



Sueli Maria dos Santos

**AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS UTILIZANDO
COAGULANTES NATURAIS E REÚSO DO LODO NO PROCESSO DE
PRODUÇÃO DE FOGOS DE ARTIFÍCIOS**

BambuÍ-MG

2021

SUELI MARIA DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS UTILIZANDO
COAGULANTES NATURAIS E REÚSO DO LODO NO PROCESSO DE
PRODUÇÃO DE FOGOS DE ARTIFÍCIOS**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Minas Gerais – IFMG, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental.

Linha de Pesquisa: Tecnologias Ambientais

Orientador: Prof. Dr. Hygor Aristides Victor Rossoni. - UFV – *Campus Florestal/MG*
Coorientadora: Prof. Dra. Jéssica Ferreira Rodrigues. - IFMG *Campus Bambuí*



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
 Campus Bambuí
 Diretoria Geral
 Diretoria de Inovação, Pesquisa e Pós-graduação
 Coordenadoria de Pós-Graduação
 Av. Professor Mário Werneck, 2500 - Bairro Buritis - CEP 36575-100 - Belo Horizonte - MG
 71 3431 4000 - www.ifmg.edu.br

PARECER Nº 3

FICHA DE APROVAÇÃO

Dissertação de Mestrado, intitulada "Avaliação do Tratamento de águas residuárias utilizando coagulantes naturais e reúso do lodo no processo de produção de fogos de artifícios", de autoria da mestranda em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, Sueli Maria dos Santos, aprovada pela Banca Examinadora de Defesa, em 02/07/2021, com a média de 88,0 pontos.

O título da dissertação apresentada não teve mudança por parte da banca. A análise das correções finais da dissertação sugeridas pela Banca Examinadora será feita somente pelo professor orientador.

Bambuí (MG), 02 de julho de 2021.



Documento assinado eletronicamente por Carlos Fernando Lemos, Usuário Externo, em 04/07/2021, às 10:21, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por Jessica Ferreira Rodrigues, Professora, em 04/07/2021, às 11:35, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.

https://sei.ifmg.edu.br/sei/controlador.php?acao=procedimento_trabalhar&acao_origem=procedimento_controlar&acao_retorno=procedimento_controlar&id_procedimento=977106&infra_sistema=10000100&infra_u... 1/2

06/07/2021

SEI/IFMG - 0886472 - Parecer



Documento assinado eletronicamente por Hygor Aristides Victor Rezoni, Usuário Externo, em 04/07/2021, às 21:34, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por Msurtcio da Aparecida Santana, Usuário Externo, em 06/07/2021, às 11:25, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador 0886472 e o código CRC B49B54E6.

Criado por ronaldo.barbosa, versão 2 por ronaldo.barbosa em 04/07/2021 09:19:11.

S237a Santos, Sueli Maria dos.

Avaliação do tratamento de águas residuárias utilizando coagulantes naturais e reúso do lodo no processo de produção de fogos de artifícios. / Sueli Maria dos Santos. – Bambuí, 2021.

197 f.: il.; color.

Orientador: Prof. Dr. Hygor Aristides Victor Rossoni.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2021.

Tecnologia. 2. Resíduos líquidos e sólidos. 3. Industriais. I. Rossoni, Hygor Aristides Victor. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 628.162

BIOGRAFIA

Discente: Sueli Maria dos Santos

Filiação: José Modesto dos Santos e Iolanda Maxímina dos Santos

Naturalidade: Lagoa da Prata - **Estado:** Minas Gerais - **Data de nascimento:** 18/07/1978

Informações escolares:

Ensino Médio: Escola Estadual Nossa Senhora de Guadalupe – Lagoa da Prata/MG

Curso superior: Graduação (Bacharelado) em Engenharia Ambiental e Sanitária – Centro Universitário de Formiga (UNIFOR) - Formiga/MG (2007/2011). **Trabalho de Conclusão de**

Curso: Avaliação espectrofotométrica do teor de alumínio em efluentes industriais de fogos de artifícios no Centro-oeste de Minas Gerais. **Orientador:** Alex Magalhães de Almeida.

Cursos de Especialização:

Latu Sensu: Engenharia de Segurança do Trabalho – Centro Universitário de Lavras (UNILAVRAS) - Lavras/MG (2011/2013). **Trabalho de Conclusão de Curso:** Análise dos riscos ambientais existentes na fabricação de fogos de artifício em uma empresa localizada no Centro-oeste de Minas Gerais. **Orientadora:** Joelma Rezende Durão Pereira.

Latu Sensu: Teologia e Bíblia - Universidade Luterana do Brasil (ULBRA) (2017/2019) - **Trabalho de Conclusão de Curso:** A enfermidade analisada erroneamente como castigo Deus. **Orientador:** Gerson Luís Linden.

Experiência profissional: Atuou como docente na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras do Alto São Francisco (FASF), Luz/MG e na Faculdade Presidente Antônio Carlos de Bom Despacho (UNIPAC), Bom Despacho/MG, ambas na área ambiental. Atualmente trabalha na área de consultoria ambiental e segurança do trabalho na empresa “Águia Consultoria Ambiental”, localizada em Lagoa da Prata/MG, onde vem executando trabalhos relacionados à flora, fauna, solo, ar e água, em obras públicas e privadas, como licenciamentos ambientais, laudos, certidões de uso de água. Dispõe de uma equipe multidisciplinar para levantamento topográfico e outorgas, dimensionamentos de estação de tratamento de efluentes com seus respectivos testes em melhorias. Além disso, desenvolve cumprimento de condicionantes, projetos ambientais, laudos e documentos relacionados à área ambiental e segurança do trabalho. Supervisora, consultora e responsável técnica na área ambiental em aproximadamente 10 empresas, de gama multidisciplinar – fogos de artifícios, cosméticos e higiene, entre outras – localizadas em Lagoa da Prata, Santo Antônio do Monte, Japaraíba e Moema. Soma-se a isso, um contrato de prestação de serviços para a Prefeitura Municipal de Lagoa da Prata/MG.

Dedico esta dissertação à infinita misericórdia de Jesus Cristo, pela qual consegui concluir de forma satisfatória. Dedico também aos meus filhos, minha mãe, meus irmãos, meu orientador e toda a equipe da Super Fogos e Beija-Flor pelo apoio e colaboração.

“Pedi, e dar-se-vos-á; buscai, e encontrareis; batei, e abrir-se-vos-á.”

(Bíblia Sagrada Ave Maria: Mateus 7:7)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua infinita misericórdia que me permitiu realizar mais um sonho nesta existência. Por Seu infinito amor, pela Sua voz “invisível” que não me permitiu desistir e principalmente por ter me dado saúde e sabedoria. À minha família, especialmente meus filhos Luís e Gabriel, minha mãe Iolanda, por toda compreensão, amor, dedicação e carinho concedidos.

Aos meus irmãos (Paulo, Cinara), sobrinhos e cunhado e cunhada, por apoiar nos momentos mais difíceis, sempre me dando força para alcançar meus objetivos.

Ao meu orientador, Professor Hygor Rossoni, pela competência, profissionalismo e dedicação tão importantes. Por tantas vezes que nos reunimos e, embora em algumas eu chegasse desesperada, bastavam alguns minutos de conversa e umas poucas palavras de incentivo e me animava novamente. Agradeço por ter confiado em meu trabalho, mesmo nas minhas limitações e dificuldades. Tenho certeza que esse apoio fez toda a diferença no resultado final do presente trabalho. Um orientador tem o desafio de nos guiar da melhor forma possível para conseguirmos finalizar o trabalho, porém, no meu caso fiz um amigo que me proporcionou muito conhecimento e novas experiências.

Aos professores e funcionários do Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do IFMG – *Campus* Bambuí, pela dedicação, competência, apoio e todo conhecimento compartilhado.

Aos membros da banca Professor Fernando Lemos, Maurício da Aparecida Santana e a Coorientadora - Professora Jéssica Ferreira Rodrigues por concordarem com esse desafio final e contribuir pelo aperfeiçoamento do meu conhecimento e contribuições nessa dissertação.

Aos companheiros do Mestrado, pelo convívio, brincadeiras, experiências compartilhadas, aprendizagens, alegrias e dificuldades, também o apoio demonstrado.

Aos amigos e primas, por entenderem meu afastamento e mesmo assim sempre estiveram ao meu lado me auxiliando.

Aos meus clientes, vocês são um dos motivos pelo qual vim lutar por este "título", obrigada pela dedicação, competência, apoio e todo conhecimento compartilhado.

Agradeço de forma muito especial aos proprietários Magnaldo Geraldo Filho e Welliton Carvalho Gois da empresa Artesanato de Fogos Vitória Ltda. e José Aparecido da Silva e Jovane Carlos Carvalho da empresa Fogos Super Show Indústria e Comércio Ltda., ao apoio e criação do vídeo e do *site* “produto técnico”, Inácio Mattos e o João Alves pela parte geográfica e o mapeamento. Às Professoras Guilhermina Furtado e Meire Mara Coelho Nogueira pelas correções da dissertação nas normas gramaticais e ortográficas de língua portuguesa.

Por fim, a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para o desenvolvimento desta dissertação, o meu sincero agradecimento.

Pela infinita misericórdia de Jesus Cristo, consegui concluir, após muita dedicação, de forma satisfatória esta dissertação, por isso dedico-a aos meus filhos, minha mãe, meus irmãos, meu orientador e toda a equipe da Super Fogos e Beija-Flor pelo apoio e colaboração.

“A natureza não faz milagres, faz revelações”.

Carlos Drummond de Andrade

RESUMO

Em busca do reúso de resíduos sólidos e líquidos industriais das empresas Super Fogos e Fogos Beija-flor, como logística reversa, este trabalho propõe analisar alternativas inovadoras para o ramo de fogos de artifícios, com uma temática de estudo que apontou experimentos, que descrevem técnicas científicas e metodológicas. Assim, o presente trabalho buscou construir um diagnóstico minucioso sobre o gerenciamento de resíduos começando por modificação do tratamento convencional das águas residuárias industriais com a aplicação de coagulantes naturais e apontando o reúso dessas águas para fins de abastecimento nas oficinas e lâmina d'água; o reúso do lodo originado após o tratamento desses efluentes, como subproduto na linha de produção. Vale ressaltar que, inicialmente, foram feitas buscas bibliográficas para compor a revisão sistemática, o que foi muito pertinente e positiva, uma vez que são estudos novos para a atividade de fogos de artifícios, embora também tenham sido encontrados artigos com limitações. Durante a busca por estudos sobre os aspectos de gerenciamento de resíduos, foram encontrados 31 artigos que contribuíram na composição científica do conhecimento. Posterior à pesquisa sistemática, foram realizados os testes com uso dos coagulantes de acácia-branca (*Moringa oleífera*) Girassol (*Helianthus annuus*), resíduos de abóbora (*Cucurbita* spp.), quiabo (*Abelmoschus esculentus*) e banana (*Musa* spp.) em substituição ao tratamento convencional – observou-se a eficácia para descarte das águas limpas, porém a empresa Super Fogos reusa toda essa água para fins de limpeza. Apenas o girassol (*Helianthus annuus*) não se mostrou relevante para este trabalho. Em busca de uma destinação final do lodo proveniente do tratamento industrial, foram realizados experimentos em escala plena na empresa Fogos Beija-flor em forma de substituição de partes do insumo terra refratária pelos sedimentos gerados no tratamento convencional e com coagulantes naturais. O estudo avaliou a qualidade das bombas de solo - B1, B4 e Explosão -, que se apresentaram próprias para a comercialização. Com essas aquisições de alternativas da destinação final dos resíduos sólidos e líquidos de fogos de artifícios tem-se uma economia de R\$13.797,32, anualmente, como apontaram indicadores oportunos para compor a logística reversa. Por fim, foi apresentada como produto técnico, atendendo o requisito básico do programa de pós-graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, a criação de um *website* na plataforma *Elementor*, disponibilizando assim o acesso para os interessados em busca de redução de impactos ambientais.

Palavras-chave: Tecnologia. Resíduos líquidos e sólidos. Industriais.

ABSTRACT

In search of the reuse of industrial solid and liquid waste from the companies Super Fogos e Fogos Beija-flor, as reverse logistics, this paper proposes to analyze innovative alternatives for the field of fireworks, with a study theme that pointed to experiments that describe techniques scientific and methodological. Thus, this study sought to build a detailed diagnosis of waste management starting with the modification of the conventional treatment of industrial wastewater with the application of natural coagulants and pointing to the reuse of these waters for supply purposes in workshops and water depths; in the same way, the reuse of the sludge originated after the treatment of these effluents, as a by-product in the production line. It is noteworthy that, initially, bibliographic searches were carried out to compose the systematic review, which was very relevant and positive, since these are new studies on the activity of fireworks, although articles with limitations were also found. During the search for studies on aspects of waste management, 31 articles were found that contributed to the scientific composition of knowledge. After the systematic research, tests were performed using white wattle (*Moringa oleifera*) coagulants Sunflower (*Helianthus annuus*), pumpkin (*Cucurbita* spp.), okra (*Abelmoschus esculentus*) and banana (*Musa* spp.) residues in substitution to the conventional treatment – the efficiency was observed for the disposal of clean water, however the company Super Fogos reuses all this water for cleaning purposes. Only sunflower (*Helianthus annuus*) was not relevant for this work. In search of a final destination for the sludge from industrial treatment, full-scale experiments were carried out at Fogos Beija-flor in the form of replacing parts of the refractory earth input by sediments generated in conventional treatment and with natural coagulants. The study evaluated the quality of the ground pumps - B1, B4 and Explosion -, which were suitable for commercialization. With these acquisitions of alternatives for the final disposal of solid and liquid waste from fireworks, savings of R\$13,797.32 annually are obtained, as indicated by opportune indicators to compose the reverse logistics. Finally, it was presented as a technical product, meeting the basic requirement of the graduate program in Sustainability and Environmental Technology, the creation of a website on the Elementor platform, thus providing access to those interested in seeking to reduce environmental impacts.

Keywords: Technology. Liquid and solid waste. Industrials.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

1 INTRODUÇÃO GERAL

Figura 1 - Localização geográfica das cidades abordadas no estudo	35
Figura 2 – Fachada da “Fogos Vitória”	36
Figura 3 - Fachada da “Fogos Super Show”	37
Figura 4 - Fluxograma da cartonagem para fabricação de canudos dos fogos de artifícios	40
Figura 5 - Fluxograma do subsetor de matriz.....	41
Figura 6 - Fluxograma do subsetor de fabricação de pólvora branca e arrematação	42
Figura 7 - Fluxograma do subsetor de fabricação de pólvora negra	43
Figura 8 - Fluxograma do subsetor de fabricação de cores e arrematação.....	44
Figura 9 - Oficina com 10cm de lâmina d’água	45

I CAPÍTULO

Figura 1 - Fluxograma de PRISMA com informações para estudo na revisão sistemática em meta-análise quantitativa	63
Quadro 1 - Artigos selecionados para avaliação de tratamento de águas residuárias com coagulantes naturais, reutilização da água tratada no processo de limpeza, e reúso do lodo no processo de fabricação dos fogos de artifícios	65-71

II CAPÍTULO

Figura 1 - Resíduos de abóbora (<i>Cucurbita</i> spp.) aplicados como coagulantes	89
Figura 2 - Cascas de banana (<i>Musa</i> spp.) avaliadas na aplicação como coagulantes natural ..	90
Figura 3 - Fruto de quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i>) avaliados como coagulantes.....	90
Figura 4 - Sementes de Acácia-branca (<i>moringa oleífera</i>) utilizadas como coagulante natural	93
Figura 5 - Sementes de Girassol (<i>Helianthus annuus</i>) utilizadas como coagulante natural.....	95
Figura 6 - Oficina de manipulação de pólvora brnaca contém 10cm de lâmina d’água residuária para minimizar risco de incêndio e explosão.....	96
Figura 7 - Fluxograma de produção de fogos de artifícios.....	97
Figura 8 - Fluxograma da estação de tratamento de águas residuárias industriais de fabricação de fogos	102
Figura 9 - Esquemática da estação de tratamento de águas residuárias industriais de pirotécnicos no vertical.....	103

Continuação lista de figuras

Figura 10 - Diagrama da estação de tratamento de efluentes de fogos de artifícios no horizontal.....	103
Figura 11 - Caixa de floculação para adição de coagulante naturais.....	104
Figura 12 - Caixa de floculação do tratamento de águas residuárias industriais com adição de coagulante	105
Figura 13 - Água residuária tratada com coagulante natural passando na caixa filtro para reuso para fins menos nobres na produção dos fogos de artifícios.....	106
Figura 14 – Águas residuárias industriais tratadas com coagulante natural semente de girassol (<i>Helianthus annuus</i>)	107
Figura 15 – Aplicação dos coagulantes naturais quiabo, abóbora, banana, acácia-branca, e o sulfato de alumínio nas águas residuárias de fogos de artifícios	115-116
III CAPÍTULO	
Figura 1 - Leito de secagem do lodo provindo do tratamento de águas residuárias industriais de fogos de artifícios	132
Figura 2 - Leito de secagem dos lodos com uso de coagulantes naturais e químico	133
Figura 3 - Lodo da estação de tratamento com uso de coagulantes naturais.....	134
Figura 4 - Lodo da estação de tratamento com uso de coagulantes naturais para a realização da característica física-química e classificação quanto à periculosidade	134
Figura 5 - Acondicionamento do lodo seco em até 2% de umidade para uso na fabricação de bombas de solo	135
Figura 6 - Fluxograma de reuso do lodo no seguimento de fogos de artifícios	136
Figura 7 - Tubos prensados, com lodo da estação de tratamento das águas residuárias com coagulantes químico e naturais.....	143
Figura 8 - Bombas de solo fabricadas com lodo do tratamento convencional e com a utilização de coagulantes naturais.....	144
Figura 9 - Bombas de solo fabricadas com lodo embaladas para comercialização.....	145
Figura 10 - Aplicação do teste estatístico da detonação de bombas de solo B1 com 10 repetições de cada um dos tratamentos	148
Figura 11 - Aplicação do teste estatístico da detonação de bombas de solo B4 com 10 repetições de cada um dos tratamentos	149
Figura 12 - Aplicação do teste estatístico da detonação de bombas de solo Explosão com 10 repetições de cada um dos tratamentos	150

Continuação lista de figuras

IV CAPÍTULO

Figura 1 - Criação do <i>site</i> veiculado ao produto técnico	160
Figura 2 - Portfólio do <i>website</i>	161
Figura 3 - Meios de comunicação visual para <i>website</i>	162
Figura 4 - Criação do produto técnico no <i>site</i> no <i>Elementor</i>	166
Figura 5 - Localização das empresas objeto de estudo dos capítulos II e III	167
Figura 6 - Vídeo do processo produtivo dos fogos de artifícios na empresa Super Fogos com respectiva logística reversa.....	168
Figura 7 - <i>Links</i> para acesso nos capítulos e dissertação.....	169
Figura 8 - Início do processo da elaboração do site com a empresa objeto de estudo do tratamento com uso de coagulantes naturais	170
Figura 9 - Alternativas de tratamento de águas residuárias industriais convencional e com uso de coagulantes naturais	171
Figura 10 - Características dos coagulantes escolhidos para o tratamento industriais de fogos de artifícios	172
Figura 11 - Preparo e trituração dos coagulantes naturais escolhidos	172
Figura 12 - Processo de tratamento das águas residuárias indústrias	173
Figura 13 - Caixa filtro	173
Figura 14 - Resultados das análises do tratamento das águas residuárias industriais de fogos de artifícios	174
Figura 15 - Resultados da cor e turbidez do tratamento convencional em comparação com o de uso de coagulantes naturais	175
Figura 16 - Economia no tratamento das águas residuárias com o uso de coagulantes naturais	176
Figura 17 - Empresa objeto de estudo reúso do lodo do tratamento convencional e com coagulantes naturais	177
Figura 18 - Alternativas com o lodo originado no tratamento de águas residuárias industriais de fogos de artifícios	177
Figura 19 - Acondicionamento do lodo do tratamento convencional e com uso de coagulantes naturais	178
Figura 20 - Acondicionamento de resultado do lodo com uso de coagulantes naturais.....	179
Figura 21 - Insumo para produção das bombas de solo e processo de matriz.....	180

Continuação lista de figuras

Figura 22 - Fabricação das bombas de solo manipulação de pólvora branca	181
Figura 23 - Enfeitado e arrematado das bombas de solo.....	182
Figura 24 - Resultados dos testes de detonação com 10 repetições demonstrando a qualidade das bombas de solo – B1, B4 Explosão	183
Figura 25 - Economia com o reuso do lodo do tratamento convencional e com o uso de coagulantes naturais.....	184
Figura 26 - Contato.....	184
Figura 27 - Crédito e Referências utilizadas no <i>site</i>	185

LISTA DE TABELAS

I CAPÍTULO

Tabela 1 - <i>Checklist</i> de busca de publicações em periódicos acadêmicos a partir das palavras-chave.....	61
---	----

II CAPÍTULO

Tabela 1 - Características dos coagulantes naturais usados no presente estudo.....	100
Tabela 2 - Características dos coagulantes utilizados no presente estudo.....	101
Tabela 3 - Parâmetros para a classificação de águas residuárias.....	108
Tabela 4 - Resultados amostrais dos parâmetros pertinentes à entrada das águas residuárias industriais (bruta) oriundas da limpeza de oficinas e equipamentos.....	110
Tabela 5 - Resultados analíticos de cada tratamento com os diferentes coagulantes	111
Tabela 6 - Resultados do uso de coagulantes naturais e com o sulfato de alumínio das águas residuárias geradas na fabricação de fogos de artifícios conforme deliberação normativa do COMPAM/CERJMGN°01, Minas Gerais (2008)	114
Tabela 7 - Economia anual com aplicação de coagulantes no tratamento de águas residuárias industriais gerados de fogos de artifícios da empresa objeto de estudo	117

III CAPÍTULO

Tabela 1 - Parâmetros de análise do lodo gerado na estação de tratamento de águas residuárias	131
Tabela 2 - Materiais para preparo de massa com conceitos de Logística Reversa.....	137
Tabela 3 - Descrição quantitativa dos tratamentos com reuso dos lodos por porcentagem ..	138
Tabela 4 - Matéria-prima para preparo da formulação da pólvora branca	138

Continuação lista de tabelas

Tabela 5 - Ensaio de lixiviação do lodo gerado no tratamento com uso de coagulantes naturais	140-141
Tabela 6 - Tempo de detonação de bomba de solo tradicional com 100% da terra refratária (t0)	146
Tabela 7 - Tempo de detonação de bomba de solo com substituição de 42,3% da terra refratária por lodo oriundo do tratamento convencional (t1)	147
Tabela 8 - Tempo de detonação de bomba de solo com substituição de 42,3% da terra refratária por lodo oriundo do tratamento com uso de coagulantes naturais (t2).....	148
Tabela 9 - Economia anual com inserção do lodo no processo produtivo de 2.488.320 unidades de bomba de solo na empresa objeto de estudo	151

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
Al – Alumínio
 $Al_2(SO_4)_3$ – Sulfato de Alumínio
ARI – Águas Residuárias Industriais
AIDIS – Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental
ACV – Avaliação do Ciclo de Vida
ANOVA – Análise de Variância
B1 – Bomba Número Um
B4 – Bomba Número Quatro
Ba – Bário
BLOGS – Diário Online
BR – Rodovia Federal
 $Ca(OH)_2$ – Cal-hidratado
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos
cm – Centímetros
COLOG – Comando Logístico
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental
Cu – Cobre
cv – Cavalo-vapor
DBO₅ – Demanda Bioquímica de Oxigênio
DCT – Departamento de Ciências Tecnológicas
DQO – Demanda Química de Oxigênio
DN – Deliberação Normativa
ETE – Estação de Tratamento de Esgotos/Efluentes
ETA – Estação de Tratamento de Águas
FASF - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras do Alto São Francisco
Fe – Ferro
FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente
FI – Fator de Impacto

FIEMG – Federação das Indústrias do Estado Minas Gerais
FISPQ – Ficha de segurança de produtos químicos
EI – Estimativa de Incerteza
ELEMENTOR - Empresa israelense de software que fornece serviços web
IEF – Instituto Estadual de Florestas
IFMG – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais
IPTEC – Revista de Inovação Projetos Tecnologias
G – Grande
g – Grama
GPS - Global Positioning System
Scholar google - Google Académico
h – Hora
H – Hipotese
ha – Hectares
Hz - hertz
HOSTGATOR – Local físico onde os servidores estão localizados
Ibero – Revista Americana de Ciencias Ambientais
IJERA - *International Journal of Engineering Research and Applications*
IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas
IMED – Instituto de Medicina, Estudos e Desenvolvimento
JCR - *Journal Citation Reports*
JRW – Laboratório de Análises Ambientais
kg – Quilograma
kg/m³ – Quilograma por metro cúbico
km – Quilometros
l – Litro
LQ – Limite de Quantificação
LR – Logística Reversa
M – Médio
m – Metro
m³ – Metros cúbicos
mg – Miligram
mg/L – Miligramas por litro
mm – Milimetro

MEC – Ministério da Educação
MG – Minas Gerais
ml – Mililitros
min.. - Minuto
MP – Matéria-prima
MTR – Manifesto de Transporte de Resíduos
Nº - número
NA – Não se aplica
NAEA – Novos Cadernos
NBR – Norma Brasileira de Representação
ND – Não possui classificação
Ni – Níquel
NP – Não disponível
NR – Normas Regulamentadoras
NTU – Turbidez
NV – Não Verificado
Valor-p – Probabilidade de Significância
PAC – Cloreto de Polialumínio
Pb – Chumbo
PGRS – Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
pH – Potencial hidrogeniônico
PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos
PMMG – Polícia Militar do Estado de Minas Gerais
PRISMA – Systematic Reviews and meta-analyses of studies
PT/CO – Plantinha com Cobalto
PT/L Plantinha por litro
Q – Questão
REA – Revista de Administração
REEC – Revista Eletronica de Engenharia Civil
REEE – Resíduos de Equipamentos Elétricos Eletrônicos
rpm – Rotação por minuto
SAAE – Serviço de Autônomo de Águas e Esgotos
SAM – Santo Antônio do Monte
SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Sb – Antimônio

SINDIEMG – Indústrias de Explosivos do Estado de Minas Gerais

SISNAMA – Sistema Nacional de Meio Ambiente

SIT – Secretaria de Inspeção do Trabalho

SNGREH – Sistema Nacional de Recursos Hídricos

SSed – Sólidos Sedimentáveis

SS – Sólidos Suspensos

ssp – Subespécie Estrangeira

Sr – Estrôncio

T – Temperatura

t – Tonelada

t – teste

TR – Teste de Relevância

UFMS – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

ULBRA - Universidade Luterana do Brasil

UM – Unidade de Medida

UNIPAC - Faculdade Presidente Antônio Carlos de Bom Despacho

v – Volts

VM – Valor Máximo

VMP – Valor Máximo Permitido

VISUAL DESIGN – Suporte da comunicação visual

WORD PRESS – Plataforma para publicação e gerenciamento de blogs e sites

WEBSITE – Web (rede) e Site (sítio, lugar)

LISTA DE SÍMBOLOS

<	Menor que
>	Maior que
=	Igual
/	Tal que
\leq	Menor e/ou igual
\geq	Maior e/ou igual
%	Porcentagem
°C	Temperatura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	28
1.1	Relevância e justificativa.....	30
1.2	Questão e hipótese de pesquisa	32
2	OBJETIVOS.....	34
2.1	Objetivo geral	34
2.2	Objetivos específicos	34
3	CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO, ESTRATÉGIAS EXPERIMENTAIS E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	35
3.1	Caracterização das empresas parceiras e objeto de estudos	36
3.2	História dos fogos de artifícios no Centro-oeste de Minas Gerais	37
3.3	Processo produtivo das indústrias de fogos de artifícios	38
	REFERÊNCIAS	49
I	A AVALIAÇÃO DO USO DE COAGULANTES NATURAIS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS E REÚSO DO LODO: Uma revisão sistemática da literatura.....	53
1	Introdução.....	55
2	Referencial Teórico	56
2.1	Abordagem da problemática ambiental de indústrias de fogos de artifícios	56
2.2	O processo de tratamento convencional de águas residuárias industriais pirotécnicos	56
2.3	Gerenciamento dos resíduos sólidos industriais de artigos pirotécnicos	58
2.4	Logística reversa de resíduos sólidos e líquidos.....	58
3	Material e métodos	60
4	Resultados e discussão.....	65
5	Considerações finais	77
	REFERÊNCIAS	78
II	AVALIAÇÃO DO USO DE COAGULANTES NATURAIS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS INDUSTRIAIS ORIUNDAS DA FABRICAÇÃO DE FOGOS DE ARTIFÍCIOS	83
1	Introdução.....	85
2	Referencial teórico	87
2.1	Propriedades ou características físico-químicas da abóbora (<i>Curcubita</i> spp.) como coagulante natural.....	88

2.2	Propriedades ou características físico-químicas da banana (<i>Musa spp.</i>) como coagulante natural.....	89
2.3	Propriedades ou características físico-químicas do quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i>) como coagulante natural	90
2.4	Propriedades e características físico-química da acácia-branca (<i>Moringa oleifera</i>) como coagulante natural.....	92
2.5	Propriedades e características físico-químicas do girassol (<i>Heliantus annuus</i>) como coagulante natural.....	94
2.6	Descrição dos resíduos gerados durante a faricação dos fogos de artifícios.....	95
2.6.1	Tratamento das águas residuárias	96
2.6.2	Tratamento dos resíduos sólidos	98
3	Material e métodos	99
3.1	Descrição da empresa	99
3.2	Abastecimento de águas residuárias e geração de efluentes industriais	99
3.3	Uso de coagulatnes naturais em águas residuárias industriais de fogos de artifícios ..	99
3.3.1	Obtenção com coagulantes naturais	100
3.4	Condução dos experiemntos com a utilização de coagulantes naturais das águas residuárias industriais	102
3.5	Análises físico-químicas dos tratamentos de águas residuárias industriais utilizando coagulantes naturais e convencional	107
3.6	Análise dos resultados dos testes com uso de coagulantes naturais	108
4	Resultados e discussão	110
4.1	Resultados das características das águas residuárias (bruta).....	110
4.2	Resultados dos ensaios das águas residuárias utilizando coagulantes naturais e químico	110
5	Conclusão	118
	REFERÊNCIAS	120
III	REÚSO DO LODO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS INDUSTRIAIS VISANDO À LOGÍSTICA REVERSA NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FOGOS DE ARTIFÍCIOS	126
1	Introdução.....	128
2	Material e métodos	130
2.1	Caracterização do lodo oriundo do tratamento das águas residuárias industriais	130

2.2	Reutilização do lodo oriundo do Tratamento de águas residuárias industriais do tratamento convencional e com uso de coagulantes naturais	131
2.3	Condução da análise do lodo originado no sistema de tratameto realizado com uso de coagulantes naturais.....	133
2.4	Condução do ensaio de reúso do lodo no processo de produção.....	135
2.5	Ensaio da reutilização do lodo nos fogos de artifícios.....	136
3	Resultados e discussão	140
3.1	Caractetização do lodo das águas residuárias industriais	140
3.2	Produção das bombas de solo com lodo em substuição da terra refratária	142
3.3	Testes de qualidade de detonação das bombas.....	145
4	Conclusão	153
	REFERÊNCIAS	155
IV	TÉCNICAS ECOLÓGICAS E ECONÔMICAS DO REÚSO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS E SÓLIDOS NA INDÚSTRIA DE PIROTÉCNICOS NO CENTRO-OERTE DE MINAS GERAIS: Produto técnico do mestrado profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do do IFMG <i>Campus Bambuí</i>	157
1	Introdução.....	160
2	Objetivo	162
3	Desenvolvimento	163
3.1	Criação do produto técnico.....	164
3.2	Público alvo	164
3.3	Produção do <i>website</i>	164
3.4	Produção do vídeo	166
5.5	Caracterísitca da criação do <i>website</i>	169
3.5.1	<i>Inserção do capítulo II avaliação do uso de coagulantes naturais no tratamento das águas residuárias industriais oriundas da fabricação de fogos de artifícios.....</i>	169
3.5.2	<i>Inserção do capítulo III reúso do lodo da estação de tratamento de águas residuárias industriais visando à logística reversa no processo de produção de fogos de artifícios.....</i>	176
5	Considerações finais	186
	REFERÊNCIAS	187
4	CONCLUSÃO.....	189
	APÊNDICES - Termo de autorização de coleta de dados.....	191
	APÊNDICE A - Termo de autorização de coleta de dados Fogos Vitória	191

APÊNDICE B - Termo de autorização de coleta de dados Fogos Super Show	192
APÊNDICE C - Planilha de custo relacionado ao desenvolvimento da pesquisa.....	193
ANEXO I - Declaração da SUPRAM/ASF da destinação final do lodo proveniente do tratamento das águas residuárias industriais.....	194
ANEXO II - Análise de águas residuárias industriais brutas, de águas tratadas pelo tratamento convencional e por coagulantes naturais	195
ANEXO III - Análise do lodo originado no tratamento das águas residuárias industriais	196

APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho de dissertação, fracionado em quatro (4) capítulos, constitui um dos atributos essenciais para alcançar o título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, oferecido pelo Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) – *Campus Bambuí* (MINAS GERAIS, 2020). Portanto, aborda novas tecnologias voltadas à análise e verificação dos resíduos industriais líquidos e sólidos, contaminados com metais pesados, gerados durante a confecção dos fogos de artifícios, indo ao encontro da linha de pesquisa “Tecnologias Ambientais”.

A apresentação do trabalho de dissertação inicia-se com Introdução Geral, na qual são expostos os efeitos negativos resultantes dos resíduos sólidos e líquidos, gerados nas indústrias de fogos de artifícios, apresentaram possíveis alterações para torná-los menos impactantes ao ambiente. A justificativa e a relevância do trabalho, abordando o problema e a hipótese de estudo, que também fazem parte da Introdução, alinham-se ao objetivo geral e colaboram com os objetivos específicos, em virtude de minimizar custo e impacto ambiental.

A temática do objeto de estudo está centrada na proposta de novas tecnologias experimentais e descreve técnicas metodológicas alinhadas a cada objetivo específico estabelecido, com levantamento de dados e experimentos. Vale destacar que, cada objetivo específico compõe um capítulo da presente dissertação. Optou-se por adotar esse tipo de apresentação visando atender as futuras publicações em revistas científicas. Dessa forma, cada capítulo contém elementos textuais e seções próprias – Introdução; Material e Métodos; Resultados e Discussão; Conclusões ou Considerações Finais e Referências Bibliográficas – buscando atender as condições necessárias para a submissão em periódicos científicos.

O Capítulo I traz a pesquisa bibliográfica desenvolvida por meio de uma revisão sistemática de literatura sobre a “Avaliação do uso de coagulantes naturais no tratamento de águas residuárias e reúso do lodo: uma revisão sistemática da literatura”, na procura de artigos científicos que contribuem para a pesquisa dos conteúdos em análise e avaliação, seguindo os objetivos propostos na elaboração da dissertação.

O Capítulo II trata dos testes usando coagulantes naturais no tratamento das águas residuárias industriais oriundas da fabricação de fogos de artifícios, verificando a possibilidade do reúso para fins de limpeza industriais nas oficinas, equipamentos e lâminas d'água como uso “menos nobres”, o que é feito por meio do uso de sementes de acácia-branca (*Moringa oleífera*) e girassol (*Helianthus annuus*), resíduos orgânicos abóbora

(*Cucurbita* spp.), *Abelmoschus esculentus* e banana (*Musa* spp.). Observando-se a eficiência de cada coagulante e fundamentando possíveis substituições ao tratamento convencional e no que trata dos indicadores de influência ambiental econômica do processo de tratamento das águas residuárias industriais provindas dos fogos de artifícios, como resultados efetuados na avaliação por comparação entre as estações de tratamento convencional, leva em consideração o uso de coagulantes naturais e a reutilização das águas tratadas.

O Capítulo III, intitulado “Logística de reúso e destinação final do lodo de estação de tratamento de águas residuárias industriais provinda da produção de fogos de artifícios”, torna-se estratégico para ser avaliada uma tecnologia de como reintegrar o que atualmente representa um resíduo em um insumo ou subproduto, na produção da fabricação dos fogos de artifícios, mediante a avaliação dos lodos do tratamentos físico-químico e com uso de coagulantes naturais em relação à qualidade do produto; além disso desenvolve e aponta sugestões ambientais e dos valores que envolvem a destinação dos resíduos sólidos no aterro regularizado, tendo ainda como auxiliares o reúso do lodo em insumo e/ou de subprodutos no processo pirotécnico.

De forma breve, são também identificadas algumas medidas a serem tomadas com vista a melhorar o desempenho ambiental das estações de tratamento, como divulgação via *website*, com o objetivo de alcançar outras empresas do mesmo ramo ou não. O Capítulo IV é representado por um Produto Técnico – *website* “Técnicas ecológicas e econômicas com uso de resíduos pirotécnicos”, que será desenvolvido e entregue em cumprimento da prerrogativa da Portaria Normativa MEC N° 17/2009, Art. 4º, sendo objetivos do mestrado profissional [...], aliado em fundamentos que contribuem para as indústrias de fogos de artifícios, assim minimizando os impactos ambientais com derivados de metais pesados [...] e Art 7º, Inciso 3º, o trabalho da dissertação de curso expõe diversas técnicas estratégicas [...], Instrutivas para obter resultados técnicos e rápidos [...] (BRASIL, 2009).

A Conclusão Geral é apresentada por meio de indicadores, com um balanço de todo o trabalho exposto, o qual propõe os desafios que nortearam as medidas de melhoria ecológica e econômica. Assim, o estudo evidencia as contribuições, atendendo às avaliações e aplicabilidades, pois expõe uma nova técnica que pode contribuir com a parte acadêmica do mestrado profissional e com a atitude ecologicamente correta das indústrias que foram objeto de estudo.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O reaproveitamento dos resíduos líquidos e sólidos é um tema muito relevante diante das transformações pelas quais o mundo vem passando, chega a ser visto não apenas como uma necessidade, mas também como uma prioridade. Mesmo com toda relevância dada à importância da preservação dos recursos naturais do planeta, algumas indústrias ainda apresentam comportamentos contrários ao equilíbrio ambiental, afetando cada vez mais o meio ambiente com a poluição química de natureza inorgânica ou orgânica, decorrente de resíduos industriais.

Aliás, em relação ao consumo de recursos naturais, existe uma grande geração de rejeitos que não tem recebido o destino correto (SANTOS, 2003). O crescimento populacional e o desenvolvimento dos processos industriais são apontados como fatores que colaboram de modo significativo com a poluição e escassez de recursos ambientais. Vale ressaltar que os impactos ambientais sobre os recursos naturais não estão relacionados apenas à sua exploração, mas também à disposição inadequada de resíduos líquidos, sólidos e gasosos (PEREIRA *et al.*, 2013).

Santos (2003) destacou que o crescimento da população apontou significativamente o aumento do consumo dos recursos naturais como uso de água, ocupação do solo e poluição do ar, e que o consumo desses recursos, por sua vez, exige um aumento na produção industrial alimentícia, agroindustrial e até de fogos de artifícios, dentre outras atividades. Nesse viés, observaram-se consequências indesejáveis que agravam cada vez mais o meio ambiente, no que se relaciona ao descarte de resíduos sólidos, líquidos e gasosos acima da capacidade de autodepuração, o que implica na degradação ambiental.

