:

$$\begin{cases} H_0: \text{as variâncias são constantes.} \\ H_1: \text{as variâncias não são constantes.} \end{cases} \quad (4)$$

A partir deste teste é possível determinar qual coeficiente será utilizado para análise, porque se elas forem homogêneas, não-rejeição de H_0 , utilizar-se-á a estatística de teste que traz esta hipótese consigo. Rodrigues (2017) explica que esta “é a condição em que as variâncias das diferenças entre todas as combinações de grupos relacionados (níveis) são iguais”.

Malheiros (2012: 5) corrobora indicando que “mesmo quando a condição de esfericidade não é satisfeita, a distribuição F poderá, de maneira aproximada, ser utilizada para os diferentes períodos de tempo.” Este teste leva em consideração a variância de cada um dos pares de combinações (DIAZARAQUE, 2015), sendo neste estudo 3: relação antes (0) com a primeira rodada (5 ciclos depois), antes (0) com a segunda rodada (10 ciclos depois), e entre primeira rodada (5 ciclos) com a segunda rodada (10 ciclos).

²⁸ Cf. Tabachnik e Fidel (1983)

²⁹ Segundo IBM SPSS v.23 (2018) o teste analisa se “a matriz de covariâncias de erro das variáveis transformadas ortonormalizadas é proporcional em relação a uma matriz identidade.”

Agora, caso haja heterogeneidade de variâncias, então o uso de um dos coeficientes ϵ se faz necessário, podendo ser: Greenhouse-Geisser (GEISSER; GREENHOUSE, 1958), Huynh-Feldt (HUYNH; FELDT, 1976) ou Limite Inferior³⁰. Segundo Freitas, Ferreira e Moreira (2011, p. 220) os dois primeiros fatores “variam de 0 a 1, sendo que os valores menores indicam maior afastamento da esfericidade”.

2.2 TESTE POST-HOC

Nos casos em que há uma rejeição da hipótese nula da ANOVA de um fator para amostras pareadas, mostrada na fórmula (3), se faz necessário entender qual das médias é estatisticamente diferente e para tal se faz um teste pos-hoc. Este trabalho utiliza a correção de Bonferroni por ser mais conservadora e controlar o erro tipo-I (DIAZARAQUE, 2015).

3 CORRELAÇÃO DE PEARSON

Este indicador analisa a relação existente entre duas variáveis, ou seja, como se dá a movimentação dos seus resultados. A Correlação de Pearson segue a fórmula a seguir:

$$r_{x,y} = \frac{s_{x,y}}{s_x \times s_y} \quad (5)$$

Da fórmula (5) temos $s_{x,y}$ como sendo a covariância amostral entre ambas as variáveis, enquanto s_x e s_y representam os desvios-padrão amostrais da variável x e y , respectivamente. Nesta pesquisa x e y representam Gramatura e Área Média dos Poros.

Este resultado é importante por dois motivos: 1) seu valor não é afetado pela unidade de medida dos resultados, como é a covariância; e, 2) seu resultado sempre recai entre o intervalo $[-1; +1]$, sendo valores próximos das extremidades indicativos de forte correlação, enquanto aqueles mais próximos de zero indicam

³⁰ Essa última estatística, segundo Diazaraque (2015: 296), expressa “o valor que o ϵ adotaria em caso de descumprimento extremo do pressuposto de esfericidade”.

relação nula entre as variáveis³¹. Além disso, o sinal encontrado neste cálculo confirmará a hipótese dessa relação se for negativo e estatisticamente significativo.

Espera-se que haja uma correlação negativa entre a área média do poro e seu peso, uma vez que os tecidos passam por processos físico-químicos durante o procedimento de limpeza para reutilização.

A explicação dessa hipótese é a seguinte: acredita-se que haja um desgaste do tecido, aumentando a liberação de fios, reduzindo seu peso e conseqüentemente sua gramatura. Ao mesmo tempo, este processo de desgaste esgaca as tramas dos tecidos, portanto esperam-se que a área média dos poros, independentemente do tipo de tecido, aumente.

