

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BRUNA INACIO NAZARIO

LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS DE CONTROLE PARA OPERAÇÃO DE
BIOFILTROS DE CAVACO DE MADEIRA UTILIZADOS PARA CONTROLE DE
EMIÇÃO DE SUBSTÂNCIAS ODORÍFERAS

CURITIBA

2020

BRUNA INACIO NAZARIO

LEVANTAMENTO DE PARÂMETROS DE CONTROLE PARA OPERAÇÃO DE
BIOFILTROS DE CAVACO DE MADEIRA UTILIZADOS PARA CONTROLE DE
EMISSÃO DE SUBSTÂNCIAS ODORÍFERAS

Artigo apresentado como requisito parcial à
conclusão do curso de MBA em Gestão Ambiental,
Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal
do Paraná.

Orientador/Prof. Prof. Dr. André Luciano Malheiros

CURITIBA

2020

Levantamento de parâmetros de controle para operação de Biofiltros de Cavaco de Madeira utilizados para controle de emissão de substâncias odoríferas

Bruna Inacio Nazario

RESUMO

A preocupação com o meio ambiente tem tomado espaços cada vez mais significativos na sociedade e elevando a pressão sob as indústrias a fim de reduzir cargas de poluentes lançados no meio ambiente. Um dos mais preocupantes tipos de poluição é a emissão atmosférica, devido à facilidade com que os poluentes suas formas gasosas entram em contato com a saúde humana. Dentre estes tipos de emissões estão os compostos odoríferos, os quais afetam a sociedade de várias maneiras negativas e que podem estar associados a problemas de saúde, tanto físico quanto mental. Diante desta problemática foram desenvolvidas técnicas para atenuar os incômodos causados pelo odor, umas destas técnicas são os tratamentos através de sistemas biológicos conhecidos como: Biofiltros. Dentre as variedades existentes, atualmente encontra-se o Biofiltro de Cavaco de Madeira. Buscando melhorar, disseminar e facilitar o uso deste sistema, o presente artigo tem como foco demonstrar os parâmetros de controle que podem auxiliar no bom funcionamento do sistema. Concluiu-se que dos parâmetros encontrados existem alguns que são de extrema importância para a realização de um controle mais rígido, sendo estes temperatura, umidade, pH e fornecimento de nutrientes.

Palavras-chave: Odor. Biofiltro. Parâmetros de controle. Cavaco de madeira. Tratamento biológico.

ABSTRACT

Concern for the environment has taken on increasingly significant spaces in society and has increased pressure on industries to reduce their polluting loads launched into nature. One of the most worrying types of pollution is air emissions, due to the ease with which they come into contact with human health. Among these types of emissions are odorous compounds, which affect society in various negative ways and which can be associated with health problems, both physical and mental. Faced with this problem, techniques were developed to mitigate the discomfort caused by odor, one of these techniques is the treatment through biological systems known as Biofilters, among the existing varieties, currently the Wood Chip Biofilter. Seeking to improve, disseminate and facilitate the use of this system, this article focuses on demonstrating the control parameters that can assist in the control of the proper functioning of the system. In the preparation of this article it was possible to observe

that of the parameters found there are some that are extremely important for the realization of a more rigid control, these being temperature, humidity, pH and supply of nutrients.

Keywords: Odor. Biofilter. Control parameters. Wood chip. Biological treatment

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como objetivo reunir parâmetros de controle para uma correta operação de Biofiltro de Cavaco de Madeira utilizados para controle de emissão de substâncias odoríferas, tendo em vista que a poluição atmosférica é um dos assuntos mais debatidos e preocupantes do mundo moderno, pois com a crescente intenção de elevar a qualidade de vida, a sociedade agregou como requisito a qualidade do ar como sendo uma das questões que contribuem com a melhora da saúde neste contexto Toledo e Nardocci (2011 *apud* Daper *et al.*, 2016), salientam que a poluição do ar afeta o sistema respiratório e circulatório, e que ainda pode contribuir para o aumento da mortalidade e morbidade principalmente por doenças respiratórias e cardiovasculares.

Dentre os tipos de poluentes atmosféricos conhecidos, substâncias que causam o odor ganharam destaque. O odor pode não ser um agente tóxico direto ou causar diretamente doenças, mas os incômodos olfativos podem indiretamente afetar a saúde humana. Longos períodos de contato do indivíduo com o agente odorífero podem causar reações indesejadas, que vão de estresse emocional até sintomas físicos (FRECHEN, 2001; ZARRA *et al.*, 2010 *apud* VIEIRA, 2013).

