

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA “PAULA SOUZA”**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE RIBEIRÃO PRETO**  
**CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM**  
**SISTEMAS BIOMÉDICOS**

**APARELHO ESTERILIZADOR DE CANETAS ODONTOLÓGICAS À BASE DE  
OZÔNIO**

**ALLAN KARDEC CELESTINO DOS SANTOS**  
**IURY RICARDO MICA**  
**LAISCIELE ANTONIO DA SILVA**

**PROF.(A) ORIENTADOR(A): DR. MARCELO CAETANO OLIVEIRA ALVES**

**RIBEIRÃO PRETO, S.P.**

**2022**

**ALLAN KARDEC CELESTINO DOS SANTOS**

**IURY RICARDO MICA**

**LAISCIELE ANTONIO DA SILVA**

**APARELHO ESTERILIZADOR DE CANETAS ODONTOLÓGICAS À BASE DE  
OZÔNIO**

**PROF.(A) ORIENTADOR(A): DR. MARCELO CAETANO OLIVEIRA ALVES**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Tecnologia (FATEC) de Ribeirão Preto/SP, como parte dos requisitos para aprovação no curso de Sistemas Biomédicos

Orientador(a): Dr. Marcelo Caetano Oliveira Alves

Aceite do orientador: \_\_\_\_\_

**RIBEIRÃO PRETO, S.P.**

**2022**

## Resumo

Atualmente a necessidade de um equipamento para fazer a esterilização de canetas odontológicas em baixas temperaturas é crescente, devido ao fato que, quando expostos em altas temperaturas, alguns materiais sofrem deformações, ou até mesmo oxidação. O Ozônio vem sendo estudado graças a sua elevada ação esterilizante devido ao seu alto poder oxidante, seja diluído em água ou puro, na sua forma gasosa e, também, por ser um esterilizante que utiliza baixas temperaturas e seu baixo custo de geração levando em conta que a matéria prima utilizada é o oxigênio molecular ( $O_2$ ) presente no ambiente, que quando passado pelo gerador é submetido a uma descarga elétrica com alta tensão quebrando suas moléculas que se rearranjam e formam o ozônio ( $O_3$ ), um composto altamente oxidante e muito instável que se desintegra rapidamente formando oxigênio novamente, proporcionando uma condição muito favorável ao meio ambiente, baseando-se nestas informações, o objetivo deste trabalho é criar um meio de esterilizar canetas odontológicas sem que haja problemas em sua vida útil. Foi desenvolvido um protótipo. O princípio baseia-se na ação do ozônio, produzido através de um gerador de  $O_3$ . O ozônio é inserido em uma cuba vedada onde é feita a ozonização das canetas odontológicas após três ciclos, automatizados, que fazem a esterilização do material. Foram realizados os testes de funcionamento testando os comandos, os ciclos de aplicação de ozônio, os intervalos e a aplicação de água. Conseguimos comprovar a geração do ozônio através da percepção do odor característico do mesmo e através de um teste de oxidação feita em um copo com água, misturou-se tinta solúvel em água, neste caso utilizou-se tinta para impressão em papel, em seguida colocou-se a mangueira de saída do gerador de ozônio dentro do copo e acionou o sistema onde foi identificada a geração através do borbulhamento e da oxidação de toda a tinta, deixando a água transparente novamente. Faz-se necessários mais ensaios em laboratório para levantarem-se outros parâmetros técnicos, porém os resultados encontrados nos testes são todos positivos em relação ao desenvolvimento, montagem e funcionamento do equipamento.

**Palavras-chave:** Esterilização; Ozônio; Canetas odontológicas.

## Abstract

Currently the need for equipment to sterilize dental pens at low temperatures is increasing, due to the fact that when exposed at high temperatures, some materials suffer deformation, or even oxidation. Ozone has been studied thanks to its high sterilizing action due to its high oxidizing power, whether diluted in water or pure, in its gaseous form and also because it is a sterilizer that uses low temperatures and its low generation cost taking into account that the raw material used is molecular oxygen ( $O_2$ ) present in the environment, that when passed through the generator is subjected to an electrical discharge with high voltage breaking its molecules that are rearranged and form ozone ( $O_3$ ), a highly oxidizing and very unstable compound that disintegrates rapidly forming oxygen again, providing a very favorable condition to the environment, based on this information, the objective of this work is to create a means of sterilizing dental pens without problems in their useful life. A prototype was developed. The principle is based on the action of ozone, produced through an  $O_3$  generator. Ozone is inserted in a sea Led's vat where dental pens are ozonized after three automated cycles, which sterilize the material. The operating tests were performed testing the commands, ozone application cycles, intervals, and water application. We were able to prove the generation of ozone through the perception of the characteristic odor of the ozone and through an oxidation test made in a glass with water, mixed water soluble ink, in this case ink was used for printing on paper, then placed the output hose of the ozone generator inside the cup and activated the system where the generation was identified through the bubbling and oxidation of the whole ink, making the water transparent again. More laboratory tests are needed to raise other technical parameters, but the results found in the tests are all positive in relation to the development, assembly, and operation of the equipment.

**Keywords:** Sterilization; Ozone; Dental pens.

## Sumário

1 INTRODUÇÃO .....	6
2 OBJETIVOS .....	8
2.1 Objetivo Geral .....	8
2.2 Objetivos específicos .....	8
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	8
4 - MATERIAIS E METODOS .....	12
4.2 - Materiais Utilizados.....	12
Fonte: BAÚ DA ELETRÔNICA.....	16
4.3 – Princípio de Funcionamento .....	16
4.3.1 Montagem do protótipo .....	16
4.3.2 Testes .....	17
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	17
Esquema eletrônico.....	17
Montagem do circuito eletrônico .....	17
Montagem da câmara de esterilização .....	19
Montagem do sistema gerador de ozônio .....	20
Montagem da placa eletrônica. ....	20
Montagem do protótipo .....	21
Testes realizados de funcionamento do produto .....	22
6. CONCLUSÕES.....	24
REFERÊNCIAS.....	26
Apêndice .....	28
1.1 Tabela 2: Custos do projeto.....	28
1.2 Tabela 3: Lista de componentes eletrônicos.....	28
Software .....	29
Declaração das Variáveis.....	30
Declaração dos protótipos das funções .....	30
Interrupções .....	30

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de esterilização tem a finalidade de remover ou destruir todas as formas de vida microbiana. Deve conduzir o produto submetido ao processo a um nível de esterilidade segura, ou seja, permitir ao mesmo total ausência de formas viáveis capazes de reprodução (PINTO *et al*, 2015).