Portanto, na medida em que uma variável se movimenta para um sentido e a outra para o sentido oposto, tem-se correlação negativa. Uma vez que o teste de Shapiro-Wilk manteve a hipótese de normalidade, utilizar-se-á a Correlação de Pearson, a opção paramétrica para o cálculo desta característica entre duas variáveis quantitativas.

A correlação “não implica em causação, ou seja, não implica que uma variável influencie a outra, apenas que ambas “variam” juntas [e sua movimentação] pode ser causada por um terceiro fator que afeta ambas” (RODRIGUES, 2017, *online*).

³¹ Rodrigues (2017, *online*) explica sobre o resultado os seus valores: “0 a 0,39: fraca; 0,4 a 0,59: moderada; > 0,6: forte”.

ANEXO C – ARTIGO REVISTA: TM & IH. TROPICAL MEDICINE AND INTERNATIONAL HEALTH

Evaluation of fabrics' resistance for surgical aprons after washing-sterilization process.

Talita Nicolau de Oliveira Vidal de Negreiros¹, Núbio Vidal de Negreiros Gomes Filho², Katiany do Vale Abreu¹, Carlucio Roberto Alves¹, Antonia Debora Sales²

¹ Universidade Estadual do Ceará, Brazil

² Universidade de Fortaleza, Brazil

Abstract

Objective: to evaluate how the main textiles' protective barrier used in reusable surgical aprons wears out.

Methods: this study used three different types of fabrics: 100% cotton, mixed (50% cotton and 50% polyester) and 100% polyester. The variables "grammage", "pore area" and "bacterial growth" were evaluated in three different moments. The first two variables were statistically evaluated (Shapiro-Wilk, ANOVA for repeated measures, Pearson's correlation), while the third was analyzed through laboratory tests.

Results: for the variables "grammage" and "pore area", cotton fabric presented better results. However, regarding bacterial growth, it is noticed that textiles with natural fibers (e.g. cotton or mixed) had a higher incidence of bacterial growth.

Conclusions: even though cotton fabric presented one of the highest incidence of bacterial infestation, it was chosen as the best raw material for surgical aprons, since its "grammage" and "pore area" results are more suitable for this purpose. In order to solve this aforementioned problem, we suggested using antibacterial finishes, which are common while manufacturing reusable surgical aprons.

Keywords: Surgical apron, Textile fiber, Antimicrobial barrier.

Introduction

The surgical center is a unique place where biochemical risks may happen, thus specific textiles that understand such particularities and which meet these needs are necessary, since the use of inappropriate material contributes to eventual contamination during surgical procedures, especially in clothing.

Surgical paramentation comprehend a set of physical barriers which prevent microorganisms' spread in the operative wound and avoid professionals' exposure. Since the paramentation is composed of several pieces and different materials, it is necessary to study these equipments separately, therefore this study will consider the surgical apron, more specifically, the reusable types [1-3].

Surgical aprons need to be made of wear-resistant materials that eliminate as little residue as possible to minimize the release of particles both in the wound and at the operating room. On the other hand, they should also allow steam passes through them during sterilization processes and resist various washing-disinfection rounds.

Some studies explain that a wet apron completely loses its barrier against bacteria, as they benefit from liquid medium to move. These studies also claim the importance of fabric inspection after each sterilization cycle, to ensure its effectiveness as physical barrier [3-7].

Among the used fibers, cotton is considered to be the most susceptible to attack by fungi and bacteria, because its structure retains water, oxygen and nutrients, favoring the growth of microorganisms [8].

Although there are norms determining minimum parameters to be followed during the manufacture of surgical aprons [9], there are still many caveats in this process' analysis. Additionally, the apron becomes more soaked as more invasive the procedure is, leaving its user completely exposed and uncomfortable during it. Therefore, studying the fabrics used in surgical aprons is not only important to diminish surgical infections, but also fundamental to users' wellbeing.

Methods

Samples, Rounds and Variables

This study uses three different types of fabrics: 100% cotton, mixed (50% cotton and 50% polyester) and 100% polyester, from each one was withdrawn 4 samples, coded with an alphanumerical code composed by the fabrics initial and a value of 1 to 4 in order to better identify them during rounds.

