



CONSTRUÇÃO, IMPLEMENTAÇÃO E TESTES DE UM SISTEMA UV PARA UM REATOR DE FLUXO UTILIZADO NA DEGRADAÇÃO DE ORGÂNICOS.

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/INPE)**

Douglas Gin Felix (UNIFESP - SJC – Universidade Federal do Estado de São Paulo,
Bolsista PIBIC/CNPq)

douglasgfelix@hotmail.com

Dr. Maurício Ribeiro Baldan (LAS/INPE, Orientador)

baldan@las.inpe.br

INPE

São José dos Campos/SP

2014

RESUMO

A remoção de poluentes orgânicos no meio ambiente tem sido um grande desafio tecnológico, a busca por tecnologias avançadas para tratamentos mais eficientes e de menor custo para águas residuais é cada vez maior, sendo que uma dessas tecnologias empregadas e estudadas, incluídas no projeto, se dão na utilização dos Processos Oxidativos Avançados (POA). O presente trabalho tem como finalidade a construção, a implementação e o teste de um sistema UV para um reator de fluxo utilizado na degradação de orgânicos. Este reator eletroquímico utiliza como anodos eletrodos de diamante dopados com boro sintetizados através de um processo de deposição química a partir da fase vapor, denominado HFCVD. Neste reator será implementado um sistema UV com a finalidade de potencializar a degradação de compostos orgânicos. Posteriormente a sua construção e implementação, testes serão realizados através dos parâmetros otimizados a fim de se verificar as condições mais efetivas no que norteia a degradação de partículas orgânicas presentes em pesticidas e outros poluentes comumente encontrados em efluentes, e seu potencial de degradação com ou sem a utilização do sistema UV. Em um primeiro momento estudou-se os processos de remoção de poluentes orgânicos, e em seguida, produziu-se com materiais recicláveis uma maquete que possibilitou a visualização inicial do projeto e proporcionou uma nova perspectiva de melhoramento do mesmo. Buscou-se o aprendizado e uso de softwares de desenho como *SolidWorks* para ilustrar com lealdade o que se tinha feito até então, proporcionando uma real ideia da concepção do projeto. Para a produção encontrou-se dificuldades notáveis que acabaram atrasando e atrapalhando o projeto requisitado, devido a utilização de quartzo como condutor do poluente orgânico que será utilizado no reator, este que se apresenta de difícil modelamento e mão de obra qualificada para sua manipulação e produção, assim sofrendo alterações para se adequar a possível produção por terceiros. O projeto está na presente etapa de implementação e ajustes finais para que se possa efetuar testes iniciais e futuramente a degradação continua de poluentes orgânicos estudando seus melhores parâmetros para a remoção dos mesmos.

Palavras - chave: Processos Oxidativos Avançados (POA), Diamante Dopado com Boro, Poluentes Orgânicos

CONSTRUCTION, TESTING AND IMPLEMENTATION OF A UV SYSTEM TO A FLUX REACTOR USED IN THE ORGANIC DEGRADATION

ABSTRACT

The removal of organic pollutants in the environment has been a major technological challenge, the search for advanced technologies for more efficient and less costly treatments for wastewater is growing, and one of those employed and studied technologies included in the project is the use of Advanced Oxidation Processes (AOP). This work aims to build, implementation and testing of a UV system to a flow reactor used in the degradation of organic. This electrochemical reactor used as anode electrodes of boron doped diamond synthesized through a process of chemical deposition from the vapor phase, called HFCVD. In a UV reactor system is implemented in order to enhance the degradation of organic compounds. Later its construction and implementation, tests will be performed using the parameters optimized in order to verify the most effective conditions in guiding the degradation of organic particles present in pesticides and other pollutants commonly found in effluents and their potential degradation with or without the use of the UV system. Firstly, we have studied the processes of removal of pollutants, and then produced with recyclable materials a model that allowed the initial view of the project and provided a new perspective for improving the same. We attempted to learning and use of design software like SolidWorks to illustrate loyally what had hitherto done, providing a real idea of the project design. For the production met notable difficulties that ultimately delaying and hindering the project required due to use of quartz as a driver of organic pollutant that will be used in the reactor, which presents this difficult modeling and skilled manpower for handling and production thus undergoing changes to suit production possible by third parties. The project is at the present stage of implementation and final adjustments so you can perform initial tests and eventually the degradation of organic pollutants is still studying its best parameters for their removal.

Keywords: Advanced Oxidation Processes (AOP), boron-doped diamond, Organic Pollutants

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
2.1. Estrutura do Carbofurano	3
4.1. Esquema do sistema UV acoplado ao reator de fluxo	7
4.2. Esquema do sistema UV	8
4.3. Detalhes espiral de quartzo	
10	
4.4. Detalhes tubo de quartzo	
12	
4.5. Base inferior	
13	
4.6. Base inferior vista por baixo	14
4.7. Base superior	14
4.8. Caixa de acrílico	
15	
4.9. Copo de teflon	
16	
4.10. Vista superior 3D do sistema UV completo sem caixa de acrílico	
17	
4.11. Vista 3D do sistema UV completo sem caixa de acrílico	
17	
4.12. Vista 3D isométrica do sistema UV completo sem caixa de acrílico	
18	
4.13. Vista 3D isométrica inferior do sistema UV completo sem caixa de acrílico	
18	
4.14. Vista 3D frontal do sistema UV completo	
19	
4.15. Vista 3D isométrica do sistema UV completo	
19	
4.16 Vista 3D isométrica do sistema UV completo	
20	

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO	
1	
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
2	
2.1. Contaminantes	
2	
2.2. Métodos de tratamento de efluentes	
3	
2.2.1. Processos oxidativos convencionais	
3	
2.2.2. Processos oxidativos avançados (POA)	
4	
3 OBJETIVO	
6	
3.1. Objetivo geral	
6	

3.2. Objetivos específicos	6
4 PROJETO	6
4.1. Modelo inicial	6
4.2. Modelo final	11
5 CONCLUSÃO	21
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

1. INTRODUÇÃO

Cada vez mais, com o avanço dos anos, é observado mudanças em tudo que norteia nossas vidas. Todas as ações que fazemos causam consequências ao ecossistema que habitamos, e temos que tentar lidar com situações até então desconhecidas para que possamos conviver com as adversidades do meio.

Avanços da medicina, diversificação agrícola, melhores condições de vida geraram um crescimento populacional, e o crescimento econômico gerou também consequências que estão relacionadas a atividades de exploração de recursos naturais, aumento de atividades agrícolas e bens de consumo. Tais atividades alteraram diretamente o ciclo ideal da Terra, que diz respeito aos elementos naturais do Planeta.

A maioria dos poluentes orgânicos são originados no refino do petróleo, na manufatura de produtos químicos, em indústrias carboníferas, de processamento têxtil e papelarias, na utilização de óleos para transporte e aquecimento, pesticidas, inseticidas, herbicidas, fertilizantes e detergentes, além dos efluentes de plantas de águas residuais, lançamento incontrolado de rejeitos perigosos e derramamentos acidentais. ^[1,2]

Entre os danos que podem ser causados, uma grande preocupação se refere a qualidade da água potável no mundo. Estão sujeitos a estes danos, rios, lagos, lençóis freáticos e o próprio oceano, que obtêm recursos essenciais para a sobrevivência de seres vivos. Este elemento natural pertencente ao nosso planeta, a água, está sendo poluído por efluentes, entre eles pesticidas provenientes de substâncias químicas, que são utilizados na agricultura contra as pragas. Com a ausência de um tratamento adequado, estes resíduos agroquímicos acarretam a contaminação da água e do solo dos recursos existentes.