Dentro do âmbito médico-hospitalar e odontológico esse processo é extremamente necessário pois pode ocorrer a transmissão de patógenos por conta de objetos mal esterilizados, nestes ambientes é necessário que haja qualidade na esterilização pois o material pode ser utilizado em contato direto com saliva, sangue e mucosas do paciente podendo causar contaminação cruzada que é muito comum dentro dos consultórios odontológicos. (OLIVEIRA, 2016).

Esse tipo de contaminação pode ocorrer a partir do contato com materiais mal esterilizados, como por exemplo: canetas odontológicas e equipamentos.

Comprovadamente os micro-organismos têm ludibriado as medidas de segurança adotadas na atualidade, colocando em risco o profissional e o paciente; e a falta de cuidados, em relação a biossegurança, tem propiciado a intensificação do ciclo de infecções cruzadas. (Manual de Biossegurança em Odontologia - Saúde.RJ).

As principais doenças infectocontagiosas que representam riscos em consultório odontológico podem ser causadas por vírus, como: Catapora, Hepatite B, Hepatite C, Conjuntivite Herpética, Herpes Simples, Herpes Zoster, Mononucleose Infecciosa, Sarampo, Rubéola, Parotidite, Gripe, Infecção pelo Papilomavírus Humano, Infecção pelo Citomegalovírus e infecção pelo HIV. Podem também ser causadas por bactérias que levam à Pneumonia, à Infecção por *Estafilococos*, *Streptococos*, *Pseudomonas*, *Klebsiella*; por bacilos como o da Tuberculose e, ainda, por fungos, sendo a Candidíase a mais comum (Manual para Estabelecimentos Odontológicos 1ª edição 1998. Secretaria Municipal de Saúde de Porto Alegre).

Dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) relatam que 25% dos pacientes que recebem tratamento odontológico são contaminados com microrganismos após procedimentos como lavagem com jatos do tipo spray e utilização do aparato instrumental em contato com o corpo do paciente. Estes instrumentos podem disseminar os microrganismos, por água, ar ou contato podendo assim gerar a transmissão de doenças para a equipe de profissionais e pacientes. (OLIVEIRA, 2016).

A esterilização pode ser feita por um processo físico - calor e radiação - ou por um processo químico – ocorre por imersão, ácido paracético e glutaraldeído - esterilização por meio de calor são as mais conhecidas popularmente, no Brasil os métodos mais utilizados são a autoclave e o micro-ondas. (TEIXEIRA, 2011).

As várias limitações dos métodos de esterilização, principalmente para materiais sensíveis a altas temperaturas, tem estimulado o desenvolvimento de técnicas alternativas (MIOSAN *et al.*, 2001).

Os métodos físico-químicos são os mais indicados para materiais e produtos termos sensíveis, podem ser aplicados de forma gasosa (ozônio, peróxido de hidrogênio, ácido peracético, ou formaldeído) (FARMACOPEIA BRASILEIRA, 2010; PINTO *et al.*, 2015; USP, 2016).

Embora ainda pouco conhecido, o ozônio vem ganhando espaço no âmbito da esterilização, atualmente, é muito utilizado para a esterilização em indústrias de alimentos, no tratamento de água, na desinfecção de máquinas de hemodiálise (CANADA *et al.*, 2014), na odontologia, como tratamento alternativo de cárie (BURKE, 2012), na medicina (MARTÍNEZ-SANCHES *et al.*, 2012), entre outros. (MARTINS; ANDREANI; MENDES, 2015)

Estudos com bactérias *in vitro*, mostram que ao fazer teste de esterilização e reação das bactérias utilizando gases em várias cepas de destes microrganismos, o ozônio foi o único inibidor do crescimento e se mostrou 100% eficaz desde o primeiro teste. (PEREIRA *et. al*, 2005).

O ozônio (O<sub>3</sub>) é produzido naturalmente na atmosfera pela ação fotoquímica dos raios ultravioleta sobre as moléculas de oxigênio. É constituído por três átomos de oxigênio e possui meia vida de aproximadamente 20 minutos em temperatura ambiente (MOAT *et al.*, 2009), é facilmente solúvel em água e altamente oxidativo. Esta última característica, combinada com a sua solubilidade, é que o torna um excelente candidato para uso como esterilizante (SOUSA *et al.*, 2010).

No ano de 2003, foi desenvolvido por uma empresa canadense (TSO3. Inc®) um processo utilizando o ozônio como único agente esterilizante (MURPHY, 2006), tendo sido aprovado pela *Health Canada* e *Food Drug Administration* (FDA). Esta tecnologia foi considerada segura e rápida, constituindo uma alternativa econômica de esterilização a baixa temperatura (MURPHY, 2006; DUFRESNE, 2008; MAHFOUDH *et al.*, 2010). A eficácia deste processo foi estabelecida ao se atingir um Nível de Garantia de Esterilidade de 10<sup>-6</sup> (*Sterility Assurance Level - SAL*) (FARMACOPEIA BRASILEIRA, 2010; PINTO *et al.*, 2015; USP, 2016).

Como exemplo temos na literatura aplicação do gás ozônio para a

descontaminação de superfícies que será utilizada produtos *in natura* como peixes, carnes, verduras, ovos com procedimentos de controle da deterioração causada por agentes microbiológicos presentes garantindo assim uma maior vida de prateleira e segurança aos produtos alimentícios. Outro ponto que é amplamente utilizada é no tratamento de efluentes em que a utilização deste gás potencializa a desinfecção e eliminação de matéria orgânica presente no fluido com uma maior economia em comparação a utilização de outros tipos de agentes químicos. Também se está pensando na descontaminação de ambientes cirúrgicos, em que a elevada carga microbiana presente e a dificuldade de acesso em pontos mortos da sala leva-se a aplicação de um gás devido sua fácil aplicação em geometrias de difícil acesso como por exemplo canto de paredes, conexões. Outro ponto é por ser tratar de um agente químico com fácil processo de produção e fácil eliminação evitando a geração de resíduos que ocasiona problemas ambientais e preocupações pós-utilização, que geralmente ocorre com o emprego de outros produtos químicos para o mesmo fim. (OLIVEIRA, 2016).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Projetar um equipamento para que seja feita a esterilização das canetas odontológicas.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Pesquisar, na literatura, sobre esterilização de materiais médico-odontológicos;
- Pesquisar, na literatura, a eficiência do ozônio como agente esterilizante;
- Montar um equipamento de esterilização a base de ozônio;
- Analisar os resultados.

## **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Diferentes estudos demonstram a eficácia de esterilização por ozônio para produtos odontológicos (MASSUDA *et al.*, 1990), polímeros (SHINTANI, 2003), aço inoxidável (SAKURAI, 2003), nano fibras de Poli(ácido láctico-co-ácido glicólico), PLGA, (REDIGUIERI *et al.*, 2016), assim como seu potencial de letalidade sobre *Bacillus anthrax* (BURANOV, 2005).

