

## RADIAÇÃO IONIZANTE E SUA APLICAÇÃO COMO AGENTE ESTERILIZANTE EM TINTAS PARA TATUAGENS

Lídia Ferreira Assunção<sup>1</sup>; Josiene de Paula<sup>2</sup>; José Waldir de Sousa Filho<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup> Universidade de Uberaba

lidia\_fassuncao@hotmail.com  
josewaldir.engenharia@gmail.com

### Resumo

A esterilização via radiação ionizante está crescendo substancialmente nos processos industriais. A radiação gama consiste na exposição dos produtos à ação de ondas eletromagnéticas curtas, geradas a partir de fontes de Cobalto 60. Em decorrência da crescente demanda de produção de tintas para tatuagens, é necessário implantar processo de esterilização para assegurar a qualidade do produto. Os resultados apontaram para uma contribuição positiva da radiação gama no controle de qualidade microbiológico de tintas para tatuagens. De acordo com os resultados, a dosagem mínima para esterilizar tintas para tatuagem foi de 15 kGy e a dosagem para redução máxima de *Staphylococcus aureus* foi de 25 kGy. Após o processo de esterilização foi observado resultados físico-químicos semelhantes às da amostra controle, comprovando assim que o processo é viável, que além de atender os padrões microbiológicos, a irradiação não compromete as características essenciais de qualidade, funcionalidade, sensoriais, estabilidade química e segurança do produto. E apesar de algumas variações nos resultados, os mesmos permaneceram de acordo com os limites estabelecidos pela legislação brasileira vigente.

**Palavras-chave:** Boas práticas de fabricação, Raios gama; Irradiação.

### Abstract

The sterilization via ionizing radiation is growing substantially in industrial processes. Gamma radiation consists of exposing the product to the action of short electromagnetic

waves generated from sources of Cobalt 60. Due to the growing demand for production of tattoo inks, you must deploy sterilization process to ensure product quality. The results pointed to a positive contribution of gamma radiation in the control of microbiological quality tattoo inks. According to the results, the minimum dosage for sterilizing tattoo inks was 15 kGy and dosage for maximum reduction of *Staphylococcus aureus* was 25 kGy. After the sterilization process was observed physicochemical results similar to those of the control sample, thus proving that the process is feasible that in addition to meeting the microbiological standards, irradiation does not compromise the essential characteristics of quality, functionality, sensory, chemical stability and product safety. And despite some variations in the results, they remained the same in accordance with the limits established by current Brazilian law.

### 1 Introdução

A tatuagem é uma prática muito frequente, em vista disso é necessário certificar que todos os padrões microbiológicos dos produtos fabricados sejam corretamente seguidos. Os prejuízos causados pela ação microbiana da falta de higiene industrial ou do manuseio inadequado ainda é uma das grandes preocupações das indústrias de cosméticos e de produtos médicos para a saúde. As principais contaminações microbianas podem ocorrer devido a falhas no processamento, matéria-prima contaminada, higienização inadequada dos equipamentos e utensílios utilizados, armazenamento incorreto e manipuladores com hábitos de higiene pessoal

## 10º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 28 de novembro a 3 de dezembro de 2016

deficiente ou portadores de microrganismos assintomáticos (RALL, 2010).

O processamento por radiação está presente em diversos produtos e tem o objetivo de melhorar as propriedades e esterilizar ou higienizar os produtos irradiados. As radiações ionizantes são classificadas em radiação eletromagnética e radiação na forma de partícula. A eletromagnética inclui os raios gama e os raios-X, a diferença entre essas está no modo como os raios são produzidos. A principal aplicação industrial está na ação da radiação ionizante, que atua na inativação de qualquer microrganismo que esteja presente no produto. A radiação ioniza um integrante vital da célula ou uma parte da molécula de DNA ou de uma enzima, com isso tem-se o estado de falência ou inibição da sua reprodução (RELA, 2003).

O processo de redução microbiológica ou esterilização por radiação pode ser realizado na temperatura e pressão atmosférica em que o produto se encontra, em qualquer fase (sólido, líquido ou gasoso), não deixa resíduos de gases e não há a necessidade de catalisadores. Esse processo pode ser classificado como um processo frio, devido a pequena quantidade que se torna desprezível de energia envolvida no processo, não provocando a elevação de temperatura. (CHMIELEWSKI, 2004).