O setor agrícola é um dos maiores consumidores de água do mundo. Em meio a uma cultura em que se utilizam agroquímicos em grande escala, há a chamada Rizicultura (agricultura do arroz), que possui nome científico de *Oryza Sativa*, e é tradicionalmente de cultura asiática. O arroz é o segundo alimento mais consumido no mundo, e o Brasil é um dos grandes produtores mundiais dessa commodity, com aproximadamente 11 milhões de toneladas. Este cultivo apresenta altos níveis de redução da quantidade e qualidade da água. ^[3,4]

Logo a busca por tecnologias avançadas para tratamentos mais eficientes e de menor custo para águas residuais é cada vez maior, sendo que uma dessas tecnologias empregadas e estudadas, incluídas no projeto, se dão na utilização dos Processos Oxidativos Avançados (POA).^[5]

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Contaminantes

Os contaminantes de origem orgânica encontrados na agricultura atualmente são de grande quantidade, oferecendo riscos aos organismos do bioma terrestre, e sendo assim, motivo de preocupação de órgãos do governo, das próprias indústrias agrícolas e da população em geral.

Um pesticida muito famoso é o Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT) utilizado em larga escala depois da Segunda Guerra Mundial para o combate da malária e do tifo. Trata-se de um inseticida barato e altamente eficiente a curto prazo, em que seu estado químico se encontra sólido em condições de temperaturas entre 0° a 40°C, e insolúvel em água, porém solúvel em compostos orgânicos como gordura e óleo.^[6]

Com esta utilização, preocupações ambientais em relação ao uso deste pesticida foram levantadas e estudadas, mobilizações internacionais se tornaram frequentes, até que a ocorrência da Convenção de Estocolmo sobre os Poluentes Orgânicos Persistentes (POP's) foi a maior e mais contundente, estabelecendo parâmetros e diretrizes para o uso do DDT, o qual hoje é proibida sua comercialização e banida sua utilização.^[6]

Devido a este fato buscou-se novos pesticidas para a substituição de tal, de uma forma que fosse menos nocivo, mas ainda sim estes substitutos apresentavam altos níveis de toxicidade como o Carbofurano. Também comercializado pelo nome de Furadan® o Carbofurano nomeado como *2,3-dihidro-2,2-dimetil-7-benzofuranil-N-metilcarbamato*, de fórmula molecular $C_{15}H_{15}NO_3$, mostrado na Figura 2.1., é altamente tóxico para seres vivos e grande potencial de contaminação de águas.^[7]

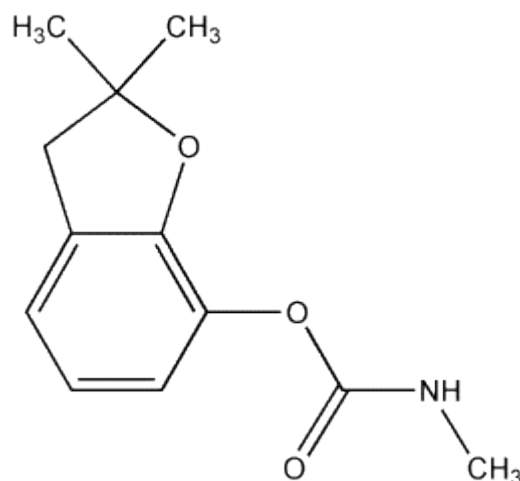
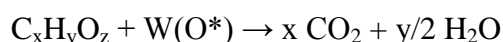


Figura 2.1. Estrutura do Carbofurano ^[7]

2.2. Métodos de Tratamento de Efluentes

2.2.1. Processos Oxidativos Convencionais

A destruição de poluentes orgânicos por processos oxidativos tem como mérito não somente transferir a fase do contaminante e sim destruí-lo, entre os mais utilizados estão a incineração e o tratamento biológico. São tratamentos que utilizam capacidade altamente oxidante de compostos como Peróxidos, Ozônio, Cloro, entre outros. Estes compostos promovem a degradação de compostos orgânicos, gerando um oxigênio reativo (O*) que interage com a molécula orgânica de forma genérica como: ^[8]



A incineração está baseada em altas temperaturas para mineralizar compôs orgânicos, que apresenta como vantagem ser o método oxidativo mais antigo e utilizado no tratamento de resíduos em geral, e apresenta como desvantagem o custo e a dificuldade de operação, pois são trabalhados a temperatura de mais de 850°C, e não se mostra adequado para tratar soluções aquosas pois requer muita energia para isso, inviabilizando o processo. ^[8]

No tratamento biológico, a técnica utilizada possui baixo custo e a sua versatilidade na oxidação de vários poluentes orgânicos viabilizou a ser altamente utilizada, neste tipo agentes biológicos como microrganismos, principalmente bactérias, promovem a

conversão da matéria orgânica em constituintes inorgânicos inócuos. Tem como desvantagem a geração de grande quantidade de biomassa. [8]

2.2.2. Processos Oxidativos Avançados (POA)

Levando em consideração que as matrizes de interesse são muitas vezes compostas de substâncias tóxicas, e que destruir o poluente é mais interessante que transferi-lo de fase, o POA se encaixa perfeitamente neste processo.

Os processos oxidativos avançados geram principalmente os radicais hidroxila, altamente reativos, com potencial de oxidação somente abaixo do flúor, como mostrado na Tabela 2.1 abaixo, os quais provocam a mineralização da matéria orgânica à dióxido de carbono, água e íons inorgânicos. Estes radicais podem ser formados por vários processos. Os radicais hidroxila podem ser gerados através de reações envolvendo oxidantes fortes, como ozônio (O₃) e peróxido de hidrogênio (H₂O₂), semicondutores, como dióxido de titânio (TiO₂) e óxido de zinco (ZnO), e também irradiação ultravioleta (UV) que também será abordada no projeto. [2]

Tabela 2.1. Potencial de redução de algumas espécies oxidantes

Espécie	E⁰ (V, 25 °C) *
Flúor (F₂)	3,03
Radical hidroxila (•OH)	2,80
Oxigênio atômico (O₂)	2,42
Ozônio (O₃)	2,07
Peróxido de hidrogênio (H₂O₂)	1,78
Radical perhidroxila (HO₂•)	1,70
Dióxido de cloro	1,57
Ácido hipocloroso (HClO)	1,49
Cloro (Cl₂)	1,36
Bromo (Br₂)	1,09
Iodo (I₂)	0,54

* Os potenciais referem-se ao eletrodo padrão de hidrogênio

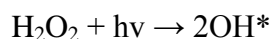
Existem dois tipos de processos POA, os sistemas homogêneos e os sistemas heterogêneos, que serão abordados a seguir.

Nos sistemas homogêneos, não existem presença de catalisadores na forma sólida, desta forma o poluente orgânico pode ser dado de duas formas distintas, pela fotólise direta com ultravioleta (UV) onde a luz é a única fonte capaz de produzir a destruição do poluente, ela apresenta uma eficiência baixa se utilizada sozinha, e o comprimento de onda normalmente utilizado é de 253,7 nm, ou seja, são lâmpadas de UV-C que são eficientes na desinfecção da água. Ou é dado pela geração da radical hidroxila, que possui alto poder oxidante responsável pela oxidação dos compostos orgânicos, como H_2O_2 e O_3 , e os componentes hidroxilas também podem ser gerados pela oxidação eletroquímica usada no projeto, que é baseada na aplicação de corrente elétrica de 2 a 20A, em solução aquosa, entre dois eletrodos, são gerados também por feixe de elétrons, ultrassom e plasma. ^[2]

Nos sistemas heterogêneos contam com a presença de catalisadores sólidos semicondutores, que aumentam a velocidade de reação para atingir o equilíbrio químico sem sofrer alteração química, uma vez que o catalisador não participa da reação, chamada reações catalíticas. Os catalisadores são classificados em condutores, semicondutores e não condutores. ^[2]

Sendo assim o POA apresenta uma série de vantagens como a mineralização do poluente e não somente a mudança de fase, apresentam forte poder oxidante, cinética de reação elevada, pode ser usado com outros processos (pré ou pós tratamento), não há formação de subprodutos, dentre outros.