Each round was numbered from 1 to 3, being: 1, the moment before any procedure; 2, after 5 complete washing-sterilization processes; and, 3, after the 10th complete cycle washing-sterilization processes.

In each round, the variables "grammage" and "pore area" were evaluated, in order to analyze the fabric's wear due to the washing-sterilization process and, consequently, reduction of their physical antimicrobial barrier. Considering "grammage", we performed a transformation in the formula presented at NBR 10591/08, once our samples had areas 4 times bigger than the described in it. The third variable "bacterial growth" was evaluated at rounds 2 and 3, by contaminating samples 3 and 4 of each type with bacteriological broth composed of two pathogenic bacteria: *Staphylococcus aureus* ATCC27664 and *Bacillus sp.* while samples 1 and 2 were submitted to a bacteria-free broth (white). This process was repeated before rounds 2 and 3. Both bacteria are common in human skin microbiota, being the first (*Staphylococcus aureus*) normally used in this kind of research, whereas *Bacillus sp.* used because they are allegedly more resistant to this process for producing spores.

Laboratorial Methods

For activating the strain, the bacterium *Staphylococcus aureus* ATCC27664 was obtained from EMBRAPA Tropical Agroindustry, while *Bacillus sp.* was obtained from the laboratory. The bacterial strains were activated in TSA culture medium (Tryptic Soy Agar) sterilized in autoclave at 121°C for 15 minutes. Maintenance and peel of isolated cultures were done in petri dishes containing TSA medium, autoclaved at 121°C for 15 minutes. The TSA spiked plates were incubated in a bacteriological oven at 30°C for 24 hours to obtain the culture for fermentative assays with the purpose of cell growth.

Inoculum's culture medium carbon source was 10.0 g/L of glucose in mineral medium with reactive analytic pattern, 1.0 g/L of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ as source of nitrogen, 5.0 g/L of yeast extract, 6.0g/L of Na_2HPO_4 , 3.0g/L of KH_2PO_4 , 2.7g/L de NaCl e 0.6g/L of $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ with 0.1% micronutrients solution: ZnSO_4 10.95g/L, FeSO_4 5.0g/L, MnSO_4 g/L, CuSO_4 0.39g/L, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ 0.25g/L, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 0.17g/L, EDTA 2, 5.0g/L sterilized at 110°C for 10 minutes. Three growth loops in the exponential growth phase were transferred to 250 ml Erlenmeyer flasks containing 50 ml inoculum culture medium, incubated at 150 rpm, 30°C for 24 hours on a rotary shaker. The inoculum was adjusted to a range of 0.1 to 0.2 in a spectrophotometer (at 600 nm). The fabrics were contaminated with a bacterial solution, as mentioned before, using spray. After the procedure, they were dried in an air circulating heating chamber at 30°C until completely dried.

The washing process was performed through a Brazilian public hospital, which outsources it. In order to simulate a normal procedure that a surgical apron passes, the samples were submitted to this process along with surgical aprons and other parts used in their surgical center. A total of 10 washing-sterilization cycles were carried out at 121°C for 15 minutes each, until contamination appeared.

After each 5 washing cycles, the samples were smeared with sterile swab in sterilized petri dishes with APGE culture medium (Agar, Peptide, Glucose and Yeast Extract) in a laminar flow cabinet and then incubated in a bacteriological oven at 30°C for 48 hours to check bacterial growth.

Statistical Methods

For determining inferential techniques, a Shapiro-Wilk's normality test were used in "pore area" "grammage", since it has a good performance with small samples [10].

The "pore area" variable was analyzed by One-way ANOVA for repeated measurements, because it allows the analysis of multiple individuals in contrast with them in other moments, making it possible to measure the effect of the rounds on the pore size in each of the fabric [11, 12]. To perform this test, homoscedasticity should be also evaluated, then we used Mauchly's sphericity test [13,14]. When the ANOVA's null hypothesis was rejected, a post-hoc test was used to define the estimated mean difference between the results of each of the periods, and the confidence intervals corrected by the Bonferroni's method, which is more conservative and controls the type-I error [14].