Diante disso, conceitos fundamentais da tecnologia em tratamentos de águas residuárias não convencionais¹ possibilitam uma alternativa mais limpa de modo à preservação ambiental, tornando assim, possíveis, abordagens que implicam em uma visão sistêmica do meio ambiente e da atividade industrial conforme Giannetti *et al.* (2003), de forma que se emprega uma tecnologia natural, para uma produção mais limpa, fundamentando-se na preocupação de atenuar os efeitos da disposição das águas residuárias industriais do segmento de fogos de artifícios. A substituição do tratamento convencional desses efluentes torna-se alternativa, uma vez que essa cadeia produtiva utiliza vários

¹ Conceito de palavras sinônimos: não convencional; natural: define por método alternativo para aplicação como coagulante.

produtos químicos produzindo resíduos contaminados com metais pesados (SANTOS e CORRÊA, 2016).

Pereira *et al.* (2013) ressaltaram a importância do tratamento das águas residuárias, por abranger um conjunto de ações estabelecidas para manter o equilíbrio ambiental, evitando a contaminação do meio ambiente com o lançamento inadequado de dejetos. Por sua vez, Buss *et al.* (2015) expuseram que não basta simplesmente tratar os efluentes líquidos com eficiência e que é preciso se preocupar também com os resíduos sólidos e semissólidos originados do próprio tratamento dessas águas residuárias.

Por tanto, Oliveira, Kikkawa e Santos (2018) citaram a possibilidade de algumas inovações baseada na logística reversa dos resíduos industriais, visando à reciclagem ou reúso de dejetos, que podem ser aplicados em diversas atividades industriais, domésticas, hospitalares e agrícolas, desde que não poluam e nem degradem o meio ambiente. Ainda segundo esses autores, lodo é o resíduo decorrente do tratamento de águas residuárias, produzido no final da estação de tratamento. Esses resíduos podem ser considerados classe I (resíduos perigosos) ou não, dependendo do tipo de atividade, pois, como determinados sólidos ou semissólidos, seu descarte no solo e/ou em cursos de água exige soluções técnicas, o que demanda um upgrade tecnológico que atenda à Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 10.004 (BRASIL, 2004).

A destinação final dos resíduos sólidos industriais é um dos principais problemas ambientais, devido ao seu potencial de contaminação. Dessa forma, a evolução das políticas e da ética ambiental expressa a finalidade adequada, estimulando a adoção de novas tecnologias, conforme preconizado na Resolução CONAMA Nº 313, de 29 de outubro de 2002 (BRASIL, 2002).

A esse respeito, Oliveira, Kikkawa e Santos (2018) mencionaram que são poucos os estudos referentes aos resíduos sólidos ou semissólidos (lodos) provenientes do tratamento das águas residuárias, como aplicabilidade em insumos ou produtos industriais seja no reúso, ou na reintegração ao próprio processo produtivo em disposição final. A fim de otimizar o problema dessas águas, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei Nº 12.305/2010 (BRASIL, 2010) busca abranger mecanismos de valorização, oportunizando sua reutilização como produto e/ou insumo industrial.

Nesse caso, é preciso buscar conhecimentos técnicos, recorrer a pesquisas científicas e experimentais que usam indicadores para demonstrar as aplicações, substituindo o tratamento convencional por uso de coagulantes naturais. Dessa maneira, as indústrias pirotécnicas buscaram o tratamento de águas residuárias, utilizando coagulantes naturais com

a finalidade de evitar o descarte desses poluentes no meio ambiente, minimizando o custo financeiro e diminuindo a captação nos poços.

Ressaltou-se a importância da realização de trabalhos científicos, que permita o estudo do reúso desses efluentes no processo de limpeza industrial. Quanto ao lodo, buscar-se sua subsequente reintegração como um subproduto, substituindo partes de um insumo do processo produtivo, juntamente com as matérias-primas, com foco na viabilidade de aplicação durante e após a confecção dos fogos de artifícios nas empresas objeto deste estudo, localizada na região Centro-Oeste de Minas Gerais, por ser uma exigência do oferecido pelo Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) – *Campus Bambuí* (MINAS GERAIS, 2020).

1.1 Relevância e justificativa

Há uma intensa preocupação com a disposição dos resíduos líquidos e sólidos provenientes de instalações de confecções de fogos de artifícios, por utilizarem produtos químicos que contêm metais pesados (alumínio, níquel, cobre, estrôncio, zinco, bário) e sais (antimônio, litopônio e potássio), porque produzem águas residuárias industriais com alto potencial poluidor em termos de contaminação química.

Devido ao processo de limpeza dos equipamentos, piso e oficinas de trabalho durante e após a confecção dos fogos de artifícios, torna-se necessária a utilização de água de abastecimento, o que gera um alto volume de águas residuárias industriais. Sendo assim, os efluentes são encaminhados para estações de tratamento de águas residuárias industriais, onde são tratados por processos convencionais – físico-químicos – de floculação com sulfato de alumínio em proporção de 1.2kg para 1000L, além da correlação do custo do material na execução do tratamento, sendo que o valor monetário do sulfato é R\$ 7,25² em cada kg no ano de 2021, para atender aos padrões de lançamento ou reúso das águas residuárias da Deliberação Normativa do COPAM/CERH N° 01 (MINAS GERAIS, 2008). Vianna *et al.* (2002) expressaram que a desvantagem do tratamento convencional é a formação de grande quantidade de lodo considerado de classe I, além do custo financeiro em relação ao fator de disposição desses sólidos, que se transforma em um sério problema ambiental, portando, ainda passivo de ser resolvido.

² Valor do sulfato de alumínio em 2021

Nesse contexto, é evidente que as indústrias que produzem fogos de artifícios, necessitam de melhorias em seu sistema de tratamento de águas residuárias industriais, razão pela qual o objetivo desta pesquisa visa ao estudo em tratamentos com coagulantes naturais. Perante isso, buscaram alternativas em estudo científicos, com o propósito de auxiliar na modificação do tratamento convencional para com coagulantes naturais.

A busca por um tratamento com uso de coagulante natural tem trazido, como alternativa, os coagulantes naturais, apontando a acácia-branca (*Moringa oleífera*) como uma boa opção. A desvantagem, nesse caso, é ser um material comprado³, porém a vantagem é ser possível tratar a água, retirando particulados e metais pesados, tornando-a em condições de uso. Além disso, existem possíveis interesses pelo cultivo da acácia-branca na própria empresa, uma vez que a indústria de fogos de artifícios possui extensões de hectares em sua área (planta), que permitem produzir frutos em um tempo inferior a 24 meses, podendo haver até três coletas ao ano (JESUS *et al.* 2013).

O quiabo (*Abelmoschus esculentus*) apresentou composição rica em cálcio e outros minerais fibras e proteínas e consegue formar flóculo, tornando-se capaz de tratar águas residuárias industriais, além de possuírem características proteicas, que possibilitam sua utilização em alimentos no combate a diversas doenças (JESUS *et al.* 2013). Apontou-se como uma boa alternativa em termos de tratamento com uso de coagulante, quando fruto maduro, que foi descartado pela culinária, sendo considerado um resíduo orgânico a ser destinado em aterro sanitário ou compostagem, mas permitindo o seu aproveitamento em aplicação em efluentes industriais. Seu bom desempenho em relação à coagulação se deve à apresentação de pequenas partículas e grandes agregados na floculação, formando flocos (LIMA e BARBOSA FILHO, 2007).

Outra alternativa de coagulante natural que tem se mostrado promissor são as sementes e a casca da abóbora (*Cucurbita* spp.) por possuírem lipídios e vitamina E, capazes de sedimentar águas residuárias contaminadas (STEVENSON *et al.* 2007). Manejando o que é considerado um rejeito orgânico gerado em refeitórios, utiliza-se o resíduo seco, triturado ou moído, para a aplicação nas águas residuárias industriais, podendo oferecer potencial contribuinte, capaz de formar decantação e sedimentação em forma de filtragem de efluente, viabilizando resultado na cor visual e pH, conforme descrito por (CASECA; MORAES, 2014).

³ A compra de 0,5kg semente equivale a um valor R\$67,49 sessenta e sete reais e quarenta e nove centavos, no ano de 2021

Outra semente, que pode ser utilizada para o tratamento com o uso de coagulante natural para tratar efluentes industriais, é a semente de girassol (*Helianthus annuus*), pois essa contribui e se apresentou como um biossorvente capaz de definição para clarificar efluentes com um possível potencial coagulante semelhante à semente de *Moringa oleifera* (DAMO; KEMPKA, 2016).

Santana, Santos e Resende (2020) também sugeriram que a casca de Banana (*Musa spp.*) constituíram uma boa opção no tratamento como coagulante natural. Por ser considerado um rejeito gastronômico, não apropriado para o consumo humano, a casca de banana – seca e triturada – pode auxiliar no tratamento caracterizando na coagulação e biossorvente para a adsorção, separação de sólidos-líquidos, possibilitando resultados satisfatórios.

Entretanto, os estudos com diversificações de coagulantes naturais estão sempre em busca dos consideráveis parâmetros descritos na Deliberação Normativa do COPAM/CERH N° 01 (MINAS GERAIS, 2008), permitiram avaliar e analisar diferentes alternativas no sentido de substituir o tratamento convencional por utilização de coagulantes naturais, de forma a permitir o reúso das águas tratadas em uso menos nobre como, por exemplo, na limpeza das oficinas, pisos e equipamentos.

Apesar do estudo de diversas opções viáveis para compor o tratamento das águas residuárias industriais, ainda se tem um passivo preocupante: o lodo (resíduo sólido). Pensando nisso, em virtude da importância, da correta destinação desse resíduo, este estudo avalia a possibilidade de gerenciamento desses resíduos, considerando as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal N° 12.305/2010 (BRASIL, 2010), que estabeleceram critérios de logística reversa no que se conhece como resíduos sólidos e rejeitos, a fim de transformá-los em insumo e produtos, proporcionando benefícios ao meio ambiente e sociedade, de forma que todos obtenham efeitos positivos, resultando em avaliações promissoras em relação ao tratamento com utilização de coagulantes naturais e inserção do lodo no processo produtivo como bombas de solo.

1.2 Questão e hipótese da pesquisa

O processo de fabricação de fogos de artifícios, para uma produção em média de 10.000kg por semana, necessita de aproximadamente 50m³ de água, sendo de abastecimento semanal, na finalidade de consumo humano e partes do uso industrial. Considerando que as empresas fazem o reúso dos efluentes tratados, isso resulta em uma redução média de 99% de

todo o consumo industrial, com exceção na incorporação dos produtos. Assim, tem-se uma média de 15m³ de águas residuárias industriais contaminadas, oriundas da lavagem de pisos, oficinas, equipamentos e lâmina d'água, atividades que são obrigatórias a fim de minimizar o risco de incêndio e explosão. Ocorreram que essas águas residuárias industriais são poluídas com metais pesados, pois provêm da confecção dos produtos pirotécnicos, que contêm diversos poluentes, tais como alumínio, carbonatos, cobre, níquel, bário e estrôncio, entre outros sais, devido às matérias-primas utilizadas (GUIMARÃES; ROCHA, 2011).

O presente estudo contiveram e reuniram-se dados qualitativos e quantitativos, bem como observaram o procedimento de uma indústria de fogos em relação à destinação dos efluentes, mediante uma nova técnica praticada em experimento realizado em escala plena na indústria de estudo, subsequente a amostras realizadas em laboratório com a finalidade de identificar a eficiência dos resultados, destacando o oportuno meio econômico e ecológico envolvido e os potenciais de melhorias da sustentabilidade. Além de permitir o uso dessas águas residuárias industriais no processo de limpeza das oficinas, pisos e equipamentos e a aplicação do lodo como insumo no processo produtivo da confecção dos fogos de artifícios na condição de logística reversa.

Com base nesse contexto, este trabalho procura elucidar a seguinte questão (Q) de pesquisa:

Q: De que forma o tratamento com a utilização de coagulantes naturais das águas residuárias industriais contaminadas com metais pesados do processo de produção de fogos de artifícios pode representar uma alternativa sustentável para o tratamento das mesmas e de reutilização do lodo gerado como um subproduto do processo produtivo?

Para tanto, vislumbra-se testar a seguinte hipótese (H) de pesquisa conforme enunciada a seguir:

H: A substituição do tratamento convencional por uso de coagulantes naturais apresenta eficiência na remoção de impurezas das águas residuárias industriais provenientes da fabricação dos fogos de artifícios, promovendo o seu reúso em fins industriais. Além disso, a inserção do lodo, substituindo partes do insumo terra refratária no processo produtivo, contribui como uma boa alternativa para a sustentabilidade ambiental.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é buscar conhecimento científico na literatura e avaliar alternativa de tratamento das águas residuárias industriais originadas durante a fabricação de fogos de artifícios, por meio do uso de coagulantes naturais – *Heliantus annuus*; *Moringa oleífera*; *Cucurbita* spp.; *Abelmoschus esculentus*; *Musa* spp. – e, por fim, propor alternativas para o reúso do lodo no ciclo produtivo, na busca de logística reversa desse resíduo.

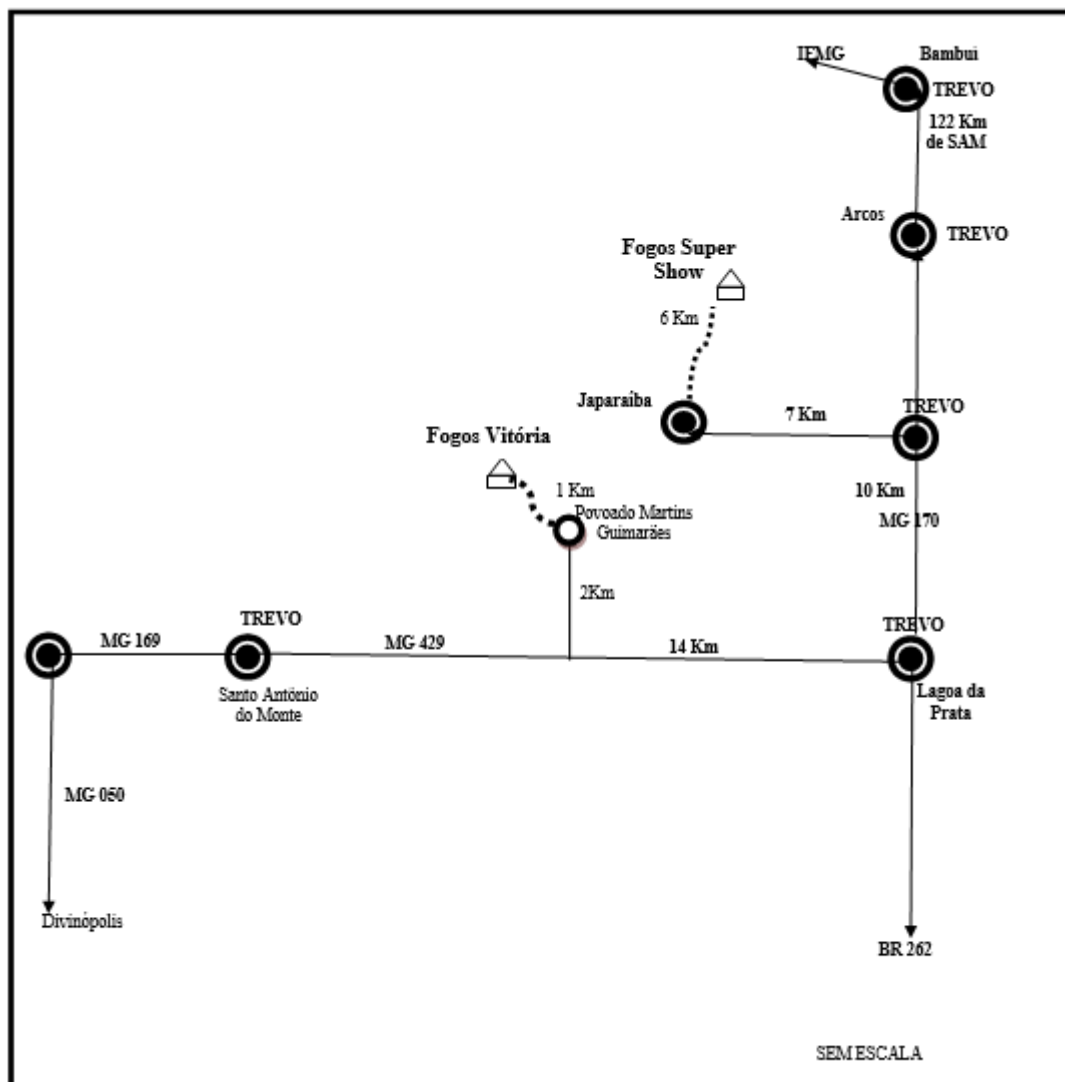
2.2 Objetivos específicos

- I. Realizar o levantamento bibliográfico, por meio da revisão sistemática de literatura, buscando a elucidação de formas de substituição do tratamento físico-químico convencional por utilização de coagulantes naturais e do reúso do lodo como forma de logística reversa;
- II. Avaliar o uso de coagulantes naturais – girassol (*Heliantus annuus*), acácia-branca (*Moringa oleífera*), abóbora (*Cucurbita* spp.), quiabo (*Abelmoschus esculentus*), banana (*Musa* spp.) – no tratamento de águas residuárias de fogos de artifícios e analisar a economia dessa tecnologia;
- III. Propor o uso de uma nova técnica da logística reversa visando reintegrar os resíduos sólidos provenientes das águas residuárias industriais de fogos de artifícios, buscando o seu reúso na condição de um subproduto a ser reintegrado ao ciclo produtivo pirotécnico e ponderar custo financeiro biotecnológico;
- IV. Desenvolver material técnico-científico para divulgação – produto técnico no formato de *webisite* - sobre a implantação do tratamento com o uso de coagulantes naturais e reutilização do lodo provindo das águas residuárias industriais.

3 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO, ESTRATÉGIAS EXPERIMENTAIS E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo proposto foi conduzido nas cidades de Japaraíba e Santo Antônio do Monte, situadas na região Centro-oeste de Minas Gerais (Figura 1).

Figura 1 – Localização geográfica das cidades abordadas no estudo



Legenda: Km: quilômetros
 SAM: Santo Antônio do Monte
 IFMG: Instituto Federal de Minas Gerais
 BR: Rodovia Federal
 MG: Rodovia Estadual
 Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

3.1 Caracterização das empresas parceiras e objeto de estudo

A área de estudo do presente trabalho foi em parceria com as indústrias: “Artesanato de Fogos Vitória Ltda.” e “Fogos Super *Show* Indústria e Comércio Eirelli”, que desenvolvem atividades de fabricação de fogos de artifícios. A “Fogos Super *Show* Indústria e Comércio Eirelli”, com nome fantasia de “*Fogos Beija-Flor*”, tem uma produção média de 5 toneladas por semana de fogos de artifícios; e a “Artesanato de Fogos Vitória Ltda.”, com o nome fantasia “*Super Fogos*”, produz por semana 10 toneladas. Cada uma das empresas é classificada pela Deliberação Normativa 217/2017 (MINAS GERAIS, 2017), de acordo com o Código C-04-08-1 - Fabricação de explosivos, detonantes, munição para caça e desporto e fósforo de segurança e/ou fabricação de pólvora e artigos pirotécnicos, como de porte e potencial poluidor/degradador classe média, porque possuem área construída menor que 0,5 hectares (ha). Diante disso, estão sendo levantadas as hipóteses de melhoria no tratamento com uso de coagulantes naturais, mantendo-se a reutilização das águas tratadas para fins de limpeza nas oficinas, pisos, equipamentos e lâmina d’água. Além do propósito do reúso de lodo originado no tratamento, por meio de subprodutos em estratégia de logística reversa. As Figuras 2 e 3 apresentam as fachadas das indústrias que contribuíram para o estudo.

Figura 2 – Fachada da “Super Fogos”



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

A Artesanato de Fogos Vitória Ltda. está localizada na Fazenda Retiro São Francisco s/nº Zona Rural – Santo Antônio do Monte – MG, com as coordenadas geográficas longitude 45°23'17"W e latitude 20°04'52"S.

Figura 3 – Fachada da “Fogos Beija-Flor”



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

A Fogos Super *Show* Indústria e Comércio Eirelli está localizada na Fazenda Região Mimoso s/nº Zona Rural – Japaraíba – MG, com as coordenadas geográficas longitude 45°28'15"W e latitude 20°11'20"S.

3.2 História dos fogos de artifícios no Centro-oeste de Minas Gerais

Pina (2002) descreveu que a história dos fogos de artifícios iniciou-se na Ásia, no período pré-histórico, e que a pólvora foi fabricada pela primeira vez, por acaso, na China antiga, aproximadamente há 2000 anos, quando um alquimista chinês juntou acidentalmente salitre (nitrato de potássio), enxofre, carvão e aqueceu a mistura. O resultado foi a formação de um pó negro, que apresentava grande desprendimento de fumaça ao ser queimado.

No Brasil, a cidade de Santo Antônio do Monte/MG é considerada a terra dos fogos e em seus arredores avistam-se inúmeros barracões onde são produzidos os fogos de artifícios. Esse título tem origem com o declínio da exploração do ouro nas terras mineiras, quando os habitantes passaram a investir nas atividades agrícolas, principalmente na região Centro-Oeste do estado.

Essa história dos artigos pirotécnicos está ligada, inicialmente, por volta de 1859, com os irmãos Joaquim Antônio da Silva e Luiz Mezêncio da Silva, que produziam pólvora para fabricar artefatos pirotécnicos de forma artesanal, apenas porque achavam interessante ver os fogos colorirem o céu, parecendo uma festa. Todavia, o que antes era apenas diversão, foi se expandido pela cidade e municípios vizinhos até se tornar empreendimento de grande porte (REZENDE, 2007).

Em busca de invenções, os fogos de artifícios teriam saído do fundo do quintal de um personagem de nome Conrado José do Nascimento, com o intuito de se divertir. Entretanto, com o passar do tempo, a brincadeira foi crescendo demasiado e tomou o rumo fabril, e a fabricação dos fogos se tornou um marco para o desenvolvimento da cidade. A propósito, Santo Antônio do Monte começou a ser formada por volta do ano de 1875, com o uso das terras entre os rios Lambari e São Francisco para a plantação de lavouras, local onde os fogos começaram a ser produzidos manualmente, sem qualquer segurança, por volta de 1945 (SANTOS, E. 2007).

Segundo Moraes (1983), a primeira indústria pirotécnica foi se expandido expressivamente, para esses artigos serem produzidos, dando oportunidade de empregos para a maioria da população dessa cidade, tornando-a hoje maior polo produtor de fogos de artifícios do Brasil. Todavia, Santos (2007) mencionou que, devido às indústrias exigirem expansão de áreas disposta em zona rural a fim de minimizar o risco de acidentes (incêndio e explosão), as indústrias passaram a se expandir para as cidades vizinhas, como Lagoa da Prata, Japaraíba, Pedra do Indaiá, Moema e outras. Com esse crescimento, algumas empresas de estudos foram instaladas em Lagoa da Prata e Japaraíba com a finalidade de buscar custo benefício favorável, por contar com a contribuição de até 70% dos colaboradores instalados em seus próprios municípios. A propósito, a maioria dos proprietários reside em Santo Antônio do Monte, cidade que conta com uma população aproximada de 30 mil habitantes, tem cerca de 53 indústrias de pirotecnia que oferecem no mínimo 6.600 empregos, direta ou indiretamente ligados ao setor (ou ramo).

3.3 Processo produtivo das indústrias de fogos de artifícios

O certo é que muita coisa mudou desde a fabricação manual dos pirotécnicos. As indústrias dedicadas à fabricação de fogos de artifícios dispõem de recursos tecnológicos modernos e inovadores e conseguem produzir grande diversidade de artigos pirotécnicos, que são comercializados dentro e fora do país. A população santantoniense, com isso, passou a

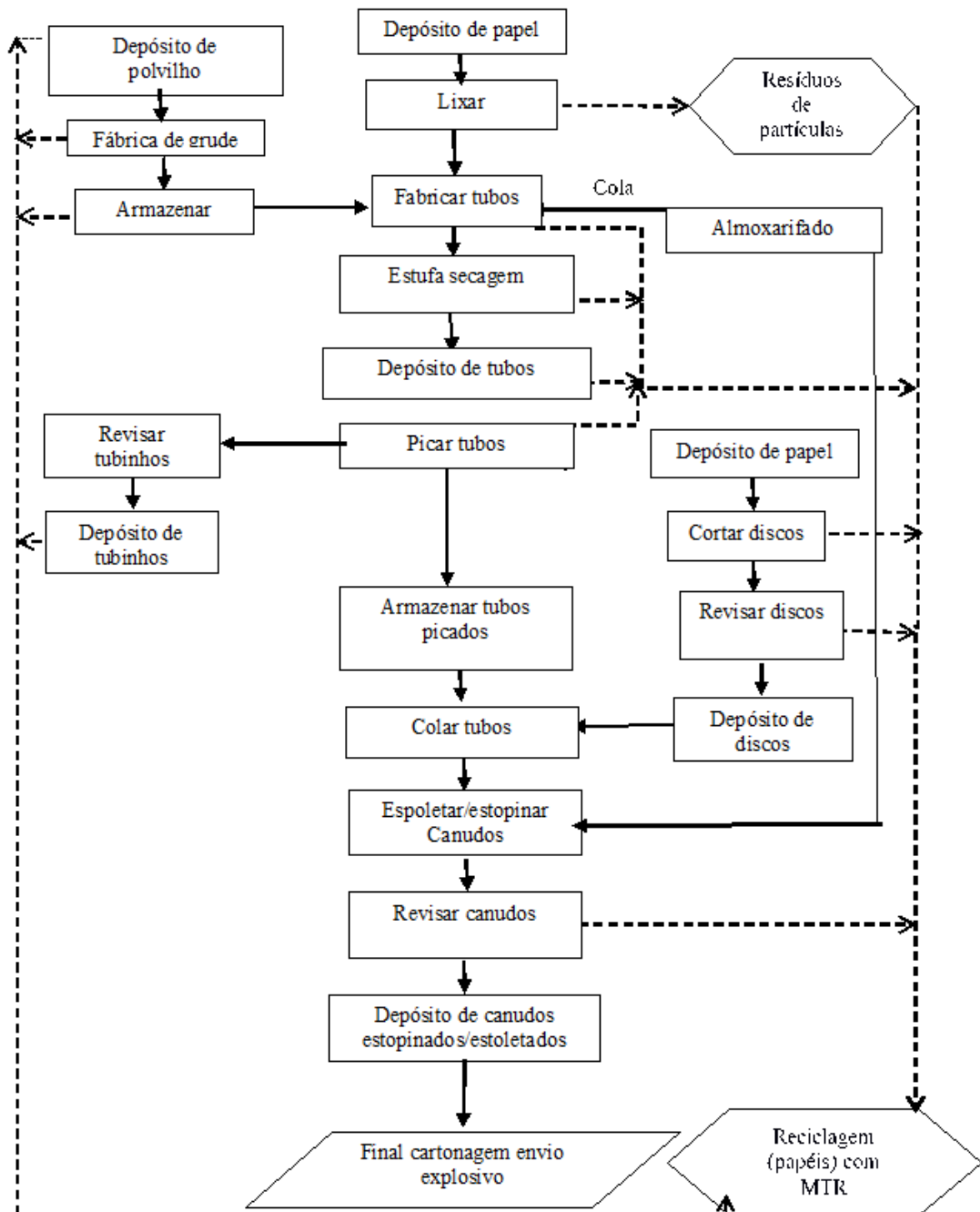
desfrutar de níveis razoáveis de vida, embora o trabalho seja envolto em preocupações relacionadas à segurança do trabalho, uma vez que os colaboradores estão sujeitos a altos riscos de incêndio e explosão inerentes ao processo de fabricação. Uma estratégia usada para minimizar tais riscos consiste na divisão de setores em administrativo, de cartonagem e explosivo (TRIVELATO; BARRETO, 2008).

Santos (2013) explicou que o setor de cartonagem cuida das atividades relacionadas às máquinas canudeiras, lixadeiras, coladeiras, picadeiras, cortar de discos (conhecido como fabricação de papelão), papel, cartolina, cartão e polpa moldada, utilizando celulose ou papel reciclado como matéria-prima. Como não se utiliza água para fabricar os canudos, não ocorre geração de resíduos líquidos industriais, entretanto, são gerados resíduos sólidos de papel, que são reciclados por terceiros, exceto as partículas mais pequenas, provenientes da lixadeira.

Silva *et al.* (2013) destacaram que a lixadeira de bobina precisa deixar o papel com lados aderentes para colagem do mesmo, esse processo exige lixar, o que gera resíduos com partículas pequenas, considerado um problema, uma vez que o mesmo é prejudicial às vias respiratórias e pode provocar alergias devido ao manuseio. Assim, o que era tido como rejeito de partículas quebradiças foi submetido a processamento e passou a ter uma nova destinação: é utilizado para embalagens, agendas, cadernos de notas e folhas para impressora, pelas próprias empresas de fogos de artifícios.

No fluxograma, exposto na Figura 4 encontraram-se evidenciado o processo de cartonagem, um procedimento que utiliza somente papel para formar os canudos da fabricação dos fogos de artifícios.

Figura 4 – Fluxograma da cartonagem para fabricação de canudos de fogos de artifícios



Legenda: Seta contínua: processos produtivos de fogos de artifícios;

Seta tracejada: resíduos líquidos e sólidos;

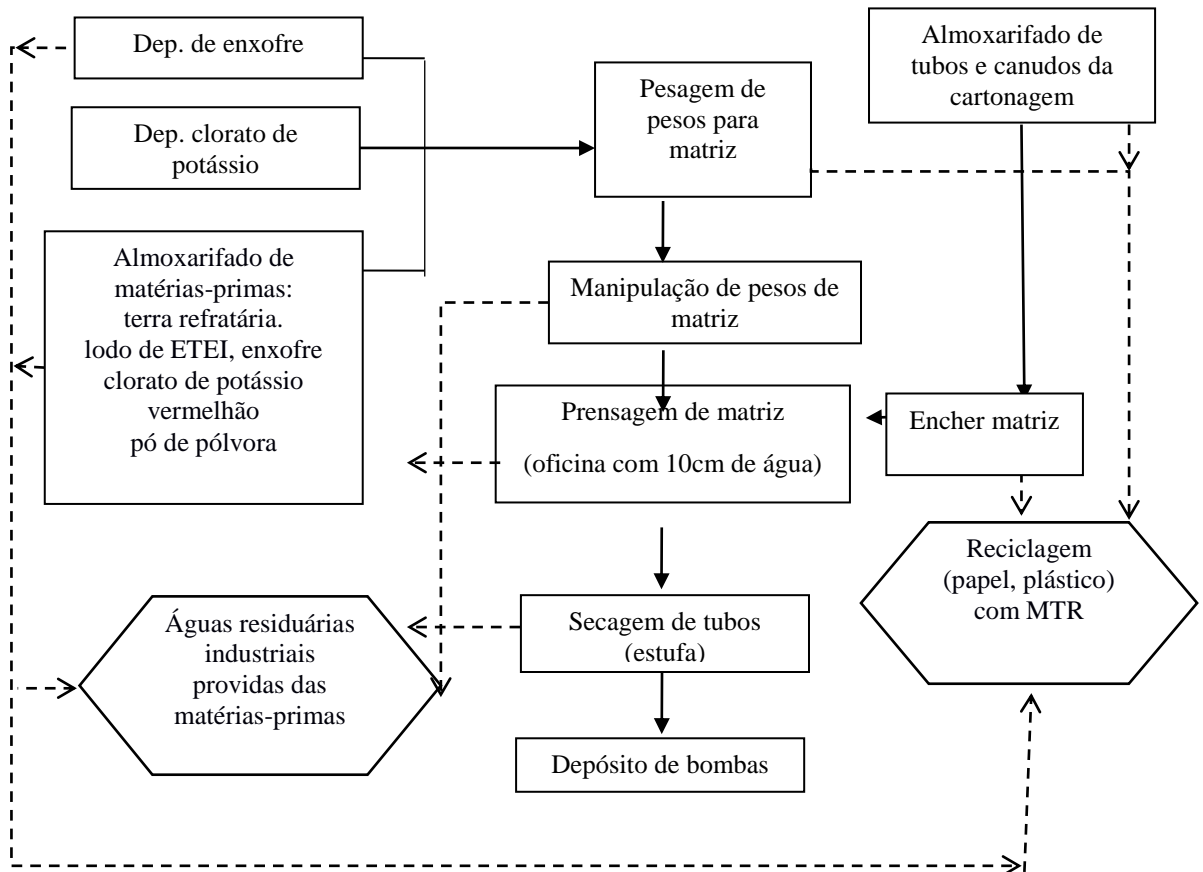
MTR – Manifesto de Transporte de Resíduos

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

De acordo com Santos (2013) o setor de explosivos é formado por subsetores, representados nas FIGURAS 5, 6, 7, 8. Esses subsetores oferecem alto grau de risco em relação à segurança do trabalho, classificado em Grau 4, conforme Norma Regulamentadora

NR-19 (BRASIL, 1978). Em relação ao risco ambiental, classificam-se como de alto risco, porque utilizam matéria-prima que contém metais pesados (alumínio, magnálio⁴, níquel, cobre, estrôncio, zinco e bário) e sais (antimônio, litopônio e potássio).

Figura 5 – Fluxograma do subsetor de matriz



Legenda: Seta contínua: processos produtivos de fogos de artifícios;

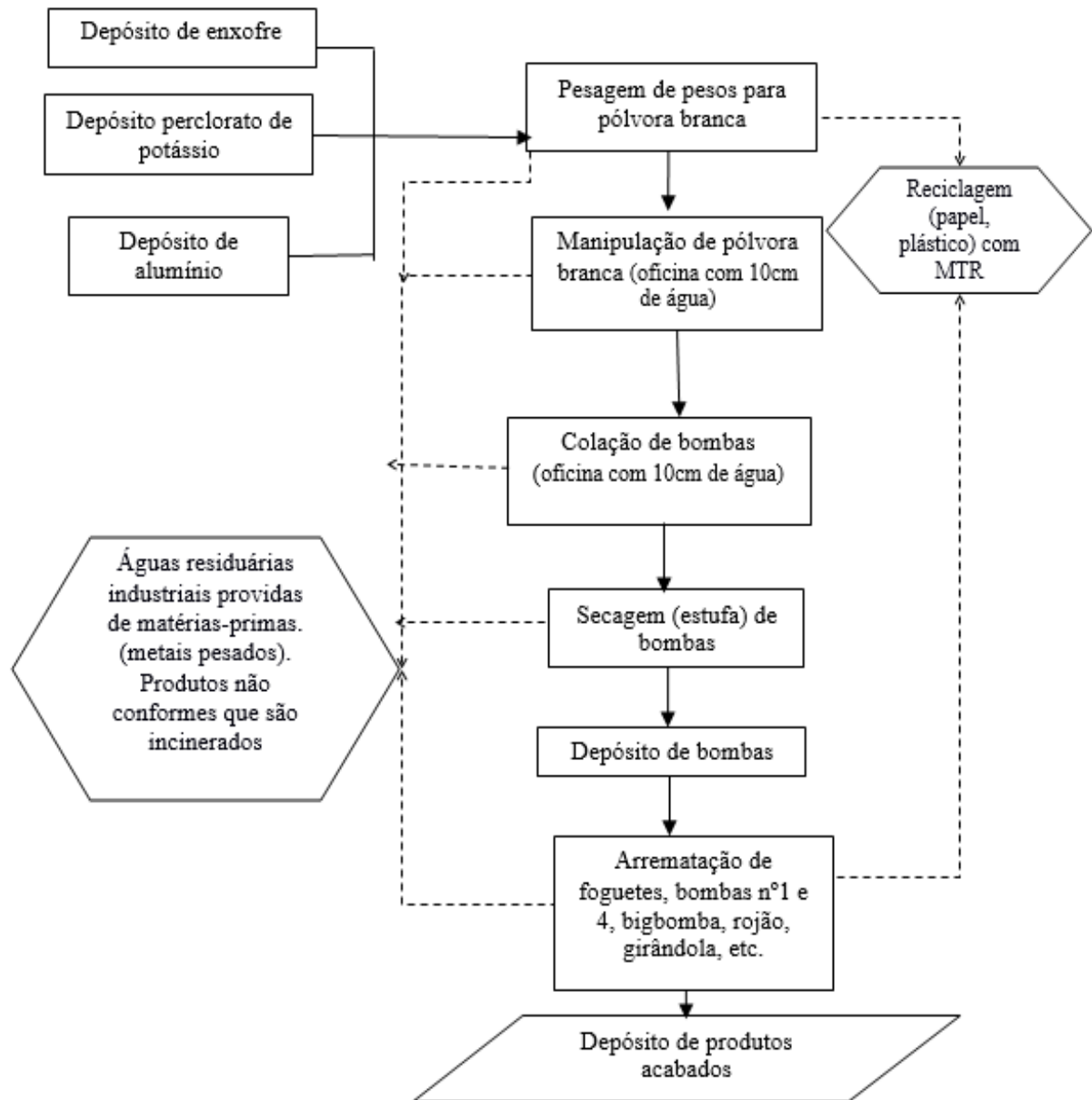
Seta tracejada: resíduos líquidos e sólidos;

MTR – Manifesto de Transporte de Resíduos

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

⁴ A matéria-prima usada nos fogos de artifícios chama Magnálio: é derivada de 50% de magnésio e 50% de alumínio – Ficha de Segurança de Produtos Químicos - FSPQ