Tais estudos comprovam que o ozônio é um exímio esterilizador de patógenos, seja este diluído em água destilada ou puro fazendo-se a ozonização. Tartan *et al.* (2011) demonstra por



meio de pesquisas que ao utilizar a água destilada ozonizada com uma concentração de 10mg/L bactérias como *E. coli* e *S. aureus* foram inativadas com tempos entre 3 e 5 minutos e seus esporos demoraram em torno de 15 minutos para serem inativados. Pereira *et al.* (2005) criou cepas das bactérias *E. coli*, *S. aureus* e *P. aeruginosa* e as expôs a vários gases, todos os gases utilizados foram deixados por uma hora em contato com as cepas e após foi analisado a média aritmética de crescimento bacteriano e o ozônio foi o que demonstrou maior controle bacteriano - fora utilizado 0,4% de ozônio e 99,6% de oxigênio - e após essa 1h a média de crescimento bacteriano ficou igual a zero, demonstrado na tabela 1.

Título: Comparação efeito do ozônio no ar e diluído em água.

Eliminação das bactérias expostas ao ozônio							
	Ozônio diluído em água (entre 3mg/L e 10mg/L)				0,4% de ozônio - 99,6% de oxigênio		
Tempo de exposição (Min)	<i>E. coli</i> lixo hospitalar	<i>S. aureus</i> lixo hospitalar	<i>P. Aeruginosa</i> lixo hospitalar	Esporos <i>S. aureus</i> e <i>E. coli</i>	<i>E. coli</i> (cepa)	<i>S. aureus</i> (cepa)	<i>P. aeruginosa</i> (cepa)
1		x					
2			x				
3	x						
15				x			
t > 60					x	x	x

Tabela 1: Fonte: Adaptado de Pereira *et al.* (2005) e (Martins; Andreani; Mendes, 2015)

A crescente preocupação quanto a promoção da segurança do paciente e a qualidade dos serviços prestados, também se respalda no manuseio dos artigos médicos, até porque a maioria deles são reutilizados. No entanto, eles são passíveis de contaminação e por conta disso, existe a necessidade de realizar os processos de descontaminação deles. Um dos métodos mais utilizados para barrar esse acontecimento é a esterilização, de modo que ocorra a desinfecção, conforme a necessidade desejada (ZANZARINI, 2019).

Nesse sentido, o processo de esterilização está associado a destruição e a eliminação das formas microbianas dos instrumentos e artigos médicos utilizados em quaisquer procedimentos

realizados e podem ocorrer de maneira química ou física. Com isso se faz necessário a constante busca por novas tecnologias de esterilização a baixa temperatura. Isso acontece porque é imprescindível que os agentes esterilizantes se adequem conforme os produtos a serem comercializados, de modo que incidam na agilidade, redução de custos e eficácia do processamento e que considerem os apelos ambientais. Ademais, ressalta-se que os procedimentos de esterilização à baixa temperatura, incluem: óxido de etileno, radiação gama, plasmas de peróxido de hidrogênio e, atualmente, o ozônio (O<sub>3</sub>), entre outros. (ZANZARINI, 2019).

O gás ozônio é um gás natural que se origina da transformação do oxigênio, em que é acrescido uma molécula. Essa alteração, torna-se benéfica em diversas áreas da saúde, desde a ozonoterapia até a sanitização dos ambientes, trazendo assim várias vantagens no gerenciamento de qualidade. (BOCCI *et al.*, 2015).

### **3.1- Princípio de geração de ozônio**

Dentre os métodos para produção do gás, destacam-se a obtenção por eletrólise, caracterizada pela dificuldade de manipulação do ozônio; a radiação ultravioleta, que não atende as necessidades da indústria devido ao seu alto custo e baixo rendimento e pôr fim a produção por descarga corona, que produz quantidades significativas, sendo o método mais utilizado para a obtenção do produto (MAIDANA *et al.*, 2015). O efeito corona gera ozônio através de uma alta tensão tal que produza um campo elétrico forte o bastante para romper a rigidez dielétrica do ar presente entre os eletrodos, onde os elétrons livres atingem altas velocidades, quebrando as moléculas de O<sub>2</sub> através de descargas elétricas dividindo o oxigênio normal e criando átomos de oxigênio únicos que se ligam ao O<sub>2</sub> formando o ozônio (O<sub>3</sub>), composto com alto poder oxidante (LOPES, 2016).

Dessa forma, ressalta-se que o principal objetivo da utilização do ozônio quanto ao processo de esterilização de produtos médicos é eliminar ou tornar inativa a presença de bactéria, protozoário, fungo e vírus. (ZANZARINI, 2019).

No Brasil, através do Manual para a Segurança Hospitalar, reconhece que o ozônio é usado no tratamento de água, polpa de papel, esgoto e como esterilizante empregado na esterilização de instrumentos médicos compostos dos seguintes materiais: titânio, aço inox, borracha, cerâmicas, silicone e poliuretano (ZANZARINI, 2019). Dada à necessidade de surgimento de novos agentes esterilizantes, diversos pesquisadores focaram na descoberta de um agente que fosse capaz de eliminar a carga microbiana de maneira mais rápida e que tivesse um custo menor, haja vista que o intuito é manter a qualidade do serviço e assegurar a assistência prestada aos pacientes no ambiente hospitalar. O O<sub>3</sub> passou a ser indicado como

forma de esterilização de instrumentos cirúrgicos, dentre os quais citam-se as canetas de bisturi elétrico, por possuir alto teor oxidativo. (BOTELHO-ALMEIDA *et al.*, 2018).

Em paralelo a isso, ressalta-se que a utilização de um dispositivo médico/odontológico depende do quão estéril o material se encontra, muitas vezes, por serem sensíveis a danos químicos e térmicos, os métodos tradicionais de esterilização não trarão efeitos positivos e, por conta disso, a utilização de novos métodos se faz necessária. Com isso, ao introduzir o gás ozônio no processo de esterilização dos dispositivos médicos, em especial a caneta odontológica, verificou-se a necessidade de construir um dispositivo para esta finalidade (GRAZIANO, 2003; PINTO *et al.* 2015).

Nesse sentido, um esterilizador de ozônio é capaz de aproveitar os poderes únicos do ozônio, produzindo-o dentro do esterilizador. Esta capacidade é adequada para esterilizar dispositivos médicos delicados, que não suportam o alto calor e umidade da autoclave de vapor padrão. Assim, ao surgir como um novo processo de esterilização a baixa temperatura, sua eficácia microbiana tem sido comprovada com uma variedade de microrganismos (ZANZARINI, 2019).