Os principais responsáveis por emissão de gases odoríferos são setores de relevante importância para a economia mundial e, além disto, são serviços considerados essenciais ao bom estado de conservação da sociedade em geral, tais serviços são: criação de animais para abate, indústria alimentícia, estações de tratamento de efluentes, tratamento de resíduos como compostagem e aterros sanitários, papel e celulose, industriais químicas, entre outras.

A emissão de substâncias odoríferas gera o aparecimento de conflitos entre emissor, receptor e órgãos do setor público, entretanto, como destacado acima, os maiores emissores de odor são indústrias e setores essenciais. Portanto, diante

desta desafiadora problemática, diversos tipos de tratamento para os odores foram desenvolvidos e dentre as soluções atualmente encontradas estão os sistemas de tratamento biológicos, mais conhecidos como Biofiltros. No mercado são encontradas uma variedade significativa de tipos de Biofiltro, e umas destas é o que utiliza o cavaco de madeira para fixação e nutrição do biofilme de bactérias.

Os sistemas que utilizam tratamento biológico como sua principal fonte de depuração de poluentes necessitam de uma sistemática rigorosa de controle de diversos parâmetros tais como: temperatura, umidade, pH de leito filtrante, tempo de detenção hidráulica, concentração de gases odoríferos, entre outros; e muitas vezes as empresas detentoras desses sistemas de tratamento os desconhecem, podendo reduzir sua eficiência e tempo de vida útil.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O QUE É ODOR E SEUS IMPACTOS NA SAÚDE HUMANA

O odor é percebido pelo cérebro em resposta a moléculas voláteis, orgânicas ou minerais, presentes no ar que são levadas ao sistema respiratório, portanto pode-se dizer que o odor é o efeito que essas moléculas voláteis, misturadas entre si, causam sobre o sentido do olfato dos seres humanos. Esse efeito surge de um processo com dois estágios, a saber: o primeiro é onde o cérebro sente o estímulo químico; a segunda etapa é a interpretação do indivíduo com base em experiências vividas. A sensibilidade do receptor e as experiências de vida podem resultar em indivíduos que apresentem diferentes sensações e respostas emocionais aos mesmos compostos odoríferos (MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT, 2016).

Ainda segundo a Norma Europeia EN 1375:2003 o odor é um atributo organoléptico, o qual é perceptível pelo sistema olfativo quando no momento em que determinadas substâncias consideradas voláteis entram pelo sistema. Em contrapartida, substância Odorante é um composto químico que irá gerar um estímulo no sistema e o corpo irá perceber o odor (GEN, 2003 *apud* BRANCHER 2017).

Os odores são amplamente reconhecidos como um incômodo de vizinhança. De fato, os odores podem interferir negativamente na realização de atividades cotidianas e causar a desvalorização de propriedades. (NICELL, 2009; HORTON *et al.*, 2009 *apud* Vieira, 2013, p. 39).

Segundo Vieira (2013), estudos evidenciaram que substâncias odoríferas causaram efeitos adversos na saúde humana, principalmente em comunidades vizinhas a instalações industriais e criação intensiva de animais.

Apesar do odor não afetar diretamente de forma tóxica ou ser a primeira causa de doenças em humanos, ele pode gerar uma série de incômodos secundários. Alguns dos sintomas relatados são estresse emocional e sintomas físicos, desses sintomas os principais são dor de cabeça; náusea; desconforto gastrointestinal; irritação nos olhos, nariz e garganta; tosse; falta de ar; rouquidão; congestão nasal; coriza; sonolência; distúrbios do sono; dificuldade de concentração, palpitações, estresse e alterações de humor (FRECHEN, 2001; ZARRA *et al.*, 2010; WILSON; HUANG; SCHROEPFER, 1980; SCHIFFMAN *et al.*, 1995; SCHIFFMAN *et al.*, 2000; MCGINLEY; MAHIN; POPE, 2000; ZARRA *et al.*, 2008; HORTON *et al.*, 2009 *apud* Vieira, 2013)

2.2 TRATAMENTOS EMPREGADOS PARA REDUÇÃO DO ODOR

Existem alguns sistemas empregados atualmente no tratamento de odores, dentre estes estão os sistemas biológicos, os quais utilizam microorganismos para consumir os compostos odoríferos. Já os sistemas físicos são compreendidos por processos como lavagem, diluição ou filtração, geralmente esses sistemas irão reduzir as concentrações de compostos odoríferos no ar de exaustão. Por exemplo, os lavadores de gases retiram os poluentes do ar em um sistema projetado, semelhante ao modo como a chuva deixa o ar com um cheiro limpo posteriormente. Os sistemas químicos usam as reações químicas, como a oxidação, para alterar a natureza química de um odor, como por exemplo, o peróxido de hidrogênio que pode ser utilizado para oxidar o sulfeto de hidrogênio em enxofre elementar e oxigênio (COKER, 2012)

Ainda segundo Defra (2010, *apud* BRANCHER, 2017) os odores podem ser efetivamente removidos ou tratados com os métodos elencados a no quadro 1 a seguir.