A energia transferida pela radiação gama ou feixe de elétrons provoca a quebra da molécula de DNA dos microrganismos através da retirada de elétrons orbitais dessas moléculas. Esse mecanismo leva a morte dos microrganismos e é chamado de ionização (SILVA *et al*; 2014).

Além de atender os padrões microbiológicos, a irradiação não deve comprometer as características essenciais de qualidade, funcionalidade, sensoriais, estabilidade química e segurança do produto. Por isso, é imprescindível a realização de testes com doses de irradiação escalonadas e a avaliação do produto antes de autorizar um processo (ABC, 2008).

Apesar disso, é importante ressaltar que a irradiação não substitui os procedimentos de

BPF e deve ser utilizada sempre que possível como um processo preventivo para reduzir a “pressão microbiológica” de um meio ou processo (ABC, 2008).

Devido às falhas humanas ou ao mau uso das boas práticas de fabricação, pode ocorrer pequenos desvios na qualidade microbiológica das matérias-primas, colocando o produto final em uma situação de alerta microbiológico (BRASIL, 1999). Essa contaminação pode ocorrer principalmente por microrganismo presentes na pele humana, como a bactéria *Staphylococcus aureus*. Visando comprovar o efeito significativo da esterilização de tintas para tatuagens por meio de raios gama, o objetivo dessa pesquisa é identificar a melhor dosagem de irradiação ionizante – raios gama, para garantir uma boa qualidade do produto final.

### 2 Materiais e Métodos

A tinta produzida foi propositalmente contaminada por cepas de bactéria *Staphylococcus aureus* NEWP 0023. As amostras de tintas foram destinadas à Companhia Brasileira de Esterilização - CBE Embrarad, onde foram submetidas à irradiação gama gama em um Irradiador Multipropósito, As fontes de raios gama utilizada no processo de irradiação foi o isótopo Cobalto-60. Trata-se de um irradiador Multi-propósito que trabalha no sistema Pallette. Para o processo de esterilização foi aplicado doses de 7, 10, 15 e 25 kGy. As amostras passaram durante um intervalo de tempo defronte ao feixe do irradiador, movidas por uma esteira transportadora. As amostras foram irradiadas de um lado e do outro para garantir a homogeneidade das doses aplicadas, na faixa de kiloGrays.

O estudo foi feito por meio de análises comparativas antes e depois da esterilização, com objetivo de verificar alterações nas amostras depois do processo de esterilização. As amostras foram produzidas e armazenadas em temperatura ambiente para evitar modificações nas propriedades organolépticas.

## 10º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 28 de novembro a 3 de dezembro de 2016

As metodologias empregadas para as análises organolépticas, físico-químicas e microbiológicas nas amostras de tintas para tatuagens estão descritas no Guia de Estabilidade de Produtos Cosméticos, série Qualidade da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. A quantidade de microrganismos presentes nas amostras, antes e depois da desinfecção, foi determinada pelo método adaptado do Número Mais Provável (NMP) de quantificação de acordo com a metodologia descrita por VANDERZANT; SPLITSTOESSER (1992) e SILVA *et al.* (2001).

### 3 Resultados

Os resultados das análises físico-químicas da amostra controle antes do processo de esterilização estão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1** – Resultados das análises antes da esterilização.

Variável	Valores
pH	7,76
Viscosidade	1987
Densidade	1,92
Granulometria	7
<i>Staphylococcus aureus</i>	9,04

Após a esterilização nenhuma modificação macroscópica em relação ao padrão estabelecido foi observada. Todas as amostras podem ser classificadas segundo os critérios da ANVISA como normal, sem alteração. Em todas as amostras foi observado que a tinta se manteve íntegra mesmo após a esterilização.

Os valores de pH não apresentaram grandes alterações entre a amostra controle e as amostras irradiadas com as doses de 7 kGy, 10 kGy, 15 kGy e 25 kGy. O pH da amostra controle foi de 7,76. A amostra submetida à radiação de 25 kGy foi a única que apresentou queda de pH, obtendo um valor de 7,71. As tintas que obtiveram as dosagens de 7, 10 e 15 kGy de radiação gama, apresentaram pH nos valores de 7,78; 7,79 e 7,77, respectivamente.