Segundo (GONZAGA, 2018) foi demonstrado a propriedade do ozônio em microorganismos Grampositivos (*Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*) e Gramnegativos (*Yersinia enterocolitica*, *P. aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*) e em esporos.

Tormin *et al.* (2016) avaliaram o poder bactericida do ozônio gasoso sobre as bactérias multirresistentes *Staphylococcus aureus*, *Acinetobacter baumannii*, *Enterococcus faecalis* resistentes à vancomicina e *Pseudomonas aeruginosa*. Observaram que após infusão por 4 minutos de ozônio gasoso na concentração de 10 µg mL<sup>-1</sup> não houve crescimento bacteriano nas leituras de 48h e após 7 dias. Já nas concentrações de 4 µg mL<sup>-1</sup> e 3 µg mL<sup>-1</sup>, constataram crescimento bacteriano, embora em menores quantidades, mostrando ação bactericida parcial. Os autores concluíram que o ozônio tem efeito bactericida sobre bactérias multirresistentes, sendo este efeito proporcional à concentração e ao tempo de exposição.

Na verdade, por sua vez, o ozônio pode ser bastante perigoso, é tóxico, corrosivo e inflamável, mas, como o ozônio é produzido e quebrado no esterilizador, as chances de exposição ao mesmo são bastante pequenas. O ozônio residual é rapidamente dissociado que o traz de volta a um estado de oxigênio que pode ser liberado com segurança para o ar (MOAT *et al.*, 2009).

Engenheiros criaram uma autoclave para esterilização de materiais de uso médico-hospitalar à base de ozônio, considerado o germicida mais potente e o segundo maior oxidante existente na Terra. O equipamento promete ser mais seguro, eficiente e econômico do que os sistemas que hoje são utilizados. “O ozônio inativo elimina qualquer vírus, bactéria, protozoário e fungo. Ao ser introduzido adequadamente em uma autoclave, como a que desenvolvemos, esteriliza qualquer tipo de material médico-hospitalar colocado dentro do equipamento”, disse Frederico de Almeida Lage Filho, ex-professor do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP) e um dos coordenadores do projeto. (REVISTA FAPESP, 2016)

#### **4 - MATERIAIS E METODOS**

O equipamento esterilizador de canetas odontológicas é um produto desenvolvido através de pesquisas sobre a eficácia do ozônio como um esterilizante produzido a um baixíssimo custo para uso em equipamentos termo sensíveis, ou seja, que pode ser aplicado em equipamentos que não podem ser expostos a alta temperatura e, baseado em estudos de revisão da literatura.

##### **4.1 - Custos do protótipo.**

O custo estimado do protótipo ficou em torno de R\$ 650,00. Lista de preços das peças utilizadas no apêndice.

##### **4.2 - Materiais Utilizados**

Estes estudos deram um embasamento científico para desenvolver o protótipo que consiste em uma cuba de aço inox, um gerador de ozônio, um compressor de ar, uma válvula solenoide, mangueiras de silicone, uma placa de circuitos eletrônicos para o comando do equipamento, um conector padrão onde serão conectadas as canetas odontológicas para a aplicação do ozônio.

Figura 1: Gerador de O<sub>3</sub>.



Fonte: DEKERY.

Capacidade de produção de ozônio, 3g/h Nível de ruído: Cerca de 40db Tamanho da fonte de alimentação (L x L x A): Aprox. 146 x 56 x 40mm/5,7 x 2,2 x 1,6 polegadas

Tamanho do tubo de quartzo (Dia x L): Aprox. 35mm x 195mm/1,4 x 7,7 polegadas.

Figura 2: Cuba em aço inox.



Fonte: IPECOZINHAS EQUIPAMENTOS.

Cuba em aço inox: Especificações :Comprimento: 32,5Largura: 17,6 cm Altura: 10 cm de Aço: AISI 201Espessura: 0,7 mm Capacidade: 4,3 litros Peso: 0,45 kg, utilizada para montar o compartimento de aplicação de ozônio para esterilização.

Figura 3: Conector para canetas odontológicas.



Fonte: BREYLEE.

O conector é destinado à conexão das canetas no esterilizador.

Figura 4: Compressor de ar com duas saídas.



Fonte: AQUÁTICA HOBBY.

Compressor de ar com duas saídas: Potência: 5w; Frequência: 60 Hz; Voltagem: 110v;

Vazão de saída: 2 x 3,5 litros por minuto regulável em 3 níveis (High- Mid – Low)

Dimensões: 5,3 x 15,5 x 9,3 cm.

Figura 5: Válvula solenoide.



Fonte: GELMAQ COMERCIO DE PEÇAS E SERVIÇOS.

Válvula solenoide Simples: tensão do atuador 127v 60Hz, rosca de entrada 3/4" norma NPT, espigão de saída de 1/2". Dispositivo eletromecânico usado para controlar o fluxo de líquido ou gás. A **válvula de solenoide** é controlada pela corrente elétrica, que passa por uma bobina. Quando a bobina é energizada, um campo magnético é criado, fazendo com que um êmbolo dentro da bobina se mova liberando ou bloqueando o fluxo.

Figura 6: Válvula de retenção.



Fonte: SEEDS AUTOMOTIVE.

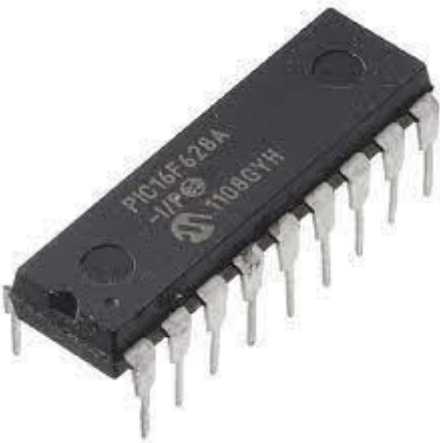
Válvula de retenção permitirá o fluxo de água em uma direção e automaticamente evitará o fluxo de retorno (fluxo reverso) para o sistema de produção de ozônio.

Material: Plástico

-Tamanho do espigão para engate em mangueira: 4mm

-Pressão de abertura:> 0.015mpa

Figura 7: Microcontrolador PIC 16F628A-IP.



Fonte: BAÚ DA ELETRÔNICA.

#### 4.3– Princípio de Funcionamento

O circuito eletrônico contará com um microcontrolador PIC 16F628A-IP que possui um software que ao ser ligado acionará o gerador de ozônio e os equipamentos periféricos realizando três pulsos de dez minutos cada com uma pausa de 5 minutos entre os pulsos, ao final da pausa do terceiro ciclo será acionada a válvula solenoide passando água no sistema durante cinco minutos - servindo para acelerar a dissociação do O<sub>3</sub>, ao termino do enxague com água será sinalizado com um Led's vermelho que permanecerá aceso durante vinte minutos garantindo total dissociação do O<sub>3</sub>; o Led's vermelho indica o termino do procedimento de esterilização, liberando o equipamento para a abertura da tampa e retirada da caneta garantindo a segurança do operador.