QUADRO 1: RESUMO DOS TIPOS DE TRATAMENTO QUE PODEM SER EMPREGADOS PARA A REDUÇÃO DO ODOR

Físico	Enclausuramento
	Diluição
	Adsorção física
	Mascaramento
Químico	Lavagem
	Ozonização
	Fotólise
	Incineração
	Fotocatálise
Biológico	Biofiltração
	Biolavadores

FONTE: Defra (2010 *apud* BRANCHER, 2017)

Segundo Brancher (2017) os métodos físico-químicos são de rápida montagem em campo, baixo tempo de residência, experiências com o uso já estão difundidas e concepção e operação consolidadas, por estes motivos foram amplamente utilizados, mas é importante salientar que essas técnicas podem gerar subprodutos como resíduos ainda mais tóxicos que os poluentes que os originaram.

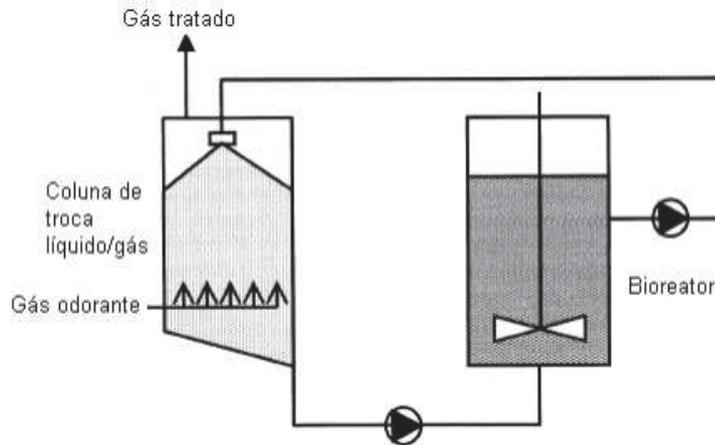
Em contrapartida o tratamento biológico, segundo Deviny *et al.* (1999) transforma os contaminantes, através de reações oxidativas e redutivas, em dióxido de carbono e vapor de água e biomassa orgânica, tornado-se assim um tratamento efetivo dos odores e mais econômico.

O principal sistema biológico usado para controle de odores é a biofiltração, a qual se refere tecnologias como *bioscrubbers*, filtros de *biotrickling* e biofiltros (COKER, 2012).

Os biolavadores ou *bioscrubbers* permitem um tempo de contato entre o poluente e as bactérias mais longo que no biofiltro e no *biotrickling*, esse tipo de tratamento é mais bem empregado para produtos voláteis solúveis, em que a

biodegradação é mais demorada (BELLI FILHO *et al.*, 2001 *apud* SILVA, 2008). Seu funcionamento é demonstrado na figura 1.

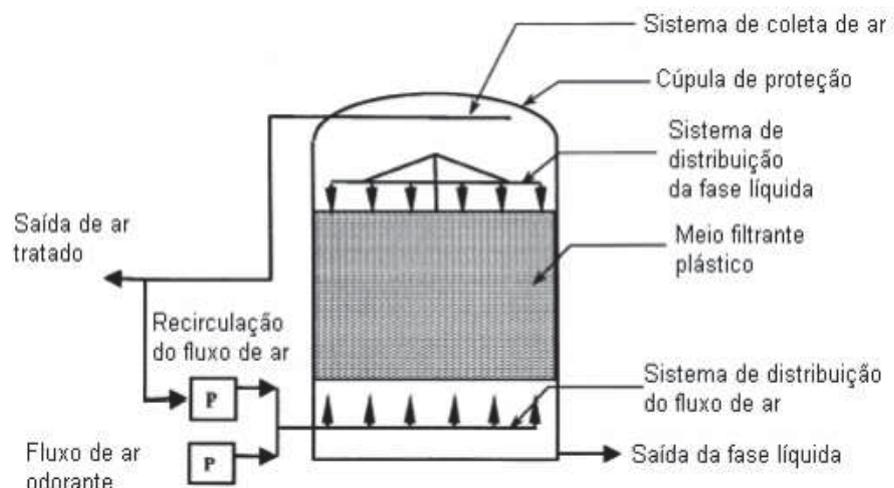
FIGURA 1: ESUQEMA DE UM *BIOSCRUBBERS*



Fonte: Burgess (2001 *apud* SILVA 2008)

O sistema de filtros de *biotrickling* são mais complexos que os biofiltros convencionais, entretanto esse sistema se torna mais efetivo para a remoção de poluentes que geram ácidos como subprodutos, por exemplo o H_2S , ele pode ser considerado como um lavador biológico de gás, conforme demonstra figura 2 (SILVA, 2003 *apud* SILVA, 2008).