A viscosidade obtida antes da esterilização teve valor de 1987 cP. Os resultados após a

esterilização mostraram que não houve alteração significativa na viscosidade em nenhuma amostra, os valores ficaram entre 1987 a 1988 cP.

A amostra controle obteve densidade de 1,92 g/mL. As amostras esterilizadas se mantiveram dentro da especificação, os resultados após a esterilização com dosagens de 7, 10, 15 e 25 kGy foram 1,90 g/mL, 1,91 g/mL, 1,91 g/mL e 1,92 g/L, respectivamente.

Os resultados das amostras após esterilização mostraram que não houve alteração nos valores de granulometria, mantendo o valor inicial de 7 µm.

Após o período de 48 horas em incubação, foi realizada a contagem dos tubos contaminados para determinação *Staphylococcus aureus*. Os resultados da amostra controle se refere à amostra antes de esterilização, as amostras B, C D e E se referem às dosagens de 7, 10, 15 e 25 kGy, respectivamente.

Para efeito dos cálculos foram tomadas como resultado microbiológico as três últimas diluições contáveis, sendo os números de tubos contaminados identificados e localizados em uma tabela padrão referente ao NMP g ou mL descrita por Vanderzant; Splitstoesser, (1992) e Silva *et al.*, (2001). Após a identificação na tabela foi possível calcular o número mais provável, como mostra a Equação 1.

$$\text{NMP} = \log (\text{NMP g ou mL} \times \text{Diluição inicial}) \quad (1)$$

Para o valor da diluição inicial foi considerado seus respectivos fatores de multiplicação, conforme a tabela 2.

**Tabela 2** – Parâmetros de multiplicação e suas respectivas diluições.

Diluição Inicial	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
Fator de multiplicação	$10^0$	$10^1$	$10^2$	$10^3$	$10^4$	$10^5$	$10^6$

O resultado da amostra controle indica a contaminação inicial sem esterilização. A série

## 10º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 28 de novembro a 3 de dezembro de 2016

das últimas diluições contáveis da amostra está na tabela 3.

**Tabela 3 – Amostra Controle sem esterilização.**

Últimas diluições contáveis	Tubos Contaminados
$10^{-7}$	3
$10^{-8}$	3
$10^{-9}$	2

Segundo a tabela de diluições foi possível realizar os cálculos de NMP.

$$\text{Log}(1100 \times 10^6) = 9,04$$

A tabela 4 mostra a série das últimas diluições contáveis para a amostra B esterilizada com radiação gama de 7 kGy.

**Tabela 4 – Amostra B – esterilizada.**

Últimas diluições contáveis	Tubos Contaminados
$10^{-5}$	3
$10^{-6}$	1
$10^{-7}$	2

O valor de NMP foi calculado:

$$\text{Log}(120 \times 10^4) = 6,07$$

A tabela 5 mostra a série das últimas diluições contáveis para a amostra esterilizada com radiação gama de 10 kGy.

**Tabela 5 – Amostra C – esterilizada.**

Últimas diluições contáveis	Tubos Contaminados
$10^{-5}$	3
$10^{-6}$	0
$10^{-7}$	2

O valor de NMP foi calculado:

$$\text{Log}(64 \times 10^4) = 5,80$$

A tabela 6 mostra a série das últimas diluições contáveis para a amostra esterilizada com radiação gama de 15 kGy.

**Tabela 6 – Amostra D – esterilizada.**

Últimas diluições contáveis	Tubos Contaminados
$10^{-1}$	1
$10^{-2}$	2
$10^{-3}$	1

O valor de NMP foi calculado:

$$\text{Log}(15 \times 10^0) = 1,176$$

A tabela 7 mostra a série das últimas diluições contáveis para a amostra esterilizada com radiação gama de 25 kGy.