##### 4.3.1 Montagem do protótipo

Para a montagem do protótipo, foi necessário a aplicação da prática das informações obtidas a partir dos estudos buscados em bibliografias referente a processos de fabricação, montagem e desenvolvimento de equipamentos, revisão das disciplinas ministradas no curso de TECNOLOGIA EM SISTEMAS BIOMÉDICOS, conhecimentos específicos sobre métodos de esterilização em geral e em especial a esterilização de equipamentos e instrumentos médicos e odontológicos e a busca de conhecimentos sobre o ozônio como agente esterilizante.



Diante disso iniciou-se a especificação, a pesquisa e compra de peças adequadas ao funcionamento do produto e em paralelo a elaboração e desenvolvimento do software de controle do sistema, após o desenvolvimento do software o mesmo foi testado via programa dedicado, foram corrigidas as falhas passando assim para a etapa de gravação do software no microcontrolador, montagem do circuito eletrônico, realização dos testes necessários, em seguida, conforme foram chegando as peças iniciamos a montagem do protótipo, concluindo a montagem seguimos com a fase de testes para a comprovação do funcionamento do produto dentro dos parâmetros esperados.

#### **4.3.2 Testes**

Os testes nesta etapa foram feitos para comprovar a atuação do circuito eletrônico no controle dos ciclos do produto e comprovar a geração de ozônio, foram alcançados resultados satisfatórios, comprovados e ilustrados nas figuras 20,21,22 e 23, adicionadas aos resultados e discussões.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **Esquema eletrônico**

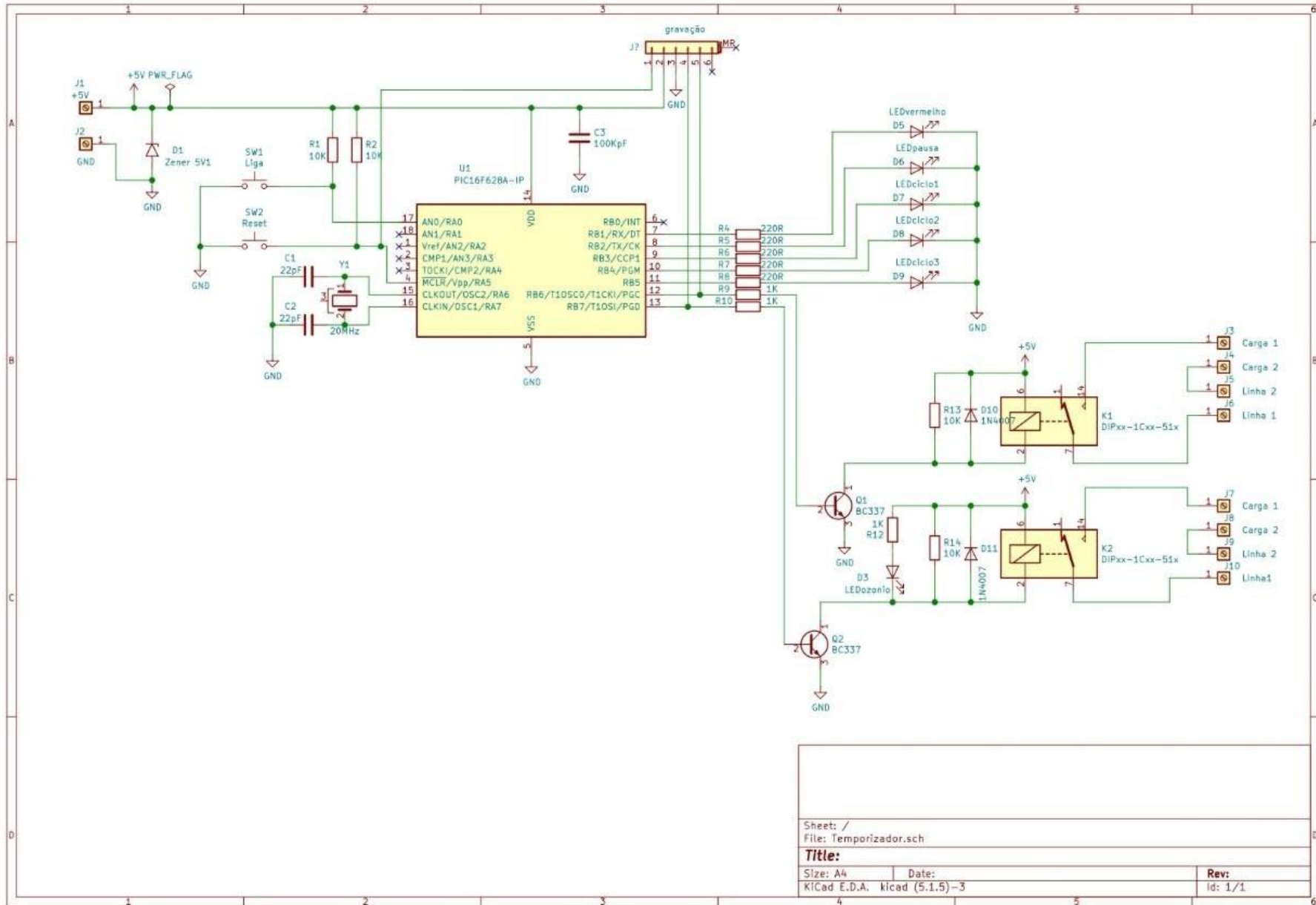
De acordo com estudos e metodologias, foi decidido utilizar peças e componentes comerciais para a realização do protótipo.

### **Montagem do circuito eletrônico**

Lista de componentes e código do microcontrolador no apêndice.

Figura 8: Circuito no Protheus.

1



Sheet: /  
File: temporizador.sch  
**Title:**  
Size: A4 Date: Rev:  
KICad E.D.A. kicad (5.1.5)-3 id: 1/1

### Montagem da câmara de esterilização

Figura 9: Cuba de inox.  
montagem da



Fonte:

Figura 10: Processo de  
cuba.



Fonte: Autores (2022).

Montagem dos parafusos de fixação da tampa, furação e ajuste na tampa de acrílico, montagem do conector para canetas odontológicas.

Figura 11: Cuba de Inox montada.



Fonte: Autores (2022).

A imagem 09 é uma imagem ilustrativa de como é a cuba de inox que foi utilizada para a montagem. A imagem 10 mostra um processo da etapa de adaptação da cuba para o projeto e a imagem 11 é a imagem da cuba montada.