Figura 6 - Fluxograma do subsetor de fabricação de pólvora branca e arrematação



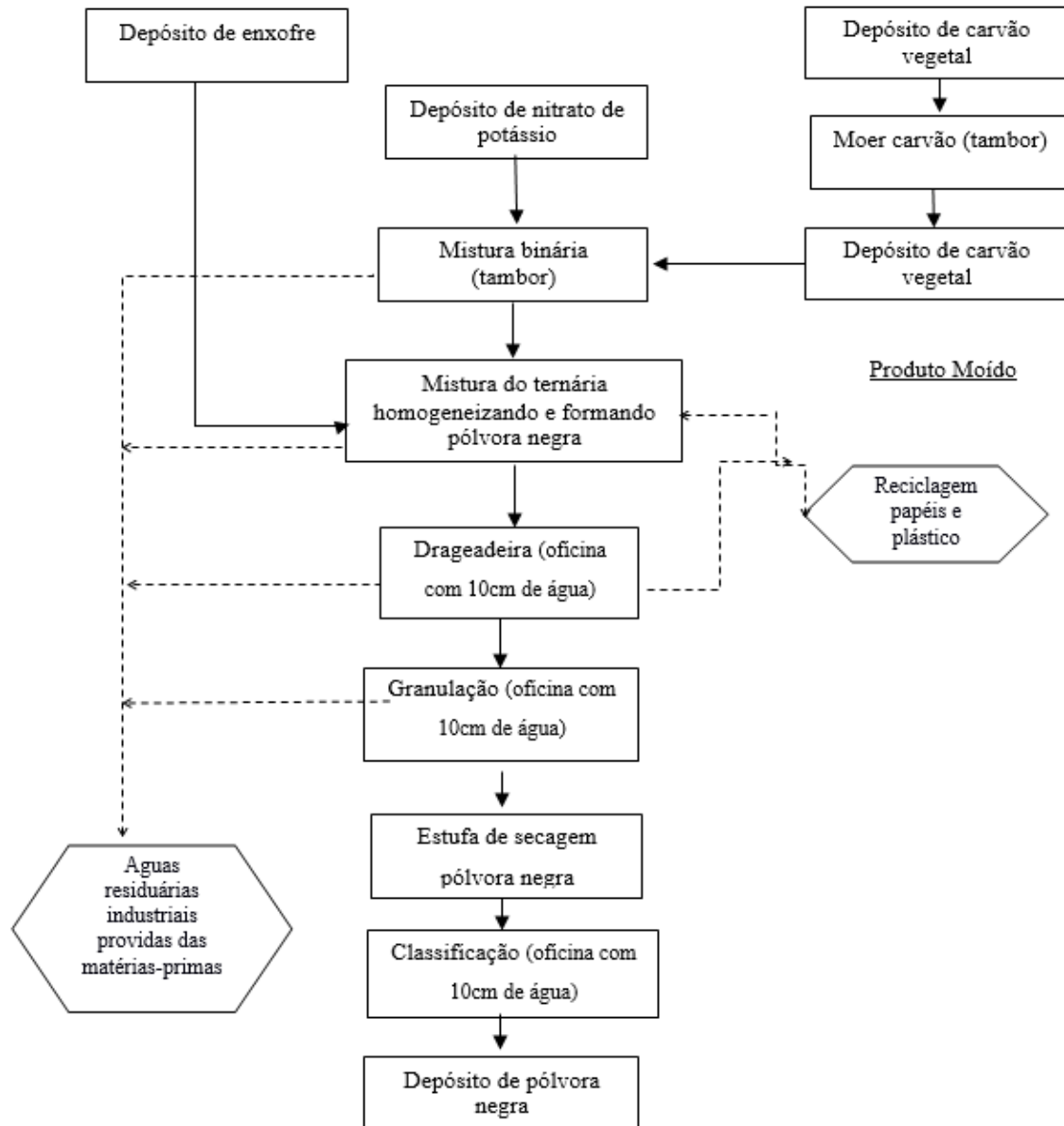
Legenda: Seta contínua: processos produtivos de fogos de artifícios;

Seta tracejada: resíduos líquidos e sólidos;

MTR – Manifesto de Transporte de Resíduos

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Figura 7 – Fluxograma do subsetor de fabricação de pólvora negra



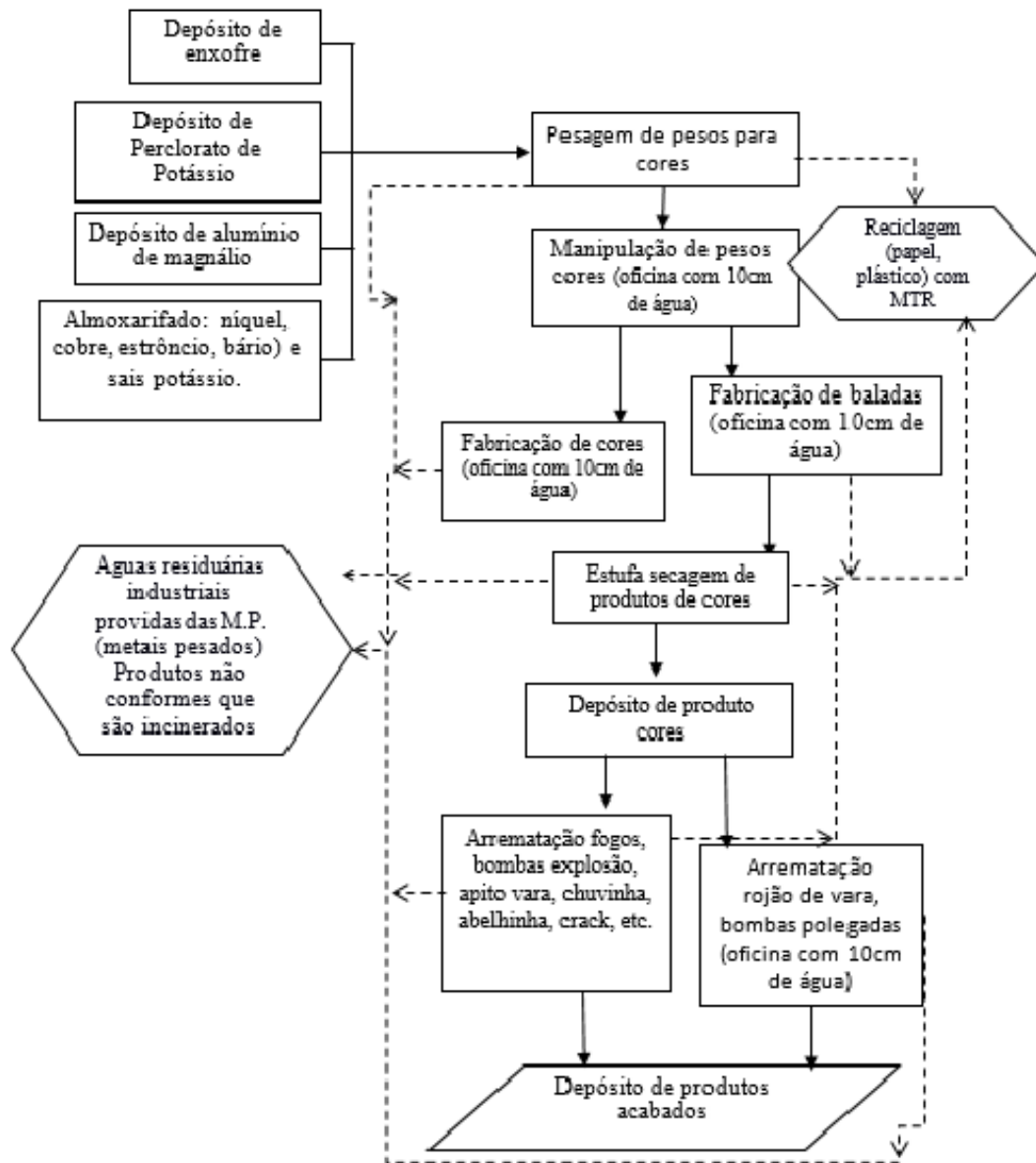
Legenda: Seta contínua: processos produtivos de fogos de artifícios;

Seta tracejada: resíduos líquidos e sólidos;

MTR – Manifesto de Transporte de Resíduos

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Figura 8 – Fluxograma do subsetor de fabricação de cores e arrematação



Legenda: M.P. Matéria prima

Seta contínua: processos produtivos de fogos de artifícios;

Seta tracejada: resíduos líquidos e sólidos;

MTR – Manifesto de Transporte de Resíduos

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos 2021.

Além do exposto, durante a limpeza de oficinas, pisos, equipamentos e lâmina d'água de 10cm (FIGURA 9), ocorre a produção de águas residuárias industriais com alto potencial poluidor em termos de contaminação química, conforme DN-217 (MINAS GERAIS, 2017).

Figura 9 – Oficina com 10cm de lâmina d'água



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Em virtude desse processo ser de alto risco de acidente (incêndio e explosão), conforme Normas Regulamentadoras da Portaria Nº 3.214 (BRASIL, 1978) inclusive a Norma Regulamentadora NR-19 Anexo I, atualizada em Portaria da Secretaria de Inspeção do Trabalho SIT Nº 228 (BRASIL, 2011), durante a fabricação dos fogos de artifícios é necessária a utilização de um grande volume de água, principalmente nas oficinas de manipulação de matriz e pólvora branca, fabricação de pólvora negra e de fabricação de cores, que necessitam manter esses locais com 10cm na lâmina d'água em toda a extensão da área, devendo esses ambientes ter 3m² (três) metros quadrados, com a finalidade de minimizar os riscos de acidentes.

Nesse sentido, de periculosidade, as indústrias de fogos de artifícios encontram-se localizadas em área rural, devido ao grau de risco de incêndio e explosão, com a finalidade de não oferecer perigo à população e cidadãos, cumprindo rigorosamente as instruções do Exército Brasileiro Portaria Nº 56 COLOG (BRASIL, 2017). Subsequente, as indústrias implementam as adequações de segurança do trabalho, conforme as Normas Regulamentadoras da Portaria Nº 3.214 (BRASIL, 1978) inclusive a Norma Regulamentadora NR-19 Anexo I, atualizada em Portaria da Secretaria de Inspeção do Trabalho SIT Nº 228

(BRASIL, 2011), em relação ao distanciamento das oficinas e do terreno, estabelecendo que todas as instalações e edificações de fabricação de explosivos devem ser providas de cerca adequada e de separação entre os locais de administração, armazenagem e fabricação, de forma que alguns pavilhões de manipulações incólume de 10cm lâmina d'água, com o propósito de minimizar o risco de incêndio e explosão (SANTOS, 2007).

Historicamente as águas residuárias dessa tipologia industrial eram despejadas diretamente nos corpos receptores e solo, que ficavam contaminados, de forma que ocasionavam alterações na sua qualidade e conseqüentemente a sua poluição e degradação, podendo trazer diversos riscos à saúde da população. A partir da Deliberação Normativa DN-74/2004 (MINAS GERAIS, 2004), inicialmente exigiu-se o licenciamento ambiental com projetos de implantação e execução do sistema de tratamento de águas residuárias industriais.

Assim, entre os anos 2004 a 2010, foram sendo implantados sistemas simples de separação física (filtração) com intuito de atender a essa Deliberação Normativa. Com a necessidade de otimização dos sistemas, foi observada uma redução de possíveis perdas nos processos produtivos, incluindo a utilização de recursos modernos e arranjos gerais de aperfeiçoamento. Conseqüentemente, conseguiu-se reduzir um pouco o consumo de água nas lavagens de equipamentos e pisos das indústrias de fogos de artifícios (GUIMARAES; ROCHA, 2011).

A fiscalização é realizada pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), Instituto Estadual de Florestas (IEF), Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) mediante convênio com a Polícia Militar do Estado de Minas Gerais (PMMG), lavrando-se autos de fiscalização e infração aos empreendimentos que deixarem de cumprir as obrigações legais, tais como normas de proteção ambiental, conservação e melhoria ambiental, veiculada à política florestal, proteção à biodiversidade, fauna e flora aquáticas e de desenvolvimento da pesca e da aquicultura e dos recursos hídricos (MINAS GERAIS, 2018).

Na região Centro-oeste do estado, de acordo com operação de fiscalização ocorrida em 2018, pela Polícia Militar Ambiental de Lagoa da Prata/MG, foi constatada a existência de estações de tratamento de águas residuárias industriais em 90% das empresas de fogos de artifícios, sendo esses tratamentos convencionais que geram grande volume de lodo, que são enviados a aterro terceirizado localizado no sul do estado (MINAS GERAIS, 2018).

As águas são usadas na limpeza de piso, oficinas e equipamentos. A propósito, são gerados uma média aproximada de 15m³ por semana de águas residuárias industriais,

contaminadas com partículas de metais pesados e sais, sendo necessário o tratamento, o que produz alta quantidade de resíduos sólidos (lodo).

Essa vasta quantidade de água consumida é captada em um poço tubular outorgado e/ou em uma cisterna nas empresas objeto de estudo, devendo ambos ter certidão de uso consideravelmente de água de abastecimento potável, seguindo a CERH-MG N° 09/2004 (MINAS GERAIS, 2004), atualizada pela Portaria IGAM n° 14/2020 (MINAS GERAIS, 2020), com a interface de diminuir os riscos de acidentes de trabalho.

A legislação estadual, em cumprimento da Deliberação Normativa DN N° 217, atualizada em 2017 (MINAS GERAIS, 2017), busca fazer as indústrias se adequarem às normas ambientais, inclusive as indústrias de fogos de artifícios, como as localizadas no Centro-oeste de Minas Gerais, onde se encontra o segundo maior polo produtor mundial do setor, Santo Antônio do Monte, que perde apenas para a China. Lembrando que a fabricação desses artefatos foram se expandindo para a vizinhança: Japaraíba, Lagoa da Prata, Pedra do Indaiá, Itapeçerica, Moema e Neolândia, algumas das quais foram abordadas neste estudo.

Conforme exposto na Deliberação Normativa DN N° 217 Minas Gerais (2017) perante os enquadramentos de procedimentos de licenciamentos ambientais, são definidas por área construída no código C-04-08-1 – Fabricação de explosivos, detonantes, munição para caça e desporto e fósforo de segurança e/ou fabricação de pólvora e artigos pirotécnicos. Adiante, estabelece que é um empreendimento de porte e potencial poluidor/degradador: Ar: G, Água: M, Solo: M; *Geral*: M, sendo avaliada por área construída em até 0,1ha, considerado pequeno porte; os empreendimentos acima de 0,1ha a 0,5ha como de médio porte e os superiores a 0,5ha pertencem ao tipo de grande porte, além de levar em consideração a tipologia e critério locacional, pois as indústrias de fogos de artifícios estão instaladas em áreas rurais.

Perante isso, a legislação obriga as atividades de fabricação de explosivos, de detonantes, de munição para caça e desporto e fósforo de segurança e/ou fabricação de pólvora e artigos pirotécnicos à regularização conforme a Deliberação Normativa do COPAM/DN N° 217 (MINAS GERAIS, 2017). Santos e Corrêa (2016), referiu-se ao potencial poluidor classe pequeno, médio e grande portes, ressaltaram a obrigatoriedade de licenciamento dessas atividades se faz no sentido de que alguns efluentes devem ser devidamente tratados antes de serem descartados no solo e cursos hídricos. De acordo com a legislação vigente, os efluentes devem ser destinados a uma estação de tratamento de águas residuárias industriais para subsequente aproveitamento no processo de limpeza e lâmina

d'água das oficinas de trabalho, enquanto o lodo retirado do leito de secagem deve ser enviado para o aterro industrial.

Ainda segundo esses autores, os efluentes industriais contaminados por metais pesados provindos da produção e após a fabricação dos fogos de artifícios atualmente é submetido ao tratamento convencional por floculação⁵ para remoção das substâncias inorgânicas. Assim conseguiram-se retirar os metais pesados dos efluentes que, posteriormente, formam uma camada de lodo no fundo da caixa e a água tratada fica suspensa, podendo ser reusada. De acordo com Von Sperling (2014), o lodo do fundo da caixa de decantação, proveniente do tratamento dos efluentes, deposto no leito de secagem, precisa ser retido em torno de quinze dias para haver redução da umidade e do teor de sólidos do produto final ajustado.

De acordo com a disposição escolhida, pode ser retirado e enviado para o aterro industrial. Davis (2017) salientou-se que os efeitos positivos e negativos na aplicação do tratamento e reúso que podem ser observados, dependendo da utilização. Com a implantação do sistema de tratamento dos efluentes por meio convencional, ocorreu que as indústrias de estudos passaram a indicar o reúso dos mesmos com o intuito de minimizar os custos ambientais e financeiros das empresas. Daí a opção pela aplicação de coagulantes naturais nas águas residuárias com reúso.

Em harmonia com Bratby (2006), isto é, apresentando como alternativa para a reutilização dos resíduos líquidos e sólidos como forma de evitar destinações finais que envolvam custos mais elevados e impacto ao meio ambiente, no que se refere à qualidade de descarte ou reutilização das águas residuárias industriais contribuintes neste estudo, foram abordadas duas indústrias localizadas nos municípios de Santo Antônio do Monte e Japaraíba, situadas no Centro-oeste de Minas Gerais.

Com base nesse contexto financeiro e socioeconômico, o presente trabalho visa propor a reutilização dos resíduos sólidos originados na estação de tratamento de efluentes industriais durante a confecção de fogos de artifícios, além de continuar usando as águas tratadas para fins de limpeza industriais.

⁵ A floculação/coagulação são etapas do tratamento de água em que se adicionam coagulantes químicos ou naturais para a formação de flóculos que carregam a impurezas para que possam utilizar ou descartar.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT. **NBR 10004:2004 -Resíduos sólidos – classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-19 - Explosivos**. Portaria MTb Nº 3.214 de 08 de junho de 1978. Distrito Federal: Brasília, 1978. Disponível em: https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-19.pdf. Acesso em: 01 mar. 2020.

BRASIL. **Resolução CONAMA Nº 313**, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Gestão de resíduos e produtos perigosos – Tratamento. Publicada no DOU Nº 226, de 22 de novembro de 2002, Seção 1, páginas 85-91. Distrito Federal: Brasília, 2010. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=335>. Acesso em: 15 mai. 2019.

BRASIL. **Portaria Normativa/MEC Nº 17**, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre o mestrado profissional no âmbito da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES. Diário Oficial da União Nº 248 (terça-feira) – Seção 1 – Pág. 20 Ministério da Educação Gabinete Do Ministro Portaria Normativa Nº 17, de 28 de dezembro de 2009. Distrito Federal: Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.uezo.rj.gov.br/pos-graduacao/docs/Portaria-MEC-N17-28-de-mbro-de-2009.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2020.

BRASIL. **Lei Federal Nº 12.305/2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Distrito Federal: Brasília, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 15 mai. 2020.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora n. 19**. Portaria SIT n.º 228, de 24 de maio de 2011. Distrito Federal: Brasília, 2011. Disponível em: https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-19.pdf. Acesso em: 01 mar. 2020.

BRASIL. Ministério da Defesa Exército Brasileiro Comando Logístico Departamento Marechal Falconieri. **Portaria Nº 56 - COLOG**, de 5 de junho de 2017. Brasília: Distrito Federal, 2017. Disponível em: <http://www.dfpc.eb.mil.br/phocadownload/Portarian56.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2020.

BRATBY, J. **Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment**. 2 th ed. London, UK: IWA Publishing, 2006.

BUSS, M. V.; RIBEIRO, E. F.; SCHNEIDER, I. A. H.; MENEZES, J. C. dos S. Tratamento dos efluentes de uma lavanderia industrial: avaliação da capacidade de diferentes processos de tratamento. **Revista de Engenharia Civil IMED**. v. 2, p. 2-10, 2015.

CASECA, C. P.; MORAES, V. **Estudos sobre o tratamento da água utilizando como coagulante as cascas abóbora, banana, chuchu e moringa**. CONIC. SEMESP. 14º Congresso Nacional de Iniciação Científica. São Paulo: São Paulo, 2014.

DAMO, A. M.; KEMPKA, A. P. **Potencial coagulante de sementes de girassol (*Helianthus annuus L.*) submetidas a extração com diferentes solventes e ultrassom de baixa frequência.** 26º Seminário de Iniciação Científica UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina – Florianópolis, 2016.

DAVIS, M. **Tratamento de águas para abastecimento e residuárias:** princípios e práticas. Elsevier. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro. 2017.

GIANNETTI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B. de; BONILLA, S. H. Implementação de ecotecnologias rumo à ecologia industrial. **RAE-eletrônica.** v. 2, nº 1, jan-jun. 2003.

GUIMARÃES, M. dos S.; ROCHA, C. P. **Eficiência do sistema de tratamento dos efluentes líquidos industriais:** um estudo de caso em uma empresa na cidade de Santo Antônio do Monte/MG. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. São Paulo, 2011.

LIMA, G. J. de A.; BARBOSA FILHO, O. **Uso de polímero natural do quiabo como auxiliar de floculação e filtração em tratamento de água e esgoto.** Centro de Tecnologia e Ciências Faculdade de Engenharia Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente. 2007. Dissertação – Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2007.

JESUS, Abel Ribeiro de; MARQUES, Nikolas da Silva; SALVI, Emille Jeane Novais Ribeiro; TUYUTY, Pamela Luiza Melo; PEREIRA, Samanta Andrade. **Cultivo da *Moringa oleífera*.** Dossiê técnico. Instituto Euvaldo Lodi – IEL. Bahia: Salvador, 2013.

MINAS GERIAS. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG Nº 09**, 16 de junho de 2004. Define os usos insignificantes para as circunscrições hidrográficas no Estado de Minas Gerais. Publicação – Diário do Executivo. Minas Gerais: Belo Horizonte, 2008. Disponível em: http://www.agbpeixevivo.org.br/images/arquivos/legislacao_ambiental/CERH/deliberacao%20normativa%20cerh-mg%20n%20009-2004.pdf<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2020.

MINAS GERIAS. **Deliberação Normativa COPAM Nº 74**, de 9 de setembro de 2004. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ambiental de funcionamento ou de licenciamento ambiental no nível estadual, determina normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização ambiental e de licenciamento ambiental, e dá outras providências. Diário de Executivo, Minas Gerais: Belo Horizonte, 2004. Disponível em: <http://sisemanet.meioambiente.mg.gov.br/mbpo/recursos/DeliberaNormativa74.pdf>.<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2020.

MINAS GERIAS. **Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais (CERH-MG) Nº 01/2008**, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de águas e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicação – Diário do Executivo. Minas Gerais: Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <https://www2.cead.ufv.br/sgal/files/apoio/legislacao/>

legislacao3.pdf.<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2020.

MINAS GERIAS. **Deliberação Normativa COPAM/DN-MG Nº 217**, de 06 de dezembro de 2017. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Diário de Executivo, Minas Gerais: Belo Horizonte, 2017. Disponível em: https://www.udop.com.br/download/legislacaomeio/institucional_site_juridico/deliberaacao_normativa_n217.pdf. Acesso em: 04 mar. 2020.

MINAS GERIAS. **Decreto Nº 47.383, de 2 de março de 2018**. Estabelece normas para licenciamento ambiental, tipifica e classifica infrações às normas de proteção ao meio ambiente e aos recursos hídricos e estabelece procedimentos administrativos de fiscalização e aplicação das penalidades. Publicação - Diário do Executivo - “Minas Gerais”. Minas Gerais: Belo Horizonte, 2018. Disponível em: https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa_nova-min.html?tipo=DEC&num=47383&ano=2018. Acesso em: 04 mar. 2020.

MINAS GERIAS. **Portaria Nº 244**, 21 de fevereiro de 2020. Dispõe sobre instituição do manual de normatização do trabalho acadêmico como documentos do IFMG. Ministério da educação, secretaria de educação profissional e tecnológica instituto federal de educação, ciência e tecnologia de Minas Gerais. Minas Gerais: Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <https://www2.ifmg.edu.br/portal/ensino/bibliotecas/manual-de-normalizacao-do-ifmg>. Acesso em: 02 abr 2020.

MINAS GERIAS. **Portaria IGAM Nº 14**, 07 de abril de 2020. Estabelece critérios para a caracterização de poços manuais e cisternas considerados intervenções sujeitas a cadastro de uso insignificante e dá outras providências. Diário de Executivo, Belo Horizonte, MG, 07 de abr. de 2020. Minas Gerais: Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <https://futurelegis.com.br/legislacao/218978/Portaria-IGAM-N%C2%BA-14-de-07-04-2020><http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acesso em: 09 ago 2020.

MORAES, Dilma. **Santo Antônio do Monte: doces namoradas de políticos famosos**. Gráfica Editora. Minas Gerais: Belo Horizonte, 1983.

OLIVEIRA, G.; KIKKAWA, L. S.; SANTOS, A. M. Reutilização de lodo de estação de tratamento de efluentes (ETE) na Região de Suzano, São Paulo, Brasil: alternativas e oportunidades. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. Paraíba: João Pessoa, v. 5, n. 11, p. 999-1007, 2018.

PEREIRA, R. D.; TAKENAKA, E. M. M.; FLUMINHAN E. M. M.; FLUMINHAN Jr, A. **Reciclagem agrícola de biossólidos: aspectos ambientais e aceitação política**. *Colloquium Humanarum*, São Paulo: Presidente Prudente, v. 10, p. 90-101, 2013.

PINA, M. de A. Fogo de artifício. Festa e celebração – 1709-1880, **Coleção de estampas da Biblioteca Nacional**. 24 fevereiro a 28 de março de 2002. Lisboa. Revisão. Rio de Janeiro, 2002.

REZENDE, K. C. **Importação de fogos de artifício da china: a visão dos empresários e distribuidores do polo pirotécnico de Santo Antônio do Monte e região frente ao elevado aumento da importação.** Faculdade Novos Horizontes Programa de Pós-Graduação em Administração. Minas Gerais: Belo Horizonte. 2007.

SANTANA, J. S.; SANTOS, B. R. dos, RESENDE, B. de O. Utilização da casca de banana como bioissorvente para absorção de metais pesados viabilizando sua utilização em águas residuárias da indústria galvânica. **INOVAE – Journal of Engineerin, Architecture and Technology Innovation.** 2020.

SANTOS, A. D. dos. **Estudo das possibilidades de reciclagem dos resíduos de tratamento de esgoto da região metropolitana de São Paulo.** 2003. Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

SANTOS, E. M. M. **O trabalhador pirotécnico de Santo Antônio do Monte e seu convívio diário com o risco de acidente súbito.** 2007. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Psicologia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - Belo Horizonte. 2007.

SANTOS, S. M. dos; PEREIRA, J. R. D. **Análise dos riscos ambientais existentes na fabricação de fogos de artifício em uma empresa localizada no Centro-oeste de Minas Gerais.** Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Segurança no Trabalho) - Centro Universitário de Lavras - UNILAVRAS. Minas Gerais: Lavras, 2013.

SANTOS, S. M. dos; CORRÊA, B. S. **Reúso dos efluentes industriais e minimização dos resíduos sólidos no processo produtivo em uma indústria de fogos de artifícios.** XIII Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas. Minas Gerais: Poços de Caldas. 2016.

SILVA, E.; VARGAS, L. C. D.; LEÃO, R. C.; ALMEIDA, A. M. **O uso de resíduos da cartonagem da indústria de fogos de artifícios de Santo Antônio do Monte/MG na reciclagem de papel.** Instituto Federal do Sul de Minas Gerais - Campus Muzambinho, X Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, Minas Gerais: Poços de Caldas, 2013.

STEVENSON, D. G.; ELLER, F. J.; WANG, L.; JANE, J. L.; WANG, T.; and INGLET, G. E.. *Oil and Tocopherol Content and Composition of Pumpkin Seed Oil in 12 Cultivarsn.* **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** v. 55, n. 10, p. 4005–4013, 2007.

TRIVELATO, G. da C.; BARRETO, J. M. de A. **Prevenção de explosões na fabricação de fogos de artifício no arranjo produtivo de Santo Antônio do Monte (MG).** In: Semana de Pesquisa. Minas Gerais: Belo Horizonte, 2008. Fundacentro.

VIANNA, M. R. Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água. **Imprimatur.** Minas Gerais: Belo Horizonte. 2002.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 4. ed. UFMG. Minas Gerais: Belo Horizonte, 2014.

I CAPÍTULO

AVALIAÇÃO DO USO DE COAGULANTES NATURAIS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS E REÚSO DO LODO: uma revisão sistemática da literatura

RESUMO

O problema com a destinação dos resíduos líquidos e sólidos industriais, como águas residuárias industriais e lodos contaminados com metais pesados, é preocupante, porque prejudica o meio ambiente. Neste trabalho, foi realizada uma seleção de artigos científicos, para compor a revisão sistemática da literatura, com foco no avanço em alternativas, que possam modificar o tratamento de efluentes e dar uma destinação final ao lodo proveniente do tratamento industrial. A investigação visou analisar trabalhos com base nas seguintes palavras-chave em português e suas traduções equivalentes em língua inglesa “efluentes industriais, gerenciamento de resíduos, coagulantes naturais, logística reversa” e o inglês “industrial effluents, management waste, natural coagulants, reverse logistics”. A partir disso, foi feito o refinamento da seleção dos artigos achados com base no fluxograma de PRISMA. Dessa forma, foram eliminados artigos repetidos, sendo adotados critérios visando a elegibilidade, além disso foram observados os fatores de impacto com melhor relevância para compor a presente revisão sistemática de literatura. Do total dos artigos, 2.980.323, permaneceram 31 trabalhos que abordaram assuntos referentes à análise de destinação do lodo como insumo ou subproduto e melhorias no tratamento das águas residuárias industriais com uso de coagulantes naturais. Contribuíram para o estudo em forma de logística reversa dos resíduos líquidos industriais por substituir o tratamento convencional pelo uso de coagulantes naturais como acácia-branca, girassol, banana, abóbora e o quiabo, por apresentarem forma de coagulação, floculação, biossorção e sedimentação. Além disso, foi possível constatar que é viável realizar o reúso das águas residuárias tratadas também a inserção do lodo substituindo partes nos processos produtivos, por meio de tecnologias alternativas. Os artigos selecionados mostraram-se promissores e demonstraram redução nos impactos socioambientais mesmo com uma escassez de artigos abordados assuntos como o tratamento de águas residuárias industriais geradas durante a fabricação dos fogos de artifícios.

Palavras-chave: Tratamento não convencional. Efluentes líquidos. Resíduos sólidos. Controle ambiental.

EVALUATION OF THE USE OF NATURAL COAGULANTS IN THE TREATMENT OF WASTE WATER AND SLUDGE REUSE: a systematic review of the literature

ABSTRACT

The problem with the disposal of industrial liquid and solid waste, such as industrial wastewater and sludge contaminated with heavy metals, is worrying because it harms the environment. In this work, the selection of scientific articles and the systematic review of the relevant literature focused on the advancement of non-conventional alternatives for industrial waste treatment. The investigation aimed to analyze works based on the following keywords in Portuguese and their equivalent translations in English “industrial effluents, waste management, natural coagulants, reverse logistics” and in English “industrial effluents, management waste, natural coagulants, reverse logistics ”. From this, the selection of articles was refined based on the PRISMA flowchart. Thus, repeated articles were eliminated, and criteria were adopted for eligibility to be included in this systematic literature review. Of the total articles, 2,980.323, there remained 31 works that addressed issues related to the analysis of the disposal of sludge as an input or by-product and improvements in the treatment of industrial wastewater using natural coagulants. They contributed to the study in the form of reverse logistics of industrial liquid waste by replacing the conventional treatment using natural coagulants such as acacia -white, sunflower, banana, pumpkin and okra, as they present a form of coagulation, flocculation, biosorption and sedimentation, in addition to reusing treated water and the insertion of sludge replacing parts in production processes, allowed as technological alternatives. The selected articles proved to be promising and demonstrated a reduction in social and environmental impacts.

Keywords: Not-conventional treatment. Liquid effluents. Solid waste.
Environmental control.

1 INTRODUÇÃO

As indústrias têm contribuído muito com o aumento do consumo de água de abastecimento captadas em fontes subterrâneas, o que vem ocasionando sérios danos ao meio ambiente (ARAÚJO, FERREIRA, L. e FERREIRA, D. 2017). Os autores Aguiar e Novais (2002); Santos e Corrêa (2016) mencionaram a expressiva poluição química de natureza orgânica ou inorgânica decorrente de resíduos industriais que causam impactos ambientais. Nesse contexto, destacaram-se as indústrias, que utilizam como matéria-prima alguns metais pesados para chegar ao produto final.

Visando atender à Deliberação Normativa (DN) COMPAM n°217/2017 (MINAS GERAIS, 2017), todas as atividades listadas conforme critérios de potencial poluidor/degradador de porte e localização, definidos nas classes 1 a 6, devem ser licenciadas, e seus resíduos líquidos e sólidos devem receber destinação adequada. As empresas abordadas neste estudo estão classificadas em porte médio, por possuir uma área construída menor que 0,5ha. Porém utilizam águas residuárias de abastecimento, gerando efluentes industriais contendo composição química diversificada e metais pesados (JIMENEZ, BOSCO, CARVALHO, 2004).

As indústrias vêm cada vez mais se esforçando para atender aos padrões de lançamento de dejetos, cumprindo critérios conformes à Deliberação Normativa COPAM/CERH-MG/N°01/2008 (MINAS GERAIS, 2008). As principais fontes de contaminação da indústria de produção de fogos de artifícios são oriundas da limpeza das oficinas e equipamentos. A Super fogos e Fogos Beija-flor são classificadas de médio porte, as que contribuíram neste estudo⁶, apresentam uma produção aproximada de 10 toneladas de produtos pirotécnicos por semana e gera 15m³ de águas residuárias industriais.

Partindo desse contexto, as diferentes formas de tratamento das águas residuárias industriais com coagulantes naturais produzem uma água capaz de reúso para fins menos nobres, bem como a reintegração do lodo originado após o tratamento dos efluentes industriais, em forma de insumo no processo produtivo.

Diante disso e visando sua aplicação no processo produtivo, torna-se importante o objetivo da revisão sistemática da literatura, a fim de buscar trabalhos acadêmicos que contribuem para o conhecimento dessas alternativas para os resíduos líquidos e sólidos.

⁶ Classificação baseada na Deliberação Normativa DN-217. BRASIL, 2017, p 37.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Abordagem da problemática ambiental de indústrias de fogos de artifícios

Durante a produção diversificada dos foguetes, bombas polegadas, bombas de solo, fogos infantis, entre outros, são usadas diversas matérias-primas, como alumínio, cobre, bário, níquel, sais como potássio, litopônio entre os insumos compostos de solos, terras, enxofre e carvão vegetal (GUIMARÃES; ROCHA, 2011). Perante isso, para que os fogos de artifícios sejam fabricados com segurança, é necessária a utilização de grande volume de águas de abastecimento, que são usadas nas oficinas de trabalho e lâminas d'águas de 10cm sobre toda a extensão do local, o que gera efluentes industriais contaminados, em média de 15m³ por semana. Manter as lâminas das oficinas em 10cm de água é uma exigência da Norma Regulamentadora NR-19 (BRASIL, 1978) e Portaria COLOG nº 56 (BRASIL, 2017), o que aumenta o gasto de águas residuárias.

As águas residuárias são tratadas por meio convencional com uso de sulfato de alumínio que custa por volta de R\$ 7,25/kg⁷ e o cal hidratado, em torno de R\$ 0,61/kg, gerando um custo elevado, além de outro problema que é a formação do lodo, destinado a aterro industrial, com um valor aproximado de R\$ 5,50/kg, conforme estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010).

Assim, justificaram-se a busca e pesquisa científicas de artigos para realizar a revisão sistemática de literatura, com alternativas do uso de coagulantes naturais no tratamento de águas residuárias e reúso do lodo. Porém, não foi possível encontrar estudos pertinentes de efluentes gerados na produção de fabricação de fogos de artifícios, com essa finalidade, daí foram escolhidos com uso de palavras-chave veiculadas a resíduos líquidos e sólidos industriais com metais pesados.

2.2 O processo de tratamento convencional de águas residuárias industriais de pirotécnicos

Diante da necessidade de realizarem o tratamento das águas residuárias industriais, conforme destacaram Mazzer e Cavalcanti (2004), as indústrias de pirotécnicos

⁷ Valor estimado do Sulfato de Alumínio e do Cal hidratado no ano de 2021

recorrem ao tratamento convencional, em que os efluentes gerados são escoados por uma tubulação até chegarem ao primeiro tanque de equalização de vazão, de onde seguem para o tratamento no tanque de coagulação, dotado de um agitador mecânico, leito de secagem, além das caixas de filtragem e caixas de armazenamento para reúso.

Nesse tanque de coagulação, verifica-se o pH inicial e subsequente e adiciona-se cal hidratada. O pH é aferido novamente para que o coagulante – geralmente sulfato de alumínio – seja adicionado. Quando o pH dessas águas residuárias é neutralizada a formação de flocos, o que colabora para a remoção dos metais pesados presentes nas águas residuárias industriais, por meio de precipitação. Depois da sedimentação ou decantação, as águas são destinadas ao reúso e o lodo é escoado para o leito de secagem, onde permanece por volta de 15 a 60 dias antes de ser destinado ao aterro industrial.

No entanto, percebeu-se que esse tipo de tratamento denominado físico-químico convencional poderá ser alto custo para atender aos parâmetros da legislação ambiental e o mesmo não trata devidamente as águas residuárias, que representam riscos, causam danos à vegetação e ao solo, podem contaminar águas pluviais e, não bastasse isso, contêm grande quantidade de sólidos (lodo) contaminados com metais pesados (JIMENEZ, BOSCO e CARVALHO, 2004). Para atender ao cumprimento das obrigações legais da Deliberação Normativa COPAM nº217 (BRASIL, 2017), as águas a serem descartadas no solo ou em cursos hídricos devem passar por análise trimestral, incluindo montante e jusante do curso hídrico.

Com essa preocupação em relação ao meio ambiente e em relação aos custos da empresa, que podem chegar a, aproximadamente, R\$2.000,00 a cada trimestre, Guimarães e Rocha (2011) destacaram a importância do tratamento dessas águas residuárias tratadas visando ao seu reúso no processo produtivo como uma estratégia da indústria de buscar o desenvolvimento sustentável. Esses autores enfatizaram que a importância das águas residuárias tratadas consiste em seu retorno ao processo produtivo, ainda que seu uso seja em atividades menos nobres, tal como a limpeza; enquanto o lodo será enviado para o leito de secagem e permanecerá em repouso por, aproximadamente, quinze dias, tendo a umidade dos sólidos reduzida e sendo enviado ao aterro industrial, mesmo que ainda contenha resquícios de resíduos perigosos, classificados como de Classe I, conforme ABNT NBR 10.004:2004 (BRASIL, 2004).

2.3 Gerenciamento dos resíduos sólidos industriais de artigos pirotécnicos

O gerenciamento de resíduos sólidos industriais é bastante complexo e demanda custos elevados, relacionados ao processo de tratamento em si, ao transporte e destinação final, porque se trata de substâncias classificadas como resíduos perigosos – Classe I, conforme ABNT NBR 10.004:2004 (BRASIL, 2004). A Portaria nº 56 - COLOG, de 5 de junho de 2017 (BRASIL, 2017), estabelece que resíduos sólidos devem ser segregados e que papel e plásticos provenientes das embalagens devem ser reciclados para terceiros.

Os outros rejeitos, inclusive aqueles provenientes de algum produto pirotécnico não conforme, devem ser incinerados na própria indústria, em vala de queima, de forma adequada. Os resíduos finais gerados desse procedimento, como cinza contaminada com metais pesados, devem ser acondicionados em barricas plásticas e enviados a aterro industrial, uma vez que se classificam como resíduos perigosos – Classe I, conforme ABNT NBR 10.004:2004 (BRASIL, 2004).

Segundo instruções introduzidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, (BRASIL, 2010), regulamentadas pelo Decreto Nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010, o manejo dos sedimentos e rejeitos tem como propósito diminuir e controlar a destinação final desses respectivos sólidos, de forma ambientalmente adequada, incluindo processos como reciclagem, compostagem, recuperação, aproveitamento energético e logística reversa, com a finalidade de minimizar os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental.

2.4 Logística reversa de resíduos sólidos e líquidos

Nesse contexto, as indústrias de fogos de artifícios têm adotado a logística reversa em seus resíduos em conformidade com a Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010) e a Deliberação Normativa COPAM Nº232, de 27 de fevereiro de 2019 (MINAS GERAIS, 2019), para que os resíduos sejam devidamente segregados e destinados corretamente, conforme sua classificação.

Portanto, o dispositivo legal indica que as empresas devem aderir a diferentes formas de destinação de seus resíduos em atendimento à Política Nacional de Resíduos Sólidos supracitada. Diante do exposto, a revisão sistemática de literatura foi levantada em busca de mais estudos científicos a fim de possibilitar uma boa análise dos tratamentos de águas residuárias industriais para verificar, com embasamento seguro, a possível substituição

do tratamento convencional pelo tratamento não convencional, isto é, substituir os produtos químicos por coagulantes naturais.