**Tabela 7 – Amostra E – esterilizada.**

Últimas diluições contáveis	Tubos Contaminados
$10^{-1}$	0
$10^{-2}$	0
$10^{-3}$	1

O valor de NMP foi calculado:

$$\text{Log}(3 \times 10^0) = 0,477$$

Todas as contagens obtidas foram convertidas em logaritmo do NMP/g e calculada a diferença entre a contagem inicial e final, definida como o número de Reduções Decimais. A partir dos valores calculados de NMP foi possível determinar os valores de redução decimal (RD) para verificação da melhor dosagem gama para a esterilização de tintas para tatuagens.

As reduções decimais para cada dosagem gama foram calculadas utilizando o valor inicial de NMP da Amostra controle.

1º redução decimal, amostra B com dosagem de 7 kGy.

$$\text{RD} = 9,04 - 6,07$$

$$\text{RD} = 2,97$$

2º redução decimal, amostra C com dosagem de 10 kGy.

$$\text{RD} = 9,04 - 5,80$$

$$\text{RD} = 3,24$$

3º redução decimal, amostra D com dosagem de 15 kGy.

$$\text{RD} = 9,04 - 1,176$$

**10º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 28 de novembro a 3 de dezembro de 2016**

RD = 7,864

4º redução decimal, amostra E com 25 kGy.

RD = 9,04 – 0,477

RD = 8,563

**4 Discussão**

O processo de esterilização não modificou bruscamente o valor de pH, mantendo assim as propriedades físico-químicas de fabricação das tintas, visto que a RDC nº 55/2008 estabelece que o valor de pH deve ser 7,5, podendo variar  $\pm 0,5$ , todas as amostras se mantiveram dentro da norma estabelecida.

A determinação e o controle do pH das tintas é de extrema preocupação, pois a tinta aplicada sobre a pele pode acarretar consequências e irritações cutâneas se o controle não for feito.

De acordo com a RDC nº 55/2008 o valor da viscosidade das tintas de tatuagens deve estar entre 1600 a 2000 cP. Os resultados mostraram que não houve alteração significativa em nenhuma amostra após a esterilização. A viscosidade da tinta é muito importante durante a aplicação e dela depende a qualidade do filme aplicado. A viscosidade também está associada ao tempo de secagem, tonalidade da cor e poder de cobertura (CETESB, 2006). Por isso, é de grande importância que a viscosidade esteja dentro dos padrões, a fim de não prejudicar a aplicação da tinta na pele.

A densidade é um fator importante no controle de qualidade das tintas, valores acima ou abaixo do permitido remetem a erros de pesagem de pigmentos e que devem ser corrigidos na produção. A densidade é importante fator a ser controlado para não ocorrer erros de cores secundárias. As cores secundárias são produzidas de acordo com valores de densidade e viscosidade das tintas primárias. Valores fora dos limites aceitáveis podem ainda alterar a viscosidade das tintas. De acordo com a RDC nº 55/2008 o valor da densidade das tintas de tatuagens deve estar entre 0,92 à 1,92 g/mL. A amostra controle obteve uma densidade de 1,92 g/mL. As

amostras esterilizadas se mantiveram dentro da especificação, havendo algumas variações de valores, mas nada significante.

A RDC nº 55/2008 estabelece que o valor das partículas de pigmentos deve estar entre 5 à 7  $\mu\text{m}$ . O resultado da amostra controle foi 7  $\mu\text{m}$ . Os resultados das amostras após esterilização mostraram que não houve alteração nos valores de granulometria, mostrando que mesmo após o processo de esterilização não houve alteração nos resultados.

Os resultados mostraram que as dosagens de 7 kGy e 10 kGy apresentaram uma redução decimal de apenas 2 e 3 unidades logarítmicas, respectivamente. Isso significa que essas dosagens não podem ser consideradas como sanitizantes, uma vez que não alcançou a redução decimal necessária. Para ser considerado um sanitizante é necessário a redução decimal de ao menos 5 casas. O termo sanitizante significa a redução do número de bactérias contaminantes a níveis julgados seguros para as exigências de saúde pública (MORIYA; MÓDENA, 2008).