FIGURA 2: ESQUEMA DE UM *BIOTRICKLING*



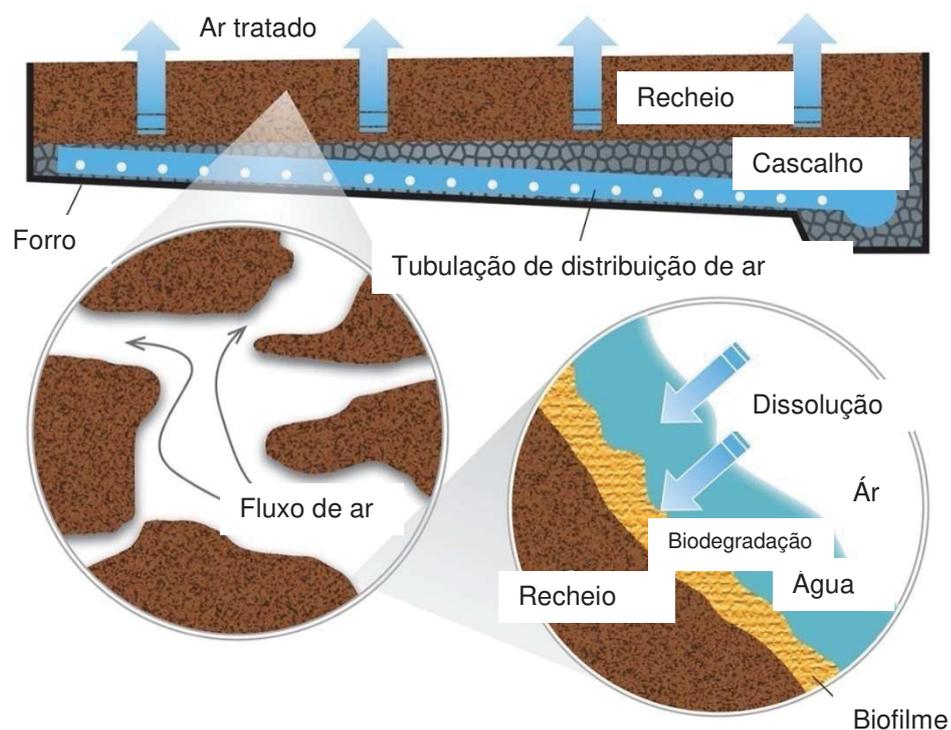
Fonte: Wef; Asce (1995, *apud* Silva, 2008)

Os Biofiltros possuem uma coluna contendo materiais que fixam uma biomassa ativa, os compostos orgânicos presentes no gás a ser tratado são degradados, enquanto os microorganismos se utilizam desses compostos para o próprio crescimento (WANG, 1996 *apud* SILVA, 2008). Os recheios dos Biofiltros podem ser compostos de solo, bagaço de cana, palha de café e cavacos de madeira (SILVA, 2008).

2.2.1 Biofiltração por cavaco de madeira

Biofiltros são reatores nos quais uma corrente de ar úmido poluído passa por um leito poroso compactado, que suporta uma cultura mista de organismos degradadores de poluentes, sendo estes organismos localizados dentro de um biofilme (ENVIRONMENT AGENCY, 2013). O mecanismo do Biofiltro é simples: o ar flui através de um leito compactado e o poluente é transferido para um biofilme fino na superfície do material de recheio. Microorganismos, incluindo bactérias e fungos, residem no biofilme e degradam o poluente, conforme demonstra a figura 3 (COKER, 2012).

FIGURA 3 – DETALHE DO BIOFILME CRIADO EM UM RECHEIO DE BIOFILTRO

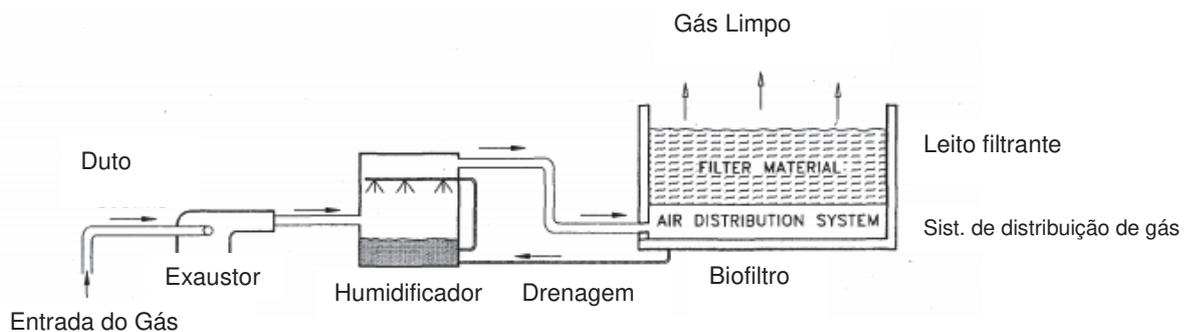


FONTE: Coker (2012)