Mueller (2005) mencionou a importância da busca e verificação da possibilidade de implantar logística reversa do lodo da estação de tratamento de águas residuárias industriais como um insumo que pode ser reintegrado no processo produtivo, transformando-se em um subproduto. Com a perspectiva de minimizar a relação do custo e benefício, transformar um resíduo em um insumo e depositá-lo em aterro industrial podem acarretar problemas ambientais, pois esses materiais não se decompõem.

O estudo de Santos e Rossoni (2019) e (2020) expressou meio científico de estudo que possibilita a implantação da logística reversa dos resíduos líquidos e sólidos nas empresas, como um tratamento natural, como os coagulantes, semente de acácia-branca e de girassol, e com os resíduos orgânicos gerados na própria indústria durante as refeições para os colaboradores, como casca e semente de abóbora, quiabo maduro, casca de banana, por eles apresentarem procedimentos de coagulação, adsorção, absorção, biossorvente e floculação.

Assim pode-se reutilizar a água tratada no processo de limpeza das oficinas e equipamentos, durante e após a fabricação dos fogos de artifícios. Além disso, verifica-se, com base nas informações da literatura, uma maneira eficiente de como reintegrar o lodo ao processo de produção, em virtude dessas alternativas contribuir para minimizar possíveis impactos ambientais e colaborar para a redução de custos na fabricação dos fogos e tratamento de seus resíduos (NASCIMENTO HYPOLITO E RIBEIRO, 2006; PEREIRA, TAKENAKA e FLUMINHAN, 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi desenvolvida com o auxílio de fontes das plataformas digitais constituídas do portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Ministério da Educação - CAPES/MEC e o Google Scholar⁸, durante o período de janeiro a maio de 2020.

Primeiramente foram escolhidas quatro palavras-chave para iniciar a busca nos periódicos para a revisão sistemática, em português: “*efluentes industriais, gerenciamento de resíduos, coagulantes naturais, logística reversa*” e as respectivas palavras em língua inglesa: “*industrial effluents, management waste, natural coagulants, reverse logistics*”. A busca por essas palavras-chave possibilitou a seleção de artigos mais relevantes ao tema e objetivos da pesquisa como alternativa do que fazer com os resíduos sólidos industriais, que pode contribuir para tratar as águas residuárias industriais geradas na linha de fabricação de fogos de artifícios e uma técnica do que fazer com o lodo gerado desse procedimento de tratamento em forma de logística reversa.

Foi estabelecido um período para a busca e análise dos trabalhos, dando a importância de 6 anos de (2014 a 2020), exceto para publicações do autor mais relevante. Durante a procura pelos artigos científicos para revisão sistemática de literatura, foram adotadas a plataforma *Periódicos Capes* e *Scholar Google* por demonstrarem maior qualidade em revistas, além disso, tais plataformas contribuem para a eliminação usando as revistas de maior relevância de acordo com a classificação Qualis Capes/plataforma Sucupira em revista com maior impacto, concedendo um recorte experimental do período. Na Tabela 1, encontram-se descritos o total de trabalhos encontrados no decorrer da pesquisa dirigida por meio das referidas palavras-chave.

⁸ Disponíveis em *sites* eletrônicos: <www.periodicos.capes.gov.br e <https://scholar.google.com.br/>>.

Tabela 1 – *Checklist* de busca de publicações em periódicos acadêmicos, a partir das palavras-chave

Pesquisas nos periódicos	Ano	Nº de Publicações Encontradas por Biblioteca Digital			
		<i>Google Scholar / Português</i>	Portal Periódicos CAPES/ Português	<i>Google Scholar / Inglês</i>	Portal Periódicos CAPES/ Inglês
Coagulantes naturais	2014	1160	5	35900	2583
	2015	1290	12	37300	2962
	2016	1500	8	39800	3108
	2017	1510	10	41500	3369
	2018	1760	5	41600	3951
	2019	1550	4	39200	4009
	2020	721	4	61800	4287
Efluentes industriais	2014	5490	37	51100	3332
	2015	5990	58	53700	3195
	2016	5950	53	49700	2779
	2017	5960	55	49200	3130
	2018	5830	36	46600	3545
	2019	5400	28	33300	3399
	2020	2480	25	31600	3565
Gerenciamento de resíduos	2014	9680	110	335000	30808
	2015	10500	121	334000	33422
	2016	11300	118	293000	37139
	2017	12000	114	370000	34376
	2018	13000	97	25000	31115
	2019	12000	78	159000	29853
	2020	5800	30	135000	27202
Logística reversa	2014	3280	42	31100	4745
	2015	3570	47	32400	5023
	2016	3790	53	33600	5015
	2017	4170	56	35000	5482
	2018	4650	38	36100	6292
	2019	4060	48	35100	6211
	2020	2310	18	55500	6273
Total		146.701	1.352	2.522.100	310.170

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Além disso, essas informações estão no Quadro 1. Nas buscas dos estudos publicados no período de 2014 a 2020, contendo as referidas palavras-chave para proceder à revisão sistemática da literatura, foram encontrados 2.668.801 (dois milhões e seiscentos e sessenta e oito mil e oitocentos e um) artigos científicos nas consultas no *Google Scholar*. No portal de *Periódicos CAPES*, foram consultadas uma quantidade menor 311.522 (trezentos e onze mil e quinhentos e vinte e dois) publicações, portanto demonstrou-se que esses artigos se enquadram em uma maior classificação em revista, e alguns contribuíram com os estudos em forma de logística reversa dos resíduos sólidos e líquidos industriais de fogos de artifícios.

Também foi executada a eliminação dos artigos em duplicidade, subsequente os com melhor relevância, utilizando a recomendação de (PRISMA), observando a qualidade com base em classificação de citações no fator de impacto, a qual foi realizada pelo *Portal Sucupira*⁹, assim aderiram as melhores escolhas nas revistas acadêmicas como contribuição ao trabalho.

Luís, Rossoni e Duarte (2021) expressaram que, ao longo do procedimento de procura nos periódicos, por intermédio do fator de impacto¹⁰ (FI), obtém-se o número de publicações na literatura científica.

Nesse sentido, foram excluídos os estudos que tratavam de tratamentos convencionais, físico-químico, tratamentos veiculados a resíduos de outras áreas que não sejam efluentes contaminados com metais pesados e gerenciamento de resíduos sólidos que não o lodo gerado na estação de tratamento industrial. Por fim, foram excluídos trabalhos que abordaram assuntos referentes a resíduos sanitários e resíduos recicláveis industriais.

Em método manual, determinaram-se duas análises que partiram das informações do suporte literário, que são a aplicação do uso de coagulantes naturais em efluentes industriais e o gerenciamento do lodo oriundo desse tratamento, ambos em logística reversa, considerando de grande pertinência na área. Subsequente, alcançou-se a avaliação de trabalhos científicos que colaboraram no desempenho do Teste de Relevância abordado, os quais expressaram identificação da relevância para com os estudos. Foram selecionados os critérios de qualidade, caracterizados e estratificados em revistas A1 e A2, por serem periódicos de mais relevância, e as de B1 e B2 que abrangem excelentes artigos, e as demais revistas B3, B4 e B5 que obtiveram menor classificação, para as escolhas nos portais de periódicos de excelência internacional *Periódicos Capes* e *Google Scholar*.

Embora os artigos que foram encontrados favorecessem a condução do conhecimento no desenvolvimento deste trabalho, a partir dessa pré-seleção dos artigos, procedeu-se a seleção dos trabalhos de ambas as bibliotecas digitais. Para tanto, foi utilizado o Modelo de PRISMA (Systematic Reviews and meta-analyses of studies)¹¹ (MOHER *et al.* 2015), que se encontraram representado no fluxograma, na Figura 1. Com a aplicação do Teste de Relevância (TR) baseado nos autores Olsen (1995), Ferreira, Piai e Takayanagui (2008), foram escolhidos os artigos, na íntegra, para a exclusão e, posteriormente, para a

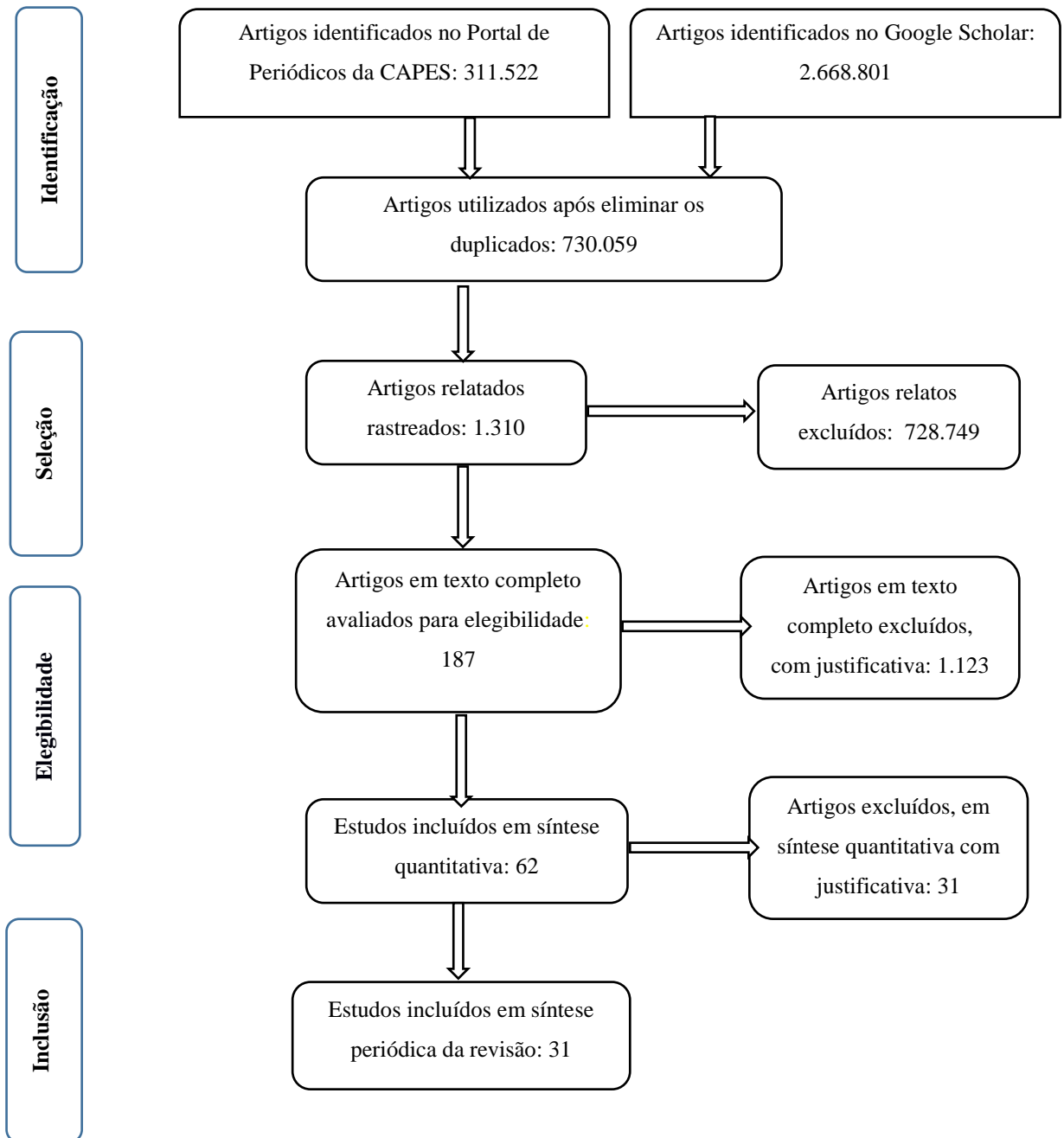
⁹ A Plataforma da Sucupira são utilizados, para busca e classificação, estudos veiculados aos programas de pós-graduação no que se refere aos artigos publicados em periódicos científicos.

¹⁰ Para se calcular o fator de impacto de uma revista, utiliza-se a maior quantidade de citações, adquiridas em publicações no decorrer dos últimos dois anos, sendo que se considera de melhor relevância o FI, aqueles artigos com mais qualificação na revista.

¹¹ Tradução em português: Revisões sistemáticas e meta-análises de estudos

seleção dos trabalhos, que contribuíam com os objetivos de estudo. Foram eliminados os que se apresentavam em duplicidade, permanecendo um total de 730.059, executando-se a pré-seleção.

Figura 1 – Fluxograma de PRISMA com informações para estudo na revisão sistemática Em meta-análise quantitativa em Teste de Relevância



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

De acordo com o fluxograma (Figura 1), na consulta às bases de dados foram escolhidos e analisados os artigos contribuintes. Foi então executada a aplicação do Teste de Referência, ficando uma quantidade de 1.310 artigos, justifica-se que a execução dos trabalhos que não possuem relevância para o estudo foi realizada manualmente.

Em seguida, foi realizado o TR nos textos avaliando a elegibilidade, então ficaram somente 187 artigos, assim justifica-se que foram artigos de baixa relevância em revista consultada pelo *Portal Sucupira*, onde destacou-se a avaliação em quadriênio de (2016 a 2019) da plataforma *Sucupira*.

Também nos estudos de síntese quantitativa, utilizando o fator de impacto dos periódicos, sendo esses um dos critérios, permanecendo em Teste de Relevância, através do recurso manual, observando as contribuições nas escolhas dos trabalhos com mais relevância, ficaram 31 trabalhos selecionados para compor os estudos (LUÍS; ROSSONI; DUARTE, 2021).

Os autores ainda expressaram que foram excluídos os que não estavam associados ao conteúdo, por sua vez, mantendo-se somente os que se encontravam relacionados ao tema cujos resultados são considerados para uma avaliação. Na etapa de seleção e elegibilidade, executou-se como critérios de eliminação dos artigos, com a finalidade de refinar e afunilar cada vez mais, usando as palavras-chave com um incremento “metais pesados em indústria química”, com o objetivo de chegar mais próximo da linha de estudos, o que fazer e como tratar os resíduos líquidos e sólidos gerados durante a confecção dos fogos de artifícios. Com isso, foram selecionados 31 artigos considerados fundamentais para fomentar o escopo do objetivo da revisão sistemática de literatura demonstrada na (Figura 1).

Para tanto, efetuou-se uma busca em periódico/ano e avaliou-se o nível de classificação na revista e, na sequência, analisou-se o número de citações de cada artigo mensurando sua abrangência, após essas etapas, passou-se à verificação do fator de impacto e informações que certificaram sua importância e relevância científica.

Logo, foram selecionados os artigos com as características do objeto de estudo que contribuíram com Teste de Relevância no mesmo seguimento de logística reversa dos resíduos sólidos e líquidos gerados nas indústrias de fogos de artifícios. Dessa maneira, encontraram-se obstáculos no estudo sobre a destinação dos resíduos líquidos e sólidos provindos das águas residuárias industriais originadas da confecção dos fogos de artifícios, embora, por outro lado, a dificuldade em encontrar artigos científicos pertinentes para aprofundar o tema apresentou-se como uma oportunidade, por ser assunto novo, em aprofundar os estudos na presente revisão de literatura.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a seleção dos artigos com similaridades encontrados, buscou-se verificar quais estudos seriam selecionados para compor a revisão sistemática. Dentre as iniciativas nas pesquisas relacionadas no Quadro 1, nota-se que a seleção conseguiu alcançar o objetivo principal do estudo com 31 publicações compostas nas amostras em porcentagem (%) utilizando as palavras-chave que contribuíram para os estudos que trataram com relevância como “efluentes industriais” (12,9%), em continuação com o estudo sobre “gerenciamento de resíduos” e a “logística reversa”, ambos com 16,1%, em sucessão os trabalhos com maiores achados foram os de coagulantes naturais com 54,8%.

Quadro 1 – Artigos selecionados para avaliação de tratamento de águas residuárias com coagulantes naturais, reutilização da água tratada no processo de limpeza, e reúso do lodo no processo de fabricação dos fogos de artifícios

Autores	Título	Periódico /Ano	Qualis/ Capes	Nº Citação	Fator de impacto*
AGUIAR, M. R. M. P. de; NOVAES, A. C.	Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos	Química Nova, 2002	A2	318	0,567*
	Objetivo: Pesquisar bibliografias para o uso de aluminossilicatos na remoção de metais pesados de águas residuais. Estudos avançados baseados em parâmetros que influenciam na remoção de metais pesados como pH, concentração de metais, efeito de ligantes essa capacidade de remoção.				
AQUINO, S. F. de; BRANDT, E. M. F.; CHERNICHARO, A. de L. C.	Remoção de fármacos e desreguladores endócrinos em estações de tratamento de esgoto: revisão da literatura	Engenharia Sanitária e Ambiental. 2013	A2	87	0,222*
	Objetivo: Nesse estudo foram obtidas informações a respeito dos mecanismos envolvidos na remoção de fármacos em ETE, apresentando dados de alguns compostos que possam auxiliar no tratamento de efluentes de ETE e corpos d'água no Brasil e compara a remoção de microcontaminantes em diferentes processos de tratamento de esgoto, com enfoque no efeito dos parâmetros operacionais sobre as eficiências de remoção.				
ARANTES, C. C.; RIBEIRO; T. A. P.; PATERNIANI J. E.	Processamento de sementes de <i>Moringa oleifera</i> utilizando-se diferentes equipamentos para obtenção	Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 2012	A2	19	0,608*
	Objetivo: Avaliar e comparar o uso de quatro equipamentos domésticos no processamento das sementes de <i>Moringa oleifera</i> para obtenção de solução coagulante a ser utilizada no tratamento de água para a redução de turbidez e cor aparente.				

(Continuação) Quadro 1 – Artigos selecionados para avaliação de tratamento de águas residuárias com coagulantes naturais, reutilização da água tratada no processo de limpeza e reúso do lodo no processo de fabricação dos fogos de artifícios

Autores	Título	Periódico /Ano	Qualis/ Capes	Nº Citação	Fator de impacto*
ARANTES, C. C.; RIBEIRO, T. A. P.; PATERNIANI, J. E. S.; TATEOKA, M. S. S.; SILVA, G. K. E	Uso de coagulantes naturais à base de <i>moringa oleifera</i> e tanino como auxiliares da filtração em geotêxtil sintético não tecido.	Engenharia Agrícola, 2014	B1	10	0,04
Objetivo: Avaliar uso de sementes de <i>Moringa oleifera</i> com uso de coagulante naturais no tratamento de indústria têxtil					
DEMAJOROVIC, J.; AUGUSTO, E. E. F.; SOUZA, M. T. S. S.	Logística Reversa de REEE em países em desenvolvimento: desafios e perspectivas para o modelo brasileiro	Ambiente & Sociedade, 2016	A2	24	0,187
Objetivo: Apresentar uma visão geral dos modelos internacionais de LR de REEE em países desenvolvidos e em desenvolvimento e comparar, com base nos princípios da PNRS, as propostas para a implementação do modelo brasileiro. Como instrumentos metodológicos, foram realizadas entrevistas em profundidade com os principais atores envolvidos no desenvolvimento do acordo setorial da LR					
DEUS, R. M.; BATTISTELLE, R. A. G.; SILVA, G. H. R.	Resíduos sólidos no Brasil: contexto, lacunas e tendências	Engenharia Sanitarista Ambiental, 2015	A2	46	0,222*
Objetivo: Conhecer e entender o contexto atual da produção científica nacional e internacional, sobre resíduos sólidos, bem como suas tendências e lacunas.					
CÂMARA, B.; OLIVEIRA, G. B. de; MACEDO, T. K. S.; LEITE; D. C. de D. de F.; SOARES, D. C. LIMA; T. da N.; VASCONCELO S, A.R. H; SOARES, S. C.; L.; BARBOSA, da L; TRIGUEIRO, M. S. L. LAYS.	Caracterização físico-química, toxicológica e nutricional das folhas da <i>Moringa oleifera Lam</i> secas e in natura	Research, Society and Development, 2019	B4	1	ND
Objetivo: A acácia-branca em suas características físico-químicas e toxicológicas. Demonstram que possuem água, cinzas, lipídios, teor de sólidos solúveis totais, acidez titulável total, pH, e vitamina C. Sendo feito teste de toxicologia para avaliar os efeitos tóxicos em sistemas biológicos e prever a possibilidade da toxicidade de substâncias frente a outros sistemas, apresentando assim os valores como alternativas viáveis de baixo custo para a alimentação inclusive atendendo aos valores determinados pelas legislações vigentes, bem como, resultados semelhantes a diversos área de estudos.					
GIDDE, R.; BHALERAO, A. R.; MALUSARE, C. N.	Comparative study of different forms of <i>Moringa oleifera</i> extracts for turbidity removal.	International Journal of Engineering Research and Development, 2012	B5	21	0,131
Objetivo: Usar extratos sem casca, sem óleo e proteína em pó purificada de <i>Moringa oleifera</i> como coagulante para remover a turbidez e estudar os efeitos dessas diferentes formas de extratos coagulantes.					
HENDGES, C. S.; SANTOS, D. R.; PICANÇO, A. P.	Percepção atual dos diversos atores sociais da Regional de Palmas em relação à gestão dos resíduos sólidos	Novos Cadernos NAEA, 2018	B1	0	0.12
Objetivo: Apresentar a percepção em relação à gestão dos resíduos sólidos, realizada por meio de oficina técnica, apresentadas por meio de debate que irão compor o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Tocantins.					

(Continuação) Quadro 1 – Artigos selecionados para avaliação de tratamento de águas residuárias com coagulantes naturais, reutilização da água tratada no processo de limpeza, e reúso do lodo no processo de fabricação dos fogos de artifícios

Autores	Titulo	Periódico /Ano	Qualis/ Capes	Nº Citação	Fator de impacto*
HENRIQUES, J. A.; OLIVEIRA, R.; MEIRA, C. M. B. S; NASCIMENTO, R. S.; SANTOS, E. C.	Potencial de uso da <i>Moringa oleifera</i> Lamarck na clarificação de água para abastecimento em comunidades difusas de áreas semiáridas	Revista Brasileira De Ciências Ambientais (Impressa), 2014	B4	1	0.649
Objetivo: Avaliar o potencial de uso da <i>Moringa oleifera</i> no tratamento de águas provenientes de pequenos açudes para uso de consumo humano.					
JOSHUA, R.; VASU, V.	<i>Characteristics of stored rain water and its treatment technology using Maringa seeds</i>	<i>International Journal of Life e sciences Biotechnology and Pharma Reasearch</i> , 2013	NP	16	0.126*
Objetivo: Analisar parâmetros de qualidade antes e depois do tratamento da água para provar que a qualidade da água tratada com sementes de <i>Moringa</i> se torna adequada para beber. Buscar resolver o problema básico da população rural.					
JULIO, M.; FIORAVANTE, D. A.; OROSKI, F. I.	Avaliação da influência dos parâmetros de mistura rápida, floculação e decantação no tratamento de água empregando o sulfato de alumínio e o PAC	Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias (Impresso) 2008	NP	1	ND
Objetivo: Avaliar a influência de mistura rápida, floculação e decantação no tratamento da água bruta afluyente à ETA usando sulfato de alumínio e PAC (cloreto de polialumínio) como agentes coagulantes. Verificar se os parâmetros adotados exerceram eficiência de remoção de turbidez.					
ARDABILI, A. G.; FARHOOSH, R.; KHODAPARAST, M. H. H.	<i>Chemical composition and physicochemical properties of pumpkin seeds (cucurbita pepo subsp. pepo var. styriaka) grown in iran</i>	<i>Journal Of Agricultural Science And Technology</i> , 2011	B1	9	0.644
Objetivo: A composição química e as propriedades físico-químicas das sementes de abóbora e os ácidos graxos de seu óleo foram determinadas, são teores de fibra bruta, cinza totais e carboidratos, umidade, possui porcentagens de ácido, peróxido, iodo e seus compostos fenólicos totais, tocoferóis totais, esteróis totais e ceras. Comparado com outros óleos vegetais, o presente estudo revelou que o óleo de semente de abóbora pode ser uma fonte valiosa de óleo comestível.					
ROSA, P. M.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S. C.; BIZZO, H. R.; ZANOTTO, D. L., OLIVEIRA, M. F.; CASTIGLIONI, V. B. R.	<i>Chemical composition of brazilian sunflower varieties</i>	Helia, 2009	NP	6	0.13
Objetivo: As características do girassol demonstram que possuem genéticas e agronômicas composição em óleo e notável qualidade proteica, assim pode avaliar a composição química das sementes, farelo desengordurado e qualidade do óleo dessas variedades em teores de linoleico e oleico que são principais ácidos graxos ácidos em ambas as variedades. Além do teor de proteína da refeição desengordurada e ligeiras diferenças que são observadas no perfil de aminoácidos, esteróis e teor de ácido clorogênico.					

(Continuação) Quadro 1 – Artigos selecionados para avaliação de tratamento de águas residuárias com coagulantes naturais, reutilização da água tratada no processo de limpeza e reúso do lodo no processo de fabricação dos fogos de artifícios

Autores	Título	Periódico /Ano	Qualis/ Capes	Nº Citação	Fator de impacto*
LIMA, B. C. da; PINGUELO, G. C. B.; VERNASQUI, L. G.; CONSOLIN FILHO N.; CONSOLIN, M. F. B.; VALDERRAMA, P. MEDEIROS, F. V. da S	Aplicação do extrato de <i>Abelmoschus esculentus</i> (L.) Moench como floculante para a remoção de cor no tratamento de águas com corante têxtil.	Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais. 2020	B1	0	0,05
	Objetivo: Analisar a utilização de (<i>Abelmoschus esculentus</i>) quiabo como auxiliar de floculação na remoção de cor de soluções aquosas de corante alaranjado de metila; avaliar o lodo gerado nesse processo de efluentes de curtume.				
MAZZER, C.; CAVALCANTI, O. A.	Introdução à gestão ambiental de resíduos	Infarma, Caderno de Farmácia. 2004	B5	67	ND
	Objetivo: Reduzir custos com retrabalho, perdas, desperdícios e inspeções, de mecanismo habilitado na garantia e manutenção da segurança e qualidade dos produtos, serviços ofertados, e compromisso ambiental.				
NASCIMENTO S. C.; HYPOLITO R.; RIBEIRO, A. A.	Disponibilidade de Metais Pesados em Aterro de Indústria Siderúrgica.	Engenharia Sanitária e Ambiental 2006	A2	26	0.222
	Objetivo: Disposição de resíduos sólidos, oriundos dos diferentes processos industriais siderúrgicos, sem nenhuma preocupação ou utilização de técnica para prevenir eventual contaminação do solo e águas.				
PATERNIANI, J. E. S.; MANTOVANI, M. C.; SANT'ANNA, M. R	Uso de sementes de <i>Moringa oleifera</i> para tratamento de águas superficiais	Ver. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 2009	A2	51	0.608
	Objetivo: Avaliar a influência do uso do coagulante extraído das sementes de <i>Moringa oleifera</i> na eficiência da filtração lenta e da sedimentação na remoção de partículas sólidas em suspensão da água.				
PAULA, H. M.; ILHA, M. S. O.	Uso da <i>Moringa oleifera</i> no tratamento de água residuária de usina de concreto: mapeamento sistemático	REEC. Revista Eletrônica de Eng., Civil. 2016	B5	1	0,03
	Objetivo: Avaliar a eficiência de suspensões preparadas com sementes de <i>Moringa oleifera</i> como coagulante natural primário e auxiliar no tratamento da água residuária produzida em usinas de concreto, para utilizá-la como fonte de água não potável para abastecimento.				
PEREIRA, R. D.; TAKENAKA, E. M. M.; FLUMINHAN Jr, A.	Reciclagem agrícola de biossólidos: aspectos ambientais e aceitação pública	<i>Colloquium Humanarum</i> , 2013	B4	3	ND
	Objetivo: Realizar levantamento bibliográfico sobre a questão do tratamento de efluentes urbanos no Brasil; a geração de lodo em Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) e a alternativa de reciclagem agrícola desses resíduos, a fim de embasar teoricamente uma reflexão sobre a aceitação, por parte da sociedade, dos alimentos cultivados em solos tratados com biossólidos.				

(Continuação) Quadro 1 – Artigos selecionados para avaliação de tratamento de águas residuárias com coagulantes naturais, reutilização da água tratada no processo de limpeza e reúso do lodo na fabricação dos fogos de artifícios

Autores	Titulo	Periódico /Ano	Qualis/ Capes	Nº Citação	Fator de impacto*
SANTANA, J.; SANTOS, B. R. dos; RESENDE; B. de O.	Utilização da casca de banana como bioissorvente para adsorção de metais pesados viabilizando sua utilização em águas residuárias da Indústria Galvânica.	<i>International Journal of Engineering Research and Development</i> , 2020	B2	0	0,030
	Objetivo: Pesquisar e comprovar a eficácia das cascas de banana na adsorção dos metais pesados, são eles: chumbo (Pb), níquel (Ni), ferro (Fe), cobre (Cu) alumínio (Al) e bário (Ba). Para o processo de adsorção dos metais, as cascas foram secas e trituradas transformando-as em fibras bioissorventes, sendo aplicadas diretamente com a solução efluente por contato.				
SANTOS, M. R.; TEIXEIRA, C. E.; KNISS, C. T.	Avaliação de desempenho ambiental na valorização de resíduos sólidos de processos industriais.	REA Revista de Administração UFSM, 2014.	B3	10	ND
	Objetivo: Apresentar o referencial teórico utilizado sobre ACV e avaliação de ecoeficiência; na seção III, consta o método de pesquisa utilizado; na seção IV, estão os resultados alcançados; e, na seção V, expõem-se as considerações finais.				
TAVARES, S. R. L.; OLIVEIRA, S. A.; SALGADO, C. M.	Avaliação de espécies vegetais na fitorremediação de solos contaminados por metais pesados	Holos 2013	B4	20	0,73
	Objetivo: Avaliar o comportamento de diferentes espécies vegetais cultivadas em solo contaminado por metais pesados. Para a realização do experimento em caso de vegetação coletou-se um solo que corresponde a um aterramento de Argissolo Vermelho-Amarelo proveniente de uma área industrial (resíduo de lodo galvânico) no estado do Rio de Janeiro.				
SOUSA, D.; OLIVEIRA, G. de; MENDONÇA; H.; CRUZ, P..	Logística reversa e sustentabilidade	Revista Inovação, Projetos e Tecnologias – IPTEC, 2016	NP	2	ND
	Objetivo: Demonstrar que a Logísticas Reversa reaproveita seus produtos pós-consumo e como isso fortalece as empresas mediante a situação econômica do país. No final será mostrado que a LR está totalmente alinhada à estratégia da empresa e em contrapartida ajuda em sua responsabilidade socioambiental.				
ANASTASAKIS, K.; KALDERIS, D.; DIAMADOPOULOS, E.	<i>Flocculation behavior of mallow and okra mucilage in treating wastewater.</i>	<i>Desalination (Amsterdam)</i> , 2009	A1	11	7.098
	Objetivo: Experimento de floculação de mucilagens de <i>Malva sylvestris</i> (Malva) e <i>Abelmoschus esculentus</i> (quiabo) removendo turbidez do efluente sintético e biologicamente tratado, de forma que os resultados mostraram que a mucilagem de malva e quiabo tem propriedades significativas de floculação, na remoção da turbidez.				

(Continuação) Quadro 1 – Artigos selecionados para avaliação de tratamento de águas residuárias com coagulantes naturais, reutilização da água tratada no processo de limpeza e reúso do lodo no processo de fabricação dos fogos de artifícios

Autores	Titulo	Periódico /Ano	Qualis/ Capes	Nº Citação	Fator de impacto*
OGUNTIMEIN, G. B.	<i>Biosorption of dye from textile wastewater effluent onto alkali treated dried sunflower seed hull and design of a batch adsorber.</i>	<i>Journal of Environmental Chemical Engineering, 2015</i>	A1	83	4.300
	Objetivo: Uso de casca de semente de girassol seca tratada com alcalino do efeito de biossorvente usada como adsorvente para a descoloração de efluentes de águas residuais da indústria têxtil. Nesse experimento de adsorção foram observados os parâmetros de ativado entre as moléculas de corante têxtil e casca de semente de girassol seca demonstrando equilíbrio envolvido na biossorção de corante efeito de biossorvente.				
JOE, B. M. J; GIWA, S. O.; IBRAHIM, M.; RAJI, Y. O.; GIWA, A.	<i>Optimization of the Operating Conditions of Turbidity Removal from Synthesized Dairy Wastewater Using Pumpkin Seed as a Coagulant</i>	<i>International Journal of Scientific & Engineering Research, 2015</i>	B5	ND	3.8
	Objetivo: A aplicação usando metodologia de <i>Design Expert</i> obteve boas condições para o uso de coagulante de semente de abóbora no tratamento de águas residuais de laticínios no estado da Nigéria. Portanto, os resultados da aplicabilidade foram satisfatórios, obtendo a remoção de turbidez dessas águas residuais dos efluentes dos laticínios.				
MOTA, W. F.; FINGER, F. L.; SILVA, D. J. H.; CORRÊA, P. C.; FIRME, L. P.; NEVES L. L. M.	Caracterização físico-química de frutos de quatro cultivares de quiabo.	Horticultura Brasileira, 2005	B1	3	0.3545
	Objetivo: As caracterizações físico-químicas dos frutos de quiabo secos demonstram teor de umidade e de vitamina C, já os frescos teores em matéria seca, açúcares redutores e teores de clorofilas a, b e total, e maior teor de umidade e vitamina C.				
MANE, R.S.; BHUSARI, V.N.	<i>Removal of Colour (dyes) from textile effluent by adsorption using Orange and Banana peel</i>	<i>International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA), 2012</i>	B4	ND	0.198
	Objetivo: A casca de banana e casca de laranja usadas como adsorvente natural para remoção de cor em resíduos de efluentes de uma indústria têxtil, assim demonstram a capacidade da remoção da cor em 87%, com o uso da banana e da laranja 68%, além de oferecer bom potencial como alternativo de baixo custo.				
JESUS, S. C.; FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L.	Caracterização física e química de frutos de diferentes genótipos de bananeira	Bragantia, 2004	B1	9	0,057
	Objetivo: A banana 'Prata Anã' e seus híbridos, 'Pioneira' e 'Prata Graúda'; 'Caipira', 'Nanica' e 'Thap Maeo' possuem características em fonte de nutrientes nos frutos analisadas quanto à massa, diâmetro, comprimento, pH, teores de sólidos solúveis totais, umidade, pH, acidez total titulável, açúcares totais, redutores e não redutores, amido e ácido ascórbico. Sendo que o maior teor de ácido ascórbico foi observado no cultivo da Prata Anã.				

(Continuação) Quadro 1 – Artigos selecionados para avaliação de tratamento de águas residuárias com coagulantes naturais, reutilização da água tratada no processo de limpeza e reúso do lodo no processo de fabricação dos fogos de artifícios

Autores	Título	Periódico /Ano	Qualis/Capes	Nº Citação	Fator de impacto*
ARAÚJO A. R. M.; FERREIRA, L. F., FERREIRA; D. D. M.	Gestão dos recursos hídricos: estudo sobre práticas ambientais adotadas por uma indústria têxtil	Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais. 2017	B1	0	0,04
	Objetivo: trata-se de explanatória de informações quanto à abordagem de práticas envolvendo o uso, reúso de tratamentos de água de uma indústria têxtil com objetivo de reduzir o consumo.				
BUSS, M. V.; RIBEIRO, E. F; SCHNEIDER, I. A. H.; MENEZES, J. C. S. S.	Tratamento dos efluentes de uma lavanderia industrial: avaliação da capacidade de diferentes processos de tratamento	Revista de Engenharia Civil IMED. 2015	B5	15	0.08*
	Objetivo: Propor melhoria no sistema de tratamento de efluentes, por similares, com estudo da planta industrial para melhor controle de qualidade da água tratada.				

A classificação dos periódicos foi embasada de acordo com o Qualis/Capes, no quadriênio 2013/2016, sendo as áreas de avaliação Ciências Ambientais e Interdisciplinar (A2, B1, B2, B3, B4 e B5).

NP: Não possui classificação nas áreas de Ciências Ambientais e Interdisciplinar.

ND: Não disponível.

O fator de impacto consultado pelo *Journal Citation Reports (JCR)*.

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Dentre a preocupação envolvendo o tratamento das águas residuárias industriais oriundas da fabricação de fogos de artifícios, os autores Júlio, Fioravante e Oroski (2008), Aquino, Brandt e Chernicharo (2013) e Buss *et al.* (2015) mencionaram formas similares de controle de qualidade desses efluentes, que conseguem remover com eficiência a turbidez das águas tratadas, otimizando seu reúso. O estudo de Aguiar e Novaes (2002), mostrou o tratamento de efluentes industriais com coagulantes químicos que conseguem a remoção dos metais presentes.

A partir das pesquisas elaboradas por Paterniani, Mantovani e Sant'anna, (2009) e Arantes *et al.* (2014), foi possível constatar que esses autores propuseram alternativas para possíveis purificações das águas residuárias industriais para alcançar resultados satisfatórios, considerando o tratamento químico convencional, o que constituíram com o propósito desses estudos. Os indicadores propostos pelos autores Paterniani, Mantovani e Sant'anna, (2009), Arantes, Ribeiro e Paterniani. (2012), Gidde Bhalerao e Malusare (2012), Henriques *et al.* (2014) e Joshua e Vasu (2013) abordaram a utilização de coagulantes naturais em diversos tipos de tratamento, podendo contribuir no tratamento das águas removendo a turbidez, cor aparente, filtração, sedimentação e remoção de partículas sólidas em suspensão, tornando

essas águas clarificadas, permitindo sua utilização de diversas formas, inclusive para potabilidade em pequenas comunidades.

Dentro da perspectiva do uso de coagulantes naturais no processo de tratamento, Gidde, Bhalerao e Malusare (2012) e Paula e Ilha (2016) ressaltaram que a coagulação com *Moringa oleífera* pode levar à formação de flocos devido ao alto peso molecular desse elemento em comparação com o tratamento convencional físico-químico. Esse produz flocos mais densos e diminuem o tempo de sedimentação, reduzindo a turbidez, ou seja, dando às águas residuárias a possibilidade de reúso em fins menos nobres como limpeza de oficinas, pisos e equipamentos, em diversas finalidades e maneiras.

Dentro desse contexto e visando conceituar o uso de coagulantes naturais, os autores Joshua e Vasu (2013), Arantes *et al.* (2014) e Bus *et al.* (2015) defenderam a melhoria no tratamento de águas residuárias industriais através das alternativas como modificações na planta industrial, preservando o controle de qualidade como uma nova tecnologia, com adição do coagulante natural da *Moringa oleífera*, por ela ser uma planta tropical, cujas sementes apresentaram características físico-química de cinzas, lipídios, teor de sólidos solúveis totais, acidez titulável total, pH, e vitamina C, proporcionando alternativas viáveis de baixo custo em tratamento básico de águas residuárias (CÂMARA *et al.* 2019). Da mesma forma, Henriques *et al.* (2014) também indicaram a utilização de sementes de *Moringa oleífera* como propósito para se obter eficiência no tratamento dessas águas.

Por sua vez, Lima *et al.* (2020) e Anastasakis, Kalderis, Diamadopoulos, (2009) mencionaram a preocupação com a contaminação dos corpos hídricos e vida aquática devido à grande geração de efluentes sanitários e industriais, provenientes de diversas atividades, pois causam impactos ambientais significativos. Partindo disso, esses autores vêm buscando melhoria no tratamento das águas residuárias industriais e destacaram nova tecnologia para floculação com o uso de quiabo (*Abelmoschus esculentus*), com a finalidade da remoção de cor, turbidez e verificando a formação do lodo.