Sendo assim, o uso de agentes oxidantes fortes, potenciais geradores de radicais hidroxila, associados a radiação ultravioleta (UV), se configuram em um meio muito eficaz para o tratamento de efluentes contaminados com orgânicos. A forma mais eficaz de se obter os radicais hidroxilas é pela foto-decomposição do peróxido de hidrogênio, como na figura abaixo:



3. OBJETIVO

3.1. Objetivo Geral

Desenvolvimento, construção, implementação e testes de um sistema UV para ser utilizado em um reator de fluxo na degradação de orgânicos.

3.2. Objetivos Específicos

- Projeto de um sistema UV a ser acoplado a um reator de fluxo;
- Execução do projeto e implementação do mesmo ao reator de fluxo;
- Avaliação da eficiência do sistema UV implementado no processo de degradação de um composto orgânico.

4. PROJETO

Neste trabalho será utilizado um sistema heterogêneo que utilizará um catalisador na forma sólida (Diamante Dopado com Boro-BDD) e a luz UV. Na primeira fase do processo a degradação ocorre no reator de fluxo e, na segunda, ocorre a fotólise direta sobre o composto orgânico proveniente do reator de fluxo. A implementação do sistema UV acoplado ao reator de fluxo possibilitará quantificar a contribuição da fotólise da matéria.

4.1. Modelo inicial

Para ilustrar tal sistema UV, estudou-se o reator de fluxo o qual será implementado o sistema, com o objetivo de avaliar as possíveis soluções do projeto a ser desenvolvido. Este sistema teria que ser implementado na última etapa do reator de fluxo, que tem como finalidade a complementação da degradação de compostos orgânicos, sabendo disto, adaptações do sistema UV ao reator de fluxo já existente nas instalações do LABEMAC/INPE, serão necessárias, como a criação de um suporte na parte superior da grade de sustentação do reator de fluxo e ligações hidráulicas, conforme o esquema da Figura 4.1., abaixo. Onde mostra o reator de fluxo existente, com uma ilustração do sistema UV e seu posicionamento.

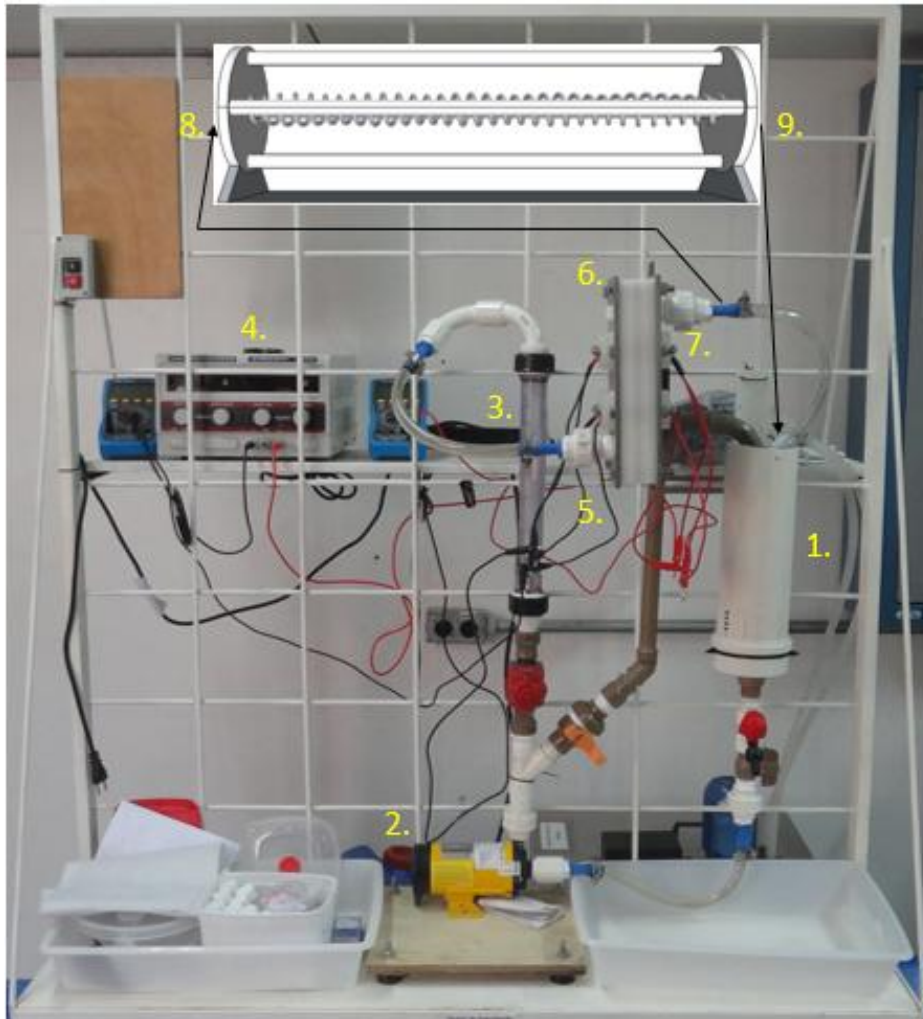


Figura 4.1. Esquema do sistema UV acoplado ao reator de fluxo

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| 1. Reservatório de 2 Litros. | 6. Reator eletroquímico. |
| 2. Bomba d'água. | 7. Saída de fluxo. |
| 3. Fluxímetro (controle de vazão) | 8. Entrada de fluxo do sistema UV. |
| 4. Fonte elétrica. | 9. Saída de fluxo do sistema UV. |
| 5. Entrada de fluxo. | |
- Bomba hidráulica da *BOMAX*, modelo NH-30PX-NPT.
 - Fluxímetro da *Applitech* com vazão máxima de 300 litros/hora.
 - Fonte de corrente e tensão da *Instrutherm* Instrumentos de medição, modelo DC Power Suplly FA-1030.

Para chegar-se a tal ideia, primeiramente foi feito uma maquete em tamanho reduzido com materiais recicláveis encontrados no próprio laboratório, isopor, papelão, tubos de plástico e fios. Esta maquete foi de extrema importância para visualização da ideia inicial que tínhamos sobre o projeto, alterações visíveis foram feitas, já que a maquete possibilitou a criação de novas ideias melhorando o sistema idealizado.

Com o croqui do projeto e sua maquete, estudou-se um software de desenho para elaboração do projeto, diante de uma ampla gama de programas computacionais que poderiam ser utilizados, passou-se a utilizar primeiramente o software *SketchUp*, que se apresenta de uma maneira mais básica e simplista, porém, significativo e com alto poder e rapidez de concepção de projetos, ilustrando já com validade o rascunho até então. Posteriormente passou-se a utilizar o software de desenho *SolidWorks*, que se apresenta de uma maneira mais complexa e detalhada, com diversas opções e funções de alto nível de qualidade, assim ilustrando com lealdade o que tinha-se feito até então. Com ambos os programas computacionais e com a ajuda de tutoriais e apostilas sobre seus softwares e suas funções, foi possível a feitura de um desenho em 3D do sistema UV, segue a Figura 4.2., abaixo.