Regarding the wear's hypothesis and, consequently, the relationship between "grammage" and "mean area of the pore of each fabric" a Pearson's correlation was performed to verify if such a relationship exists and its strength.

Results

The first results presented are descriptive (Table 1), mean (M) and standard deviation (SD). Regarding the variable "pore area" it is possible to notice that, before any rounds, the polyester's samples had larger pore average area and lesser grammage compared to the others. As the rounds follow, this trend maintains. The results are already worrying, since a bacterium measures between 0.5 to 10 μm^2 [3, 4]. On the other hand, for the variable "grammage" it is possible to notice that all the

fabrics presented reduction as the rounds goes by. However, after the complete cycles and even dry appearance, they first had presented larger grammages, this happens because fibers absorb water vapor, increasing their mass and re-adjusting filaments, generating values up to 25% larger [15]. From this result, these results were computed only after processing in air circulating greenhouse and using the silica drying method.

Regarding the normality test, all area and grammage variables for any of the fabrics at any round did not reject the normality null hypothesis, being the lowest p-value 0.275 and the highest, 0.883. From Mauchly's sphericity test (Table 2), homoscedasticity hypothesis wasn't reject in each fabric. Cotton's pore area (Table 2) are not statistically different ($F(2,10) = 2.302$, $p: 0.124$) as rounds passes, meaning that, even though there has been a descriptive change in its values, it is not possible to guarantee that the results are different for population, a good aspect for such fiber. Differently the changes in both mixed and polyester fabrics are extremely significant ($F(2,10) = 57.861$, $p: 0.000$ and $F(2,10) = 17.734$, $p: 0.001$, respectively). Therefore, we performed a post-hoc test to evaluate such differences within rounds.

For mixed fabrics (Table 03), every round was statistically different from the others, but especially from rounds 2 to 3, it is expected, with 95% confidence and Bonferroni's adjustment, that a random pore's area augments from $0,792 \mu\text{m}^2$ until $1,748 \mu\text{m}^2$. This result is noteworthy, because, despite pore's area after the 3rd round, the smallest microorganisms will be able to pass these fabric's physical barrier. The same analysis may be performed to polyester fabric (Table 04), since there is also a difference between rounds 2 and 3, but in this fabric's case the pores are expected to enhance from $1.176 \mu\text{m}^2$ until $3.582 \mu\text{m}^2$, allowing even bigger microorganisms pass through it.

The wear hypothesis, relationship between grammage and pore area was analyzed by Pearson's correlation, resulting in a moderate negative relation (-0.617), but this assumption can be hold only with a 90% confidence level.

On bacterial growth, some interesting results have been found. The first and most important is that in the third round, after ten cycles, there was fabric contamination. On this contamination, there was no pattern in its results, as expected. For this variable, however, tissues with natural fibers (cotton and mixed) were the ones with the highest bacterial growth, consistent with the literature

because there is moisture, oxygen and food for microorganisms to survive [2, 5, 7, 8, 16].

Still on this result it is possible to notice that from the microscopic evaluation and Gram staining, they are gram-positive *Bacillus*, due to its rod format, spores and final coloring (Image 1).

Conclusion

The surgical infection control is directly related to the clothing and fields used during this procedure. These items are a strong ally in the effectiveness as antimicrobial barrier, therefore the correct choice of suitable raw materials for their manufacture is an utmost.

This study used three types of fabrics: 100% cotton, mixed (50% cotton and 50% polyester) and 100% polyester, from the results found, the inadequacy of the last two (mixed and polyester) is observed with respect to the area of the pore and grammage, because as the washing-sterilization went by structural changes occurred, making the passage of microorganisms easier. After these results, it is believed that the cotton denim fabric is the most appropriate, among the tested ones, as raw material for surgical aprons because it presents a larger grammage and a smaller pore size after 10 cycles.

In the case of bacterial growth, all types presented growth after the tenth cycle. But compared to the previous variables, the results are reversed, since polyester were more adequate than those with natural fibers. However, as discussed in this paper, finishing is necessary to reduce the incidence of bacterial growth, especially in natural fiber fibers.

Another important result is the inverse relationship between grammage and average area of the pore, since the fabrics due to the washing-sterilization processes go through physical processes that wear them out.