### Montagem do sistema gerador de ozônio

Figura 12: Montagem do sistema no compartimento.

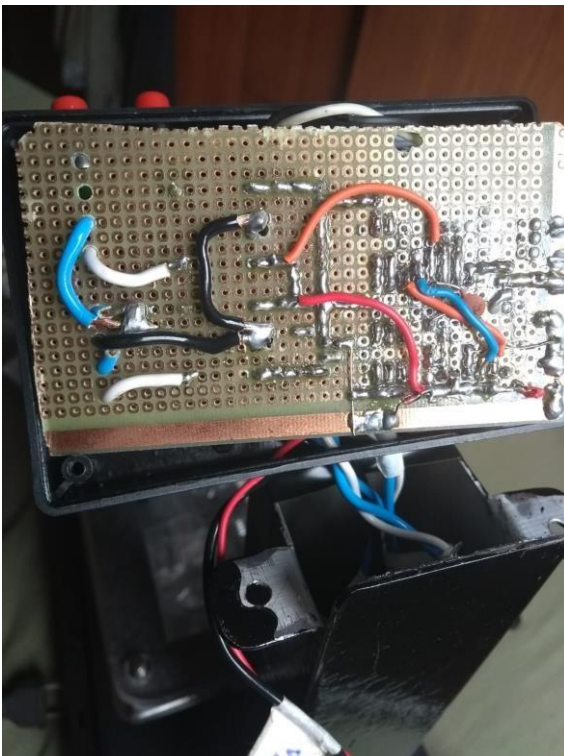


Fonte: Autores (2022).

A imagem 12 mostra o compartimento interno do esterilizador montado.

### Montagem da placa eletrônica.

Figuras 13 e 14: Circuito eletrônico.



Fonte: Autores (2022).



Fonte: Autores (2022).

As imagens 13 e 14 mostram a disposição que os circuitos eletrônicos foram montados.

### Montagem do protótipo

Figura 15 e 16: Montagem protótipo.



Fonte: Autores (2022).



Fonte: Autores (2022).

Figura 17: Montagem do protótipo.



Fonte: Autores (2022).

Registros durante o processo de montagem do protótipo. A figura 15 mostra ele aberto sem a tampa vedada, a imagem 16 mostra ele na lateral e a imagem 17 mostra o protótipo fechado.

Figura 18: Ozônio esterilizador em funcionamento.



Fonte: Autores (2022).

Figura 19: Ozônio esterilizador em pausa.



Fonte: Autores (2022).

Na imagem 18, o segundo ciclo do ozônio está acontecendo, sendo indicado pelo Led's azul. Na imagem 19 os ciclos foram todos finalizados e está na última pausa, para dissociação do ozônio.

#### **Testes realizados de funcionamento do produto:**

Ao ser acionado o botão start, inicia-se o 1º ciclo de aplicação de ozônio, em seguida uma pausa, de acordo com a programação, após a pausa inicia-se o 2º ciclo, seguido de outra pausa, o 3º ciclo, outra pausa, a injeção de água e a última pausa cumprindo a sequência da programação do sistema. Os Led's indicam cada ciclo, indicam a geração de ozônio, as pausas intermediárias e a pausa final. O protótipo também possui um botão de reset caso haja a necessidade de parar ou reiniciar o processo.

Foram realizados os testes de funcionamento testando os comandos onde são realizados os ciclos de aplicação de ozônio, os intervalos e a aplicação de água. Conseguimos comprovar a geração do ozônio através da percepção de seu odor característico, através de um teste de oxidação feita em um copo com água. Misturou-se tinta solúvel em água, neste caso utilizou-se tinta para impressão em papel, em seguida colocou-se a mangueira de saída do gerador de ozônio dentro do copo e acionou o sistema onde foi identificado a geração através do borbulhamento e da oxidação de toda a tinta, deixando a água transparente novamente.

Figura 20: Copo com tinta solúvel concentrada.



Fonte: Autores (2022).

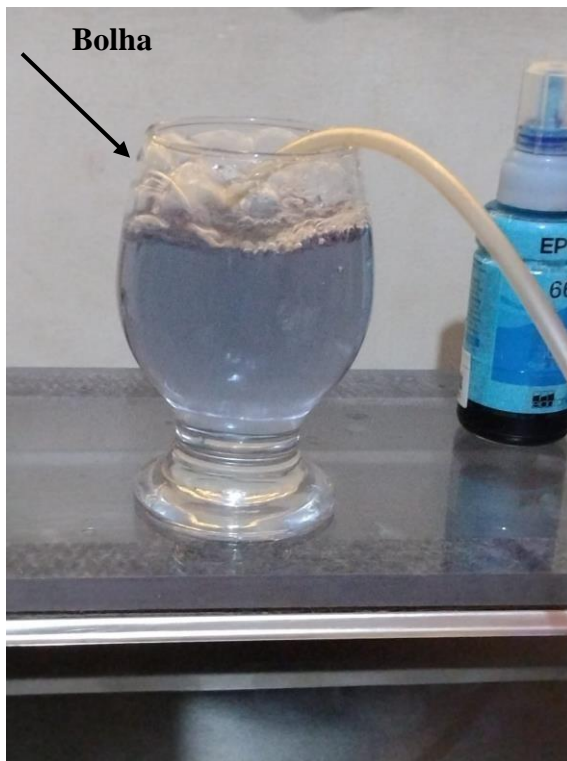
Figura 21: Copo com tinta durante o ciclo de geração de ozônio.



Fonte: Autores (2022).

Nas imagens 20 e 21, foi colocado a mangueira, que leva o ozônio para a cuba dentro de um copo com tinta, e foi observado seu efeito após um tempo. Observa-se que a tinta com o tempo foi clareando pois foi oxidada pelo ozônio que estava sendo emitido.

Figura 22 e 23: Copo com tinta ao final da geração do primeiro ciclo de ozônio.



Fonte: Autores (2022).



Fonte: Autores (2022).

Na imagem 22 e 23 observa-se as bolhas que são geradas pois a água em contato com o ozônio faz com que ele dissocie com maior velocidade, gerando as bolhas na água.

Observação; caso ocorra a falta de energia durante o processo, após o reestabelecimento da energia o processo retomará do início.

## 6. CONCLUSÕES

O objetivo de fazer uma revisão da literatura sobre a esterilização de materiais médicos odontológicos foi executado, com o estudo foi possível concluir que dentro do ambiente médico-odontológico, atualmente, o meio mais utilizado para fazer a esterilização é a autoclave, no entanto a alta temperatura que é utilizada pode acabar prejudicando a superfície de alguns equipamentos médicos.