Perante isso, Mota *et al.* (2005) expressaram que o *Abelmoschus esculentus* pode contribuir no tratamento de efluentes, por apresentarem característica físico-química como teores de umidade e de vitamina C, açúcares, redutores e teores de clorofilas a, b, e total, permitindo estudos nos resíduos líquidos dos fogos de artifícios. Com a finalidade de buscar diferentes coagulantes naturais, Santana, Santos e Resende, (2020) expressaram que é possível solucionar tais problemas ambientais com a modificação do tratamento das águas residuárias industriais de diversas atividades através da remoção dos metais pesados como:

chumbo (Pb), níquel (Ni), ferro (Fe), cobre (Cu) alumínio (Al) e bário (Ba), mediante o uso de banana tipo nanica e prata como biossorventes para adsorção dos poluentes.

A partir do estudo de Santana, Santos e Resende (2020), foi desenvolvido em uma indústria galvânica e exposto por Mane e Bhusari (2012) o uso de casca de banana ou casca de laranja como coagulante natural para tratar os efluentes por meio da adsorção, biossorção conseguindo a remoção da cor e turbidez desses efluentes em uma empresa têxtil, o que ofereceu resultados satisfatórios como alternativa de baixo custo. Nos experimentos, foi usada banana prata, pois ela possui características de sólidos solúveis totais, umidade, pH, acidez total titulável, açúcares totais, redutores e não redutores, amido e ácido ascórbico com o objetivo de buscar alternativa para otimizar o custo do tratamento de águas residuárias industriais, o que pode auxiliar nos estudos na área de fogos de artifícios (JESUS *et al.* 2004).

No contexto da utilização do coagulante abóbora (*Cucurbita* spp.), os autores Joe *et al.* (2015) expuseram como finalidade a eficiência desse vegetal na remoção da turbidez de resíduos de águas residuárias de laticínios, por exibir em suas características físico-químicas teores de fibra bruta, cinza totais, carboidratos, umidade, porcentagem de ácido, peróxido, iodo, além de compostos fenólicos totais, tocoferóis totais, esteróis totais e ceras indicando potencial favorável como coagulante natural para fins de tratamento das águas residuárias industriais.

Conforme expressaram Damo e Kempka (2016) e Oguntimein (2015), o girassol (*Helianthus annuus*) pode contribuir para a extração e descoloração de resíduos como diferentes adsorventes e solventes como auxiliares de suas sementes trituradas usado em uma indústria têxtil envolvendo equilíbrio na biossorção. O girassol (*Helianthus annuus*) possui característica físico-química notável na qualidade proteica em teores limoleico e oleico, ácidos graxos e ácido em ambas variedades, proteína da refeição desengordurada, aminoácidos, esteróis e teor de ácido clorogênico (ROSA *et al.*, 2009). Segundo Damo e Kempka (2016), quando adicionadas no efluente, as sementes trituradas conseguiram extrair o agente coagulante, de modo semelhante à acácia-branca (*Moringa oleifera*), além de conseguir em diferentes tempos a remoção de turbidez de efluente, como testado em efluentes de frigorífico de aves, com uso de agitador mecânico.

Os autores Lima *et al.* (2020); Jesus *et al.* (2013); Caseca e Morais (2014) mencionaram trabalhos correlacionados a produtos orgânicos para tratamentos de efluentes industriais, dessa forma, a acácia-branca (*Moringa oleifera*), que possui uma ação coagulante atribuída às sementes, possibilita resultados similares ao tratamento químico. O quiabo (*Abelmoschus esculentus*) e a abóbora (*Cucurbita* spp.), sendo resíduo natural, pode contribuir

no processo de tratamento em forma de coagulação, floculação e sedimentação dos particulados existentes nas águas residuárias, retirando metais pesados e turbidez. As sementes do girassol (*Helianthus annuus*) conseguiram tratar efluentes industriais por coagulação, e a Banana (*Musa*) contribuíram como outra opção por ser um biossorvente para a separação de sólidos-líquidos em tratamento de águas residuárias industriais (DAMO; KEMPKA, 2016; SANTANA, SANTOS e RESENDE 2020).

Partindo de uma pesquisa conduzida, Mazzer e Cavalcanti (2004) avaliaram e buscaram apresentar a importância de reutilizar os resíduos sólidos de forma que se tornem uma tendência e preencher lacunas para o futuro em todo o Brasil. Como é gerada uma gama de diversidade de resíduos sólidos contaminados e não contaminados pelas indústrias e agroindústrias, esses autores enfatizaram a importância de uma gestão embasada na Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Deus, Battistelle, Silva (2015) e Hendges, Santos e Picanço (2018) ressaltaram que os estudos bibliográficos e científicos vêm traçando ao longo dos anos a existência de inovações, como descartes em locais próprios. Por outro lado, o trabalho de Nascimento, Hypolito e Ribeiro, (2006) apontaram a poluição associada aos resíduos sólidos dispostos em aterro industrial, e ressaltaram um contingenciamento de responsabilidade da empresa que os destina e da que os recebe. Além do mais, esses autores mencionaram quanto tempo de vida útil os resíduos perigosos permanecem depositados em aterro industrial, cabe ressaltar que as empresas devem cuidar de fazer a reintegração do lodo em seu processo produtivo, com a finalidade de minimizar um pouco o impacto ambiental. Segundo os autores Santos, Teixeira e Kniess (2014), um estudo de literatura com a finalidade de relacionar uso dos resíduos sólidos lodo como insumo ou matéria-prima mostraram que a empresa apresenta um bom desempenho ambiental, pois evita impactos e busca a valorização desses resíduos na geração de novos produtos. Conforme se percebeu durante a revisão da literatura, há artigos pertinentes com essa finalidade, que associam métodos convencionais e o reúso da água para fins menos nobres.

Com isso, é possível vislumbrar que será alternativa por meio de logística reversa para os resíduos gerados no tratamento de águas residuárias industriais provindas dos pirotécnicos. Já os autores Pereira, Takenaka e Fluminhan Jr (2013) preocupados com o equilíbrio ambiental, desenvolveram estudo que busca solução para os problemas relacionados ao lodo de estação de tratamento de efluentes sanitários, seja por gerenciamento, seja com a finalidade de torná-los úteis como, por exemplo, aplicados como biossolos, em áreas rurais e/ou para fins de futuras reciclagens agrícolas.

Em experimentos dirigidos por Demajorovi, Augusto e Souza (2016) e Sousa *et al.* (2016) e Tavares, Oliveira, Salgado (2013) foram utilizados trabalhos de logística reversa por meio metodológicos, partindo como auxiliares de reaproveito de resíduos, sendo norteadas por todos os países em desenvolvimento, mostraram que a responsabilidade social-ambiental pode reduzir o custo com resíduos, desde que transformando-os em insumo ou matéria-prima, quando se tornam fonte sustentável, favorecendo a empresa em valores econômicos e ambientais.

Para Santos, Teixeira e Kniess (2014), Hendges, Santos e Picanço (2018) e Deus, Battistelle, Silva (2015), a finalidade de adotar medidas que pode minimizar impactos ambientais e econômicos dos resíduos sólidos (lodo) das estações de tratamentos de efluentes industriais envolve sua utilização como matéria-prima, visando à logística reversa como reintegração dos sólidos e semissólidos no processo produtivo, certificação de garantia e manutenção da segurança e qualidade dos produtos, permitindo a incorporação dos estudos científicos com desenvolvimento tecnológico.

Santos e Rossoni (2019) buscaram uma solução para o problema dos resíduos líquidos e sólidos oriundos da fabricação dos fogos de artifícios, os artigos selecionados foram analisados durante a revisão sistemática com o objetivo de aferir alternativas da aplicabilidade de coagulantes naturais nas águas residuárias industriais, de forma a permitir seu reuso, mesmo que em finalidades menos nobres como na limpeza das oficinas e equipamentos, além de subsidiar a reintegração do lodo no processo produtivo, minimizando impactos ambientais e socioeconômicos.

Sousa *et al.* (2016) expuseram que a integração da logística reversa dos resíduos sólidos e líquidos é capaz de preservar o meio ambiente, abortando o uso de coagulantes naturais como sementes de acácia-branca e sementes de girassol, sementes e cascas de resíduos de abóbora, quiabo maduro e casca de banana.

Com essa iniciativa, é possível tratar os efluentes industriais, possibilitando o reuso de suas águas residuárias para fins de limpeza na linha de produção, e a inserção do lodo como insumo, mesmo que essa área de reuso dos resíduos seja de baixa prioridade nas indústrias e entidades, além de ser tão pouco dedicado. Portanto evidencia que os artigos selecionados e seus respectivos autores contribuíram para com o conhecimento. Em seguida, iniciou-se a abordagem das preservações ambientais com uma gama de alternativas, conseguindo gerar uma carga de fluxo reverso, inclusive em seu gasto.

Desse modo, os trabalhos conseguiram apresentar dados qualitativos e quantitativos, permitindo a contribuição na implantação de novas alternativas visto que

auxiliaram no desenvolvimento dos procedimentos para que consiga agregar valores práticos utilizando a logística reversa nos sedimentos gerados nas indústrias de fogos de artifícios contribuintes com esse estudo. Tornando esse método mais eficiente em seu tratamento, sem comprometer o meio ambiente e os recursos naturais que são defendidos com tecnologia sustentável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O embasamento buscado com a revisão sistemática da literatura com palavras-chave tanto no português quanto no inglês busca aprimorar os estudos com relevância, através de uma análise manual com novas alternativas de como substituir o tratamento convencional para não convencional utilizando coagulantes naturais e o reúso das águas tratadas no processo de limpeza, considerando a capacidade de reintegrar o lodo gerado na estação de tratamento como insumo no processo produtivo.

No que referencia os trabalhos encontrados, foram utilizados o teste de relevância para compor a exclusão dos duplicados, elegibilidade chegando à mais relevância em citações, revistas de melhor pertinência e o fator de impacto nos últimos dois anos. Para tal desafio, acredita-se que a busca na literatura sistematiza informação pertinente para o uso nesse trabalho, o que deu lugar a um crescente de espaço para o desenvolvimento, fomentando conhecimentos de novas alternativas de logística reversa.

As recomendações dos autores mencionados nessa revisão sistemática de literatura foram fundamentais para certificar as medidas relacionadas à correta destinação dos resíduos líquidos e sólidos, uma vez que apresentam inovações tecnológicas envolvendo destinações econômicas e ambientalmente coerentes e viáveis. Soma-se a isso o fato dos 31 artigos selecionados auxiliarem em forma de logística reversa dos resíduos sólidos e líquidos industriais gerados na produção de fogos de artifícios. Para tanto foi realizada busca na revisão sistemática de literatura com a finalidade de melhorias em diferentes alternativas de tratamento como uso de coagulantes naturais e o reúso do lodo como insumo no processo produtivo.

Diante do exposto, cabe citar que os resultados obtidos até essa etapa são considerados à produção acadêmica sobre o tema, devido a limitações do período empregado, em termos das palavras-chave e bases de dados utilizadas, bem como à escassez de estudos sobre a temática dos resíduos de fogos de artifícios.

Dessa forma, pode-se inferir que os estudos analisados demonstraram que o tratamento de águas residuárias industriais utilizando coagulantes naturais como acácia-branca, quiabo, abóbora, banana e o girassol torna viável o seu reúso na limpeza de pisos, oficinas e equipamentos destinados à fabricação de fogos de artifícios. Além disso, a revisão da literatura aponta como positivo o reúso do lodo e sua reintegração no processo produtivo como matéria-prima ou insumo, em finalidade da logística reversa, de forma a evitar prejuízos iminentes ao ambiente.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, M. R. M. P. de; NOVAES A. C. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 6B, p. 1145-1154, 2002.
- ANASTASAKIS, K.; KALDERIS, D.; DIAMADOPOULOS E. *Flocculation behavior of mallow and okra mucilage in treating wastewater*. **Desalination (Amsterdam)**, Elsevier. 249 ed., p. 786-791, out. 2009.
- AQUINO, S. F. de; BRANDT, E. M. F. CHERNICHARO, C. A. de L. Remoção de fármacos e desreguladores endócrinos em estações de tratamento de esgoto: revisão da literatura. **Engenharia Sanitarista Ambiental**, Rio de Janeiro, v.18 n. 3, 2013.
- ARANTES, C. C.; RIBEIRO, T. A. P.; PATERNIANI J. E. S. Processamento de sementes de *Moringa oleífera* utilizando-se diferentes equipamentos para obtenção de solução coagulante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Paraíba: Campina Grande, v. 16, n. 6, 2012.
- ARANTES, C. C.; RIBEIRO, T. A. P.; PATERNIANI, J. E. S.; TATEOKA, M. S. S.; SILVA, G. K. E. Uso de coagulantes naturais à base de *moringa oleífera* e tanino como auxiliares da filtração em geotêxtil sintético não tecido. **Engenharia Agrícola**. São Paulo: Jaboticabal, v. 34, n. 4, 2014.
- ARAÚJO, A. R. M. de; FERREIRA, L. F.; FERREIRA, D. D. M.. Gestão dos recursos hídricos: estudo sobre práticas ambientais adotadas por uma indústria têxtil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Mato Grosso, v. 8, n. 2, out-dez. 2016, jan. 2017.
- ARDABILI, A. G.; FARHOOSH, R.; KHODAPARAST, M. H. H. *Chemical composition and physicochemical properties of pumpkin seeds (cucurbita pepo subsp. pepo var. styriaca) grown in iran*. **Journal of Agricultural Science And Technology**. v. 13, p. 1053-1063. 2011.
- BRAISL. Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT. **NBR 10004:2004** -Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-19 - Explosivos**. Portaria MTb Nº 3.214 de 08 de junho de 1978. Distrito Federal: Brasília, 1978. Disponível em: https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-19.pdf. Acesso em: 01 mar. 2020.
- BRASIL. **Lei Federal Nº 12.305/2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Distrito Federal: Brasília, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 15 mai.2020.
- BRASIL. Ministério da defesa exército brasileiro comando logístico departamento marechal falconieri. **Portaria nº 56 - COLOG, de 5** de junho de 2017. Brasília: Distrito Federal, 2017. Disponível em: <http://www.dfpc.eb.mil.br/phocadownload/Portarian56.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2020

BUS, M. V.; RIBEIRO, E. F.; SCHNEIDER, I. A. H.; MENEZES, J. C. S. dos S. Tratamento dos Efluentes de uma Lavanderia Industrial: Avaliação da Capacidade de Diferentes Processos de Tratamento. **Revista de Engenharia Civil IMED**, Rio Grande do Sul: Passo Fundo, v. 2, n. 1, p. 2-10, 2015.

CÂMARA, B.; OLIVEIRA, G. B. de; MACEDO, T. K. S.; LEITE; D. C. de D. de F.; SOARES, D. C. LIMA; T. da N.; VASCONCELOS, A.R. H; SOARES, S. C.; L.; BARBOSA, da L; TRIGUEIRO, M. S. L. LAYS.. Caracterização físico-química, toxicológica e nutricional das folhas da *Moringa oleifera Lam* secas e in natura. **Research, Society and Development**. Minas Gerais: Itajuba, v. 8, n. 11, p. 1-14, 2019.

CASECA, C. P.; MORAES, V. **Estudos sobre o tratamento da água utilizando como coagulante as cascas abóbora, banana, chuchu e moringa**. CONIC. SEMESP. 14º Congresso Nacional de Iniciação Científica. São Paulo: São Paulo, 2014.

DAMO, A. M.; KEMPKA, A. Pinto. **Potencial coagulante de sementes de girassol (*Helianthus Annuus L.*) submetidas a extração com diferentes solventes e ultrassom de baixa frequência**. 26º Seminário de Iniciação Científica UDESC - Universidade do Estado de Santa Catarina, 2016.

DEMAJOROVIC, J.; AUGUSTO, E. E. F.; SOUZA, M. T. S. de. S. Logística Reversa de ree em países em desenvolvimento: desafios e perspectivas para o modelo brasileiro. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo, v. 19, n. 2, 2016.

DEUS, R. M.; BATTISTELLE, R. A. G. B.; SILVA, G. H. R. Resíduos sólidos no Brasil: contexto, lacunas e tendências. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 685-698, oct-dec 2015.

FERREIRA P.C; PIAI, K.A.; TAKAYANAGUI, A.M.M. Segura-Muñoz S.I. Aluminum as a risk fator for Alzheimer ´s dissecasse. **Rev Latino-Am Enfermagem**. 16 ed., p. 151-157, 2008.

GIDDE, M. R.; BHALERAO, A. R; MALUSARE, C. N. *Comparative study of different forms of Moringa oleifera extracts for turbidity removal*. **International Journal of Engineering Research and Development**. v. 2, Issue 1, p. 14-21, jul. 2012.

GUIMARÃES, M. dos S.; ROCHA, C. P. Eficiência do sistema de tratamento dos efluentes líquidos industriais: um estudo de caso em uma empresa na cidade de Santo Antônio do Monte – MG. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **ABES** – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. AR: Buenos Aires. 2011.

HENDGES, C. S.; SANTOS, D. R. dos; PICANÇO, A. P. Percepção atual dos diversos atores sociais da Regional de Palmas em relação à gestão dos resíduos sólidos. **Novos Cadernos NAEA**. v. 21, n. 3, p. 103-117, set-dez. 2018.

HENRIQUES, J. A.; OLIVEIRA, R. de; MEIRA, C. M. B. S.; NASCIMENTO, R. S. do; SANTOS, E. C. dos. Potencial de uso da *Moringa oleifera* Lamarck na clarificação de água para abastecimento em comunidades difusas de áreas semiáridas. **Colloquium Humanarum**, São Paulo: Presidente Prudente, v. 10, n. 2, p. 90-101, jul-dez. 2014.

JESUS, S. C. de; FOLEGATTI, M. I. da S.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L. Caracterização física e química de frutos de diferentes genótipos de bananeira. **Bragantia**. São Paulo: Campinas, v. 63, n. 3, p. 315-323, 2004.

JIMENEZ, S., BOSCO, S. M., & CARVALHO, W. A. Remoção de metais pesados de efluentes aquosos pela zeólita natural escolecita – influência da temperatura e do ph na adsorção em sistemas monoelementares. **Publicatio UEPG** – Ciências Exatas e da Terra Agr. Eng. Paraná: Ponta Grossa, 14. ed., v. 27, n. 5, p. 734-738, 2004.

JOE, B. M. J; GIWA, S. O.; IBRAHIM, M.; RAJI, Y. O.; GIWA, A.. *Optimization of the Operating Conditions of Turbidity Removal from Synthesized Dairy Wastewater Using Pumpkin Seed as a Coagulant*. **International Journal of Scientific & Engineering Research**. v. 6, Issue 2, fev. 2015.

JOSHUA, R.; VASU, V. *Characteristics of stored rain water and its treatment technology using Maringa seeds*. **International Journal of Life sciences Biotechnology and Pharma Reasearch**, v. 2, n. 1, jan. 2013.

JÚLIO, M. de; FIORAVANTE, D. A.; OROSKI, F. I. Avaliação da influência dos parâmetros de mistura rápida, floculação e decantação no tratamento de água empregando o sulfato de alumínio e o pac. **Publ. UEPG**. Ciências Exatas da Terra, Ci. Agr. Eng., Paraná: Ponta Grossa, v. 14, n. 2, p. 109-120, ago. 2008.

LIMA, B. C. da; PINGUELO, G. C. B.; VERNASQUI, L. G.; CONSOLIN FILHO N.; CONSOLIN, M. F. B.; VALDERRAMA, P. MEDEIROS, F. V. da S.. Aplicação do extrato de *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench como floculante para a remoção de cor no tratamento de águas com corante têxtil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 4, p. 424-431, 2020.

LUÍS, R. O.; ROSSONI, H. A.V.; DUARTE, N.F. Revisão sistemática de literatura sobre a logística reversa de resíduos de medicamentos. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**. v. 10, n. 1, p. 339-358, jan-abr. 2021

MANE, R.S.; BHUSARI, V.N.. *Removal of Colour (dyes) from textile effluent by adsorption using Orange and Banana peel*. **International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)**, v. 2, Issue 3, p. 1997-2004, mai-jun. 2012.

MAZZER, C.; CAVALCANTI, O. A.. Introdução à gestão ambiental. **Infarma** (Brasília) Farmácia. Paraná: Distrito de Floriano, Maringá, v. 16, n. 11-12, p. 11. 2004.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais (CERH-MG) N° 01/2008**, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de águas e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicação – Diário do Executivo. Minas Gerais: Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <https://www2.cead.ufv.br/sgal/files/apoio/legislacao/legislacao3.pdf>. <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2020.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa COPAM/DN-MG Nº 217**, de 06 de dezembro de 2017. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Diário de Executivo, Minas Gerais: Belo Horizonte, 2017. Disponível em: https://www.udop.com.br/download/legislacaomeio/institucional_site_juridico/deliberacao_normativa_n217.pdf. Acesso em: 04 mar. 2020.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa COPAM Nº 232**, de 27 de fevereiro de 2019. Institui o Sistema Estadual de Manifesto de Transporte de Resíduos e estabelece procedimentos para o controle de movimentação e destinação de resíduos sólidos e rejeitos no estado de Minas Gerais e dá outras providências. Publicação – Diário do Executivo. Minas Gerais: Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?id Norma=47998>. Acesso em: 04 mar. 2020.

MOHER, Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman D.G. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA*. **Epidemiol. Serviços de Saúde**. Distrito Federal: Brasília, v. 24, n. 2, abr-jun 2015.

MOTA, W. F.; FINGER, F. L.; SILVA, D. J. H.; CORRÊA, P. C.; FIRME, L. P.; NEVES L. L. M.. Caracterização físico-química de frutos de quatro cultivares de quiabo. **Horticultura Brasileira**. Distrito Federal, Brasília, v. 23, n. 3, p. 722-725, jul-set. 2005.

MUELLER, C. F.. **Logística Reversa meio-ambiente e produtividade**. Grupo de Estudos Logísticos Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis. 2005.

NASCIMENTO, S. C.; HYPOLITO, R.; RIBEIRO, A. A.. Disponibilidade de metais pesados em aterro de indústria siderúrgica. **Engenharia Sanitarista Ambiental**. Rio de Janeiro, v. 11, n. 3, p. 196-202, 2006.

OLSEN J. Meta-analysis or collaborative studies. **JOEM**. 8. ed. p. 897-902, 1995.

OGUNTIMAIN, G. B.. *Biosorption of dye from textile wastewater effluent onto alkali treated dried sunflower seed hull and design of a batch adsorber*. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, Elsevier. 3. ed. p. 2647-2661, 2015.

PAULA, H. M. de; ILHA, M. S. de Oliveira. Uso da *Moringa oleifera* no tratamento de água residuária de usina de concreto: mapeamento sistemático. **IREEC – Revista eletrônica de Engenharia Civil**. Rio Grande do Sul: Pelotas, v. 11, n. 1, p. 50-60, dez. 2015, jun. 2016.

PATERNIANI, J. E. S.; MANTOVANI, M. C.; SANT'ANNA, M. R **Uso de sementes de *Moringa oleifera* para tratamento de águas superficiais**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 13, n. 6, p. 765–771, 2009.

PEREIRA, R. D.; TAKENAKA, E. M. M.; FLUMINHAN JR, A. Reciclagem agrícola de biossólidos: aspectos ambientais e aceitação pública. **Colloquium Humanarum**, São Paulo: Presidente Prudente, v. 10, n. 2, p. 90-101, Jul-dez. 2013.

ROSA, P. M.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S. C.; BIZZO, H. R.; ZANOTTO, D. L., OLIVEIRA, M. F.; CASTIGLIONI, V.B. R.. *Chemical composition of Brazilian sunflower varieties*. *HELIA*, Rio de Janeiro. 32. ed., n. 50, p. 145-156, 2009.

SANTANA, J. S.; SANTOS, B. R. dos; RESENDE, B. de O.. Utilização da casca de banana como biossorvente para adsorção de metais pesados viabilizando sua utilização em águas residuárias da indústria galvânica. *INOVAE – Jornal of Engineerin, Architecture and Technology Innovation*. São Paulo, v. 8, p. 143-157, jan-dez. 2020.

SANTOS, S. M. dos; CORRÊA, B. S.. **Reúso dos efluentes industriais e minimização dos resíduos sólidos no processo produtivo em uma indústria de fogos de artifícios**. XIII Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, Instituto Federal do Sul de Minas Gerais Campos Muzambinho, Minas Gerais: Poços de Caldas, 2016.

SANTOS, S. M. dos; ROSSONI, H. A. V.. **Logística de reúso e destinação final de lodo de estação de tratamento de águas residuárias do processo de produção de fogos de artifícios**. Instituto Federal Minas Gerais – *Campos Bambuí*. V Seminário dos estudantes de pós-graduação (SEP). Minas Gerais: Bambuí. p. 1-6. 2019.

SANTOS, S. M. dos; ROSSONI, H. A. V. **Avaliação do uso de coagulantes naturais no tratamento de águas residuárias do processo de fabricação de fogos de artifício**. Meio Ambiente em Foco. Editora Paison, v. 11, cap. 4, 2020.

SANTOS, M. R.; TEIXEIRA, C. E.; KNISS, C. T. Avaliação de desempenho ambiental na valorização de resíduos sólidos de processos industriais. **REA** Revista de Administração UFSM, ed. especial, Rio Grande do Sul: Santa Maria, v. 7, p. 75-92, 2014.

SOUSA, D.; OLIVEIRA, G. de; MENDONÇA; H.; CRUZ, P.. Logística Reversa e sustentabilidade. Revista Inovação, Projetos e Tecnologias – **IPTEC**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 128-136, jan-jun. 2016.

TAVARES, S. R. de L.; OLIVEIRA, S. A. de; SALGADO, C. M.. Avaliação de espécies vegetais na fitorremediação de solos contaminados por metais pesados. **HOLOS**. Sistema de Informação Científica Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal. v. 5, p. 80-97, 2013.

II CAPÍTULO

AVALIAÇÃO DO USO DE COAGULANTES NATURAIS NO TRATAMENTO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS INDUSTRIAIS ORIUNDAS DA FABRICAÇÃO DE FOGOS DE ARTIFÍCIOS

RESUMO

Neste trabalho, foi avaliada a eficiência de tratamento convencional e com coagulantes naturais no processo de águas residuárias industriais, em uma empresa de fogos de artifícios. Os coagulantes naturais foram sementes de acácia-branca (*Moringa oleífera*), girassol (*Heliantus annuus*), cascas de banana (*Musa spp.*), quiabo (*Abelmoschus esculentus*) maduro, cascas e sementes de abóbora (*Cucurbita spp.*). Foram avaliados parâmetros referentes aos sólidos sedimentáveis (SSed), sólidos suspensos (SS), turbidez (NTU) e pH, temperatura da amostra, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), Demanda Química de Oxigênio (DQO), óleos e graxas, surfactantes aniônicos, condutividade, níquel, estrôncio, antimônio, bário, cobre, alumínio. Cada ensaio foi conduzido em escala plena, na estação de tratamento da “Fogos Vitória”. Em cada experimento foram utilizados 5.000L de efluentes com uma adição de 0,5kg de coagulantes naturais secos e triturados; quanto ao coagulante químico (sulfato de alumínio) optou-se por manter a dosagem habitualmente utilizada pela empresa, sendo essa de 1,2g/L. Todos os experimentos foram conduzidos em dias alternados utilizando o agitador submerso (modelo MSR-0,5 2,5cv 1710rpm) tempo de 20 minutos para obter a coagulação e a remoção das impurezas. Após tratadas, as águas residuárias permanecem em repouso por 24 horas para sedimentação e decantação. Então, as amostras foram coletadas e conduzidas aos laboratórios, para verificar a eficácia de cada tratamento. Os resultados mostraram que todos os parâmetros analisados foram superiores a 70% eficiência de remoção, nos diferentes tratamentos propostos, o que significa valores favoráveis entre tratamento convencional e com uso de coagulantes naturais, atendendo a qualidade para a água de reúso e a legislação de lançamento de águas residuárias. Observou-se que a utilização dos coagulantes naturais, para tratamento das águas residuárias, possibilita seu reúso, na indústria pirotécnica.

Palavras-chave: Tratamento não convencional. Efluentes industriais. Pirotécnicos. Reúso.

EVALUATION OF THE USE OF NATURAL COAGULANTS IN THE TREATMENT OF INDUSTRIAL RESIDENCES WATER FROM MANUFACTURE OF FIREWORKS

ABSTRACT

In this work, the efficiency of conventional treatment and with natural coagulants in the industrial wastewater process was evaluated in a fireworks company. The natural coagulants were white wattle seeds (*Moringa oleifera*), sunflower (*Heliantus annuus*), banana peel (*Musa*), mature okra (*Abelmoschus esculentus*), peel and pumpkin seeds (*Cucurbita*). Parameters related to sedimentable solids (SS_{sed}), suspended solids (SS), turbidity (NTU) and pH, sample temperature, Biochemical Oxygen Demand (BOD₅), Chemical Oxygen Demand (COD), oils and greases, anionic surfactants were evaluated, conductivity, nickel, strontium, antimony, barium, copper, aluminum. Each trial was conducted on a full scale at the “Fogos Vitória” treatment plant. In each experiment, 5,000L of effluents were used with an addition of 0.5kg of dry and crushed natural coagulants; as for the chemical coagulant (aluminum sulphate), it was decided to maintain the dosage usually used by the company, which was 1.2g/L. All experiments were carried out on alternate days using a submerged shaker (model MSR-0.5 2.5cv 1710rpm) with a time of 20 minutes to achieve coagulation and removal of impurities. After being treated, the wastewater remains at rest for 24 hours for sedimentation and decantation. Then, the samples were collected and taken to the laboratories, to verify the effectiveness of each treatment. The results showed that all parameters analyzed were above 70% removal efficiency, in the different treatments proposed, which means favorable values between conventional treatment and the use of natural coagulants, meeting the quality for reuse water and the release legislation of wastewater. It was observed that the use of natural coagulants for wastewater treatment enables its reuse in the pyrotechnic industry.

Keywords: Not-conventional treatment. Industrial effluents. Pyrotechnics. Reuse.

I INTRODUÇÃO

Cada vez mais, o meio ambiente está sendo afetado com a poluição química de natureza orgânica ou inorgânica decorrente de resíduos industriais. As indústrias de fogos de artifícios contribuem diretamente com essa poluição, proporcionando impactos ao meio ambiente por meio de resíduos líquidos e sólidos contaminados com metais pesados tais como: alumínio, níquel, cobre, estrôncio, bário e sais antimônio, litopônio e potássio (GUIMARAES, ROCHA 2011).

Segundo Lima, Almeida e Vicentini (2020) o despejo desses efluentes *in natura* nos corpos hídricos é proibido por afetarem diretamente a vida aquática e impactarem a fauna, a flora e, também, o solo. Por isso, a ampla variedade e complexidade dessas águas residuárias industriais têm impulsionado pesquisas de novas tecnologias à procura de diferentes formas de tratamento.

Diante desse contexto, a Deliberação Normativa N°217 do COPAM Minas Gerais (2017) mencionaram que as indústrias são obrigadas a executar a destinação correta de seus resíduos líquidos e sólidos, como cumprimentos legais. Apesar disso, Guimarães e Rocha (2011) referiram-se ao tão intenso volume de águas residuárias industriais provenientes da limpeza das oficinas, pisos, equipamentos e da lâmina d'água resultantes da confecção dos fogos de artifícios.

Ohash, Tambourgi, Takaki (2012) expuseram que, quando o tratamento dessas águas residuárias é realizado por meio do uso de coagulantes físico-químico (convencional) utilizando sulfato de alumínio, o contato desse produto em alta proporção com a água forma o elevado efeito tóxico, que é prejudicial à saúde humana, causando irritação nas vias respiratórias e na pele e dificuldade de respiração (GERHARDT, 2018). Além disso, na vida aquática, o sulfato de alumínio provoca mortalidades e morbidades nos corpos dessas espécies (OLIVEIRA e WILLAND, 2011). O sulfato de alumínio pode prejudicar ainda a flora e a fauna, conforme a Ficha de Segurança de Produtos Químicos (FSPQ)¹².

Giordano (1999) ressaltou que os processos de tratamento devem ser adotados de forma construtiva, conforme utilização das matérias-primas, considerando o grau de poluição do solo, água e ar, buscando atender às premissas da legislação ambiental do estado e da federação. Com isso, pode-se ter a garantia de um tratamento eficiente de acordo com a

¹² O sulfato de alumínio é um produto perigoso que causa impacto ao meio ambiente local, pois atinge a área próxima do vazamento e, em caso de cursos d'água, pode abaixar o pH pela característica ácida conforme a Ficha de Segurança de Produtos Químicos (FSPQ).

cultura local, avaliando investimento e custo da operação, quantidade e qualidade das águas a serem tratadas, bem como, a qualidade e a quantidade de lodo gerado, de forma a evitar explosões e geração de odores na indústria e vizinhanças.

Minas Gerais (2004) expôs a preocupação com o potencial poluidor de cada indústria, assim nessa observância, são instalados sistemas de tratamentos das águas residuárias industriais, por meio do tratamento convencional, que consiste em tratamento físico-químico, considerado eficaz na eficiência e mitigação dos impactos ambientais. Uma vez que os efluentes gerados durante e após a fabricação dos fogos de artifícios apresentam contaminantes de metais pesados, a falta desse tratamento acarreta graves problemas ao meio ambiente como contaminação dos solos e cursos d'água até prejudicar a saúde populacional (GIORDANO, 1999).

Aliado aos recursos ambientais e com o propósito do bem-estar, garantindo a proteção dos recursos naturais e seus subprodutos, torna-se necessário evitar prejudicar o meio ambiente, dessa forma a fiscalização por agentes credenciados vem se tornando mais rigorosa. Nesse contexto, destaca-se o exercício de fiscalização com o objetivo de nortear a proteção do meio ambiente sem poluição e degradação, com as ferramentas básicas de penalidades como advertências, multas e suspensão/embargo de atividades (MINAS GERAIS, 2018).

Considerando todo esse contexto, o uso de coagulantes naturais pode representar alternativas de substituição do tratamento físico-químico (convencional), por meio da aplicação de alguns frutos e/ou sementes – que também podem ser considerados resíduos – de vegetais, que apresentaram propriedades para atuarem como coagulantes, sendo possível tratar águas residuárias industriais geradas durante a confecção dos fogos de artifícios.

Perante isso, os coagulantes escolhidos foram sementes e cascas de abóbora (*Cucurbita* spp.), cascas de banana (*Musa* spp.) quiabo (*Abelmoschus esculentus*) maduro, sementes acácia-branca (*Moringa oleífera*) e semente de girassol (*Heliantus annuus*), com o objetivo de tratar esses efluentes removendo sedimentos e metais pesados, visando ao reúso para fins menos nobres das águas residuárias tratadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Na busca de novas tecnologias, será considerada a relação entre custo e benefícios de resíduos agroindustriais que possuem propriedades de agentes coagulantes naturais, sendo considerados resíduos orgânicos do processamento de alimentos. Diante disso, será analisado o uso das sementes e cascas de abóbora (*Cucurbita* spp.), de cascas de banana (*Musa* spp.) e do quiabo (*Abelmoschus esculentus*) maduro. Sendo que a semente de girassol (*Heliantus annuus*) foi analisada por ser um coagulante parecido com a acácia-branca (*Moringa oleifera*), considerada promissora no tratamento de águas.

De acordo com Vara (2012) as partículas suspensas das águas residuárias precisam ser tratadas, minimizando drasticamente o risco de doenças por contaminação dessas águas, assim alguns coagulantes naturais se tornaram alternativas por possuírem características em polímeros orgânicos, na utilização dos tratamentos de efluentes, substituindo o agente físico-químico. O coagulante químico, como sulfato de alumínio, vem tornando-se prejudicial ao custo benefício (OHASH, TAMBOURGI, TAKAKI, 2012; GERHARDT, 2018; OLIVEIRA e WILLAND, 2011).

Vale ressaltar que, na indústria objeto de estudo, são fornecidas refeições diárias aos colaboradores, oferecendo alimentos seguros e saudáveis, em quantidade e qualidade adequadas. Portanto, durante o preparo geram-se resíduos orgânicos, em média total de: 1,5kg por dia. Pensando nisso, surgiu a oportunidade do aproveitamento de partes de alguns vegetais, adotando como uma prática sustentável e ecologicamente correta. Dessa forma, o uso de cascas de banana, cascas e sementes de abóbora e frutos maduros de quiabo, como coagulantes naturais no tratamento de águas residuárias industriais geradas no processo produtivo da empresa, teria o propósito de reduzir gastos do tratamento, assim estimulando a diversificação tecnológica e melhorando a qualidade ambiental, agregando valor, além de reduzir a produção de resíduos alimentícios.

Lima, Almeida, Vicentini (2020); Caseca e Moraes (2014); Santana, Santos e Resende (2020) destacaram que o tratamento não convencional com uso de coagulantes naturais, além do baixo custo, alguns produtos fazem parte da alimentação humana, portanto, não apresentam riscos e danos à saúde e ao meio ambiente. Esses autores recomendaram que os coagulantes naturais devem ser usados moídos ou triturados, pois a solução feita com o pó é coagulante e favorece o processo de sedimentação, atuando também como biossorvente, auxiliando na adsorção e potencializando a separação de sólidos na clarificação das águas residuárias.

2.1 Propriedades e características físico-químicas da abóbora (*Cucurbita* spp.) como coagulante natural

De acordo com Applequist *et al.* (2006) a *Cucurbita* spp., popularmente conhecida como abóbora ou moranga, pertencente à família Cucurbitaceae e à família das Cucurbiteae, do gênero *Cucurbita* spp., compreende 27 espécies conhecidas. Há cinco espécies mais comumente cultivadas nas Américas, sendo que atualmente é plantada em grande escala no Brasil, por ser região tropical, e constitui alimento muito utilizado na culinária.

Stevenson *et al.* (2007) relataram que a composição química e óleo características da semente de abóbora de diferentes origens e variedades. Os quatro ácidos graxos apresentados em quantidades significativas são ácidos palmíticos, oleicos e linoleicos, além disso, a semente de abóbora é uma boa fonte de potássio, fósforo e magnésio, inclusive contém quantidades moderadamente altas de outros traços minerais (cálcio, sódio, manganês, ferro, zinco e cobre) e são valiosas para suplementos alimentares. Lazos (1986) apresentou a abóbora (Figura 1) como coagulante natural para tratar efluentes industriais.

Figura 1 – Resíduos de abóbora (*Cucurbita* spp.) aplicados como coagulantes



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos 2021.

Karaagaç e Balcaya (2013) ressaltaram que a abóbora gera resíduos orgânicos com características do próprio fruto que podem auxiliar na filtragem e sedimentação, o que potencializa sua capacidade de coagulante natural.

Joe *et al.* (2015) expressaram que a semente de abóbora (*Curbubita* spp.) contribuíram na aplicação de efluentes, para tratar em forma de coagulação, conseguindo remover a turbidez na forma de materiais suspensos e coloidais, dessa forma esse processo desempenha um papel importante no tratamento de águas residuais industriais de laticínio, por reduzir a turbidez, bactérias, algas, cor, orgânicos compostos e partículas de argila.

Birima *et al.* (2013) destacaram que as sementes e cascas de abóbora (*Curbubita* spp.) são uma fonte rica em fibras, lipídios e proteínas, demonstram ser um coagulante à base de plantas e que conseguem fazer tratamentos de efluentes por serem base econômica e biodegradável, não é prejudicial à saúde, prontamente disponível e acessível. No entanto, é necessário conhecer, corretamente, os efluentes a serem tratados, proporcionando, a partir da literatura, os métodos que podem ser usados para otimizar um processo da metodologia.