A third finding of this study is the lack of standardization in the tests of dry or wet antimicrobial barrier efficiency. It was noticed that most of the studies only evaluate the permeability of the protection barrier while it dries. Consequently, the barrier is not taken care of when the fabric is wet, a common situation in the operating room. Therefore, it is suggested to standardize these tests, defining parameters such as temperature, period and type of autoclave, in order to make future results comparable.

A major topic is suggested for future studies: the development of a surgical apron that meets the real needs of the team and the patient. From this, various auxiliary studies can be made, for example, fabric creation with novel fibers, non-toxic antimicrobial finishes that resist washing, diffusion of anti-flame treatment, treatments that increase the hydrophobic capability of the apron and its comfort.

Referencies

- [1] Cataneo C, Silveira CA, Siimpionato E, Camargo FC, Queiroz FA, Cagnin, MC. [Surgical team preparation: a relevant aspect in controlling environmental contamination]. *Lat Amer Enf*; 2004;12(2); 283–6. Portuguese.
- [2] Gutarowska B, Michalski A. Microbial degradation of woven fabrics and protection against biodegradation. In: Han-Yong Jeon, editor. *Woven Fabrics*. Rijeka: InTech; 2012. p. 267–96.
- [3] Teixeira KP, Linch GFC, Caregnato RCA. [Infection related to surgical center staff apparel: an integrative review]. *SOBECC*; 2014;19(3): 155–63. Portuguese.
- [4] Stanewick B, Kogut W. Packaging: Textiles. In: Reichert M, Young J, editors. *Sterilization Technology for the Health Care Facility*. Burlington: Jones&Bartlett Learning; 1997. p. 77–84.
- [5] Leonas KK. Effect of laundering on the barrier properties of reusable surgical gown fabrics. *Am J Inf Cont*; 1998; 26(5); 495–501.
- [6] Ramos DGG. [Reusable surgical textiles and their environmental impact] [dissertation]. Universidade do Minho; 2003. Portuguese.
- [7] Boryo DEA. The effect of microbes on textile material: a review on the way-out so far. *Intern J Eng Sci*; 2013; 2(8); 10–3.
- [8] Magalhães APSA. [Antimicrobial activity in textiles] [dissertation]. Universidade do Porto; 2015. Portuguese.
- [9] ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16064/16 - Produtos têxteis para saúde — Campos cirúrgicos, aventais e roupas para sala limpa, utilizados por pacientes e profissionais de saúde e para equipamento — Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro. The Association; 2016. 16 p.
- [10] Nornadiah R, Wah YB. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *J Stat Model Analyt*; 2011; 2(1); 21–33.
- [11] Viali L. [Advanced Statistics]. Available from: http://www.pucrs.br/ciencias/viali/graduacao/producao/multivariada/material/laminasp/i/Anova_OWay.pdf. Portuguese.

- [12] Rodrigues AJ. [Basic Biostatistics]. Available from: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1679327/mod_resource/content/1/Bioestat%C3%ADstica%20B%C3%A1sica-aula%204-2016.pdf. Portuguese.
- [13] Malheiros EB. [Repeated measures over time analysis using SAS]. Available from: http://jaguar.fcav.unesp.br/euclides/AL_2012/CURSO_SAS_MRT/Apostila_MRT_p1.pdf. Portuguese.
- [14] Diazaraque JMM. [Variance Analysis with repeated measures]. Available from: <http://halweb.uc3m.es/esp/Personal/personas/jmmarin/esp/GuiaSPSS/16anovar.pdf>. Spanish.
- [15] Rodrigues E, Levin AS, Sinto SI, Mendes CF, Barbosa B, Graziano, KU. Evaluation of the use and re-use of cotton fabrics as medical and hospital wraps. *Braz J Microbio*; 2006; 37(2); 113–6.
- [16] Oliveira AC, Silva MDM, Garbaccio JL. Clothing of health care professional as potential reservoirs of micro-organisms: an integrative review. *Texto e contexto – Enfer*; 2012; 21(3); 684–91.
- [17] Burgatti JC, Possari JF, Moderno AMB. [Evaluation of the microbial barrier in the surgical simple field]. *SOBECC*; 2004; 9(1); 24–32. Portuguese.