Dentro da literatura, o ozônio ( $O_3$ ) vem ganhando espaço, pois demonstra-se um exímio esterilizador de bactérias, fungos e protozoários. Por ser um método de esterilização em baixas temperaturas, ele recebeu destaque nas pesquisas sobre tratamento de água, na indústria alimentícia e principalmente na área médica.



O protótipo de um esterilizador de canetas odontológicas foi construído obedecendo todos os parâmetros estabelecidos na idealização do projeto. O protótipo é funcional, gera ozônio e é vedado para não ter o vazamento da substância no ar.

Testes foram realizados, comprovando que o ozônio é gerado. Foi feito o teste conectando a mangueira que leva o  $O_3$  para a cuba a um copo com água com corante, a água borbulhou, dando o primeiro indício que o ozônio está sendo gerado, e aos poucos – dando o segundo indício, o corante que estava com a coloração azul escuro, foi ficando mais claro na água. Faz-se necessário a comprovação em laboratório.

## REFERÊNCIAS

- BOTELHO-ALMEIDA, Túlia de Souza. **Avaliação da eficácia e aplicabilidade de processo de esterilização por ozônio**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução n. 358, de 29 de abril de 2005*. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Brasília, 2005.
- BRODOWSKA, Agnieszka Joanna; NOWAK, Agnieszka; KONDRATIUK-JANYSKA, Alina. Modelling the Ozone-Based Treatments for Inactivation of Microorganisms. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, v. 14, p. 1196, 2017.
- CLÍNICA MÉDICA DE IMPLANTOLOGIA. **Esterilização** / segurança.
- CONSELHO FEDERAL DE ODONTOLOGIA. **Manual de biossegurança**. Rio de Janeiro:
- DE SOUZA MARIN, Thayla et al. O USO DO OZÔNIO NA ODONTOLOGIA. **ANAIS DE ODONTOLOGIA DO UNIFUNEC**, v. 1, n. 1, 2014.
- GARCIA, César Augusto et al. O gás ozônio na descontaminação de ambientes cirúrgicos. **Veterinária Notícias**, v. 14, n. 2, p. 37-40, 2009.
- GONZAGA, Thais Nogueira; KOZUSNY-ANDREANI, Dora Inés. Utilização de gás ozônio na desinfecção de resíduos de serviços de saúde. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde**, p. 125-139, 2018.
- GOVEIA VR, Pinheiro SMC, Graziano KU. Métodos de esterilização por baixa-temperatura e novas tecnologias. *Rev Lati no Am Enferm*. 2007;15(3):373-6.  
[http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_2005\\_358.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2005_358.pdf)
- MARTINS, C. C.; KOZUSNY-ANDREANI, D. I.; MENDES, E. C. B. OZÔNIO NO CONTROLE DE MICRO-ORGANISMOS EM RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE. **Revista Baiana de Enfermagem**, [S. l.], v. 29, n. 4, p. 318–327, 2015. DOI:10.18471/rbe.v29i4.13678 Disponível em:  
<https://periodicos.ufba.br/index.php/enfermagem/article/view/13678>.
- Michael Apel/Wikimedia Aparelho que utiliza o ozônio para esterilizar instrumentos e materiais cirúrgicos. *Revista FAPESP*, edição 165, novembro 2009. <https://revistapesquisa.fapesp.br/ozonio-esteriliza-materiais-cirurgicos/>
- Oliveira JTC. Revisão sistemática de literatura sobre o uso terapêutico do ozônio em feridas [tese na Internet]. São Paulo: Escola de Enfermagem, Universidade de São Paulo; 2007. [citado 2010 jul. 30]. Disponível em:  
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/7/7139/tde-20122007-094050/pt-br.php>
- OLIVEIRA, Bruno Pereira de. **Concepção de uma nova plataforma instrumental para esterilização fotônica, química e térmica de instrumento e materiais de uso na saúde**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- PEREIRA, Marcelo Monteiro Sad et. Al Efeito de diferentes gases sobre o crescimento bacteriano: estudo experimental “in vitro”. *Rev. Col. Bras.* v. 32, n 1, p. 12 - 14, 2005
- ROSENBLUM, James et al. A ozonização como tecnologia limpa para a indústria de hortifrutigranjeiros e meio ambiente: eficiência do sanitizante e qualidade das águas residuais. **Revista de microbiologia aplicada** , v. 113, n. 4, pág. 837-845, 2012.
- SHARMA, Manju; HUDSON, James B. O gás ozônio é um agente antibacteriano eficaz e prático. **American Journal of Infection Control** , v. 36, n. 8, pág. 559-563, 2008.
- SOUSA, Cristina Silva et al. Ozono en la esterilización de productos para atención de salud: revisión integradora de la literatura. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 45, n. 5, p. 1243-1249, 2011.

TEIXEIRA, Alexsandra Silva. Principais Métodos de Esterilização de Artigos Médico Odonto Hospitalares. 2011.

TORMIN, Stephanie Corradini et al. Análise do efeito bactericida do ozônio sobre bactérias multirresistentes/Analysis of bactericidal effect of ozone on multi-resistant bacteria. **Arquivos Médicos dos Hospitais e da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo**, p. 138-141, 2016.

WOLLHEIM, Cláudia et al. Efeito microbicida do ozônio gasoso em *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* e *Candida albicans*. **Revista Ibero-Americana de Podologia**, v. 2, n. 1, p. 121-121, 2020.

ZANZARINI, Taise Jordão; KOZUSNY-ANDREANI, Dora Inés. Efeito do gás ozônio na descontaminação de canetas de bisturi elétrico. 2017. tese de Mestrado. Universidade Brasil.

## Apêndice

### 1.1 Tabela 2: Custos do projeto.

Relação de peças e custo do projeto				
Peças	Quant	valor	valor frete	
Gerador O3	1	R\$ 163,93	R\$ -----	
Cuba inóx	1	R\$ 69,90	R\$ 23,90	
Compressor	1	R\$ 67,30	R\$ 11,90	
Válv. Retenção	1	R\$ 19,00	R\$ 8,90	
Válv. Solenóide	1	R\$ 27,90	R\$ 8,90	
Mangueira	2m	R\$ 12,00	R\$ 8,90	
Conexões	2	R\$ 18,90	R\$ 8,90	
Caneta odont.	1	R\$ 96,09	R\$ -----	
Conexão p/ caneta	1	R\$ 76,11	R\$ -----	Total com frete
Caixa p/ comando	1	R\$ 18,00	R\$ 9,00	
	Total	R\$ 569,13	R\$ 80,40	R\$ 649,53

Fonte: autores (2022).