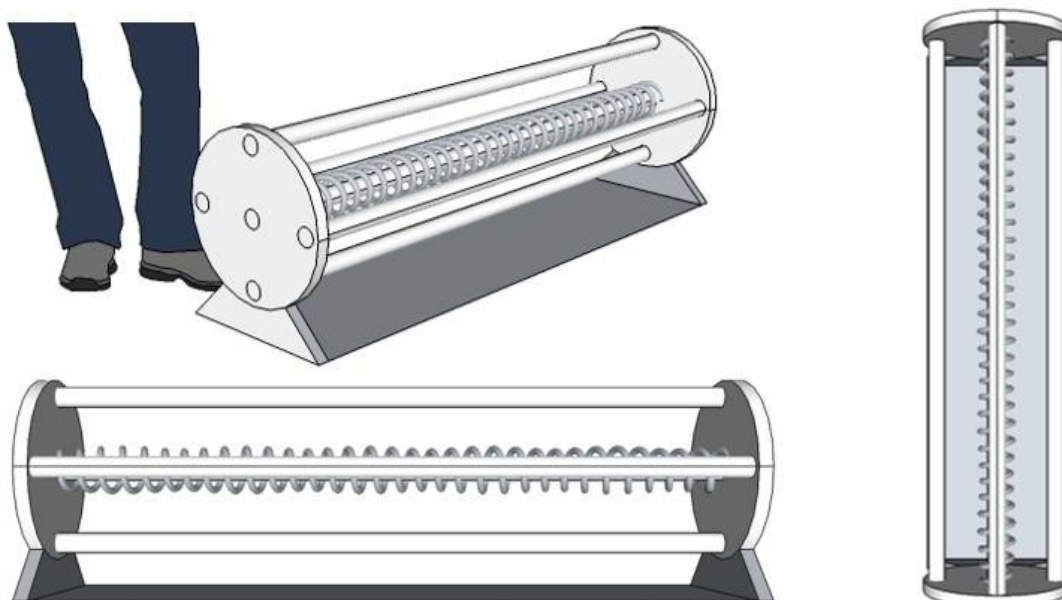


Figura 4.2. Esquema do sistema UV

O esquema do sistema UV, como pode ser visto na Figura 4.2. desenhado com auxílio do software *SketchUp*, possui 5 lâmpadas (PHILIPS - TUV PL-L 95W/4P HO), onde 4 lâmpadas circundam o espiral e uma lâmpada passa dentro do mesmo. Estas lâmpadas de alta frequência possuem um comprimento de onda de 253,7 nm, ou seja, caracterizado UV-C e chegam a produzir 27.0 W de radiação UV-C em cada lâmpada.

Os materiais a princípio, seriam o Politetrafluoretileno (PTFE) para a base, polímero conhecido mundialmente pelo nome comercial teflon, que possui sua substância praticamente inerte, não reagindo com outras substâncias químicas exceto em situações muito especiais, sua toxicidade é praticamente nula, sendo também, o material com o terceiro menor coeficiente de atrito de todos os materiais sólidos conhecidos. E o tubo espiralado, tendo esta geometria, possibilitaria que o composto orgânico circundasse e demorasse mais tempo para percorrer ao longo do comprimento das lâmpadas, possibilitando mais tempo de contato entre os feixes UV-C e o composto orgânico. Este tubo seria de quartzo, pois o quartzo é um material abrasivo e que não distorce feixes de luz, deixando assim a radiação das lâmpadas UV-C passarem e entrarem em contato com o composto orgânico poluente. Detalhes do espiral de quartzo seguem abaixo na Figura 4.3., desenhada pelo software *SolidWorks* em 2D. Todas as dimensões estão em milímetros.

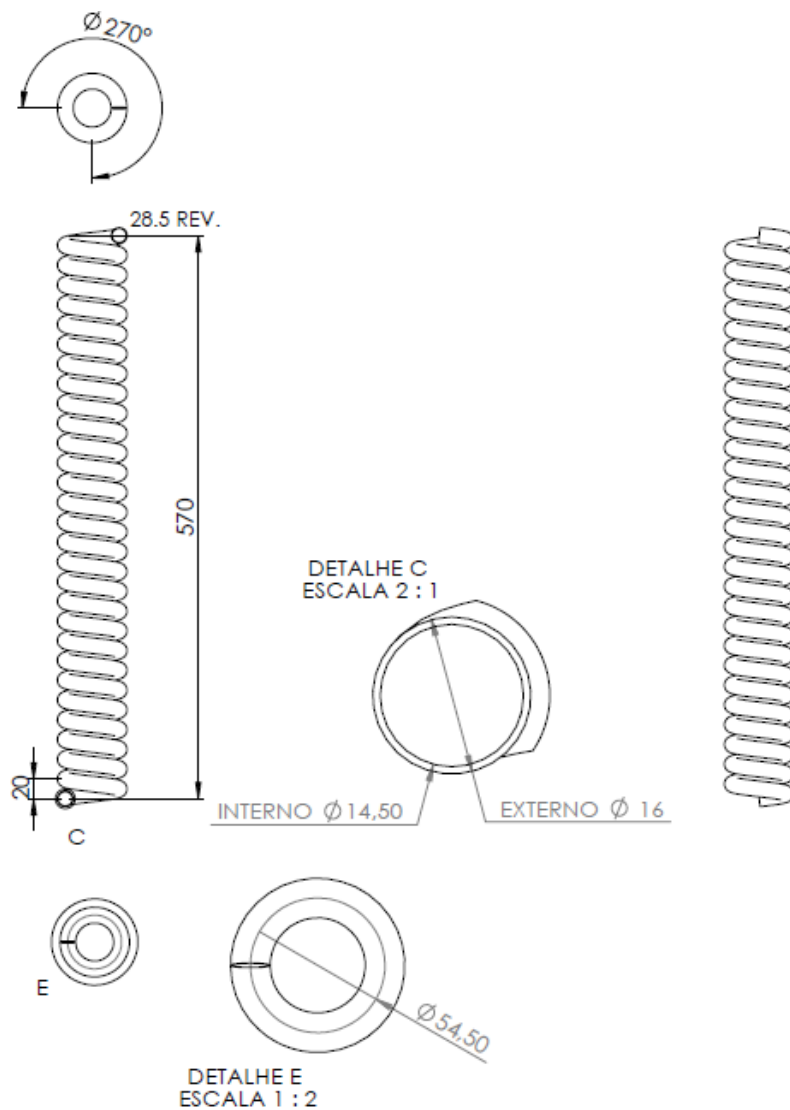


Figura 4.3. Detalhes espiral de quartzo

Feito os desenhos do projeto com as devidas melhorias, e fechado completamente o escopo do sistema, passa-se então, a produzir tal sistema e implementá-lo, para que se possa iniciar os testes de degradação. Já foi feito cotações com empresas relacionadas aos materiais que serão utilizados, foi comprado inicialmente 2 conjuntos de lâmpadas (PHILIPS - TUV PL-L 95W/4P HO), que necessitam de dois reatores, um para cada lâmpada, de potência compatível e de dois soquetes ou base (modelo 2G11) para que se possa fazer a ligação e testes, as mesmas já foram testadas, por segurança dentro de uma caixa de acrílico de 5 mm de espessura já existente no laboratório.

Porém, em virtude da devida e restrita utilização do quartzo e suas propriedades para a aplicação como material do tubo espiralado, encontrou-se extrema dificuldade em encontrar mão de obra qualificada para sua execução, uma vez que é de extrema complexidade a fabricação do mesmo. Sendo assim, foi encontrado a possibilidade de feitoria somente com parâmetros muito diferentes ao solicitado, impossibilitando a adaptação do sistema UV e do reator de fluxo, cogitou-se até em importar este tubo espiralado, pois fornecedores na China conseguiriam executar com seus respectivos maquinários atendendo os devidos parâmetros, porém seria inviável a conclusão deste orçamento, pois o fornecedor somente fabricaria com um número mínimo de unidades deste tubo em 100 peças, desconsiderando ainda possíveis tramites burocráticos para a importação.