Os Biofiltros reduzem os odores transferindo poluentes da fase gasosa para a fase aquosa, que é então seguida pela adsorção em um meio ou absorção em um biofilme. A adsorção em um meio de filtrante fornece bom tratamento durante o início de um novo Biofiltro, porém uma vez que a capacidade de adsorção começa a ser desenvolvida no sistema (muitas vezes em questão de dias), a biodegradação no biofilme torna-se o princípio do mecanismo de remoção de odores. Ambos os processos de remoção de odores dependem do movimento de ar contaminado para a fase aquosa (transferência de massa gás-líquido) (ENVIRONMENT AGENCY, 2013).

Cavacos de madeira são utilizados como um agente de volume, como também é utilizado como suprimento de nutrientes para as bactérias presentes no sistema. As lascas de madeira irão prevenir a compactação e permitirão um fluxo de ar homogêneo no sistema, como demonstrado na figura 4. Os tamanhos de partículas recomendados são entre 1 cm e 5 cm. Deve-se ter precaução com as lascas de madeira à base de pinho, pois elas podem ter um caráter relativamente ácido (pH 4,5 - 6) enquanto a operação em Biofiltros necessita de condições próximas a neutralidade (ENVIRONMENT AGENCY, 2013).

FIGURA 4 – MECANISMO DE FUNCIONAMENTO DE BIOFILTRO COM RECHEIO



FONTE: Leson; Winer (1991)

2.3 DISPOSIÇÕES LEGAIS A CERCA DO ODOR

Segundo Marcos (2011, p.27):

Em função da sua subjetividade, o odor é um dos parâmetros mais difíceis, sendo poucos os países onde existe legislação referente a emissões odorantes. Em âmbito federal não existe lei específica referente à poluição por odor. No entanto, a Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA considera como poluição todas as atividades que direta ou indiretamente afetem o bem-estar da população.

A Política Nacional do Meio Ambiente em seu 3º artigo determina que seja considerada como poluição ambiental toda e qualquer matéria ou substância que causem direta ou indiretamente prejuízos a saúde, a segurança e o bem-estar da população, como também criem condições adversas às atividades sociais e econômicas (BRASIL, 1981).

Atualmente em âmbito federal há duas resoluções que Estabelecem os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas, resolução do CONAMA 382/2006, a qual determina valores para fontes fixas com pedido de instalação posteriores a janeiro de 2007 e a resolução do CONAMA 436/2011, utilizada para estabelecer limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anterior a 02 de janeiro de 2007. A resolução 436/2011 dá poderes aos órgãos ambientais de determinarem padrões mais rígidos para emissões atmosféricas, dependendo das condições e aonde a fonte irá se instalar. A resolução do CONAMA 03/1990 dispõe sobre os padrões de qualidade do ar, entretanto não dispões sobre substâncias odoríferas (BRANCHER *et al.*, 2016 *apud* BRANCHER, 2017)

No Brasil, o estado que pode ser considerado como uma referência em regulamentação de odor é o estado do Paraná. A resolução utilizada é a SEMA nº 016/2014 e no seu artigo 12 ela salienta que fontes emissoras de odor devem ser instaladas de maneira que não afetem a população circunvizinha (PARANÁ, 2014 *apud* BRANCHER, 2017)

Segundo Brancher *et al.* (2016 *apud* BRANCHER,p. 112, 2017):

Resolução SEMA 016: 2014 foi emitida a partir da experiência adquirida na Resolução SEMA 054: 2006, em que uma taxa máxima de emissão de odores de 5×10^6 UO/h foi definida para atividades que emitem odores ou uma eficiência mínima de 85%, determinada por olfatométrica, para sistemas de redução. Conseqüentemente, Resolução SEMA 016: 2014, atualmente em vigor, regulamenta o impacto nos receptores (ou seja, proteção de imissão) e não mais fixa as emissões na fonte. No entanto, os critérios para fornecer uma base efetiva e concreta para conduzir estudos de impacto de odores usando modelos de dispersão ou avaliações de campo não são estabelecidos.

A resolução do CONAMA 03/1990 foi substituída pela resolução CONAMA 491/2018.