### 1.2 Tabela 3: Lista de componentes eletrônicos

Ref.	Quant	Valor	Descrição
C1 e C2	2	22p F	Temporizador-rescue:C-BioKICAD
C3	1	100KpF	Temporizador-rescue:C-BioKICAD
D1	1	Zener 5V1	Diodo: 1N630Xa
D2	1	LED'S ozônio	Device: LED'S
D3	1	LED'S'verme lho	Device: LED'S
D4	1	LED'S pausa	Device: LED'S
D5	1	LED'S ciclo1	Device: LED'S
D6	1	LED'S ciclo2	Device: LED'S
D7	1	LED'S ciclo3	Device: LED'S
D8 e D9	2	1N4007	Diodo: 1N4007
J1	1	+5V	Conector: Screw_Terminal_01x01
J2	1	GN D	Conector: Screw_Terminal_01x01
J3	1	gravação	Connector_Generic_MountingPin:Conn_01x06_MountingPin
J4	2	Carga 1	Connector:Screw_Terminal_01x01
J8			

J5 J9	2	Carga 2	Connector:Screw_Terminal_01x01
J6, J10	2	Linha 2	Connector:Screw_Terminal_01x01
J7	1	Linha 1	Connector:Screw_Terminal_01x01
J11	1	Linha1	Connector:Screw_Terminal_01x01
K1	1	Relé Solenóide	Relay:DIPxx-1Cxx-51x
K2	1	Relé Ozônio	Relay:DIPxx-1Cxx-51x
Q1 Q2	2	BC337	Transistor_BJT:BC337
R2, R11 e R12	4	10K	Temporizador-rescue:R-BioKICAD
R5,	5	220R	Temporizador-rescue:R-BioKICAD
R9 R10	3	1K	Temporizador-rescue:R-BioKICAD
SW1	1	Liga	Switch:SW_Push
SW2	1	Reset	Switch:SW_Push
U1	1	PIC16F628 A- IP	MCU_Microchip_PIC16:PIC16F628A-IP
Y1	1	20MHz	Temporizador-rescue:Crystal_GND3-BioKICAD

Fonte: autores (2022).

### Software

```
#include <16F628A.h>
```

```
#FUSES NOWDT, HS, PUT, NOPROTECT,BROWNOUT, MCLR, NOLVP, NOCPD
```

```
#use delay(clock=20000000)
```

```
#use fast_io(a)
```

```
#use fast_io(b)
```

```
#byte porta=0x05
```

```
#byte portb=0x06
```

```
#bit Led'sVermelho = PORTB.1
```

```
#bit Led'sPausa = PORTB.2
```

```
#bit Led'sCiclo1 = PORTB.3
```

```
#bit Led'sCiclo2 = PORTB.4
```

```
#bit Led'sCiclo3 = PORTB.5
```

```
#bit ReleOzonio = PORTB.6
```

```
#bit Solenoide = PORTB.7
```

```
#bit botaoLiga = PORTA.0
```

### **Declaração das Variáveis**

```
int Minutos=0;
```

```
int Segundos=0;
```

```
int contaCiclos=1;
```

```
int1 Flag_TimerLigado=0;
```

```
int1 Flag_Start=0;
```

```
int1 ModoDemo=0;
```

### **Declaração dos protótipos das funções**

```
void ciclos(void);
```

### **Interrupções**

```
#INT_TIMER1
```

```
void TIMER1_isr(void)
```

```
{
```

```
static int conta = 0;

set_timer1(3036);

//output_Toggle(PIN_B0);

conta++;

if(ModoDemo)
{
    if(conta ==1)
    {
        segundos++;

        conta=0;
    }

    if(segundos==6)
    {
        minutos++;

        segundos=0;
    }

    if(minutos>=60)
    {
        minutos =0;
    }
}
else
{
    if(conta ==10)
```

```
{
    segundos++;

    conta=0;
}

if(segundos==60)
{
    minutos++;

    segundos=0;
}

if(minutos>=60)
{
    minutos =0;
}
}

void main()
{
    // setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_1);    //104 ms overflow

    setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_8);    //104 ms overflow

    setup_comparator(NC_NC_NC_NC);            // desabilita os comparadores

    set_timer1(3036);                        //carrega timer1

    disable_interrupts(INT_TIMER1);          //desHabilita interrupção Timer 1

    enable_interrupts(GLOBAL);                //Habilita interrupção Global
```



```
porta=0; //Limpa porta

portb=0; //Limpa Portb

set_tris_a(0b11111111); //seta direção das portas 1=input 0=output

set_tris_b(0b00000000);

delay_ms(1000);

if(botaoLiga==0)

{

    ModoDemo=1;

    Led'sVermelho=1;

    delay_ms(250);

    Led'sVermelho=0;

    delay_ms(250);

    Led'sVermelho=1;

    delay_ms(250);

    Led'sVermelho=0;

    delay_ms(250);

    Led'sVermelho=1;

    delay_ms(250);

    Led'sVermelho=0;

}

while(TRUE)

{

    if (botaoLiga==0 && !Flag_Start)
```

```

{

Led'sCiclo1=0;

Led'sCiclo2=0;

Led'sCiclo3=0;

enable_interrupts(INT_TIMER1);          //Habilita interrupção Timer 1

Flag_Start=1;

}

if(contaCiclos<4 && Flag_Start==1)

{

    ciclos();

}

if(contaCiclos==4)    //se ciclo 3

{

    solenoide=1;    //abre solenóide

    // Minutos=0;    //zera Minutosrizador

    // segundos=0;

    if(Minutos==5)    //se Minutos for 5

    {

        contaCiclos++; // passa para o proximo ciclo

        solenoide=0;    //fecha solenoide

        Minutos=0;    //zera Minutosrizador

        segundos=0;

    }

}

```

```

}

if(contaCiclos==5)
{
    Led'sVermelho=1;

    if(Minutos==20)
    {
        Led'sVermelho=0;

        Minutos=0;

        segundos=0;

        Led'sVermelho=0;

        contaCiclos=0;

        disable_interrupts(INT_TIMER1);        //desHabilita interrupção Timer 1

        Flag_Start=0;

    }

}

//TODO: User Code }}

void ciclos (void)

{   if(Minutos<10)        //se Minutos for menor que 10 minutos
{
    ReleOzonio=1;        //Liga ozonio
}

if(Minutos==10)
{

```

```
    ReleOzonio=0;
    Led'sPausa=1;
}
if(Minutos==15)
{ ContaCiclos++;
  Minutos=0;
  segundos=0;
  Led'sPausa=0;}
if(contaCiclos==1)
    Led'sCiclo1 = 1;
else if(contaCiclos ==2)
    Led'sCiclo2=1;
else if(contaCiclos==3)
    Led'sCiclo3=1;
else if(contaCiclos==4)
    {Minutos=0;
     segundos=0;}
```