Diante desta barreira encontrada em decorrer da produção do projeto, incrivelmente teve-se que abandonar tudo que tinha-se feito até então, em relação ao desenho e esquematização do sistema UV, não possibilitando a produção do mesmo até então imaginado, desenvolvido, trabalhado e cobiçado.

Em decorrência deste fato, muito tempo foi perdido em relação a evolução do projeto, e então teve-se que voltar ao estágio inicial de desenvolvimento de um novo projeto que eliminasse o tubo em geometria espiral, mas mesmo assim, que continuasse com as características necessárias, como a busca de um mecanismo em que o composto orgânico a ser degradado permanecesse o máximo possível em contato com o feixes UV-C das lâmpadas, desta forma criando um novo modelo.

4.2. Modelo final

Com as devidas restrições encontradas na produção do modelo anterior, o modelo inicial, partiu-se para a substituição primeiramente do tubo espiralado, e a partir da solução encontrada para esta substituição iríamos adaptar o restante do sistema UV, sabendo que, a manipulação de tubos de quartzo é extremamente delicada, então decidiu-se simplificar a sua utilização e determinou-se que o tubo espiralado seria substituído por vários tubos de quartzo de menores diâmetros, mais especificamente a utilização de 8 tubos de quartzo em sua forma linear, como mostra a Figura 4.4., abaixo.

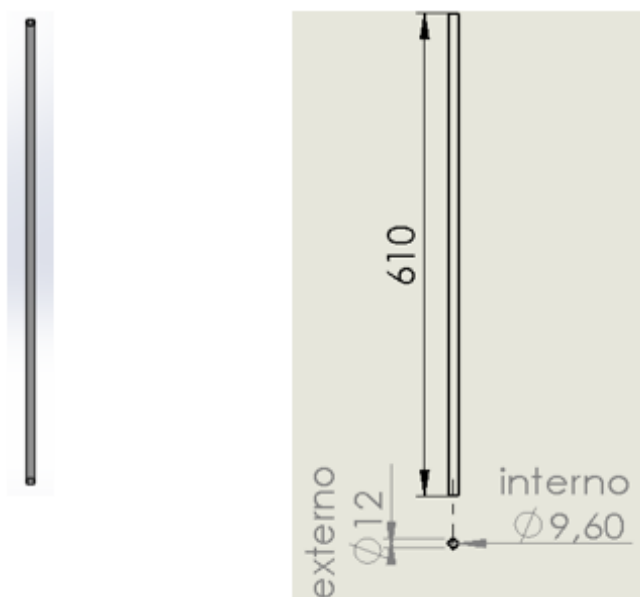


Figura 4.4. Detalhes tubo de quartzo

Desta forma simplificada, conseguimos adquirir facilmente estes tubos de quartzo, através de cálculos simples determinou-se que o volume de um tubo de quartzo com estas dimensões que é de 44,15 mL, sendo assim, somando-se o volume de 8 destes tubos totaliza em 353,20 mL, e antes com o tubo em espiral, tínhamos 192,82 mL, ou seja, a redução do diâmetro dos tubos não prejudicará no volume que inicialmente tinha-se calculado para percorrer quando estivesse em contato com os feixes UV-C, onde o diâmetro interno do tubo espiralado era de 14,50 mm, mesma dimensão do menor diâmetro encontrado na passagem do composto orgânico no reator de fluxo.

O sistema do modelo inicial, como visto, trabalhava em posição horizontal, entretanto se continuasse a trabalhar na horizontal os 8 tubos de quartzo lineares, por causa do aumento do diâmetro relativo, ou seja, 9,80 mm x 8 tubos, assim tendo um diâmetro relativo de 78,4 mm, o que é mais que 6 vezes do diâmetro do tubo em espiral, desta forma o líquido passante entre os tubos poderia não preencher por inteiro seu volume, criando um “fio de água” dentro do tubo, ou até mesmo distribuindo de maneira não uniforme entre todos os tubos, prejudicando seu fluxo e o contato com os feixes UV-C, por conseguinte decidiu-se implementar o sistema na vertical.

Diante desta verticalização do sistema, obteve-se aspectos positivos em relação ao modelo inicial, pois estando na vertical o fluido que passará dentro dos tubos está sob a ação da gravidade ao seu favor, uma vez que o líquido subirá de uma forma constante uniforme em todos os tubos simultaneamente, explicado pelo princípio da capilaridade, que possibilita que os fluidos subam ou desçam em tubos muito finos, esta ação pode fazer que líquidos fluem mesmo contra a força da gravidade.

Por outro lado, a verticalização do sistema dificultou na forma de sustentação na vertical destes tubos, uma vez que os tubos são vazados em ambos os lados tendo que haver espaço livre para conexões. Este empecilho foi solucionado utilizando a força de atrito entre o tubo e uma junta tórica, também conhecida como O-ring, onde este estava colocado em furos chanfrados em ambos os lados da base inferior e base superior, como mostrado nas Figuras 4.5.,4.6., 4.7., abaixo, onde ambas as bases são de teflon.