2.2 Propriedades e características físico-químicas da banana (*Musa* spp.) como coagulante natural

De acordo com Barros *et al.* (2016), a banana (*Musa* spp.), pertencente à família botânica *Musaceae*, é natural do Oriente, apresenta grande potencialidade comercial, por ser uma fruta de alto consumo alimentar. Consumida *in natura* em todo mundo, a banana é reconhecida na maioria dos países tropicais como, por exemplo, Índia, Filipinas, China, Equador e Brasil.

No Brasil, é cultivada em todos os Estados, desde a faixa litorânea até os planaltos do interior, sendo o terceiro maior produtor mundial, porém possui as exportações restringidas por fatores, como alto consumo interno e desqualificação das frutas para o mercado internacional (DANTAS *et al.* 1997 *apud* JESUS *et at.* 2004).

A banana (*Musa* spp.) fornece quantidades significativas de vitaminas A e B, potássio e outros minerais, como o sódio, também os teores de sólidos solúveis totais, umidade, pH, acidez total titulável, açúcares totais, redutores e não redutores, amido e ácido ascórbico (JESUS *et at.*2004). Conforme demonstrado na Figura 2, as cascas de banana (*Musa* spp.) podem ser utilizadas na aplicação em tratamentos de águas residuárias industriais, por se apresentarem como coagulantes biossorventes naturais.

Figura 2 – Cascas de banana (*Musa* spp.) avaliadas na aplicação como coagulante natural



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

A aplicação da casca da banana (*Musa* spp.) como adsorvente natural possibilitaram o uso para remoção da cor de efluentes, sendo avaliada em uma indústria têxtil (MANE e BHUSARI, 2012). Foi observada, no efluente tratado, a retirada da cor em diferentes doses, além do que, durante a avaliação da capacidade dessa extração com o uso da casca de banana, foi possível alcançar resultado de 70%, respectivamente, com o pH normal e condições favoráveis de temperatura, representando com isso, uma alternativa de baixo custo para o tratamento de águas residuárias.

Santana, Santos e Resende (2020) relataram que a possibilidade de uso da banana como coagulante natural está no fato de que suas cascas apresentaram características eficientes na interação com íons metálicos, o que tornaram possível a remoção da turbidez e cor aparente das águas residuárias.

2.3 Propriedades e características físico-químicas do quiabo (*Abelmoschus esculentus*) como coagulante natural

Lima, Giordano e Barbosa Filho (2007) citaram que o quiabo (*Abelmoschus esculentus*) pertence à família *Malvaceae*, podendo ser esverdeado, por se tratar de uma planta arbustiva anual, propícia de clima quente. Essa hortaliça apresenta caule ereto que pode

chegar a uma altura entre 1,0m a 1,7m. Suas hastes, folhas e frutos são geralmente cobertos com pelos duros e ásperos, seus frutos são mucilaginosos, do tipo cápsula, de coloração verde-clara e é bem consumido pelos brasileiros enquanto tenros.

A característica físico-química do quiabo e seus principais componentes responsáveis pela qualidade nutricional dos produtos são vitaminas, minerais, açúcares solúveis, amido, fibras, hemiceluloses e lignina (KAYS, 1991). O fruto oferece à nutrição fibra, proteína e vitamina C, e as sementes são basicamente proteínas e óleos (GOPALAKRISHNAN, KAIMAL e LAKSHMINARAYANA, 1982).

Mota *et al.* (2017) apresentaram que o teor de vitamina C dos frutos em porcentagem de açúcares solúveis totais, redutores e não redutores. No entanto, quando amadurecem, esses frutos se tornam rejeito, contribuindo com resíduos orgânicos, no que contribui como um coagulante natural por se demonstrar ser floculante e conseguir tratar efluentes industriais (ANASTASAKIS, KALDERIS e DIAMADOPOULOS, 2009).

Figura 3 – Frutos de quiabo (*Abelmoschus esculentus*) avaliados como coagulantes



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Agarwal *et al.* (2010) mencionaram que o quiabo possui como propriedade um polímero aniônico, portador de polissacarídeo, o que pode favorecer a floculação das águas residuárias. Já Anastasakis, Kalderis e Diamadopoulou (2009) expressaram que o quiabo

possui comportamento floculante para a remoção de turbidez de efluentes, porque funciona como agente coagulante, apresentando propriedades de floculação eficiente quanto à remoção de turbidez. Sendo assim, essa hortaliça será avaliada como coagulante natural de efluentes industriais.

2.4 Propriedades e características físico-químicas da acácia-branca (*Moringa oleifera*) como coagulante natural

De acordo com Arantes, Ribeiro e Paterniani (2012), a acácia-branca (*Moringa oleifera*), conhecida habitualmente por lírio branco, quiabo-de-quina, acácia-branca e cedro, é uma espécie vegetal da família *Moringaceae*, originária do nordeste da Índia. Amplamente distribuída na Índia, Egito, Filipinas, Ceilão, Tailândia, Malásia, Burma, Paquistão, Singapura, Jamaica e Nigéria, essa hortaliça arbórea pode atingir 8 metros de altura.

De fácil cultivo, apresentou boa adaptação no solo do Brasil, principalmente no Nordeste. Câmara *et al.* (2019) destacaram as características físico-química em propriedades no reúso de água (Umidade), as cinzas, lipídios, teor de sólidos solúveis totais, acidez titulável total e vitamina C. A acácia-branca é uma alternativa interessante, viável além de ser de baixo custo para aplicação em diversos seguimentos inclusive em tratamento de águas residuárias.

Os autores Gallão, Damasceno, Brito (2006) e Paterniani, Mantovani e Sant'Anna (2009) mencionaram que as sementes de *Moringa oleifera* possuem características favoráveis em até 40%, em peso de lipídios, permitindo seu uso em diversos produtos cosméticos. Além disso, podem ser usadas como coagulante natural, uma vez que contribuem na clarificação da água, e na redução da cor aparente e turbidez, de modo eficiente, motivo por que é recomendada no tratamento de efluentes, assim a Figura 4 apresenta as sementes de acácia-branca que foram utilizadas como coagulante natural em águas residuais.

Figura 4 – Sementes de acácia-branca (*Moringa oleifera*) utilizadas como coagulante natural



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Assim Al Azharia Jahn (1986) *apud* Ghebremichael *et al.* (2005) frisaram que, nesse caso, é recomendável a utilização de sementes recém-colhidas de acácia-branca (*Moringa oleifera*), pois, nessa condição, as propriedades coagulantes podem ter seu efeito potencializado. Miguel *et al.* (2017) também se referiram que à acácia-branca (*Moringa oleifera*), que é uma planta tropical de fácil adaptação e que contribuiriam para tratar águas contaminadas permitindo o consumo humano em regiões mais pobres.

A acácia-branca (*Moringa oleifera*) pode ser empregada como auxiliar no tratamento primário, já que proporciona aumento da eficiência nos decantadores e na remoção de sólidos em suspensão. Embora exija mais tempo para a formação de flocos do que no tratamento convencional, esse fato torna maior a eficiência das sementes AL AZHARIA JAHN (1986) *apud* GHEBREMICHAEL *et al.* (2005). Em termos de eficiência no uso de coagulantes naturais, estudo conduzido por Katayon *et al.* (2006) apontaram a remoção de cor turbidez em até 90%, o que possibilitou o reúso das águas residuárias com a aplicação de *Moringa oleifera* no tratamento.

Machado *et al.* (2017) ressaltaram que a ação do uso de coagulantes deve ser atribuída às sementes, porque foram verificados resultados promissores no tratamento de efluentes em uma indústria têxtil, e os resultados obtidos foram de grande valia em relação ao

tratamento químico, mostrando que a utilização de *Moringa oleifera* foi uma opção propícia no tratamento de águas residuárias.

Por sua vez, Henriques *et al.* (2014) expressaram que as sementes desse vegetal proporcionam clarificação das águas turvas em diversas regiões como, por exemplo, no Sudão e em outros países de baixa renda e, como sugerem diversos estudos, essas sementes oferecem eficiência nos resultados de tratamento de efluentes. Além disso, Santos e Rossoni (2020) apontaram que um estudo recente sobre tratamento das águas residuárias industriais oriunda dos fogos de artifícios obteve resultados promissores na remoção de sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos, turbidez em um tempo de 8 horas, mediante o uso de sementes de Acácia-branca (*Moringa oleifera*).

2.5 Propriedades e características físico-químicas do girassol (*Heliantus annuus*) como coagulante natural

O girassol (*Heliantus annuus*) é um vegetal de produção anual, em grande escala e mundial. Tanto o óleo, farinha e sementes de girassol vêm aumentando constantemente devido ao seu consumo por perderem somente para palma, soja e canola (FREIRE, MANCINI FILHO e FERREIRA, 2013). Rosa *et al.* (2009) expuseram que a planta do girassol, que é de caule grosso e robusto, de coloração esverdeada, com flor ácidos em ambas as variedades, vem conquistando visualmente a população há anos, possuindo as características físico-química como Linoleico em alto teor e oleico com menor teor, ácidos graxos, com teor de proteína da refeição desengordurada variou de Ligeiras e diferentes aminoácidos, esteróis e teor de ácido clorogênico.

No mercado, a viabilidade econômica como planta ornamental se destaca das demais. Com propriedades de coagulação de efluentes, as sementes de girassol, apresentadas na (Figura 5), podem possibilitar a remoção de turbidez de águas residuárias (SALUNKE; DESAI, 1986 *apud* BONACIN *et al.* 2009).

Figura 5 – Sementes de girassol (*Helianthus annuus*) utilizadas como coagulante natural.



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Em trabalho concluído por Damo e Kempka (2016), o *Helianthus annuus* é apresentado como uma planta com característica coagulante com a possibilidade de substituir o coagulante químico. Ainda segundo esses autores, as sementes de girassol conseguiram sedimentar efluentes e possuem aparência semelhante às da *Moringa oleífera*, que apresentam propriedades capazes de promover a remoção da turbidez em efluentes.

Oguntimein (2015) enfatizou que a casca de semente de girassol seca pode ser usada como adsorvente para a descoloração das águas residuárias, de acordo com o experimento realizado em uma indústria têxtil, o uso foi como um coagulante natural, conseguindo tratar por adsorção e biossorção.

2.6 Descrição dos resíduos gerados durante a fabricação dos fogos de artifícios

No que se refere à classificação em porte – potencial poluidor – a indústria contribuinte nesse estudo é classificada de acordo com a DN N°217 (MINAS GERAIS, 2017) como sendo de porte médio, pois possui uma área de construção entre 0,1ha menor que $\leq 0,5$ ha, a qual se enquadra em Licença Ambiental Simplificada com Relatório Ambiental Simplificado (LAS/RAS). Assim, possui condicionantes a serem cumpridas durante a vigência, sendo que todos os efluentes industriais gerados, depois de devidamente tratados, são reusados em ciclo fechado, para fins menos nobres (FIGURA 6).

Figura 6 – A oficina de manipulação de pólvora branca contém 10cm de lâmina d'água residuária, para minimizar risco de incêndio e explosão



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

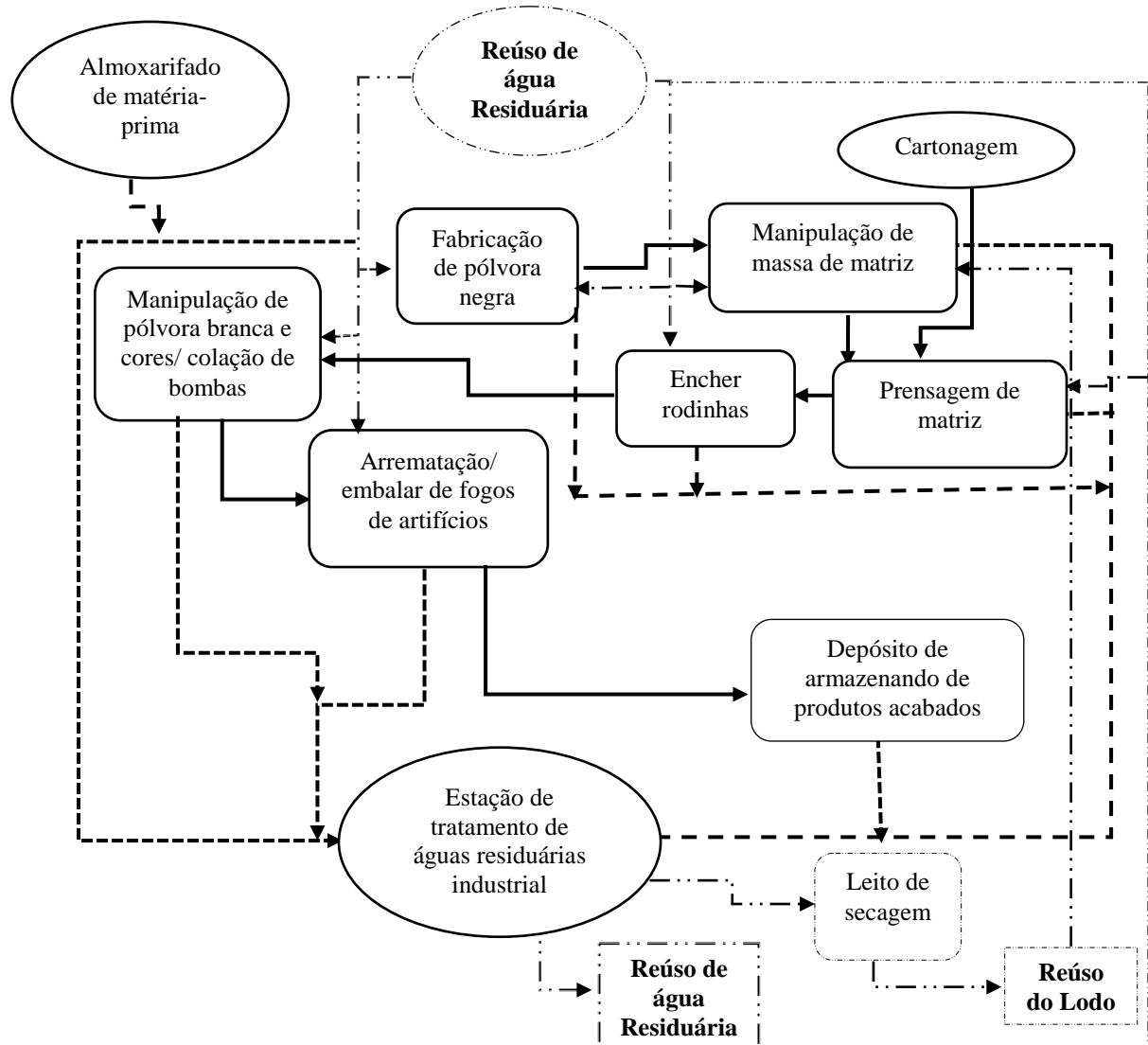
2.6.1 Tratamento das águas residuárias

Como as águas residuárias industriais se apresentam contaminadas por metais pesados, é necessário submetê-las a um tratamento. Geralmente é empregado o tratamento convencional, que requer o uso de sulfato de alumínio. Entretanto, isso envolve um alto custo financeiro, além de gerar aproximadamente 192kg de lodo por semana, os quais se assemelham em classificação como resíduos perigosos, de Classe I, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Norma Brasileira de Regulamentação (NBR) 10.004 (BRASIL, 2004).

Portanto, durante a manipulação e fabricação dos fogos de artifícios ocorre dispersão de matérias-primas nos pisos e nas bacias de contenção das oficinas de trabalho, que são lavadas constantemente, gerando efluentes industriais os quais requerem tratamento que acontece por meio convencional com a adição de cal-hidratado – $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – e de sulfato de alumínio – $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ – gerando lodo, tudo isso contribui para um custo financeiro alto, além de alguns impactos ambientais, por se tratar de produtos químicos.

Lembrando que essa diversidade de matérias-primas e insumos utilizados, como alumínio, magnésio, carbonatos, cobre, níquel, bário, estrôncio, carvão vegetal, terra refratária, óxido de ferro e sais (potássio), na fabricação dos fogos de artifícios, geram resíduos líquidos e sólidos, conforme esquematizado por setores na (FIGURA 7).

Figura 7 – Fluxograma de produção de fogos de artifícios



Legenda: Seta preta: fluxo de produção

Seta pontilhada: águas residuárias industriais

Seta tracejada mais pontilhada fina: águas residuárias tratadas de reúso e reúso de lodo

Fonte: Santos, Sueli Maria dos, 2021.

O fluxograma (Figura 7) representaram o esquema do processo produtivo e mostraram, em primeiro lugar, o recebimento de matérias-primas derivadas de papel (produtos de cartonagem), esse setor não consome água de abastecimento. Em seguida, ocorre a fabricação da pólvora negra, matriz, juntamente com a manipulação de pólvora branca e em cores, atividade que consome grande volume de água, tanto a de abastecimento como a de

reúso, o que indica que esse processo exige maior volume de água, gerando efluentes a serem tratados, em obediência à exigência do Ministério do Trabalho e Comando Militar do Exército (BRASIL, 2011; BRASIL, 2017; MINAS GERAIS, 2017).

Mediante ao atendimento das normas Brasil, (2011); Brasil, (2017), as oficinas de manipulação e fabricação devem conter bacias de contenção, que necessitam ser trocadas quando necessário, diariamente ou semanalmente, dependendo do caimento das matérias-primas no piso, que são usadas durante a fabricação dos pirotécnicos. As lâminas d'água, em proporção de 10cm, têm a finalidade de minimizar riscos de acidentes – incêndio e explosão.

Em seguida, vêm os demais subsetores, arrematações e enfeitações. A empresa aqui estudada tem se preocupado com o meio ambiente, tratando os efluentes e, em seguida, reúsa-os na finalidade de limpeza das oficinas e nas contenções. Posteriormente, veem-se os depósitos de produtos, que consomem água em menor quantidade, apenas para umedecimento.

Perante isso, Aguiar e Novaes (2002) mencionaram que graves problemas ambientais são decorrentes do descarte desses efluentes contaminados com metais pesados no solo e cursos hídricos, o que evidencia a necessidade de descontaminação pelos metais e aponta o tratamento convencional como uma boa opção para remover metais pesados de águas residuárias industriais. Nesse viés, estudos vêm buscando alternativas, que conseguem aderir diferentes tipos de tratamento com uso de coagulantes naturais, com o potencial de retirar os metais pesados existentes nos efluentes, conseguindo reutilizá-los para fins de limpeza (JAHN, 1986).

2.6.2 Tratamento dos resíduos sólidos

Cabe citar que parte dos resíduos sólidos gerados no processo produtivo é reciclada, e a parte não reciclada tem destino conforme sua classificação. Dessa forma, os recicláveis de classe II-A são enviados a empresas de reciclagem regularizadas nos próprios municípios. Já os produtos de fogos não conformes são coletados pela própria empresa e incinerados em valas de queima, construídas de concreto armado, conforme imposto pelo Comando Militar do Exército (BRASIL, 2017).

Como a queima gera cinza de classe I, caso também do lodo proveniente do tratamento das águas residuárias, ambos têm como destino final o aterro industrial, em pertinência com a legislação (BRASIL, 2010). Portanto, os resíduos sólidos, equivalentes aos domésticos, são encaminhados ao aterro sanitário de classe II-A, devidamente regularizados.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da empresa

O estudo foi conduzido em uma indústria de fabricação de fogos de artifícios instalada na região Centro-oeste de Minas Gerais: a “*Super Fogos*”, localizada na Fazenda Retiro São Francisco, município de Santo Antônio do Monte. A empresa possui uma produção média de 10 toneladas (t) de fogos por semana e conta com uma faixa de noventa colaboradores diariamente.

3.2 Abastecimento de águas residuárias e geração de efluentes industriais

O consumo de recursos hídricos é estimado em cerca de 35m³ de água de abastecimento, retirados de poços tipo cisternas com certidão de direito de uso, sendo que em ambos são instalados horímetro e hidrômetro, conforme exigido no Decreto N° 47.705 de 04 de setembro de 2019 (MINAS GERAIS, 2019). Em termos de consumo de água, estima-se que esteja ocorrendo em menor proporção, uma vez que essas indústrias passaram a fazer o reúso dos efluentes, que são tratados por meio convencional, em aproximadamente 15m³ de águas residuárias gerados por semana. Sendo assim, o balanço hídrico total de água de uso industrial pode chegar a aproximadamente 50m³ por semana.

Por outro lado, são gerados resíduos líquidos industriais contaminados em aproximadamente 3m³ diariamente, durante a lavagem das oficinas e lâminas d’água, por se tratar de indústria classificada na área de segurança do trabalho em “grau 4” de risco, devido à probabilidade e gravidade de incêndio e explosão, segundo a Norma Regulamentadora da Portaria 3.214/78 (BRASIL, 1978).

3.3 Uso de coagulantes naturais em águas residuárias industriais de fogos de artifícios

Os diversos coagulantes naturais escolhidos para a condução do presente estudo foram baseados nos trabalhos conduzidos por Anastasakis, Kalderis e Diamadopoulos (2009); Joe *et al.* (2015); Damo e Kempka (2016); Santos e Rossoni (2020); Mane e Bhusari (2012), que apresentaram bons resultados, contribuindo para o desenvolvimento dos experimentos analíticos do estudo obtidos com uso de quiabo (*Abelmoschus esculentus*) maduro, sementes e cascas de abóbora (*Cucurbita* spp.), sementes de acácia-branca (*Moringa oleífera*), cascas de

banana (*Musa* spp.), e sementes de girassol (*Helianthus annuus*). Esses coagulantes demonstraram capacidade de substituir o tratamento convencional que utiliza o sulfato de alumínio como coagulante, tornando-se uma alternativa promissora para a remoção dos sedimentos e metais pesados em águas residuárias industriais.

3.3.1 Obtenção com coagulantes naturais

Com base nos estudos dos autores Jahn (1986); GHEBREMICHAE *et al.* (2005); Buss *et al.* (2000); Pavanelli, (2001); Ali *et al.* (2010); Lima e Barbosa Filho (2007); Vaz *et al.* (2010); Caseca e Moraes (2014); Damo e Kempka (2016); Miguel *et al.*, (2017); Santana, Santos e Resende (2020); Santos e Rossoni (2020), o presente estudo utilizou os coagulantes naturais (Tabela 1) nos experimentos e análises desenvolvidos com as águas residuárias industriais originadas de fogos de artifícios da empresa em estudo.

Tabela 1 – Características dos coagulantes utilizados no presente estudo

Nome popular	Nome científico	Parte utilizada	Relação de coagulante e águas residuárias (dosagem)
Girassol	<i>Helianthus annuus</i>	Sementes	0,5kg /5 m ³ (0,1 g/L)
Acácia-branca	<i>Moringa oleifera</i>	Sementes	
Abóbora	<i>Cucurbita</i> spp.	Sementes e cascas	
Quiabo	<i>Abelmoschus esculentus</i>	Frutos maduros	
Banana	<i>Musa</i> spp.	Cascas	
Sulfato de Alumínio	Al ₂ (SO ₄) ³	Em solução aquosa	6,0 kg/ 5 m ³ (1,2 g/L)

Legenda: Em cada teste foram utilizados 0,5 quilogramas de cada coagulante natural (0,1 g/L), já o convencional foi 1,2g/l por litros de água residuária.

g – grama

l – litro

m³ - metro cúbico

kg – quilograma

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Importante citar que os coagulantes naturais utilizados perderam totalmente umidade chegando-se em até 1%. As sementes de girassol foram adquiridas em uma empresa agropecuária de Lagoa da Prata/MG e, segundo o comerciante, haviam sido coletadas no máximo há 6 meses e eram mantidas em temperatura ambiente, o que permite constatar qualidade adequada.

As sementes de acácia-branca foram doadas pelo “Viveiro Nordeste”, localizado no município de Arcos/MG. As sementes encontravam-se acondicionadas em vasilhame de papelão, por um tempo médio de 4 meses.

Já o quiabo maduro, as cascas e sementes de abóbora e as cascas de banana foram coletados juntamente aos restos de alimentos descartados pelo refeitório da empresa produtora de fogos de artifícios, que é parceira do presente estudo.

Depois de coletados, esses resíduos orgânicos foram colocados separadamente em caixas de papelão e enviados para a estufa da própria empresa, mantidos à temperatura de aproximadamente 45°C, onde permaneceram entre 4 e 8 dias, a fim de perderem completamente toda água, ficando totalmente secos.

A Tabela 2 demonstra as propriedades físico-químicas de cada coagulante natural: sementes de acácia-branca, sementes de girassol, cascas de banana, cascas e sementes de abóbora e quiabo maduro.

Tabela 2 – Características físico-químicas dos coagulantes naturais que foram utilizados em substituição do tratamento convencional

Características	Acácia-Branca (<i>Moringa oleifera</i>)	Girassol (<i>Helianthus annuus</i>)	Banana (<i>Musa spp.</i>)	Abóbora (<i>Cucurbita spp.</i>)	Quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i>)
Lipídios	X	-	X	-	-
Sólidos solúveis	X	-	-	-	-
Sólidos totais	X	-	-	-	-
Acidez titulável total	X	-	-	-	-
Vitamina C	X	-	-	-	X
Oleico linoleico	-	X	-	X	-
Aminoácidos	-	X	-	-	-
Ácido clorogênico	-	X	-	-	-
Proteínas	-	-	X	-	-
Fibra bruta	-	-	X	-	-
Carboidratos	-	-	X	X	-
Minerais potássio, manganês sódio, cálcio e ferro	-	-	X	-	-
Ácido esteárico	-	-	-	X	-
Ácidos linoleico	-	-	-	X	-
Açúcares redutores	-	-	-	-	X
Palmítico	-	-	-	X	-
Teores de clorofilas a, b	-	-	-	-	X

Legenda: X – indica a existência da propriedade no coagulante.

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021 baseado em: Gopalakrishnan, Kaimal eLakshminarayana, (1982); Jesus *et al.* (2004); Stevenson *et al.* (2007); Rosa *et al.* (2009) e Câmara *et al.* (2019).

Mediante o apresentando na Tabela 2, esses coagulantes apontaram alternativas viáveis na aplicabilidade em tratamento das águas residuárias industriais, por meio de floculação, adsorção, sedimentação, biossorvente, filtração na remoção de remover turbidez, cor aparente e metais pesados, possibilitando a clarificação das águas residuárias.

O preparo dos resíduos e sementes dos materiais alternativos envolveram a secagem até 1% de umidade. Após esses procedimentos os mesmos foram triturados em um

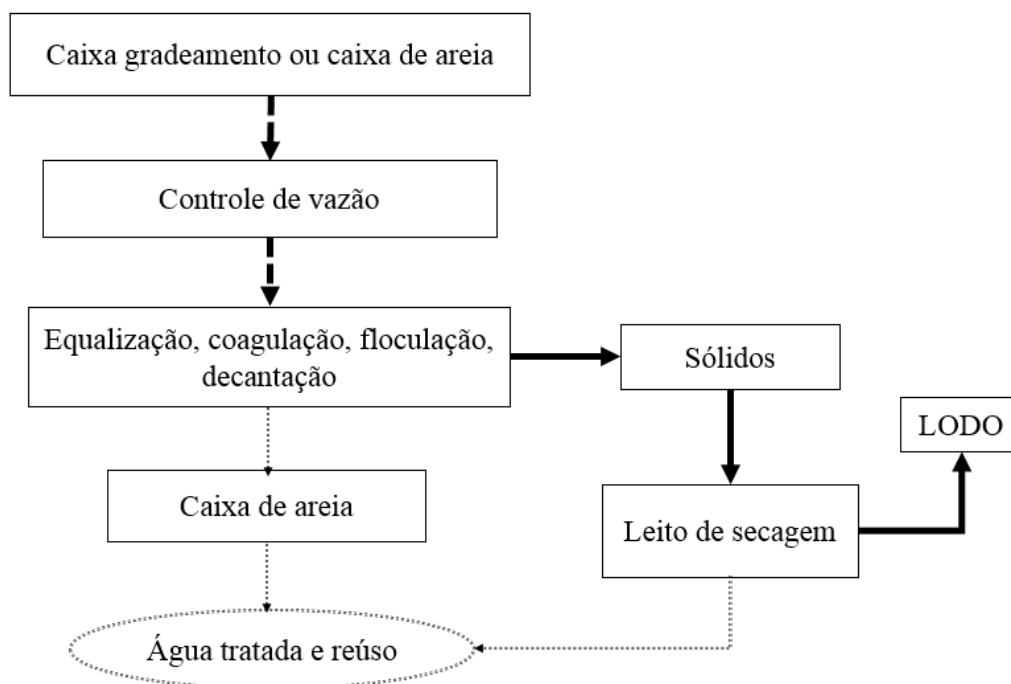
tritador – motor: 2cv – 110/220v - 60Hz, a uma granulometria de 6mm. Em seguida, os agentes foram acondicionados separadamente em sacos de papelão com capacidade para, aproximadamente, 500g.

3.4 Condução dos experimentos com a utilização de coagulantes naturais das águas residuárias industriais

Os experimentos foram realizados em escala plena na indústria de “Super Fogos”, durante a realização desse estudo, foi observado se os parâmetros dos ensaios atendiam à Deliberação Normativa Conjunta do COPAM/CERH-MG nº01, (MINAS GERAIS, 2008). Na sequência, transportam-se as águas residuárias industriais para a caixa de tratamento, o agitador mecânico é ligado a 300 rotações por minuto (rpm), então o efluente é agitado durante, aproximadamente, 20 minutos.

Depois de agitado, aferiu-se o pH, para verificar sua concentração, com o propósito de ocorrer a troca iônica para facilitar a floculação das substâncias, as Figuras 8, 9 e 10 apresentou o processo de tratamento industrial.

Figura 8 – Fluxograma: águas residuárias industriais tratadas para reúso nas fábricas de fogos de artifícios.



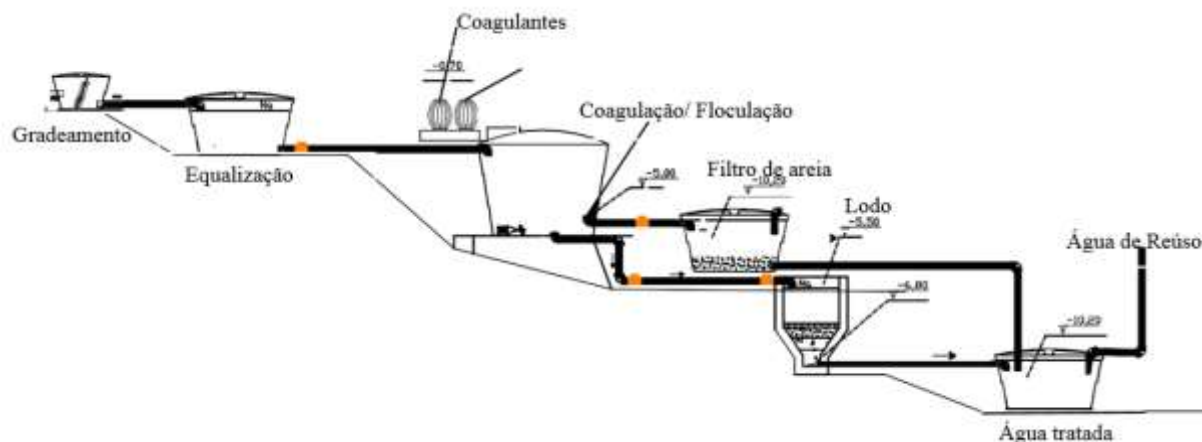
Legenda: Seta pontilhada: águas residuárias tratadas

Seta tracejada: efluente bruto

Seta reta: sólidos e lodos

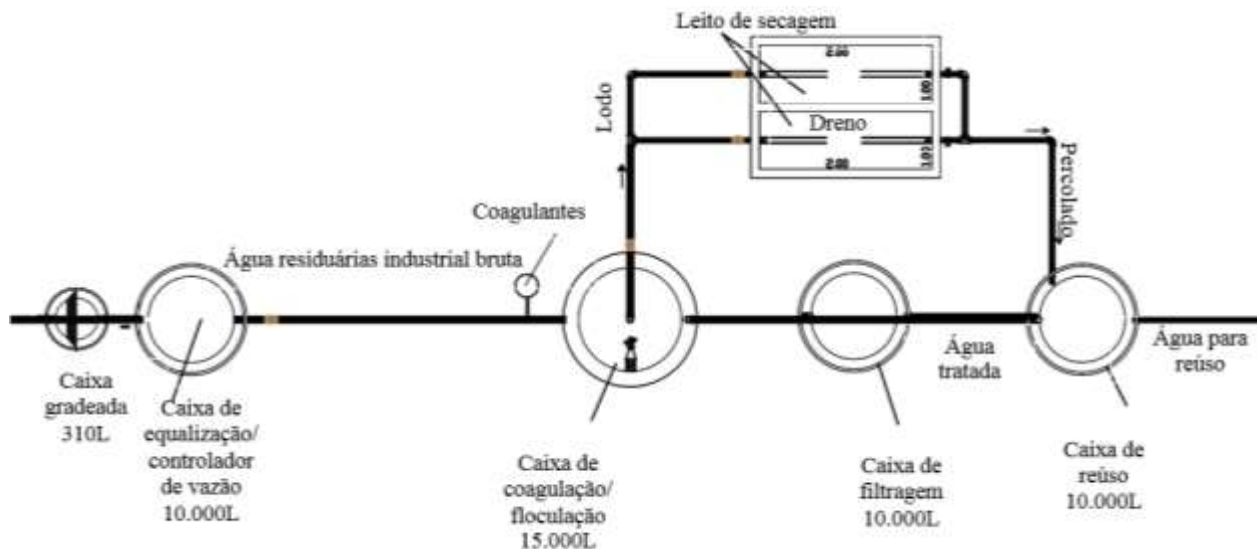
Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Figura 9 – Esquemática da estação de tratamento de águas residuárias industriais de pirotécnicos no vertical



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Figura 10 – Diagrama da estação de tratamento de efluentes de fogos de artifícios no horizontal



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Nas Figuras 8, 9 e 10, foi exposto o funcionamento da estação de tratamento de águas residuárias oriundas da confecção dos fogos de artifícios, desenvolvida na forma convencional. Para os testes não convencionais com uso de coagulantes naturais, foi utilizado o tanque com capacidade nominal de 15.000 litros, sendo adotadas as dosagens descritas na Tabela 1. Na Figura 11, encontraram-se apresentados os procedimentos como foram realizados os ensaios com as alternativas no tratamento dos efluentes originados da confecção dos fogos de artifícios das indústrias.

Figura 11 – Caixa de floculação para adição de coagulantes naturais



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Por sua vez, as águas residuárias industriais foram conduzidas para a caixa de coagulação em quantidade de 5.000L, para cada experimento, em dias alternados, foram desenvolvidos o experimento na própria estação de tratamento da indústria contribuinte com o estudo, em escala plena. Utilizando cada coagulante natural (acácia-branca, quiabo, banana, abóbora e girassol) e químico (sulfato de alumínio). Foi medido o pH inicial que apresentou o valor aproximado de 6,0 a 8,5 pH. Com diversas aferições do pH, foram identificadas as condições ideais de precipitação dos compostos, com base na literatura de Vaz *et al.* (2010) para o tratamento convencional, dessa forma o pH dos não convencionais foram aferidos somente uma vez, submetendo-se o desempenho aos testes do tratamento.

Após essa etapa, foi adicionada proporção estabelecida para cada coagulante natural triturado em granulometria de 6mm em cada um dos tratamentos, e no convencional foi adicionado o sulfato de alumínio em forma aquosa em porção apresentada na TABELA 1. Os ensaios dessas águas residuárias industriais ocorreu em um volume de 5.000L, para cada teste.

Por sua vez, os ensaios com os coagulantes procederam-se com floculação e coagulação, submetidos a um agitador – bomba mecânica submersa, modelo MSR-0,5 0,5cv 1710rpm - instalado na própria estação de tratamento, com uma rotação de 300rpm, por um tempo de, aproximadamente, 20 minutos para cada teste, em dias alternados, favorecendo a remoção dos poluentes, conforme apresentado na FIGURA 12.

Figura 12 – Caixa de floculação do tratamento de águas residuárias industriais com adição de coagulante



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Em seguida, o agitador foi desligado, e o efluente tratado deixado em repouso para simular o processo de sedimentação / decantação, por 24 horas. Na sequência lançaram-se as águas tratadas para a caixa de filtragem. Diante disso, observou-se a cor aparente com a aplicação dos coagulantes naturais e físico-químico.

As características das águas residuárias foram avaliadas, as amostras tratadas com uso de coagulantes naturais e físico-químico foram coletadas após o tratamento na saída da caixa de filtragem (Figura 13) e submetidas às análises nos laboratórios. Lembrando que a empresa abordada neste estudo não lança no solo nem em cursos d'água as suas águas residuárias industriais, ou seja, mantém sempre o seu reúso em ciclo fechado.

Figura 13 – Água residuária tratada com coagulante natural passando na caixa filtro para reúso para fins menos nobres na produção dos fogos de artifícios



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

A análise do sedimento resultante do uso de coagulantes naturais e físico-químico seguiu-se para o leito de secagem, para a retirada da umidade, por um período mínimo de 15 a 60 dias. Quando os sólidos se encontraram com no mínimo 2% de umidade, eles foram recolhidos, embalados e enviados para aterro industrial.

De posse das análises das águas tratadas, feitas pelos laboratórios credenciados, partiram-se para a comparação entre os resultados apresentados pelos coagulantes naturais (*Moringa oleífera*, *Musa spp.*, *Abelmoschus esculentus* e *Curcubita spp.*) e o convencional (sulfato de alumínio).

Tendo em vista que o resultado com uso do coagulante girassol (Figura 14) apresentou em suas propriedades de alta turbidez, além da coloração – a cor aparente do girassol foi realizada utilizando Plantinha com Cobalto (PT/CO), em um equipamento marca PoliControl modelo AquaColor /cor IP67. Também a turbidez se sucedeu por meio do aparelho HACH 2100 QIS apresentaram cor escura, optou-se, então, por descartar esse tipo de coagulante do presente trabalho, por apresentar resultado não satisfatório para a água residuária tratada de reúso. Além disso, optou-se por não prosseguir com os demais testes, mediante a inviabilidade de custear as análises desse coagulante.

Figura 14 – Águas residuárias industriais tratadas com coagulante natural sementes de girassol (*Helianthus annuus*)



Legenda: Parâmetros: Cor aparente = 327mgL-1 e a Turbidez = 306NTU
Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Porém, essas águas residuárias foram utilizadas no processo produtivo para fins menos nobres, mesmo demonstrando, como pode ser observado na Figura 14, um valor maior do que o limite máximo estabelecido para cor aparente que é de 75 mgL-1 e de 100 NTU para a turbidez, de acordo com a Resolução n° 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente Brasil (2005) para corpos hídricos classe 2.

3.5 Análises físico-químicas dos tratamentos de águas residuárias industriais utilizando coagulantes naturais e convencional

As amostras do efluente bruto para a caracterização inicial foram coletadas na entrada da caixa de equalização¹³ utilizando um vasilhame de 10 litros, sendo encaminhada para os laboratórios, onde foi submetida a etapas de caracterização. Um laboratório é localizado em Divinópolis, outro localizado em Contagem, sendo que todos no estado de Minas Gerais, como apresentado na Tabela 3.