3 METODOLOGIA

Através de pesquisa exploratória realizou-se uma revisão bibliográfica a cerca dos seguintes temas: odores, emissões odoríferas, sistemas de tratamento de emissões atmosféricas, biofitragem para tratamento de odores e parâmetros de controle para boa operação de Biofiltros. Essa pesquisa visa entender os parâmetros podem interferir na boa eficiência de Biofiltros de cavaco de madeira para o tratamento de odor, e posterior o entendimento do assunto elencar os principais parâmetros analíticos de operação que devem ser monitorados.

Para a elaboração do presente artigo foram consultados:

- Dissertações de mestrado e doutorado;
- Artigos científicos;
- Revistas científicas;
- Estudos, guias e manuais internacionais.

4 APRESENTAÇÃO DOS PARÂMETROS QUE INTERFEREM NA BOA EFICIÊNCIA DO BIOFILTRO

Segundo Liu (2017) os Biofiltros custam menos que as outras tecnologias de tratamento de odor, além de não necessitarem de utilização de produtos químicos, entretanto, para o bom desempenho do sistema devem-se realizar manutenções regulares e garantir que a fase de projeto seja bem elaborada e executada. Atentando-se a isto, o sistema pode reduzir em, no mínimo, 80% do odor causado pelos gases, principalmente Sulfeto de Hidrogênio (H_2S) e Amônia (NH_3).

“O desempenho dos Biofiltros depende da atividade microbiana, que é influenciada pela umidade, temperatura, pH e disponibilidade de nutrientes.”(LIU, pg. 4, 2017)

Para Evoriment Agency (p.37, 2013):

Um dos problemas mais comuns que podem levar a emissões de odor de biofiltros é uma mudança repentina nas condições operacionais. Isso pode ser devido a uma falha de equipamento ou mudança nas taxas de carregamento de contaminantes devido a variações na matéria-prima.

Segundo Berona *et al.* (2004 *apud* Environment Agency 2013), períodos de desligamento curtos (dias) não afetam a eficiência de maneira irreparatória, entretanto, períodos elevados de fome, para os microorganismos, afetam negativamente a eficiência de Biofiltros. Outro fator que pode afetar o sistema é o aumento repentino de condições como vazão ou concentração na entrada do Biofiltro, pois podem reduzir tempo de residência e também causar a eliminação dos gases odoríferos sem tratamento.

De maneira a manter uma boa eficiência do sistema o material filtrante deve atender a alguns requisitos, dentre estes os principais são (OTTENGRAF, 1986 *apud* LESON; WINER, 1991):

- 1 – O ambiente deve fornecer condições ideais para que a população microbiana alcance e mantenham boas taxas de degradação.
- 2 – Avaliar a granulometria de materiais empregados para que se forneça boa superfície reativa e baixas quedas de pressão.
- 3 – Evitar compactação do leito filtrante a fim de reduzir necessidade de manutenção e troca de recheio antes do tempo estimado.

Diante disto, a seguir são elencados os parâmetros críticos de controle.

Temperatura dos gases

Os microorganismos, responsáveis por realizar a degradação dos compostos odoríferos dentro do biofilme, são facilmente influenciados pelas temperaturas. Devido à presença de milhares de espécimes microbianos e que cada qual possui uma taxa ótima específica de atividade metabólica, o controle de temperatura deve ser um compromisso biológico. Para o bom desempenho dos microorganismos sugere-se uma faixa de temperatura operacional de 30°C a 40°C (ENVIRONMENT AGENCY, 2013).

Potencial Hidrogeniônico (pH)

Segundo Liu (2017) para obter o desempenho máximo da atividade microbiana o pH do meio filtrante do Biofiltro deve ser mantido mais próximo da neutralidade. Outra questão a ser observada são as concentrações de alguns compostos orgânicos voláteis, os quais podem resultar em condições ácidas e reduzindo a eficiência do sistema.

Umidade

Um dos principais requisitos operacionais de Biofiltro é a umidade, o gás em si pode não oferecer a umidade ideal para o sistema tendo esse que ser utilizado um meio de umidade adicional. Em contrapartida, uma umidade elevada pode resultar na compactação do meio causando tratamento incompleto do gás bruto e formando zonas anaeróbicas, as quais poderão emitir compostos odoríferos (EITNER,1984; OTTENGRAF, 1986 *apud* LESON; WINER, 1991)

Para Liu (2017) o teor de umidade ideal para Biofiltros é de 50% podendo variar entre 40% a 65%. A manutenção de uma umidade inadequada pode causar a morte de microorganismos, causando regiões secas dentro Biofiltro provendo a canalização de ar e emissão de odores. Em contapartida, uma umidade elevada pode restringir o fluxo de ar e o fornecimeto de oxigênio para as bactérias.