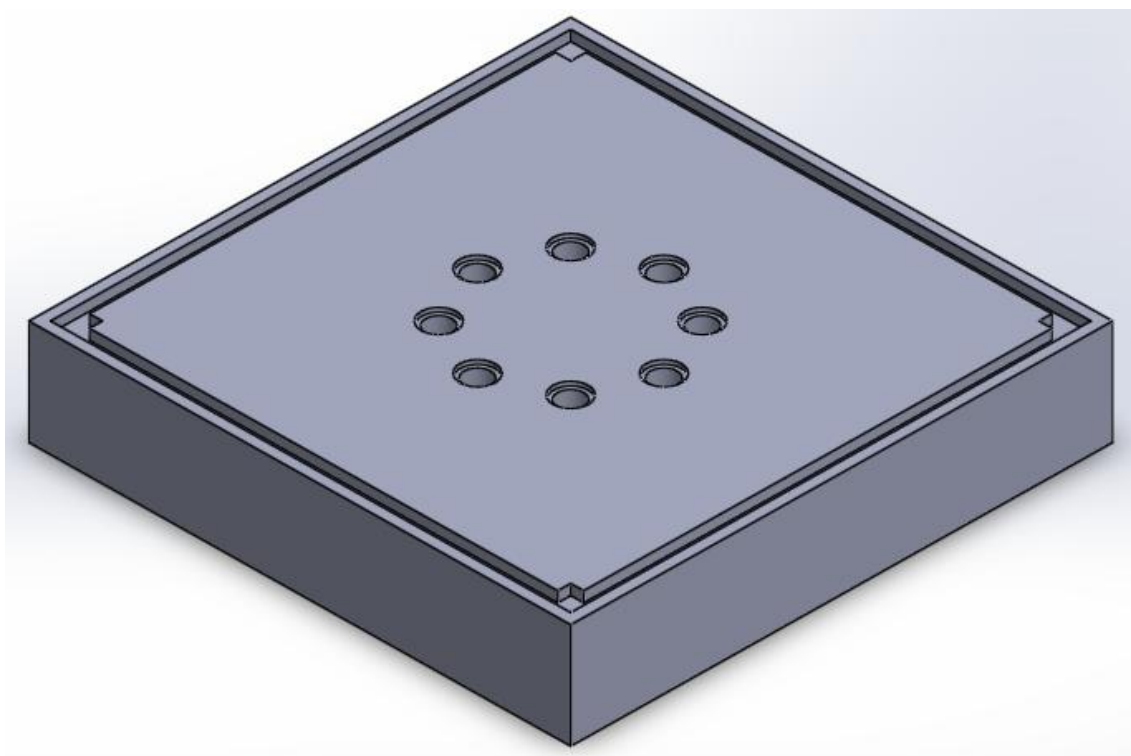


Figura 4.5. Base inferior



Figura 4.6. Base inferior vista por baixo

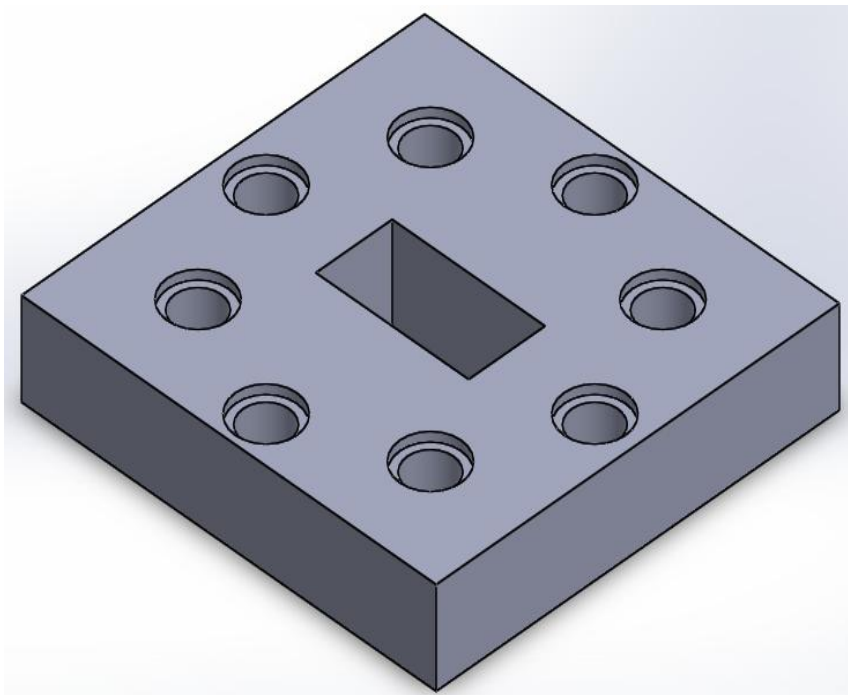


Figura 4.7. Base superior

Como evidenciado na imagem, observa-se vincos ao longo de seu contorno, estes servem de encaixe para uma caixa de acrílico de espessura de 5 mm que será colocada para proteger ao redor do sistema UV, uma vez que os raios UV-C das lâmpadas são barradas por esta caixa de acrílico, assim assegurando a saúde das pessoas em volta, como mostrada na Figura 4.8., abaixo.

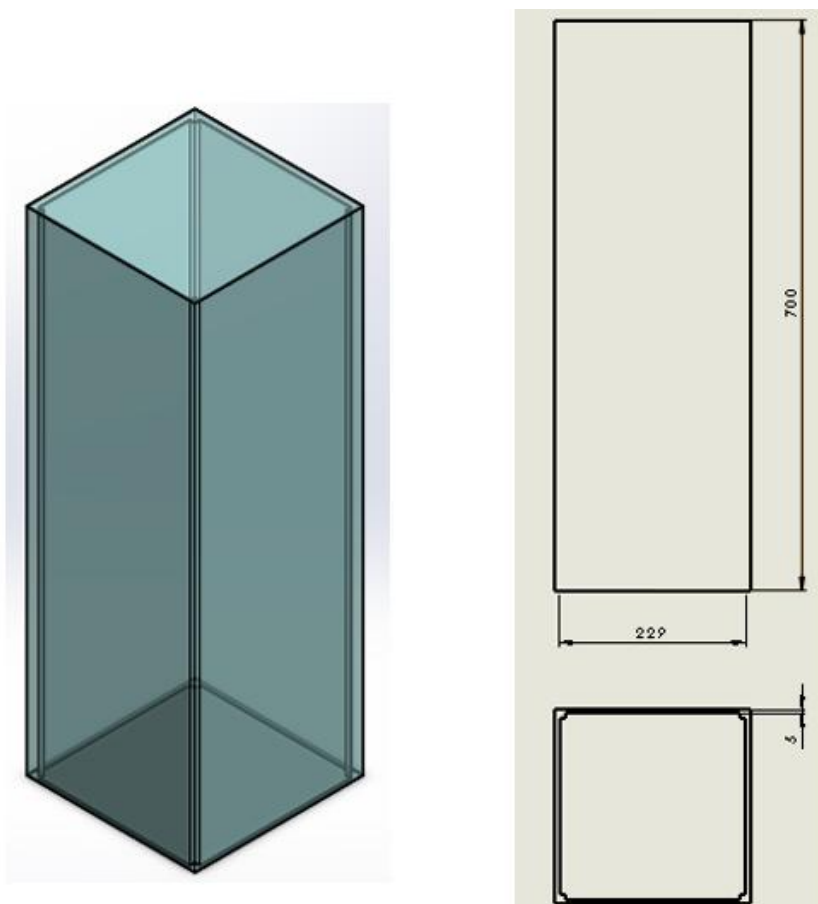


Figura 4.8. Caixa de acrílico

Também na Figura 4.5. da base inferior, é possível observar um furo que não é passante e engloba todos os 8 furos que passam os tubos, neste furo que se encontra na parte de baixo da base inferior, será acoplado um copo, como mostra a Figura 4.9., também constituída de teflon para armazenamento do composto orgânico, assim com este cheio, o líquido percorrerá os tubos, este copo que terá uma rosca em sua superfície externa para encaixe perfeito com o furo da base que também apresentará rosca.

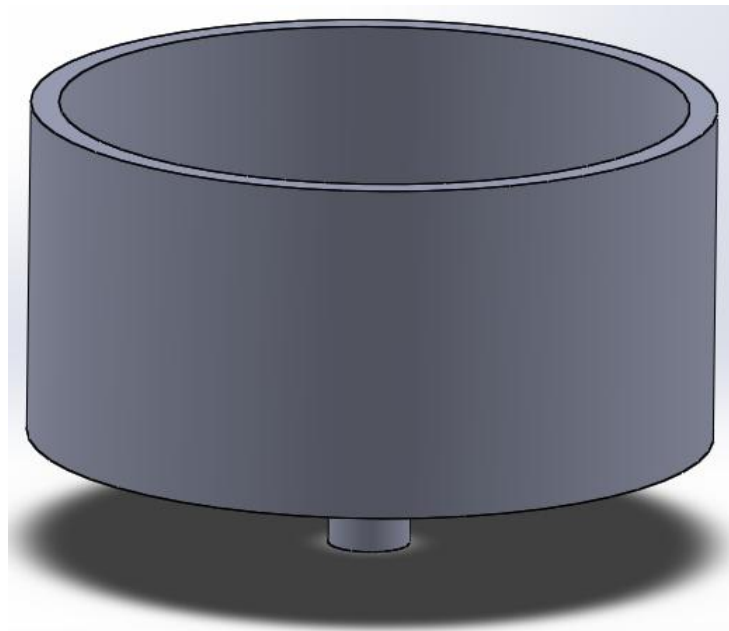


Figura 4.9. Copo de teflon

Explicado cada parte do sistema UV com ilustrações feitas no software *SolidWorks* em 2D e 3D, foi possível entender e visualizar de fato, como será o sistema na realidade, e estes desenhos são de grande relevância para desenvolvimento e produção de cada peça. Imagens com a presença de muitas cotas não foram incluídas neste relatório, pois nele se quer passar a imagem visual do projeto, futuramente pretende-se fazer uma normatização técnica de cada componente do sistema.

Diante do desenho de cada peça foi possível através do programa, unir cada parte e montar o sistema UV, diferentes vistas em 3D serão ilustradas nas figuras abaixo. É possível reconhecer cada peça enunciada neste relatório, bem como, as bases de teflon inferiores e superiores, copo de teflon, 8 tubos de quartzo e os 4 conjuntos de lâmpadas UV-C e seus respectivos soquetes.