¹³ Tanque de Equalização é o mesmo que: “pulmão”, “vazão”, nos quais, o nível do líquido varia de acordo com a entrada mantendo a mesma vazão de saída para garantir o funcionamento adequado do sistema de tratamento.

Tabela 3 – Parâmetros para classificação de águas residuárias

Tratamentos	Laboratório	Parâmetros	Classificação das águas residuárias
Coagulantes naturais e convencional	Laboratório de Análises Ambientais (JRW Ambiental)	Sólidos sedimentáveis (SSed), sólidos suspensos (SS), turbidez (NTU) e pH, temperatura da amostra, demanda bioquímica de oxigênio (DBO ₅), demanda química de oxigênio (DQO), óleos e graxas, surfactantes aniônicos	Deliberação Normativa Conjunta do COPAM/CERH-MG N°01 (MINAS GERAIS, 2008).
	ALS Ambiental Ltda.	Níquel, estrôncio, antimônio, bário, cobre e alumínio	

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Todas as amostras foram preservadas e encaminhadas diretamente aos laboratórios credenciados (Tabela 3), visando atender aos critérios em relação ao tratamento convencional e com uso de coagulantes naturais, uma vez que todo efluente tratado na empresa é reusado por completo, não ocorrendo lançamento de águas residuárias industriais seguindo a Deliberação Normativa Conjunta do COPAM/CERH-MG N°01 (MINAS GERAIS, 2008).

Por conseguinte, a análise das amostras brutas teve o objetivo de quantificar os parâmetros, enquanto a análise das águas tratadas foi feita para verificar a eficiência de remoção das impurezas e contaminantes em relação aos tratamentos com os coagulantes naturais e do modo convencional.

Por sua vez, as amostras das águas residuárias industriais tratadas com as realizações do tratamento com cada coagulante natural e convencional passaram para a caixa de filtro de areia (Figura 13), onde foram coletadas as amostras e direcionadas para o procedimento de análises observando os parâmetros nos referidos laboratórios da Tabela 3.

3.6 Análise dos resultados dos testes com uso dos coagulantes naturais

Os experimentos com coagulantes naturais e químico foram realizados em dias alternados por cada tipo de coagulante, assim avaliou-se por método em porcentagem na remoção dos sólidos sedimentáveis (SSed), sólidos suspensos (SS), turbidez (NTU) e pH, temperatura da amostra, demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), demanda química de oxigênio (DQO), óleos e graxas, surfactantes aniônicos, níquel, estrôncio, bário, cobre e alumínio em cada, sendo essas calculadas conforme a Equação 1.

$$\text{Remoção\%} = (C_0 - C) / C_0 \times 100 \quad (1)$$

Em que: C_0 é a concentração inicial do efluente bruto T0 (Tabela 4) na amostra de águas residuais industriais no tratamento com o uso de coagulantes naturais e físico-químico. Cabe destacar que no presente estudo foram adotadas as denominações para os tratamentos (T1) Sulfato de alumínio, (T2) *Moringa oleifera*, (T3) *Musa spp.*, (T4) *Abelmoschus esculentus*, (T5) *Curcubita spp.*, conforme descrito na Tabela 5.

Entretanto, foram apresentadas análises descritivas dos resultados dos valores máximos permitidos da quantificação dos metais pesados, Bário, Cobre e Níquel, entre outros metais que não estão relacionados na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1, Minas Gerais, (2008), exibida na (Tabela 6).

Todavia, conduziram a cor aparente dos efluentes bruto e águas tratadas utilizando Plantinha com Cobalto (PT/CO), em um equipamento marca PoliControl modelo AquaColor /cor IP67. Também a turbidez se sucedeu por meio do aparelho HACH 2100 QIS, em ambos foi permitido avaliar se os tratamentos apresentavam-se dentro do valor máximo permitido (BRASIL, 2005).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resultados das características das águas residuárias (bruta)

Dentre as características das águas residuárias industriais bruta (Tabela 4) destacou-se a contaminação com metais pesados: alumínio, níquel, cobre, estrôncio, bário e sais litopônio e potássio e demais sedimentos. Essas águas provêm da limpeza das oficinas, piso, equipamentos e da lâmina d'água, durante e após a confecção dos pirotécnicos. Dessa forma, o presente estudo busca novas alternativas para diminuir custos com o tratamento convencional e os prejuízos ao meio ambiente, de forma a reusar essas águas tratadas.

Tabela 4 – Resultados amostrais dos parâmetros pertinentes à entrada das águas residuárias industriais (bruta) oriundas da limpeza de oficinas e equipamentos

Parâmetros	UM	LQ	T0	Metodologia
Surfactantes aniônicos	mg/l	> 0,065	2096,0	SMWWE 22ª.ED - 5540 C
Óleos e graxas	mg/l	> 9,2	11,9	SMEWW 5520 – D
Sólidos totais	mg/l	> 8,9	3918	NBR 10664
Sólidos suspensos	mg/l	> 8,9	625,0	NBR 10664
Sólidos sedimentáveis	mg/l	> 0,5	10,0	SMWWE 22ª.ED - 2540 F
Demanda Química de Oxigênio DQO	mg/l	49-100000,0	1008,0	SMWWE 22ª.ED - 5220-D
Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO	mg/l	> 3,5	927,3	SMWWE 22ª.ED - 5220-D
Temperatura da amostra	°C	>0,1	25,1	SMEWW 2550 B
pH	N/a	2,26-14,00	8,54	SMWWE 22ª.ED - 4500-H+ B
Condutividade	mS/cm	0,005	30,6	SMEWW 2510 – B
Alumínio (Al)	mg/L	0,025	126,2	SMEWW 3500-AI B
Antônio (Sb)	mg/L	0,0005	5,1	USEPA 6010C - Rev, 03 - Fev 2007
Bário (Ba)	mg/L	0,005	487,0	USEPA 6010C - Rev, 03 - Fev 2007
Estrôncio (Sr)	mg/L	0,005	4,5	USEPA 6010C - Rev, 03 - Fev 2007
Cobre (Cu)	mg/L	0,005	5,0	SMEWW 3500-Cu B
Níquel (Ni)	mg/L	0,005	0,50	USEPA 6010C - Rev, 03 - Fev 2007

Legenda: T0: Águas residuárias industriais (bruta)

U.M.: Unidade de medida

L.Q.: Limite de quantificação

N/A: Não aplicado

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

4.2 Resultados dos ensaios das águas residuárias utilizando coagulantes naturais e químico

Pode-se comprovar a aplicabilidade das soluções de alternativas de tratamentos, por meio da finalidade de retirar as impurezas dos produtos químicos dessas águas, demonstrando a possibilidade do reúso para fins menos nobres, como no processo de limpeza das oficinas, pisos e equipamentos, e lâmina d'água.

Conforme apresentado na Tabela 5, os resultados apontam possível reúso das águas residuárias industriais em ciclo fechado, considerando que todos os efluentes tratados demonstraram eficiência maior ou igual ao tratamento convencional T1, com a ressalva econômica e sustentabilidade dos resíduos orgânicos gerados na empresa com o reúso no tratamento industrial.

De acordo com os estudos conduzidos por Henriques *et al.* (2014); Joe *et al.* (2015); Lima, Almeida e Vicentini (2020); Lima *et al.* (2020); Santana, Santos e Resende (2020) observaram que os coagulantes acácia-branca (*Moringa oleifera*), banana (*Musa spp.*), quiabo (*Abelmoschus esculentus*) e abóbora (*Curcubita spp.*) apresentaram resultados satisfatórios e similares aos encontrados no presente estudo, como uso de coagulantes no tratamento de águas residuárias industriais originadas durante a confecção dos fogos de artifícios (Tabela 5).

Tabela 5 – Resultados analíticos de cada tratamento com os diferentes coagulantes

Parâmetros	UM	Resultados com Valores Absolutos					Eficiência de Remoção (%)					Condições Metodológicas
		T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	LQ
Surfactante aniônicos ABS	mg/L	1,55	0,206	2,0	0,16	1,21	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	> 0,065
Óleos e graxas	mg/L	<9,2	<9,2	<9,2	<9,2	<9,2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	> 9,2
Sólidos totais	mg/L	N/V	235	80,2	787	997	N/V	94,0	98,0	79,9	74,6	> 8,9
Sólidos suspensos	mg/L	65	10,5	13,0	64,0	166	89,6	99,3	97,9	89,8	73,4	> 8,9
Sólidos sedimentáveis	mg/L	8	0,7	0,6	0,6	0,7	20,0	95,0	94,0	94,0	93,0	> 0,5
DQO – Demanda química de oxigênio	mg/l	228	70,7	84,7	70,1	150	99,4	93,0	91,6	93,0	85,2	49-10000
DBO Demanda bioquímica de oxigênio	mg/l	6,2	154,8	47,1	42,5	30,1	75,3	83,3	94,9	97,6	96,8	> 3,5
Temperatura da amostra	°C	25,1	21,5	24,8	24,0	25,8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	>0,1
pH	N/A	7,77	6,73	6,79	7,31	6,98	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.26-14,00
Condutividade	mS/cm	3,06	3,0	0,01	0,01	4,03	99,0	99,0	99,9	99,9	98,7	0,005
Alumínio (Al)	mg/L	0,8	2,5	3,4	0,37	4,0	99,4	98,0	97,3	99,7	96,8	0,025
Antimônio (Sb)	mg/L	0,35	0,481	0,62	0,11	0,02	93,2	90,6	87,9	97,9	99,7	0,005
Bário (Ba)	mg/L	0,35	0,481	0,62	0,11	0,93	99,9	99,9	99,9	99,9	99,8	0,005
Estrôncio (Sr)	mg/L	2,0	0,752	1,2	0,61	0,97	54,3	83,3	73,3	86,5	78,5	0,005
Cobre (Cu)	mg/L	0,07	0,357	0,51	0,05	0,75	98,6	92,9	89,8	98,9	85,1	0,005
Níquel (Ni)	mg/L	0,01	0,005	0,01	0,01	0,01	98,8	99,0	99,0	99,0	99,0	0,005

Legenda: T0: Efluente bruto

T1: Físico-químico (sulfato de alumínio)

T2: Acácia-branca (*Moringa oleifera*)

T3: Banana (*Musa spp.*)

T4: Quiabo (*Abelmoschus esculentus*)

T5: Abóbora (*Curcubita spp.*)

U.M.: Unidade de Medida

L.Q.: Limite de Quantificação

N/A: Não se aplica

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Entende-se que os testes (T1, T2, T3, T4 e T5) conseguiram atender a legislação pertinente demonstrando eficiência. Assim, considerando que as águas foram tratadas tanto com os coagulantes naturais como com sulfato de alumínio, alcançaram os parâmetros para serem descartadas, porém cabe ressaltar que todos esses procedimentos da empresa em estudo são reutilizados para fins de limpeza na linha de fabricação dos fogos, não sendo descartados em hipótese alguma.

Logo, pode-se constatar que os resultados foram satisfatórios para T1, T2, T3, T4 e T5, permitindo a reutilização dessas águas tratadas. Perante isso, o estudo demonstrou que foram contribuintes como uma diferente alternativa. Com o uso da *Moringa oleifera* como coagulante natural, usando as sementes trituradas em 6mm, no tratamento de águas residuárias geradas durante a fabricação dos fogos de artifícios, obtiveram-se resultados em relação à eficiência de remoção, que estão relacionadas a todos os parâmetros analisados na Tabela 3, chegando em uma média superior a 83,3% em seus testes realizados.

Como uma nova tentativa de aproveitamento de outro resíduo gerado na própria indústria, Santos e Rossoni (2020) indicaram que as cascas e sementes de alguns materiais orgânicos conseguem sedimentar, decantar, reduzir a turbidez em forma de coagulantes. Essas foram utilizadas neste ensaio das águas residuárias industriais oriundas da fabricação de pirotécnicos, sendo que a casca de banana apresentou remoção dos sedimentos e metais pesados proporcionando resultados equivalentes aos encontrados no presente estudo (Tabela 5).

Os autores Santana, Santos e Resende (2020) ressaltaram que as cascas de banana (*Musa spp.*) secas e trituradas conseguiram tratar os efluentes industriais como coagulantes, adsorvendo e biossorvendo os metais pesados e as impurezas, tornando essas águas tratadas com eficiências compatíveis a 73,3% no referido tratamento no T3 e demonstrado na Tabela 5.

Também os autores Lima, Almeida e Vicentini (2020) expressaram que o aproveitamento dos frutos maduros, secos e triturados de quiabo (*Abelmoschus esculentus*), gerados como rejeitos no refeitório da indústria, quando aplicados em forma de coagulante natural, conseguiram clarificar a água e remover metais pesados em forma de floculação, alcançando resultados satisfatórios de 73,7% no referido tratamento no T4, apresentado na Tabela 5.

JOE *et al.* (2015) expressaram que os demais coagulantes naturais que são rejeito culinário como as cascas e sementes de abóbora (*Cucurbita spp.*), testadas uma segunda vez, ofereceram bons resultados no ensaio por conseguiu-se remover a turbidez e materiais

suspensos, além dos metais pesados, alcançaram-se os resultados desejados em uma eficiência mínima de 73,4% no T5, conforme exposto na Tabela 5.

Sendo assim, os coagulantes testados como quiabo, banana e abóbora apresentaram resultados favoráveis. A “*Super Fogos*” demonstraram grandes interesses em reusar o rejeito, aplicando-o no tratamento das águas residuárias industriais, por se tratarem de resíduos alimentícios, o que colaboraram no baixo custo.

Outra alternativa desse tratamento foi a acácia-branca, por possuir diversos estudos como os dos autores Joshua e Vasu (2013); Henriques *et al.* (2014); Bus *et al.* (2015); Câmara *et al.* (2019); Santos e Rossoni (2020) que possibilitaram os testes, oferecendo resultados significativos.

Cabe citar que o girassol (*Helianthus annuus*) apresentou cor aparente e turbidez realizada, quando submetidas ao ensaio, conforme demonstrado na Figura 14 e, por isso, as águas tratadas foram reutilizadas para fins menos nobres. A empresa reusa essas águas tratadas em ciclo fechado, porque a cor não influencia no processo de reúso, logo não ocorre descarte dos resíduos líquidos. O ensaio não foi enviado para laboratório, devido ao custo das análises e também porque as sementes de girassol necessitavam de ser compradas. Dessa forma, com base nesse conjunto de condições, preferiu-se excluir esse tipo de coagulante natural do presente estudo, uma vez que o valor no ano de 2021 é de R\$5,00 para 0,5kg, que é o necessário para o tratamento.

Foi evidenciado que os resultados e suas eficiências do tratamento convencional com relação aos tratamentos com coagulantes naturais apontou similaridade, conseguiram alcançar o desejado para o presente trabalho. Em termos de eficiências em T1, T2, T3, T4, T5, os estudos conduzidos por Ghebremichae *et al.* (2005); Buss *et al.* (2015); Paterniani, Mantovani e Sant’anna (2009); Lima e Barbosa Filho (2007); Vaz *et al.* (2010); Damo e Kempka (2016); Miguel *et al.* (2017); Santana, Santos e Resende (2020); Santos e Rossoni (2020) contribuíram com a possibilidade dessas alternativas, tornando-as promissoras em substituir o método convencional pelo tratamento com coagulantes naturais.

Ressaltaram-se que os resultados (Tabela 6) mostraram que os tratamentos feitos com as sementes de acácia-branca, com a casca de banana, com cascas e sementes de abóbora e com os frutos maduros de quiabo conseguiram remoção dos metais pesados conforme a Deliberação Normativa Conjunta do COPAM/CERH-MG nº01, (MINAS GERAIS, 2008). Portanto, procederam as análises de comparação entre o tratamento convencional e o método com os coagulantes naturais apontaram ser alternativas eficazes.

Destacaram-se que, conforme exposto pela Super Fogos empresa submetida ao estudo, não há lançamento de resíduos líquidos em cursos hídricos, nem no solo, procedimento que isenta análise trimestral ou semestral, geralmente solicitada pelo órgão ambiental responsável. Os teores de metais pesados foram observados em consonância com a Deliberação Normativa do COPAM/CERH-MG N°01, Minas Gerais (2008), na qual foi considerado que os testes com o uso de coagulantes naturais conseguiram remover os metais pesados existentes nas águas residuárias contaminadas em decorrência da produção dos fogos de artifícios. Destacaram-se que os coagulantes naturais conseguiram remover os metais pesados das águas residuárias industriais atendendo os padrões de lançamentos apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados do uso de coagulantes naturais e com o sulfato de alumínio das águas residuárias geradas na fabricação de fogos de artifícios conforme deliberação normativa COPAM/CERH-MG N°01, Minas Gerais (2008)

Elementos	COPAM/CERH-MG n°01		Valores absolutos por tratamento				
	U.M.	V.M..	T1	T2	T3	T4	T5
Metais							
Bário (Ba)	mg/L	5,0	0,35	0,48	0,62	0,11	0,93
Cobre (Cu)	mg/L	1,0	0,071	0,357	0,357	0,05	0,75
Níquel (Ni)	mg/L	1,0	0,006	0,005	0,01	0,01	0,01
Estrôncio (Sr)	N/A	N/A	2,0	0,752	1,20	0,61	0,97
Alumínio (Al)	N/A	N/A	0,80	2,50	3,40	0,37	4,00
Antimônio (Sb)	N/A	N/A	0,348	0,481	0,62	0,11	0,02

Legenda: T1: Físico-químico (sulfato de alumínio) T5: Abóbora (*Curcubita* spp.)
 T2: Acácia-branca (*Moringa oleífera*) U.M.: Unidade de Medida
 T3: Banana (*Musa* spp.) V.M: Valor máximo
 T4: Quiabo (*Abelmoschus esculentus*) N/A: Não se aplica

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Diante disso, representaram-se na Tabela 6 que todos os metais pesados se encontraram abaixo do nível permitido, o limite de quantificação do Níquel e do Cobre é 1,0mg/L, e o limite de quantificação do bário corresponde a 5,0mg/L, em conformidade com a COPAM/CERH-MG N°01, (MINAS GERAIS, 2008). Os demais metais, como alumínio, estrôncio, antimônio mesmo não constatando na legislação de base estadual, estão dentro dos limites de quantificação conforme estabelecido na Tabela 5 em que se encontraram com níveis abaixo do limite de quantificação. Diante disso, os resultados dos tratamentos com o uso de coagulantes naturais atenderam ao padrão legislativo para o lançamento de águas residuárias, mesmo na empresa que preserva o meio ambiente com reúso dessas águas tratadas por meio da logística reversa já existente.

Destaca-se que o presente estudo foi conduzido em escala plena com uso dos coagulantes naturais secos e triturados, dentre sementes de acácia-branca, cascas de banana,

cascas e sementes de abóbora e os frutos de quiabo maduro, mantiveram-se dentro do valor máximo permitido e apresentaram similaridade ao tratamento existente com sulfato de alumínio, sendo assim conseguiram alcançar o objetivo do estudo.

Portanto, os testes laboratoriais foram executados uma única vez. Em vista disso, durante as testagens com a utilização dos coagulantes naturais, esses foram submetidos a diversos ensaios, onde perceberam-se que as águas tratadas demonstraram estar limpas, resultando em cores e turbidez similares. Na Figura 15 a, b, c, d, e e f são apresentadas fotografias que evidenciam as condições das águas residuárias tratadas após a adição dos diferentes coagulantes naturais em relação à água residuária bruta.

Figura 15 – Aplicação dos coagulantes quiabo, abóbora, banana, acácia-branca e o sulfato de alumínio nas águas residuárias de fogos de artifícios



Cor aparente
= 333 mgL⁻¹

Turbidez
= 329 UNT

a) Água residuária de fogos de artifícios bruta (T0).



Cor aparente
= 49,2 mgL⁻¹

Turbidez
= 7,79 NTU

b) Água residuária tratada com sulfato de alumínio (T1) em solução aquosa.



Cor aparente
= 39,5 mgL⁻¹

Turbidez
= 7,11 UNT

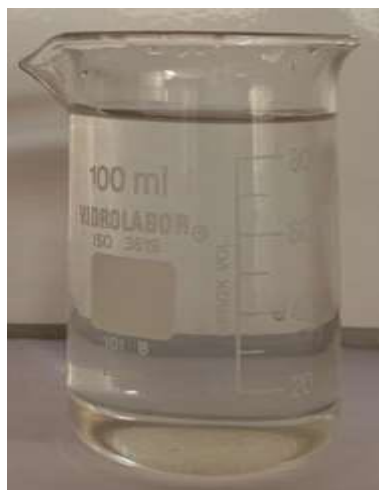
c) Água residuária tratada com sementes de acácia-branca triturado em 6mm (T2).



Cor aparente
= 39,7 mgL⁻¹

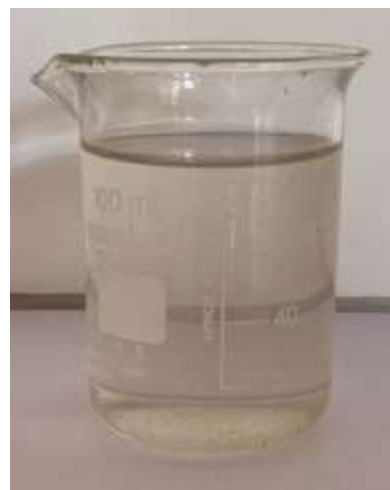
Turbidez
= 17,6 UNT

d) Água residuária tratada com casca de banana seca triturada em 6mm (T3).



Cor aparente
= 52,6 mgL⁻¹

Turbidez
= 17,7 UNT



Cor aparente
= 74,4 mgL⁻¹

Turbidez
= 40,7 UNT

e) Água residuária tratada com fruto de quiabo maduro e seco triturado em 6mm (T4).

Legenda: T1: Físico-químico (sulfato de alumínio)

T2: Acácia-branca (*Moringa oleifera*)

T3: Banana (*Musa* spp.)

T4: Quiabo (*Abelmoschus esculentus*)

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

f) Água residuária tratada com sementes e cascas de abóbora secas trituradas em 6mm (T5).

T5: Abóbora (*Curcubita* spp.)

mgL.: Miligrama por litro

UNT: Unidades Nefelométricas de Turbidez

N/A: Não se aplica

Ressalta-se que, em observância ao descarte das águas residuárias após tratamento, de acordo com a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, Minas Gerais (2008) para corpos hídricos classe 2, o valor máximo estabelecido para cor aparente é de 75 mg Pt/L e de 100 UNT para a turbidez, assim todos os resultados apresentados (Figura 15) foram satisfatórios (BRASIL, 2005). Além disso, a empresa em estudo não realiza descarte dos efluentes tratados em solo e cursos hídricos, uma vez que faz o reúso para fins de ganhos ambientais e econômicos.

Dessa forma, a premissa do estudo demonstraram benefícios ambientais e econômicos com o reúso da água, além do proveito de alguns resíduos orgânicos, evitando o envio para aterro sanitário de classe II-A e também podendo contribuir fazendo plantio da acácia-branca (*Moringa oleifera*), como ganho na arborização, pois a empresa se localiza em área rural com extensão de 08,03,88ha (hectares), sendo que sua área construída é menor que 0,5ha, assim possibilitam a coleta das sementes para realizarem futuros tratamentos.

Portanto, a substituição do tratamento convencional para coagulantes naturais, indicou-se benefícios quanto ao ecossistema, além de minimizar impactos ambientais por meio desse logística reversa com os resíduos líquidos e sólidos produzidos na linha de fogos de artifícios. Ressaltaram-se que houve otimização da qualidade das águas para o reúso, considerando que ocorreram a remoção dos metais pesados, dentre outros sedimentos

presentes nas águas residuárias, o que significa que a qualidade dessas águas está em consonância com os parâmetros ambientais.

Por fim, relataram-se que, com o tratamento com coagulantes naturais, com resíduos orgânicos gerados dentro da própria empresa, custos de aquisição de insumos para o tratamento das águas residuárias industriais podem ser reduzidos (Tabela 7).

Tabela 7 – Economia anual com aplicação de coagulantes no tratamento de águas residuárias industriais gerados de fogos de artifícios da empresa objeto de estudo

Insumo para o tratamento das águas residuárias industriais.	Quantidade (kg/mês)	Valor Unitário (R\$/kg)	Custo (R\$/anual)
Custo do envio dos resíduos domésticos para o aterro sanitário	2,000kg	R\$ 3,90	(-) R\$ 93,60
Custo do sulfato de alumínio	48,000kg	R\$ 7,25	(-) R\$ 4.176,00
Custo da cal hidratada	42,000kg	R\$ 0,61	(-) R\$ 307,44
Custo sementes de acácia-branca coagulante natural	2,000kg	R\$ 134,99	(+ou -) R\$ 3.239,88
Economia total com o tratamento com uso de coagulante de quiabo, banana e abobora	2,000kg	N/A	(+) R\$ 93,60
Economia total com o tratamento com uso de coagulante de quiabo, banana e quiabo – Total / Ano			(+) R\$ 4.576,44

Legenda: N/A: Não se aplica

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Portanto, cabe ressaltar que a vantagem da aplicação do uso de coagulantes naturais no tratamento de águas residuárias industriais pode representaram uma redução de custo R\$ 4.576,44, por ano – no tratamento e envio de resíduos orgânicos para o aterro sanitário. Essa alternativa de logística reversa de resíduos de serviços e saneamento, mencionaram ao autor Demajorovic, Augusto e Souza (2016) não é muito utilizada no Brasil, porém tem uma viabilidade econômica muito importante conforme demonstrado no presente estudo. Destacaram-se que, caso a empresa realize o plantio da acácia-branca (*Moringa oleífera*), pode se beneficiar com as sementes no tratamento como coagulante natural.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que o estudo utilizando coagulantes naturais no tratamento das águas residuárias industriais da Fábrica de nome fantasia “Super Fogos” em comparação com o tratamento convencional (sulfato de alumínio) demonstrou, por meio de análise laboratorial, que os coagulantes naturais (sementes de acácia-branca (*Moringa oleífera*), cascas de banana (*Musa spp.*), cascas e sementes de abóbora (*Cucurbita spp.*), além de quiabo (*Abelmoschus esculentus*) maduros) apresentaram eficiência em todos os testes T2, T3, T4, T5; em todos alcançou-se uma eficiência acima de 70% em todos os parâmetros que se refere à remoção: sedimentáveis (SSed), sólidos suspensos (SS), turbidez (UNT) e pH, temperatura da amostra, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅), Demanda Química de Oxigênio (DQO), surfactantes aniônicos, condutividade, níquel, estrôncio, bário, cobre, alumínio, efluentes oriundos da limpeza das oficinas e equipamentos do processo de fabricação de fogos de artifícios.

Com os resultados constatando a eficiência de cada coagulante natural utilizado, constatou-se que há possibilidade de substituir o tratamento convencional por um tratamento alternativo, de forma a permitir a reutilização dessas águas residuárias tratadas no processo de limpeza das oficinas, equipamentos e lâmina d’água, durante a produção de fogos de artifícios ou até mesmo para irrigação uma vez que os coagulantes são procedimentos naturais. Para tanto, em relação ao efluente de entrada e saída, obtiveram os mesmos parâmetros do tratamento convencional, além disso atende à legislação ambiental. Portanto, o experimento com os referidos agentes coagulantes alcançou o objetivo deste trabalho, pois possibilita a reutilização das águas tratadas dando-lhes uma destinação na indústria, evitando seu lançamento no meio ambiente.

Entretanto, com relação ao coagulante natural testado, percebe-se que não foram obtidas eficiências satisfatórias no que se refere à remoção dos parâmetros analisados. Portanto, as sementes de girassol (*Heliantus annuus*) não serão avaliadas no presente momento, por se tratar de um coagulante comprado e não de resíduo da empresa. Além disso, a amostra submetida ao tratamento com essas sementes apresentou uma coloração não satisfatória com relação às demais, embora essa água tratada tenha sido reusada para fins menos nobres pela própria empresa. Por fim o ganho com essa tecnologia do tratamento com uso dos coagulantes naturais, permite alcançar uma economia anual de R\$ 4. 576,44.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Análises Ambientais - JRW Ambiental -, localizado em Divinópolis/MG, pela parceria e condução das análises laboratoriais dos parâmetros avaliados neste experimento.

Agradecem à empresa Artesanato de Fogos Vitória Ltda., com o nome fantasia “*Super Fogos*” localizada no município de Santo Antônio do Monte/MG, por ter disponibilizado a estrutura para a condução dos experimentos em escala plena no sistema de tratamento de águas residuárias industriais. Agradecem, também, à Nordeste Viveiro de Mudas, localizada em Arcos/MG, por ter contribuído com as sementes de *Moringa oleífera*.

REFERÊNCIAS

- AGARWAL, M.; RAJANI, S. MISHRA, A. RAI, J. S. P.. *Utilization of okra gum for treatment of tannery effluent. International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials.* p.1049-1057, 2010.
- AGUIAR, M. R. M. P. de; NOVAES, A. C. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. **Química Nova.** Rio de Janeiro, v. 25, n. 6B, p. 1145-1154, 2002.
- AL AZHARIA JAHN, S. **Proper use of African natural coagulants for rural water supplies:** research in the Sudan and guide for new projects. Eschborn: GTZ, 1986.
- ALI, E. N.; MUYIBI, S. A.; SALLEH, H. N.; ALAM, M. Z.; and SALLEH, M. R. M. *Production of Natural Coagulant from Moringa Oleifera Seed for the Application in Treatment of Low Turbidity Water. Journal of Water Resources and Protection.* v.2, n. 3, p. 259-266, 2010.
- ANASTASAKIS, K.; KALDERIS, D.; DIAMADOPOULOS E.. *Flocculation behavior of mallow and okra mucilage in treating wastewater. Department of Environmental Engineering, Technical University of Crete. Desalination.* v. 249, p. 786–791, 2009.
- APPLEQUIST, W. L.; AVULA, B.; SCHANEBERG, B. T.; WANG, Y. H.; KHAN, I. A. *Comparative fatty acid content of seeds of four Cucurbita species grown in a common (shared) garden. Journal of Food Composition and Analysis,* Issues 19, v. 19, n. 6-7, p. 606-611, set-nov. 2006.
- ARANTES, C. C.; RIBEIRO, T. A. P.; PATERNIANI, J. E. S. Processamento de sementes de *Moringa oleifera* utilizando-se diferentes equipamentos para obtenção de solução coagulante. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** São Paulo: Campina Grande, v. 16. n. 6, p. 661-666, 2012.
- BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT. **NBR 10004:2004 -Resíduos sólidos – classificação.** Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- BARROS, E. C. da S.; INÁCIO, R. A.; PINTO, F. O.; QUINTAS, E. da S.; RODRIGUES, M. D. A.. Utilização da banana como fonte de renda para pequenos produtores. **Revista Científica Interdisciplinar.** v. 3, n. 2, abr-jun. 2016.
- BIRIMA, A. H.; HAMMAD, H. A.; DESA, M. N. M.; and MUDA, Z. C. *Extraction of Natural Coagulant from Peanut Seeds for Treatment of Turbid Water. 4th International Conference on Energy and Environment. IOP Publishing.* v. 16, p. 1-4, 2013.
- BONACIN, G. A.; RODRIGUES, T. de J. D.; CRUZ, M. C. P. da; BANZATTO, D. A. Características morfofisiológicas de sementes e produção de girassol em função de boro no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Paraíba: Campina Grande, v. 13, n. 2, p.111–116, 2009.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma regulamentadora NR-19 - Explosivos.** Portaria MTb N° 3.214 de 08 de junho de 1978. Distrito Federal: Brasília, 1978. Disponível

em: https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-19.pdf. Acesso em: 01 mar. 2020.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução n° 357** de março de 2005. Distrito Federal: Brasília, 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 29 abr. 2021.

BRASIL. **Lei Federal N° 12.305/2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei N° 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Distrito Federal: Brasília, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 15 mai. 2020

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora n. 19**. Portaria SIT n.º 228, de 24 de maio de 2011. Distrito Federal: Brasília, 2011. Disponível em: https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-19.pdf. Acesso em: 01 mar. 2020.

BRASIL. Ministério da defesa exército brasileiro comando logístico departamento marechal falconieri. **Portaria n° 56 - COLOG, de 5** de junho de 2017. Brasília: Distrito Federal, 2017. Disponível em: <http://www.dfpc.eb.mil.br/phocadownload/Portarian56.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2020

BUS, M. V.; RIBEIRO, E. F.; SCHNEIDER, I. A. H.; MENEZES, J. C. S. dos S. Tratamento dos Efluentes de uma Lavanderia Industrial: Avaliação da Capacidade de Diferentes Processos de Tratamento. Revista de Engenharia **Civil IMED**, Rio Grande do Sul: Passo Fundo, v. 2, n. 1, p. 2-10, 2015.

CÂMARA, B.; OLIVEIRA, G. B. de; MACEDO, T. K. S.; LEITE; D. C. de D. de F.; SOARES, D. C. LIMA; T. da N.; VASCONCELOS, A.R. H; SOARES, S. C.; L.; BARBOSA, da L; TRIGUEIRO, M. S. L. LAYS.. Caracterização físico-química, toxicológica e nutricional das folhas da *Moringa oleifera Lam* secas e in natura. **Research, Society and Development**. Minas Gerais: Itajuba, v. 8, n. 11, p. 1-14, 2019.

CASECA, C. P.; MORAES, V. **Estudos sobre o tratamento da água utilizando como coagulantes as cascas de abóbora, banana, chuchu e moringa**. 14° CONIC.SEMESP Congresso Nacional de Iniciação Científica. São Paulo. 2014.

DAMO, A. M.; KEMPKA, A. P. **Potencial coagulante de sementes de girassol (*Helianthus Annuus L.*) submetidas a extração com diferentes solventes e ultrassom de baixa frequência**. 26° Seminário de Iniciação Científica UDESC, Santa Catarina: Florianópolis, 2016.

DANTAS, J.L.L. et al. Classificação botânica, origem, evolução e distribuição geográfica. In: ALVES, E.J. (Org): **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. Brasília: EMBRAPA-SPI. EMBRAPACNPMF. Bahia: Cruz das Almas, p. 27–34, 1997.

DEMAJOROVIC, J.; AUGUSTO, E. E. F.; SOUZA, M. T. S. de. S. Logística Reversa de ree em países em desenvolvimento: desafios e perspectivas para o modelo brasileiro. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo, v. 19, n. 2, 2016.

FREIRE, P. C. M.; MANCINI FILHO, J.; FERREIRA, T. A. P. de C.. *Major physical and chemical changes in oils and fats used for deep frying: Regulation and effects on health. Revista de Nutrição*. São Paulo: Campinas, v. 26, p. 353-368, mai-jun. 2013.

GALLÃO, M. I.; DAMASCENO, L. F.; BRITO, E. S. de. Avaliação química e estrutural da semente de *Moringa*. **Revista Ciência Agronômica**. Ceará: Fortaleza, v. 37, p. 106-109, 2006.

GHEBREMICHAEL, K. A.; GUNARATNA, K.R.; HENRIKSSON, H.; BRUMER, H.; DALHAMMAR, G.. *A simple purification and activity assay of the coagulant protein from Moringa oleifera seed. Water Research*. Elsevier. v. 39, p. 2338-2344, 2005.

GERHARDT, C. M.. **Uma alternativa de substituição ao sulfato de alumínio no tratamento de água potável**. Trabalho de conclusão de curso de Química Industrial Noturno da Universidade Federal do Rio Grande do Sul Instituto de Química. Rio Grande do Sul: Porto Alegre, 2018.

GIORDANO, G. **Avaliação ambiental de um balneário e estudo de alternativa para controle da poluição utilizando o processo eletrolítico para o tratamento de esgotos**. 1999. Dissertação de Mestrado (Ciência Ambiental) Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro: Niterói, 1999.

GOPALAKRISHNAN, N.; KAIMAL, T.N.B.; LAKSHMINARAYANA, G.. Fatty acid changes in *Hibiscus esculentus* tissues during growth. **Phytochemistry**. v. 21, n. 3, p. 565-568, 1982.

GUIMARÃES, M. dos S.; ROCHA, C. P. . **Eficiência do sistema de tratamento dos efluentes líquidos industriais: um estudo de caso em uma empresa na cidade de Santo Antônio do Monte – MG**. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. São Paulo, 2011.

HENRIQUES, J. A.; OLIVEIRA, R. de; MEIRA, C. M. B. S.; NASCIMENTO, R. S. do; SANTOS, E. C. dos. Potencial de uso da *Moringa oleifera* Lamarck na clarificação de água para abastecimento em comunidades difusas de áreas semiáridas. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*. **RBCIAMB**. v. 31, p. 76-83, mar. 2014.

JAHN, S. A. A. *Proper use of African natural coagulants for rural water supplies: research in the Sudan and guide for new projects*. **Eschborn: GTZ**, 1986.

JESUS, S. C.; FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L.. **Caracterização física e química de frutos de diferentes genótipos de bananeira**. *Bragantia*, São Paulo, Campinas, v. 63, n. 3, p. 315-323, 2004.

JOE, B.; GIWA, S. O.; IBRAHIM, M.; RAJI, Y. O.; GIWA, A.. *Optimization of the Operating Conditions of Turidity Removal from Synthesized Dairy Wastewater Using Pumpkin Seed as a Coagulant*. **International Journal of Scientific & Engineering Research**. Issue 2, v. 6, p. 1266-1277, fev. 2015.

JOSHUA, R.; VASU, V. *Characteristics of stored rain water and its treatment technology using Moringa seeds. International Journal of Life sciences Biotechnology and Pharma Reasearch*, v. 2, n. 1, jan. 2013.

KARAAGAÇ, O.; BALKAYA, A. *Interspecific hybridization and hybrid seed yield of winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.) and pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) lines for rootstock breeding. Scientia Horticulturae*. v. 149, p. 9-12, 2013.

KATAYON, S.; MEGAT MOHD NOOR, M. J.; ASMA, M.; ABDUL GHANI, L. A.; THAMER, A. M.; AZNI, I.; AHMAD, J.; KHOR, B. C.; SULEYMAN, A. M.. *Effects of storage conditions of Moringa oleifera seeds on its performance in coagulation. Bioresource Technology*. v. 97, p. 1455-1460, 2006.

KAYS, S.J. *Postharvest physiology of perishable plant products*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

LAZOS, E. S. *Nutritional, Fatty Acid, and Oil Characteristics of Pumpkin and Melon Seeds. Journal of Food Science*. Issue 5, v. 51, p. 1382–1383, 1986.

LIMA, G. J. de A.; BARBOSA FILHO, O. **Uso de polímero natural do quiabo como auxiliar de floculação e filtração em tratamento de água e esgoto**. Centro de Tecnologia e Ciências Faculdade de Engenharia Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente. 2007. Dissertação – Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ Rio de Janeiro, 2007.

LIMA, B. C. de; PINGUELO, G. C. B.; VARNASQUI, L. G.; CONSOLIN FILHO, N.; CONSOLIN, M. F. B.; VALDERRAMA, P.; MEDEIROS, F. V. de S.. *Aplicação do extrato de abelmoschus esculentus (L.) moench como floculante para a remoção de cor no tratamento de águas com corante têxtil. Revista Ibero - Americana de Ciências Ambientais. Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente*. v. 11, n. 4. p. 424-431, 2020.

LIMA, P. R.; ALMEIDA, V. I.; VICENTINI, V. E. P.. *Os diferentes tipos de coagulantes naturais para o tratamento de água: uma revisão. UNOESC. Evidencia. Biociências, saúde e inovação*. Joaçaba, v. 20, n. 1. p. 9-22, jan-jun, 2020.