Tempo de residência dos gases

O tempo de residência dos gases através do leito filtrante do Biofiltro é um dos principais parâmetros de controle para a boa eficiência do sistema, uma vez que os microorganismos precisam degradar os poluentes e isto só irá ocorrer se houver a transferência do poluente do estado gasoso para o líquido. Portanto, o tempo de residência dos gases é um parâmetro de projeto relevante no momento do seu planejamento (ENVIROMENT AGENCY, 2013).

Diferentes poluentes têm características específicas, as quais afetam os tempos de absorção e adsorção e processos de degradação e, portanto, precisam de diferentes tempos de detenção para serem completamente degradados. Um tempo razoável está intimamente relacionado ao teor de umidade do leito filtrante e da concentração de poluentes. Maior teor de umidade e cargas de poluentes mais baixas resultam em tempos de detenção mais curtos. Em teoria, esse parametro não precisa ser longo para a maioria dos compostos de odor, mas os Biofiltros são normalmente projetados para faixa de 15 a 60 segundos de tempo de detenção dos gases (ENVIROMENT AGENCY, 2013).

Concentração de Oxigênio (O₂)

Para Shareefdeen e Singh (2005 *apud* ENVIROMENT AGENCY, 2013) o oxigênio é extremamente vital para a operação de Biofiltros, uma vez que a maioria

dos microorganismos do sistema são aeróbicos. Bactérias aeróbicas heterotróficas trabalham em uma faixa de concentração de oxigênio de 5% a 15%.

Caso ocorra privação de oxigênio, alguns compostos odoríferos podem causar odor, como por exemplo, ácidos carboxílicos e aldeídos. Outro problema causado pela limitação de oxigênio é a formação de bolsas anaeróbicas e compactação de leito de filtração (Devinny *et al.*, 1999 *apud* ENVIROMENT AGENCY, 2013). Para elevar a concentração de oxigênio dentro dos sistemas, os gases de exaustão de ambientes podem ser levados ao Biofiltro (ENVIROMENT AGENCY, 2013).

Nutrientes

Segundo Brandt (2016) os materiais de enchimento servem de apoio para crescimento da biomassa (formação do biofilme), retêm a umidade do gás e fornecem nutrientes para os microorganismos, no caso quando o enchimento for de cavaco de madeira.

Para que os microorganismos do biofilme cresçam de maneira saudável é necessário que o meio tenha quantidades variáveis de nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, cálcio, magnésio, sódio e ferro (MORGENROTH *et al.*, 1996; DELHOMENIE *et al.*, 2001 *apud* ENVIROMENT AGENCY, 2013)

Segundo Wu *et al.* (1999 *apud* ENVIROMENT AGENCY, 2013), os meios inorgânicos não possuem nutrientes, entretanto estes podem ser adicionados durante a construção e serem repostos ao longo do funcionamento dos sistemas, o que não é observado quando o meio de fixação são os cavacos de madeira, todavia é necessário avaliar quando o mesmo deve ser trocado.

No quadro 2 é possível observar um compilado dos principais controles analíticos que devem ser realizado para uma boa operação em Biofiltros.

QUADRO 2 – PARÂMETROS DE CONTROLE PARA BOA OPERAÇÃO EM BIOFILTRO PARA CONTROLE DE ODORES

Parâmetro	Valor
Altura da camada de biofiltro (m)	1 a 1,5
Área do biofiltro (m ²)	1 a 3000
Vazão de ar (m ³ /h)	50 a 300.000
Percentual de vazios (%)	50
Tempo de detenção dos gases (s)	15 a 60
Concentração de poluente e/ou odor na entrada do tratamento (g/m ³ e/ou UO*/m ³)	0,01 a 5 500 a 50000
Temperatura de operação (C°)	14 a 40
Umidade relativa do gás (%)	98
Teor de água no leito filtrante (% em massa)	60
pH do leito filtrante	6 a 8
Concentração de oxigênio na entrada do tratamento (%)	5 a 15
Eficiência mínima e máxima do sistema (%)	60 a 100%

FONTE: Devinny *et al.* (1999 *apud* ENVIRONMENT AGENCY, 2013)

* UO = Unidade de Odor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do levantamento dos parâmetros de controle para uma boa operação de Biofiltros de cavaco de madeira, foi possível identificar que, dentre os itens levantados, alguns são considerados pelos autores como cruciais, sendo estes: umidade, temperatura, pH e disponibilidade de nutrientes. Outra questão identificada é a variação da faixa ótima de trabalho quando diferentes autores são consultados, um exemplo é a umidade para Liu (2017) o teor de umidade ideal para Biofiltros é de 50% podendo variar entre 40% a 65%, enquanto para Devinny *et al.* (1999 *apud* ENVIRONMENT AGENCY, 2013) é de 60%, entretanto essas variações não são exorbitantes.