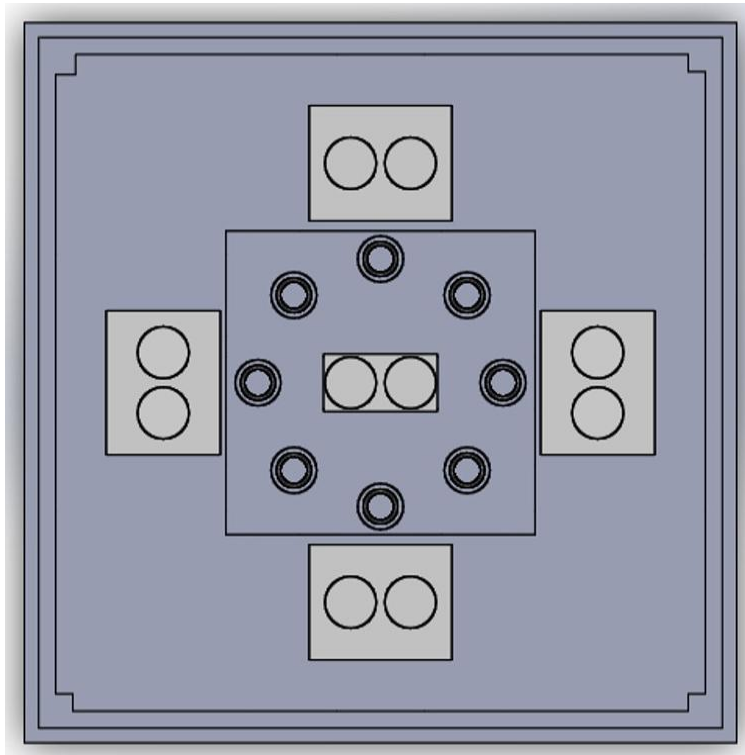


Figura 4.10. Vista superior 3D do sistema UV completo sem caixa de acrílico

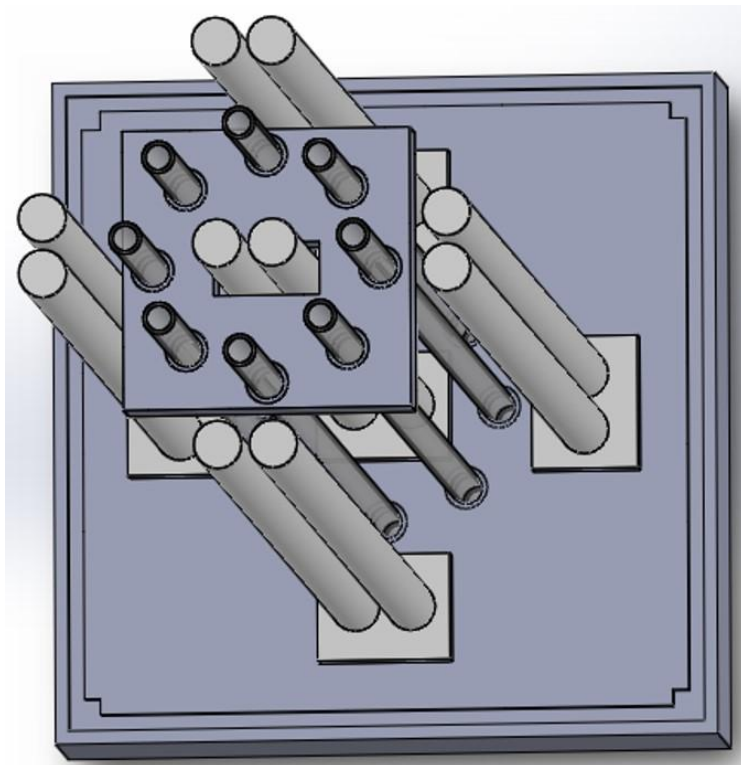


Figura 4.11. Vista 3D do sistema UV completo sem caixa de acrílico

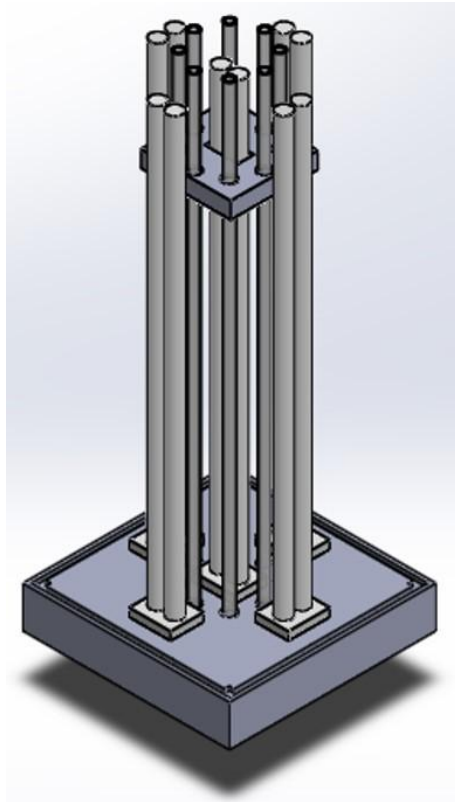


Figura 4.12. Vista 3D isométrica do sistema UV completo sem caixa de acrílico

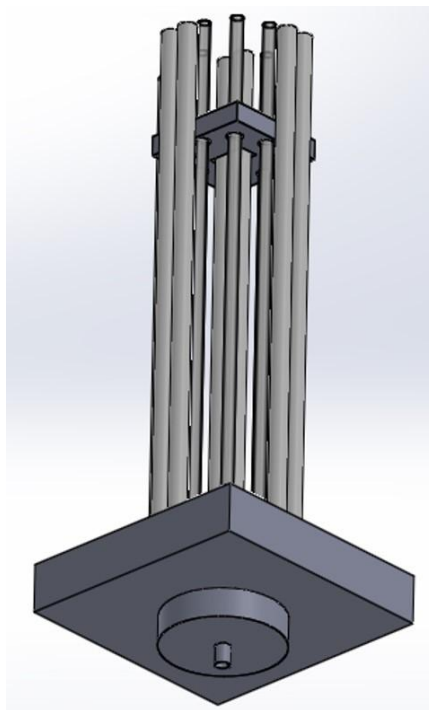


Figura 4.13. Vista 3D isométrica inferior do sistema UV completo sem caixa de acrílico

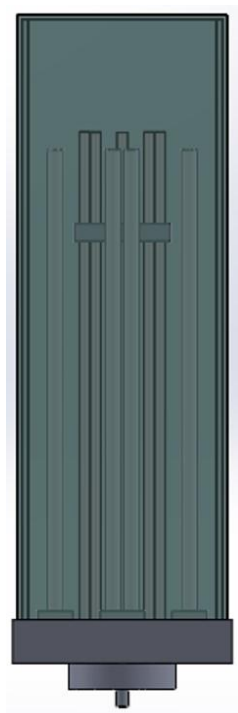


Figura 4.14. Vista 3D frontal do sistema UV completo

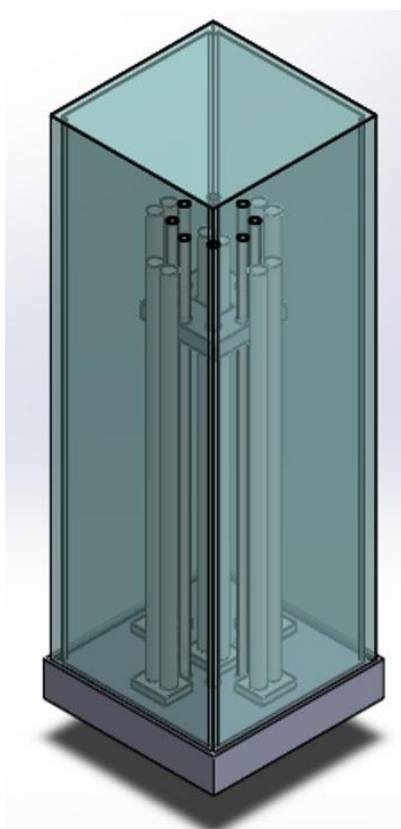


Figura 4.15. Vista 3D isométrica do sistema UV completo

A Figura 4.15., acima, mostra o desenho final do sistema UV, completo com todos seus componentes em uma perspectiva isométrica, estão faltando as conexões somente de entrada e saída do sistema UV, que possivelmente será feita com mangueiras, e também está ausente duas hastes que irão se prender as duas bases, inferior e superior, fornecendo rigidez e resistência a verticalização do sistema.