Table 01 – Descriptive Statistics

Cycles	Cotton		Mixed		Polyester	
	Area M (DP)	Gram. M (DP)	Area M (DP)	Gram. M (DP)	Area M (DP)	Gram. M (DP)
0	1.69 (0.60)	726.13 (10.47)	1.05 (0.38)	516.31 (9.22)	3.92 (1.74)	440.25 (11.47)
5	1.77 (0.50)	720.88 (10.15)	1.54 (0.37)	514.31 (9.28)	4.34 (1.25)	439.44 (11.12)
10	2.05 (0.28)	703.69 (9.91)	2.81 (0.51)	513.63 (9.08)	6.72 (1.09)	439.25 (10.88)

Source: IBM® SPSS v. 23 (2018). Observation: The “Area” was measured in μm^2 , while “Gram.”, representing Grammage is given in g/m^2 .

Table 02 – One-way ANOVA for Repeated Measures’ Results

Textile	Mauchly’s test			Multivariable tests		
	p-value	df	F	df (Rounds)	df (Error)	p-value
Cotton	0.164	2	2.302	2	10	0.124
Mixed	0.340	2	57.861	2	10	0.000
Polyester	0.523	2	17.734	2	10	0.001

Source: IBM® SPSS v. 23 (2018). Observations: “Mauchly’s test” represents the Mauchly’s sphericity test.

Table 03 – Differences between rounds for Mixed Textiles

Round (I)	Round (J)	Mean difference (I-J)	p-value	Confidence Interval*	
				Inferior Boundary	Superior Boundary
0	5	-0.485	0.004	-0.802	-0.168
	10	-1.755	0.000	-2.198	-1.312
5	0	0.485	0.004	0.168	0.802
	10	-1.270	0.000	-1.748	-0.792
10	0	1.755	0.000	1.312	2.198
	5	1.270	0.000	0.792	1.748

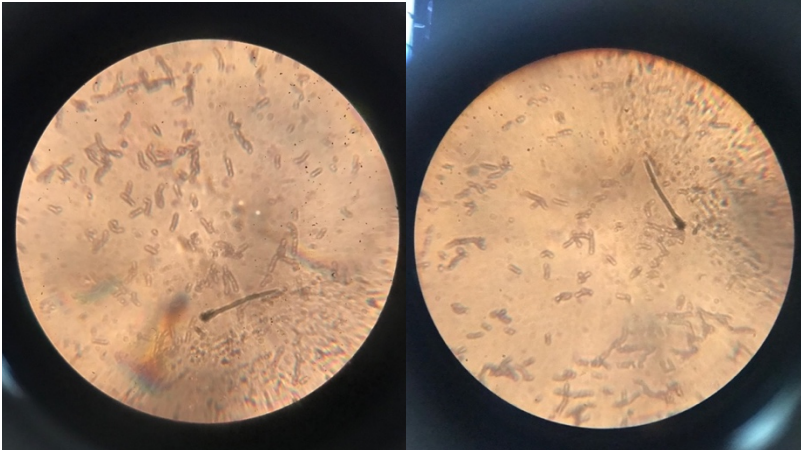
Source: IBM® SPSS v. 23 (2018). Observations: The results for the three first columns are in μm^2 . “**” means Bonferroni’s adjusted.

Table 04 – Differences between rounds for Polyester Textiles

Round (I)	Round (J)	Mean difference (I-J)	p-value	Confidence Interval*	
				Inferior Boundary	Superior Boundary
0	5	-0.420	1.000	-2.009	1.169
	10	-2.799	0.002	-4.433	-1.165
5	0	0.420	1.000	-1.169	2.009
	10	-2.379	0.000	-3.582	-1.176
10	0	2.799	0.002	1.165	4.433
	5	2.379	0.000	1.176	3.582

Source: IBM® SPSS v. 23 (2018). Observations: The results for the three first columns are in μm^2 . “**” means Bonferroni’s adjusted.

Image 1 – *Bacillus* gram-positive images



Source: the authors (2018).