A dose de 15 kGy reduziu a concentração inicial de *Staphylococcus aureus* em 7 unidades logarítmicas e apresentou 1,176 NMP /mL. Já a dose de 25 kGy inativou 8 unidades logarítmicas da concentração inicial de *S. aureus*, a tinta exposta à esta dose registrou apenas 0,477 NMP/mL. A dosagem de 15 kGy pode ser considerada a dose mínima (Dose Alvo - DA) para processos de esterilização de tintas de tatuagens contaminadas por *S. aureus*. A definição da Dose Mínima depende do objetivo do processo, ou seja, de qual nível de redução de carga microbiana ou de Segurança na Esterilização se pretende alcançar. Reduzir a carga microbiana significa corrigir ou adequar os níveis de contaminação encontrados a valores inferiores aos limites especificados para o produto.

As concentrações de *S. aureus* da dose de radiação de 25 kGy também alcançaram os limites previstos. A partir dessas observações pode-se afirmar que ambas as doses de

## 10º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 28 de novembro a 3 de dezembro de 2016

radiação gama (15 e 25 kGy) melhorou significativamente a qualidade microbiológica das tintas irradiadas. A dose de 25 kGy foi considerada como dose máxima que pode ser aplicada no produto, pois garantiu o nível seguro das tintas, apresentando redução decimal de 8,563. Essa pode ser considerada a Dose de Tolerância- DT, já que conseguiu reduzir 8 vezes a carga microbiana inicial da amostra controle sem apresentar grandes alterações na estabilidade da tinta.

### 5 Conclusão

A tatuagem é uma prática crescente na sociedade atual e atinge todas as faixas etárias. A qualidade do produto inicia-se na produção primária e depende da adoção de Boas Práticas de Fabricação (BPF) em todas as etapas de produção. Tais medidas visam garantir a higiene, segurança e a qualidade do produto. A esterilização por raios gama pode ser utilizada preventivamente pelas indústrias para assegurar a qualidade microbiológica das tintas. Os resultados físico-químicos também se mostraram positivos, não ocorrendo alterações significativas em nenhum parâmetro analisado após a esterilização.

A melhor dosagem para inativação mínima de *S. aureus* em tintas da cor branca para tatuagens foi de 15 kGy, essa dosagem apresentou as melhores condições para garantir a estabilidade da tinta e os parâmetros físico-químicos. A dose máxima para inativação de *S. aureus* em tintas para tatuagens foi de 25 kGy, pois apesar de apresentar pequenas alterações no pH, esse tratamento conseguiu a maior redução decimal, garantindo uma boa qualidade para as tintas de tatuagens.

### Referências bibliográficas

ABC- Associação Brasileira de Cosmetologia - Guia ABC de Microbiologia –Controle Microbiológico na Indústria de Produtos de Higiene Pessoal, Cosméticos e Perfumes, 3 ed., São Paulo, **Pharmabooks**, p.73, 2008.

BRASIL. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RESOLUÇÃO Nº 481 de 23 de setembro de 1999. Cita Parâmetros de Controle Microbiológico para Produtos de Higiene Pessoal, Cosméticos e Perfumes**, D.O.U.- Diário Oficial da União; Poder Executivo de 27 de setembro de 1999.

BRASIL. Resolução da diretoria colegiada - RDC nº 55, de 6 de agosto de 2008. **Disponível em:** <<http://www.vigilanciasanitaria.sc.gov.br/index.php/download/category/167-tatuagem?download=848:resolucao-rdc-n-55-2008>>. Acesso em: 27 out. 2016.

CHMIELEWSKI, A. G.; HAJI-SAEID, M. Radiation Technologies: Past, Present and Future. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 72, n. 1-2, p. 16-20, 2004.

RALL V.L.M., *et al.* Detection of enterotoxin genes of *Staphylococcus* sp. isolated from nasal cavities and hands of food handlers. **Braz. J. Microbiol.**, 2010.

RELA, P. R. **Desenvolvimento de dispositivo de Irradiação para tratamento de efluentes industriais com feixe de elétrons**. Tese (Doutorado em Ciências). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo. 2003.

SILVA, R.C.; SILVA, R.M.; AQUINO, K.A.S. A Interação da Radiação Gama com a Matéria no Processo de Esterilização. **Rev. Virtual Quim.** v. 6, n. 6, p. 1624-1641, nov/dez 2014.

VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D.F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3.ed. Washington: American Public Health Association, 1992. p.1219.