A Figura 4.16., abaixo, ilustra o sistema UV acoplado ao reator de fluxo já existente nas instalações do LABEMAC/INPE.

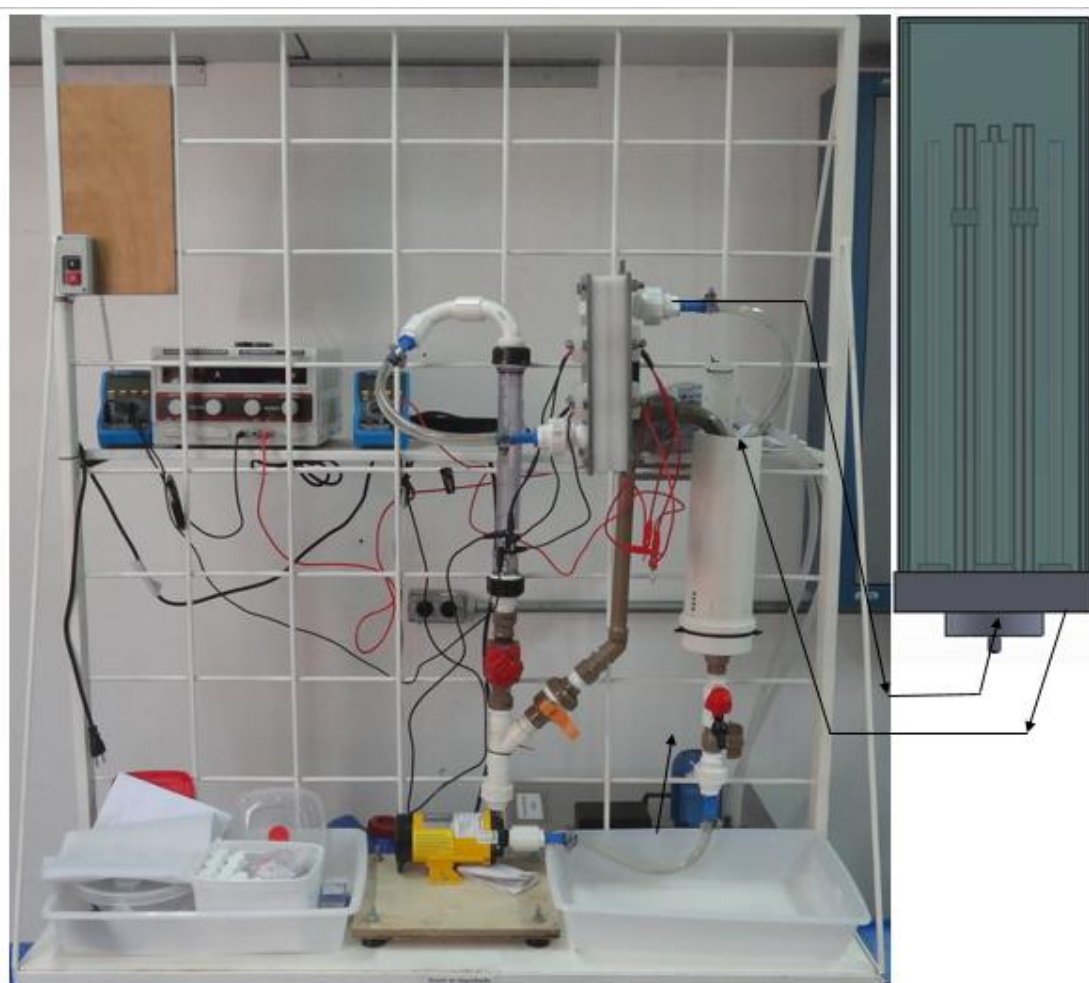


Figura 4.16. Vista 3D isométrica do sistema UV completo

5. CONCLUSÃO

Obteve-se conhecimento e compreensão dos processos de degradação e do software de desenho *SketchUp* e *SolidWorks*, que com eles, determinou-se as características e desenhos do projeto.

Um projeto inicial foi desenvolvido, porém em decorrer da produção deste modelo, uma forte barreira foi encontrada em relação especificamente do tubo espiralado de quartzo, tendo deficiência de mão de obra qualificada para feitoria de tal peça de alta complexibilidade de manuseio do quartzo. Incrivelmente teve-se que abandonar tudo que tinha-se feito até então, em relação ao desenho e esquematização do sistema UV, não possibilitando a produção do mesmo até então imaginado, desenvolvido, trabalhado e cobijado.

Em decorrência deste fato, muito tempo foi perdido em relação a evolução do projeto, e então teve-se que voltar ao estágio inicial de desenvolvimento de um novo projeto que eliminasse o tubo em geometria espiral. Consequência desta substituição se deram nas etapas posteriores ao projeto, onde está barreira ocasionou em um atraso no projeto como um todo, impossibilitando o cumprimento das etapas seguintes a serem concluídas.

O atual projeto se encontra na fase de produção das peças internamente ao INPE, com auxílio de técnicos e equipamentos, para que depois de terminada a produção de todos os componentes, possa de fato ser implementado este sistema UV ao reator de fluxo, e por fim, fazer testes de degradação de compostos orgânicos, e assim, avaliando sua eficiência e contribuição para a degradação de um modo geral.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ollis, D. F.; Pelizzeti, E.; Serpone, N. Heterogeneous photocatalysis in the environment: application to water purification in “Photocatalysis: Fundamentals and Applications”. Serpone N. and Pelizzetti E. (eds.), Wiley, New York, pp 604-637, 1989.
- [2] Teixeira, C. P. A. B.; Jardim, W. F. Processos Oxidativos Avançados, Conceitos Teóricos. Caderno Temático, Volume 3, Campinas, UNICAMP, 2004.
- [3] Beati, A. A. G. F.; Lanza, M. R. V. Estudo da Degradação de Agrotóxicos empregados na Cultura de Arroz via Processos Oxidativos Avançados (POA) com Identificação dos Intermediários de Degradação. USP, São Carlos.
- [4] <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/arroz>; acessado em 04 de fevereiro de 2014, às 22:36h.
- [5] SUBTIL, E. L.; MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. Avaliação do desempenho do sistema UV/H₂O₂ no tratamento de efluentes provenientes do processo de tratamento térmico de emulsões de água e óleo. **Ambi-Agua**, Taubaté, v.4, n.3, p. 169-180, 2009.
- [6] http://www.pesticideinfo.org/Detail_Chemical.jsp?Rec_Id=PC33482; acessado em 05 de fevereiro de 2014, às 08:56h.
- [7] http://www.pesticideinfo.org/Detail_Chemical.jsp?Rec_Id=PC35055; acessado em 05 de fevereiro de 2014, às 09:06h.
- [8] Cordeiro, G. S.; Ferreira, N. G. Montagem e Teste de um Reator para Tratamento de Água Via Processo Oxidativo Avançado (POA) Utilizando Eletrodos de Diamante CVD Dopados com Boro. LAS/INPE, São José dos Campos, 2012.