Alguns autores consultados elencaram esse sistema como sendo mais econômico que os sistemas físico-químicos, entretanto pôde-se observar que o mesmo é mais complexo, principalmente pela quantidade de parâmetros elencados

no item 4, e isso se deve ao fato de o sistema estar trabalhando com organismos vivos e sensíveis a variações bruscas em seu ambiente. Portanto para quem possui esse tipo de tratamento estabelecer manuais de operação, manutenções programadas e um sistema de controle de parâmetros, é extremamente importante para a garantia de um sistema com longa vida útil e com elevadas taxas de eficiência de remoção de substâncias odoríferas.

O Bioiltro de cavaco de madeira pode ser considerado uma alternativa mais sustentável, em relação aos demais tipos de tratamentos existentes, uma vez que ele utiliza material orgânico, considerado por muitas indústrias como resíduos. Após o fim da vida útil do leito os cavacos podem ser encaminhados para compostagem de resíduos e o mesmo, como já dito anteriormente esse sistema não gera produtos secundários que necessitam de um complexo tratamento.

Uma observação secundária tirada na elaboração deste trabalho foi a ausência de legislações que determinem parâmetros objetivos de controle para fontes de emissão de substâncias odoríferas, podendo causar insegurança jurídica tanto da parte dos empreendedores como da comunidade atingida pelos impactos do odor.

REFERÊNCIAS

BRANDT, E. F. **Biofiltração e biopercolação de metano presente em gases residuais gerados em processos anaeróbios**. 2016. 212 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.) – Setor de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-AUEGD7/1/brandt_emf_2016.pdf. Acesso em: 10 fev. 2021.

BRANCHER, M. **Aprimoramento de estratégias regulatórias para gestão de odor ambiental**. 2017. 199 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC), 2017. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/3949/c9656f2dde480d71cbf79871a4c568c58902.pdf>. Acesso em 15 set. 2020.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 02 set. 1981.

COKER. C. Odor Treatment At Composting Facilities. **BioCycle**, Roanoke, Vol. 53, No. 8, p. 21, ago. 2012. Disponível em: <https://www.biocycle.net/odor-treatment-at-composting-facilities/> Acesso em: 15 set. 2020.

DAPPER, Steffani Nikoli *et al.* Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de são paulo. **Estudos Avançados**, [S.L.], v. 30, n. 86, p. 83-97, abr. 2016. FapUNIFESP (SciELO).. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142016.00100006>. Acesso em: 20 fev. 2021.

DEVINNY, J.S. *et al.* **Biofiltration for Air Pollution Control**. Boca Raton: CRC Press, 1999.

ENVIRONMENT AGENCY. **Biofilter performance and operation as related to commercial composting**. United Kingdon, 2013. Disponível em: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/291249/LIT_8166_d2eca5.pdf Acesso em: 15 set. 2020.

LESON, G.; WINER, A.M.. Biofiltration: An Innovative Air Pollution Control Technology For VOC Emissions, **Journal of the Air & Waste Management Association**, California, v. 41:8, p. 1045-1054, 1991. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10473289.1991.10466898> Acesso em 30 out. 2020. <https://doi.org/10.1080/10473289.1991.10466898>

LIU, Z. Design and Management of Biofilters for Odor Reduction of Livestock: Facilities. **K-STATE: Research na Extension**. Kansas, p.1-6, 2017. Disponível em: <https://bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/MF3387.pdf> . Acesso em: 25 out. 2020.

MARCOS, A.M.. **Fundamentos e Metodologias para a Avaliação do Impactos Odorante, estudo de caso: Município de Criciúma, SC**. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2011.

MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT. **Good Practice Guide for Assessing and Managing Odour**. Wellington: Ministry for the Environment, 2016. Disponível em: <https://www.mfe.govt.nz/sites/default/files/media/Air/good-practice-guide-odour.pdf> Acesso em: 15 set. 2020.

SILVA, M. B. **Influência do tipo de meio suporte no desempenho de biofiltros aplicados à remoção de H₂S do ar atmosférico em sistemas de esgoto sanitário**. 2008. 156 f. Tese (Mestrado em Mestre em Engenharia Ambiental) – Setor de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008. Disponível em: https://repositorio.ufes.br/bitstream/10/3863/1/tese_2604_Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Marjorye%20Boldrini%20da%20Silva.pdf. Acesso em: 10 fev. 2021.

VIEIRA, M. M. **Abordagem de procedimentos legais para o controle de incômodos olfativos**. 2013. 195 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC), 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/122810/325629.pdf?sequence=1&isAllowed=y> . Acesso em 29 set. 2020.