MACHADO, M. C.; VARGAS, R. R.; SILVA, M. A. da; ENGELS, T.. *Uso de sementes de Moringa Oleífera (LAM) no tratamento de efluente têxtil. Revista principia. Divulgação científica e tecnológica do IFPB. Paraíba: João Pessoa*, n. 33, p. 37-49, 2017.

MANE, R.S.; BHUSARI, V.N. *Removal of Colour (dyes) from textile effluent by adsorption using Orange and Banana peel. International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*. Issue 3, v. 2, p. 1997-2004, mai-jun. 2012.

MIGUEL, F. C.; SILVA, V. J. O. da; SILVA, E. M. B. da; ANDRADE, A. M. C. de. *Sementes de Moringa oleífera: coagulante natural utilizado no tratamento de efluente de lavanderia têxtil. Anais [...] Pernambuco: Recife - Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade. Pernambuco: Recife*, v. 5 p. 535-542, 2017.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa COPAM Nº 74**, de 9 de setembro de 2004. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de

empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ambiental de funcionamento ou de licenciamento ambiental no nível estadual, determina normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização ambiental e de licenciamento ambiental, e dá outras providências. Diário de Executivo, Minas Gerais: Belo Horizonte, 2004. Disponível em: <http://sisemanet.meioambiente.mg.gov.br/mbpo/recursos/DeliberaNormativa74.pdf>.<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2020.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais (CERH-MG) N° 01/2008, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de águas e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicação – Diário do Executivo. Minas Gerais: Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <https://www2.cead.ufv.br/sgal/files/apoio/legislacao/legislacao3.pdf>.<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2020.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM/DN-MG N° 217, de 06 de dezembro de 2017. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Diário de Executivo, Minas Gerais: Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <https://www.udop.com.br/download/legislacaomeio/institucionalsitejuridico/deliberacaonormativan217.pdf>.<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2020.

MINAS GERAIS. Decreto N° 47.383, de 2 de março de 2018. Estabelece normas para licenciamento ambiental, tipifica e classifica infrações às normas de proteção ao meio ambiente e aos recursos hídricos e estabelece procedimentos administrativos de fiscalização e aplicação das penalidades. Publicação - Diário do Executivo - “Minas Gerais”. Minas Gerais: Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completanovamin.html?tipo=DEC&num=47383&ano=2018>.<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2020.

MINAS GERAIS. Decreto N° 47705 DE 04/09/2019. Estabelece normas e procedimentos para a regularização de uso de recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais. Publicado no DOE - MG em 5 set 2019. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=49498>. Acesso em: 01 jul. 2020.

MOTA, W. F.; FINGER, F. L.; SILVA, D. J. H.; CORRÊA, P. C.; FIRME, L. P.; NEVES L. L. M. Caracterização físico-química de frutos de quatro cultivares de quiabo. **Horticultura Brasileira**. Distrito Federal: Brasília, v. 23, n. 3, p. 722-725, jul-set. 2005.

OGUNTIN, G. B.. *Biosorption of dye from textile wastewater effluent onto alkali treated dried sunflower seed hull and design of a batch adsorber*. **Journal of Environmental Chemical Engineering**. Elsevier. v. 3, p. 2647-2661, 2015.

OHASH, T.; TAMBOURGI, E. B.; TAKAKI, G. M, de. **Utilização de quitina e mordente na remoção do corante preto remazol b por adsorção**. Universidade Estadual de Campinas

Faculdade de Engenharia Química Área de Concentração: Sistemas de Processos Químicos e Informática. UNICAMP. São Paulo: Campinas, 2012.

OLIVEIRA, H. M. WILLAND, E. F.. Efeito da água tratada com sulfato de alumínio e com o polímero natural (tanato quaternário de amônio) em planárias a fim de identificar novos organismos testes. **Revista de Iniciação Científica da ULBRA**. n. 9 p. 51-57, 2011.

PATERNIANI, J. E. S.; MANTOVANI, M. C.; SANT'ANNA, M. R.. Uso de sementes de *Moringa oleífera* para tratamento de águas superficiais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande: Paraíba. v. 13, n. 6, p. 765–771, 2009.

ROSA, P. M.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S. C.; BIZZO, H. R.; ZANOTTO, D. L., OLIVEIRA, M. F.; CASTIGLIONI, V.B. R.. *Chemical composition of Brazilian sunflower varieties*. **HELIA**, Rio de Janeiro: Rio de Janeiro. v. 32, n. 50, p. 145-156, 2009.

SALUNKE, D. K.; DESAI, B. B. **Sunflower. Postharvest biotechnology of oil seeds**. Boca Raton: CRC Press, cap. 4, p. 57-69, 1986.

SANTANA, J. S.; SANTOS, B. R. dos, RESENDE, B. de O.. Utilização da casca de banana como biossorvente para adsorção de metais pesados viabilizando sua utilização em águas residuárias da indústria galvânica. **INOVAE – Journal of Engineerin, Architecture and Technology Innovation**. 2020.

SANTOS, S. M. dos; ROSSONI, H. A. V. **Avaliação do uso de coagulantes naturais no tratamento de águas residuárias do processo de fabricação de fogos de artifício**. Meio Ambiente em Foco. Editora Paisson, v. 11 cap. 4. p. 33-36, 2020.

STEVENSON, D. G.; ELLER, F. J.; WANG, L.; JANE, J. L.; WANG, T.; INGLETT, G. E.. *Oil and Tocopherol Content and Composition of Pumpkin Seed Oil in 12 Cultivarsn*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 55 n. 10, p. 4005–4013, 2007.

VARA, S. *Screening and evaluation of innate coagulants for water treatment: a sustainable approach*. **International Journal of Energy and Environmental Engineering**. 3 ed., v. 1, n. 29, p. 1-11, 2012.

VAZ, L. G. de L. KLEN, M. R. F.; VEIT, M. T.; SILVA, E. A. da; BARBIERO, T. A.; BERGAMASCO, R.. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. **Eclética Química**. v. 35, n. 4, p. 45-54, 2010.

III CAPÍTULO

REÚSO DO LODO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS INDUSTRIAIS VISANDO À LOGÍSTICA REVERSA NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FOGOS DE ARTIFÍCIOS

RESUMO

Este estudo aborda possíveis estratégias de reúso e destinação final do lodo resultante do tratamento de efluentes industriais da produção de fogos de artifícios, com enfoque na logística reversa. Diante disso, o objetivo do presente estudo foi buscar formas viáveis e ecologicamente adequadas para a destinação, transformando o lodo em insumo no processo produtivo. Durante os ensaios, foi analisada a reintegração do lodo com 2% de umidade, como na fabricação de bombas de solo nº1, nº4 e bomba explosão. Para tanto, o lodo provindo do tratamento industrial foi testado em substituição a 42,3% do equivalente do total de terra refratária utilizada na matriz destinada à fabricação de bombas de solo. Assim, os materiais homogeneizados foram formados de 57,7% de terra refratária e 42,3% de lodo. Cabe destacar que, na composição total da receita da fabricação de bombas, a introdução do lodo representou 42,3% dos materiais. Em termos comparativos, foram testadas três situações na produção de bombas de solo, T0 com 100% de terra refratária; T1 com lodo convencional; e T2 com lodo proveniente do tratamento com coagulante natural, sendo que ambos foram utilizados em substituição a 42,3% da terra refratária. Com base nos resultados, foi possível constatar similaridades em relação ao tempo de detonação, o que permite confirmar a qualidade do produto final e atestar a viabilidade da logística reversa do lodo. Além disso, foi possível realizar o reúso de, aproximadamente, 1,167,2 tonelada/ano de lodo para produção média de 4.320.549 unidades de bombas de solo. Em uma visão sistêmica, a economia foi de R\$9.220,88/ano, referentes apenas aos eventuais custos da destinação final, além de evitar o envio do lodo no aterro industrial de “Classe I”.

Palavras-chave: Resíduos sólidos. Efluentes de fogos de artifícios. Gestão integrada. Reutilização.

**REUSE OF SLUDGE FROM THE INDUSTRIAL WASTE WATER
TREATMENT STATION FOR REVERSE LOGISTICS
IN THE FIREWORKS PRODUCTION PROCESS**

ABSTRACT

This study addresses possible strategies for reuse and final disposal of the sludge resulting from the treatment of industrial effluents from the production of fireworks, with a focus on reverse logistics. Therefore, the objective of this study was to seek viable and ecologically adequate ways for disposal, transforming the sludge into an input in the production process. During the tests, the reintegration of the sludge with 2% moisture was analyzed, as in the manufacture of soil pumps n°1, n°4 and explosion bomb. For this purpose, the sludge from industrial treatment was tested to replace 42.3% of the equivalent of the total refractory earth used in the matrix destined to the manufacture of soil pumps. Thus, the homogenized materials were formed from 57.7% of refractory earth and 42.3% of sludge. It should be noted that, in the total composition of pump manufacturing revenue, the introduction of sludge represented 42.3% of the materials. In comparative terms, three situations were tested in the production of ground pumps, T0 with 100% refractory earth; T1 with conventional sludge; and T2 with sludge from treatment with natural coagulant, both of which were used to replace 42.3% of the refractory earth. Based on the results, it was possible to verify similarities in relation to the detonation time, which allows confirming the quality of the final product and attesting to the feasibility of reverse sludge logistics. In addition, it was possible to reuse approximately 1,167.2 ton/year of sludge for an average production of 4,320,549 soil pump units. In a systemic view, the savings amounted to R\$9,220.88/year, referring only to eventual final disposal costs, in addition to avoiding sending the sludge to the “Class I” industrial landfill.

Keywords: Solid waste. Effluents from fireworks. Integrated management. Reuse.

1 INTRODUÇÃO

A logística reversa propõe estratégias que oferecem soluções de capacitação e elaboração em sustentabilidade, sobre uma economia circular em redução de custos, com uma alternativa de reúso de resíduo, interligando as informações e correspondendo ao processo, de forma a viabilizar o retorno dos resíduos ou rejeitos em produtos de consumo no ciclo produtivo. Essas opções do reúso permitem agregar valores de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal e logístico, trazendo uma imagem corporativa da empresa (BRASIL, 2010).

Os descartes dos resíduos sólidos gerados nas indústrias de fogos de artifícios têm chamado a atenção devido aos graves impactos causados ao meio ambiente, por conterem contaminadores como metais pesados (SANTOS e ROSSONI, 2019). Uma das alternativas para a destinação desses lodos consiste em seu envio a um aterro industrial (BRASIL, 2010). Silva *et al.* (2017) definiram que a logística reversa é uma perspectiva de negócios para quem busca uma destinação diferente e mais adequada, seja transformando esses resíduos em subprodutos utilizados na própria indústria, ou possibilitando sua comercialização, processo que necessita submetê-los a uma análise do seu ciclo de vida

A cadeia produtiva de fogos de artifícios gera grande quantidade de águas residuárias industriais contaminadas com metais pesados provenientes da limpeza das oficinas, pisos, equipamentos e por meio da lâmina d'água¹⁴ e o sistema de tratamento desses efluentes, denominado de físico-químico ou convencional. Diante disso, a estação de tratamento de efluentes industriais produz lodo em forma de lama, no leito de secagem da estação (SANTOS e ROSSONI, 2019).

No caso específico da empresa parceira do presente estudo, é gerada uma média de 96kg de lodo por mês, para a produção de aproximadamente 5 toneladas de fogos de artifícios por semana. O que ocorre é que essa forma de gerenciamento de resíduos industriais é bastante complexa e demanda cuidado maior no que se refere ao transporte e à destinação final, por ser considerado de Classe I de resíduos perigosos conforme ABNT NBR 10.004 (BRASIL, 2004).

Para Mueller (2005), a responsabilidade é das indústrias que geram resíduos, inclusive as empresas que produzem pirotécnicos¹⁵, ressaltou, ainda, que cabe a elas destinar corretamente seus resíduos, enviando a aterro regularizado, para que seja descartado de

¹⁴ Lâmina d'água consiste na manutenção de 10cm de água nos galpões da unidade do processo produtivo, minimizando risco de acidente conforme NR-19 (BRASIL, 1978).

¹⁵ Palavras sinônimas: fogos de artifício, pirotécnicos, artifícios pirotécnicos e artefatos similares, baseado na Portaria nº055 (BRASIL, 2007).

maneira que atenda à legislação brasileira. Esses processamentos podem representar até 60% do custo operacional no tratamento de águas residuárias.

Dessa forma, uma solução é a reintegração do lodo como um subproduto desse insumo na produção de matriz por meio de medidas qualificadas, podendo assim solucionar problemas ambientais e financeiros, observados no longo ou curto prazo. No que se referiu à qualidade, o propósito consiste em buscar alternativas para minimizar impactos.

Com base nesse contexto, o objetivo do presente estudo consiste em propor alternativas viáveis em aspecto de logística reversa, buscando o reaproveitamento de resíduos sólidos originados na estação das águas residuárias industriais e transformando em um subproduto usado na fabricação dos fogos de artifícios.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A empresa onde conduziu-se o estudo sobre a reutilização do lodo proveniente da estação de tratamento de águas residuárias industriais – Fogos Super *Show* Indústria e Comércio Eireli, com nome fantasia “Fogos Beija-Flor”– localizada no município de Japaraíba, na região Centro-oeste de Minas Gerais, é classificada em termos de potencial poluidor médio, porque possui área construída inferior a 0,5ha (MINAS GERAIS, 2017).

Com base nisso, utilizou uma porção dos lodos proveniente da estação de tratamento das águas residuárias industriais utilizando coagulantes naturais e convencional em substituição de parte da matéria-prima, na fabricação de fogos de artifícios, o que pode influenciar na parte da economia do empreendimento, além de promover benefícios ambientais deixando de enviar resíduos para aterro de Classe I.

2.1 Caracterização do lodo oriundo do tratamento das águas residuárias industriais

Em termos de caracterização dos lodos provenientes da estação de tratamento de efluentes industriais com o uso de coagulantes naturais, os ensaios foram realizados em outra empresa objeto de estudo, localizada no município de Santo Antônio do Monte, Minas Gerais, “Artesanato de Fogos Vitória Ltda”. Quando esses sólidos secaram foram enviados para analisar de sua classificação nos parâmetros (Tabela 1), no Limnos Hidrobiologia e Limnologia Ltda., em Vespasiano. Essas análises foram feitas conforme legislação ABNT/NBR 10.004:2004 (BRASIL, 2004). Diante disso, os lodos que restaram do tratamento de coagulantes naturais foram acondicionados em vasilhames de plásticos e enviados para a empresa Fogos Beija-Flor para fazerem os testes com o reúso em bombas de solo.

Tabela 1 – Parâmetros de análise do lodo gerado na estação de tratamento de águas residuárias.

Resíduos	Laboratório	Parâmetros	Classificação dos resíduos
Lodo gerado da estação de tratamento de águas residuárias com uso de coagulantes naturais.	Limnos Hidrobiologia e Limnologia Ltda	Toxafeno, Tricloroeteno (Tricloroetileno), γ - HCH / BHC (Lindano), 2,4 - D, 2,4,5 - T, 4,4' - DDT + 4'4 - DDD (DDD Isômeros) + 4'4 - DDE (DDE Isômeros), 4,4 - Metoxicloro (Metoxicloro), Aldrin + Dieldrin, Alumínio Total, Arsênio Total, Bário Total, Cádmio Total, Chumbo Total, Cianeto Total, Clordano (Isômeros), Cloreto, Cobre Total, Cromo Total, Endrin, Fenóis, Ferro Total, Fluoreto, Heptacloro Epóxido + Heptaclor, Hexaclorobenzeno, Manganês Total, MBAS (Agentes Tensoativos, Detergentes), Mercúrio Total, Nitrato, Prata Total, Selênio Total, Sulfato, Toxafeno, Zinco Total, γ - HCH / BHC (Lindano)	ABNT/NBR 10.004:2004 (BRASIL, 2004)

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

A Lei 13.305, Brasil (2010), da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), enfatizou as questões de inovações e alternativas, como obrigatoriedade de realizar a logística reversa dos resíduos. Logo, em observância à tal lei, para que diminua o custo econômico e minimize impactos ambientais, foi apresentada a alternativa de disposição final desses lodos para substituir partes de um insumo na produção dos fogos de artifícios.

2.2 Reutilização do lodo oriundo do tratamento das águas residuárias industriais do tratamento convencional com uso de coagulantes naturais.

Em busca de uma técnica da logística reversa para reintegrar os resíduos sólidos da fabricação de fogos de artifícios, este trabalho buscou embasamento nas proposições dos autores Mazzer e Cavalcanti (2004), Leite (2002), Demajorovic, Augusto, Souza (2016) e Teles *et al.* (2016). Os ensaios foram conduzidos em escala plena na indústria de nome fantasia “Fogos Beija-Flor”,

Essa empresa produz uma gama de artefatos pirotécnicos, tais como foguetes, girândolas, rojões de vara, apitos de vara, bombas de solo, tortas, bombas de polegada, dentre outros, cuja confecção demanda uma diversidade de matérias-primas – alumínio, magnálio, carbonatos, cobre, níquel, bário, estrôncio, carvão vegetal entre os sais (potássio), para a coloração e barulho dos fogos.

Ocorre que, além do uso dos produtos químicos, a empresa tem necessidade de utilizar água de abastecimento para fazer a limpeza geral diária das oficinas, pisos, equipamentos e para manter a lâmina d’água. Depois de usada para tais fins, são gerados

efluentes e, por isso, são tratados utilizando tecnologia convencional de separação de sólidos, processo que dá origem a uma grande quantidade de lodo, apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Leito de secagem do lodo provindo do tratamento de águas residuárias industriais de fogos de artifícios



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Neste estudo, a coleta do lodo foi realizada no leito de secagem da estação de tratamento. Destacou-se que a empresa abordada possui um leito de secagem com duas repartições com capacidade nominal de 500kg/mês de lodo, os quais acumulam aproximadamente 96kg de resíduos por mês. Quando secos, os sedimentos são acondicionados em barricas plásticas e enviados bimensalmente para a destinação final, em aterro industrial de resíduos perigosos - Classe I.

Cabe destacar que, em termos de custos de destinação final, esse corresponde ao valor aproximado de R\$5,50¹⁶ por kg. Entretanto, esse custo contabilizado leva em consideração o transporte e a destinação final, conforme ABNT NBR 10.004:2004 (BRASIL, 2004) também da Deliberação Normativa COPAM nº 232 (MINAS GERIAS, 2019). Vale ressaltar que este trabalho abordou as condições ambientais dentro da empresa objeto de

¹⁶ Valor cobrado, no ano de 2020, por empresa terceirizada localizada em Lavras-MG em média de 248km da indústria para destinação do lodo em Aterro Classe I.

estudo, com vistas a reutilizarem todo o lodo contaminado com metais pesados, originado no tratamento convencional e com uso de coagulantes naturais.

2.3 Condução da análise do lodo originado no sistema de tratamento realizado com uso de coagulantes naturais.

Na sequência da realização do tratamento das águas residuárias da empresa do estudo, com o uso de coagulantes naturais, e também do tratamento convencional, o lodo é encaminhado para os leitos de secagem (Figura 2), para promover a redução em sua composição.

Figura 2 – Leito de secagem dos lodos com uso de coagulantes naturais e químico.



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

O lodo seco com 2% de umidade foi acondicionado em sacos plásticos, posteriormente, quando seco, foi recolhido, como demonstrado nas Figuras 3 e 4, e enviado para análise, e os demais são aterro industrial de classe I.

Figura 3 – Lodo da estação de tratamento com uso de coagulantes naturais



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Figura 4 – Lodo da estação de tratamento com uso de coagulantes naturais para a realização da característica físico-química e classificação quanto à periculosidade.



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Os lodos dos coagulantes naturais foram direcionados para o laboratório, possibilitando a classificação em caracterização dos parâmetros obtidos, observaram-se as análises conforme legislação ABNT/NBR 10.004:2004, (BRASIL, 2004).

2.4 Condução do ensaio sobre o reúso do lodo no processo de produção

Os lodos secos possuem características similares à terra refratária – utilizada como insumo no processo produtivo dos foguetes para retardar a velocidade da detonação, de forma a reduzir o tempo necessário para a soltura e, conseqüentemente, a explosão. Portanto, esses sólidos foram coletados no leito de secagem da estação de tratamento de águas residuárias industriais com o auxílio de um vasilhame de 10 litros (Figura 5).

Figura 5 – Acondicionamento de lodo seco em até 2% de umidade para uso na fabricação de bombas de solo



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

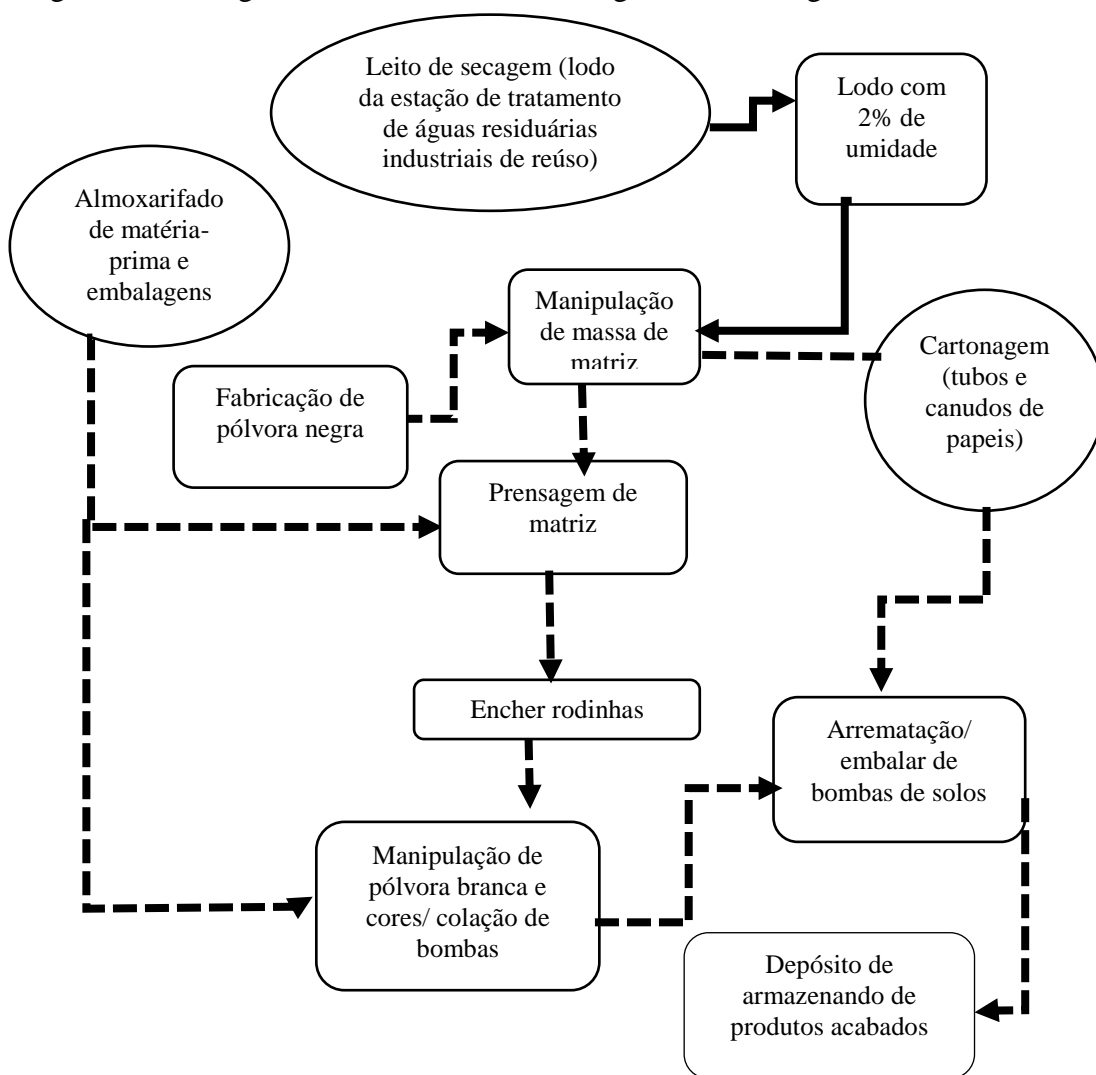
A incorporação do lodo originado no tratamento com coagulante físico-químico e naturais das águas residuárias industriais, provindas da fabricação dos pirotécnicos, teve como finalidade a reutilização como um subproduto inerte. Esse procedimento envolve o uso de uma nova tecnologia de logística reversa nas bombas de solo, de acordo com exigência da Portaria Nº 055 DCT, de 27 de novembro de 2007 (BRASIL, 2007).

O lodo utilizado na condução do presente estudo foi submetido ao processo do leito de secagem para a redução da umidade por um período entre 20 a 60 dias, quando a umidade chegou a 2%.

2.5 Ensaios da reutilização do lodo nos fogos de artifícios

O ensaio da fabricação dos artefatos pirotécnicos envolveu etapas expostas na Figura 6. No caso, esses ensaios foram para bombas de solo com o reúso do lodo resultante do tratamento das águas residuárias industriais, tudo se iniciaram com o recebimento das matérias-primas, papéis e insumos provindos do setor de cartonagem e do resíduo, provindo do leito de secagem.

Figura 6 – Fluxograma de reúso do lodo no seguimento de fogos de artifícios



Legenda: Seta contínua: fluxo de produção

Seta pontilhada: águas residuárias industriais de reúso e lodo da estação de tratamento.

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Em seguida, as matérias-primas e insumos, inclusive o lodo, são direcionados para o setor de manipulação de massa de matriz, onde são homogeneizados até se tornarem uma mistura homogeneizada das matérias-primas e insumos, que é a base (receita) da bomba de solo, cuja formulação encontra-se representada na Tabela 2, na qual estão apresentados também os materiais para produção da quantidade (em peso) para o preparo da massa de matriz, o que representa a produção aproximada de 4.320 unidades de bombas de solo/dia.

Tabela 2 - Materiais para preparo da massa com conceitos da logística reversa

Logística Reversa do lodo em produto de fogos de artifícios			
Bomba de solo B4, B1			
Material	Quantidade	Unidade	Proporção (%)
Clorato de potássio	3,5	Kg	15,4
Enxofre	2,7	Kg	11,9
Pó de pólvora	1,0	Kg	4,4
Retardo resíduos de matriz	1,0	Kg	4,4
Goma laka em pedra	0,6	Kg	2,6
Lodo seco de tratamento dos resíduos de águas residuárias industriais*	4,5	Kg	19,8
Terra refrataria	5,7	Kg	25,1
Calcário	2,7	Kg	11,9
Cola goma arábica	1,0	L	4,4
Total	22,7	-	100%
Bomba de Explosão			
Material	Quantidade	Unidade	Proporção (%)
Terra refratária (solo)	15	Kg	53,3
Lodo seco de tratamento dos Resíduos de águas residuárias industriais*	10,7	Kg	38,1
Cimento	1,4	Kg	5,0
Estopim com 5cmx0,2cm	1,0	Kg	3,6
Total	28,1	Kg	100%

Nota: *Obedecendo as formulações e proporções inseridas na Tabela 3

Fonte: (SANTOS e ROSSONI, 2019) adaptação SANTOS, Sueli Maria dos, 2021

Encontra-se destacadas na Tabela 3, as denominações de quantidades em quilograma e porcentagem com uso de lodo convencional e com a utilização de coagulantes naturais substituindo partes da terra refratária para a fabricação das bombas de solos como reúso de resíduos em logística reversa.

Tabela 3 – Descrição quantitativa dos tratamentos com reúso dos lodos por porcentagem

Tratamento	Bombas de solo B4, B1 e explosão*				
	Quantidade (kg)		Porcentagem (%)		
	Terra refratária	Lodo convencional	Lodo natural	Reúso do lodo	Terra Refratária como Insumo
t0	35,9	N/A	N/A	N/A	100,0
t1	20,7	15,2	N/A	42,3	57,7
t2	20,7	N/A	15,2	42,3	57,7

Nota: *Foram consideradas as quantidades em massa e porcentagens para as formulações dos três tipos de bombas (bombas de solo B4, B1 e explosão)

Legenda: t0 – bombas de solo tradicionais

t1 – bombas de solo convencional

t2 – bombas de solo coagulantes naturais

N/A – Não aplicável

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021

Cabe citar que nas formulações dos três tipos de bombas de solo nos testes foi utilizada a composição com terra refratária (100%), para as bombas de solo tradicionais (T0) e, para as demais, foram utilizadas 57,7% de terra refratária e 42,3% de lodo seco, para as duas situações em T1 (bombas de solo convencional) e T2 (bombas de solo coagulantes naturais).

Portanto, para a fabricação das bombas de solo prosseguiu-se com a prensagem na matriz, quando a mistura dos materiais é aplicada nos tubos de papel. Após a prensagem, os tubos são transportados para a estufa de secagem, onde permanecem até ficarem completamente secos. Uma vez secos, os tubos são coletados e enviados para encher as rodinhas, avançando para a manipulação de pólvora branca e outros produtos necessários à confecção do pirotécnico, conforme exposto na Tabela 4.

Tabela 4 - Matéria-prima para preparo da formulação da pólvora branca

Matérias-primas para manipulação de bomba de solo B1, B4 e Explosão			
Material	Quantidade	Unidade	Proporção (%)
Perclorato de potássio	13,5	Kg	64,3
Enxofre	2,5	Kg	11,9
Alumínio	5,0	Kg	23,8
Total	21,0	Kg	100%

Fonte: (SANTOS e ROSSONI, 2019) adaptação por SANTOS, Sueli Maria dos, 2021

No momento em que receberam pólvora branca, feita de pó de alumínio, perclorato de potássio e pó de enxofre, os tubos prensados e manipulados foram enviados para a colação de bombas, onde cada um recebeu uma mistura de 85% de serragem reciclada de serralheria e 15% de cola de silicato líquida. Posteriormente, as bombas foram levadas para a estufa, para mais um processo de secagem. Após a secagem, as bombas foram destinadas para o processo denominado de arrematação e conduzidas até o depósito.

Ressaltou-se que foram efetuadas três situações com a terra refratária, em proporções de bombas de solo tradicional, em lodo (convencional e coagulante naturais) para cada ensaio a fim de testar a eficiência do produto final (bombas de solo), visando ao controle do processo de segurança e qualidade, para atendimento da Portaria Nº 56 - Colog Exército Brasileiro (BRASIL, 2017). Submetidas aos testes, as bombas de solo estavam finalmente prontas para a condução dos experimentos.

É importante esclarecer que as análises estatísticas desenvolvidas neste estudo foram conduzidas com base em testes utilizando o *software*–R/RStudio (PAHLEVANYAN; HAROUTUNIAN, 2015).

Cabe citar que foram apresentadas as análises descritivas, em valores média, mediana e desvio padrão nas Tabelas 6, 7 e 8. Além disso, foram realizadas análises estatísticas, inferências de comparações de médias, por meio da análise de variância (ANOVA), com o intuito de comparar a qualidade dos produtos finais – bombas de solo – produzidas com lodos provenientes dos tratamentos convencionais e com a utilização de coagulantes naturais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização do lodo das águas residuárias industriais

Do lodo seco com apenas 2% de umidade, originado das águas residuárias indústrias, realizado com os coagulantes naturais, foi coletada uma porção de 10kg e enviada para o laboratório, onde foram verificados a lixiviação e a solubilização.

Foram analisados em laboratório a lixiviação e solubilização do lodo o qual apresentou, na maioria dos resultados obtidos após as análises da água de lixiviação, um resíduo que demonstrou alguns parâmetros superiores e outros inferiores aos limites máximos permitidos, conforme a classificação ABNT NBR 10.004 (BRASIL, 2004), apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 - Ensaio de lixiviação do lodo gerado no tratamento com uso de coagulantes naturais.

Parâmetros	Unidade	L.Q.	Resultados dos Testes		Classificação ABNT NBR 10.004 (Limite Máximo)
			Lixiviação	Solubilização	
1,1 - Dicloroetano (1,1 - Dicloroetileno)	mg/L	0,001	<0,001	N/A	3
1,2 - Dicloroetano	mg/L	0,002	<0,000	N/A	1
1,4 - Diclorobenzeno	mg/L	0,002	<0,002	N/A	7,5
- Butanona (Metiletilcetona)	mg/L	0,002	0,0591		200
2,4 - D	mg/L	0,1	<0,1	< 0,001	3
2,4 - Dinitrotolueno	mg/L	0,01	<0,01	N/A	0,13
2,4,5 - T	mg/L	0,1	< 0,1	< 0,001	0,2
2,4,5 - TP	mg/L	0,1	< 0,1	< 0,001	1
Triclorofenol	mg/L	0,0005	< 0,0005		400
2,4,6 - Triclorofenol	mg/L	0,0005	< 0,0005		20
4,4' - DDT + 4'4 - DDD (DDD Isômeros) + 4'4 - DDE (DDE Isômeros)	mg/L	0,00002	<0,00002	< 0,000004	0,2
4,4 - Metoxicloro (Metoxicloro)	mg/L	0,0003	< 0,0003	< 0,00006	2
Aldrin + Dieldrin	mg/L	0,00002	< 0,00002	< 0,000004	0,003
Alumínio Total	mg/L	0,050		0,160	0,2
Arsênio Total	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	1
Bário Total	mg/L	0,01	0,060	0,050	70
Benzeno	mg/L	0,001	< 0,001	N/A	0,5
Benzo (a) pireno	mg/L	0,00013	< 0,00013	N/A	0,07
Cádmio Total	mg/L	0,0010	0,0020	0,0030	0,5
Clordano (Isômeros)	mg/L	0,00002	< 0,00002	< 0,000004	0,02
Cloreto	mg/L	1,00		115,69	250
Cloreto de Vinila	mg/L	0,0017	< 0,0017	N/A	0,5
Clorobenzeno (Monoclorobenzeno)	mg/L	0,002	< 0,002	N/A	100
Clorofórmio	mg/L	0,004	< 0,004	N/A	6

(Continuação) Tabela 5 – Ensaio de lixiviação do lodo gerado no tratamento com uso de coagulantes naturais.

Parâmetros	Unidade	L.Q.	Resultados dos Testes		Classificação ABNT NBR 10.004 (Limite Máximo)
			Lixiviação	Solubilização	
Cobre Total	mg/L	0,0010	N/A	0,0380	2
Cromo Total	mg/L	0,010	0,540	0,010	0,5
Endrin	mg/L	0,00002	< 0,00002	< 0,000004	0,06
Fenóis	mg/L	0,001	0,241	0,241	0,01
Ferro Total	mg/L	0,020	N/A	0,100	0,3
Fluoreto	mg/L	0,05	< 0,05	< 0,05	150
Heptacloro Epóxido + Heptacloro	mg/L	0,00008	< 0,00008	< 0,000016	0,003
Hexaclorobenzeno	mg/L	0,00005	< 0,00005	< 0,00001	0,1
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,002	< 0,002		0,5
Hexacloroetano	mg/L	0,01	< 0,01		3
Manganês Total	mg/L	0,050	N/A	0,780	0,1
MBAS (Agentes Tensoativos, Detergentes)	mg/L	0,06	N/A	0,12	0,5
m,p – Cresol	mg/L	0,01	< 0,01	N/A	200
Merúrio Total	mg/L	0,0002	< 0,0002	< 0,0002	0,1
Nitrato	mg/L	0,10	N/A	< 0,10	10
Nitrobenzeno	mg/L	0,01	< 0,01	N/A	2
o - Cresol (2 – Metilfenol	mg/L	0,01	< 0,01	N/A	N/A
Pentaclorofenol	mg/L	0,0005	< 0,0005	N/A	0,9
Piridina	mg/L	0,01	< 0,01	N/A	5
Prata Total	mg/L	0,0020	< 0,0020	< 0,0020	5
Selênio Total	mg/L	0,01	< 0,01	< 0,01	1
Sódio Total	mg/L	0,30	N/A	28,50	200
Sulfato	mg/L	1,00	N/A	< 1,00	250
Tetracloroeto de Carbono	mg/L	0,0008	< 0,0008	N/A	0,2
Tetracloroetano (Tetracloroetileno)	mg/L	0,002	< 0,002	N/A	4
Toxafeno	mg/L	0,0001	< 0,0001	< 0,00002	0,5
Tricloroetano (Tricloroetileno)	mg/L	0,002	< 0,002	N/A	7
γ - HCH / BHC (Lindano)	mg/L	0,00002	< 0,00002	N/A	N/A
Zinco Total	mg/L	0,050	N/A	< 0,050	5
γ - HCH / BHC (Lindano)	mg/L	0,000004	N/A	< 0,000004	0,002

Legenda: N/A – Não aplicável

L.Q.: Limite de quantificação

mg/L: Miligrama por litro

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021

A partir da análise realizada no lodo originado após o tratamento de águas residuárias industriais gerado na fabricação dos fogos de artifícios, conforme a norma NBR 10.004 (BRASIL, 2004), conclui-se que os resultados obtidos nos ensaios com os sólidos enquadraram-se como um resíduo classe I – Perigoso, como apresentado na Tabela 5.

Entretanto, esses resultados foram ausentes, por não ser corrosivo, explosivo, não geraram gases, fumos ou vapores tóxicos em contato com a água, não constitui cianeto ou

sulfetos, não é patogênico por não possuir microrganismos virais e não é inflamável, diante das amostras analisadas.

Destacou-se que esses sedimentos são aqueles que apresentaram periculosidade em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, que possam vir a causar risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices e riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada.

Além disso, esses rejeitos não possuem características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade ou constarem no anexo A ou B, conforme descritos na norma NBR 10.004 (BRASIL, 2004). O resíduo apresentou teores perigosos no ensaio de lixiviação e, por isso, constitui na solubilização com relação a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água conforme Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021 Brasil (2021), no que se refere ao metal pesado Cromo total sendo de 0,540mg/L (Tabela 5) porém são também classificados como classe I – resíduo perigoso caracterizado na norma NBR 10.004 (BRASIL, 2004).

Cabe ressaltar que os resultados de solubilização da amostra apresentaram pouca variação entre as concentrações no solubilizado para todos os parâmetros, o que aponta uma condição homogênea desse material dentro dos padrões da norma NBR 10.004 (BRASIL, 2004). Mediante o ensaio de solubilização (Tabela 5), os resultados apontaram ser superiores ao limite máximo (Cromo 0,10mg/L, Fenóis 0,241mg/L e o Manganês 0,780mg/L), quando comparados à norma ABNT - NBR 10.004 (BRASIL, 2004).

Considerou-se como ponto negativo é que esse resíduo aponta teores perigosos no ensaio de lixiviação e solubilização no que refere aos padrões de potabilidade da água, conforme Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021 (BRASIL, 2021). Por outro lado, demonstrou-se como ponto positivo não ser considerado tóxico ou perigoso para o solo. Enfatizando que o ponto positivo é que todo o lodo gerado no sistema de tratamento das águas residuárias industriais necessita de uma destinação correta, sendo para aterro industrial ou em alternativa de logística reversa.

3.2 Produção das bombas de solo com lodo em substituição da terra refratária

Buscando métodos para diminuir impacto ambiental e custo, o lodo passou a ser utilizado no processo produtivo de fogos de artifícios, produzindo bombas de solo. Inicialmente, foi coletada a quantidade de lodo do tratamento convencional e com a utilização

de coagulantes naturais, apresentada na Tabela 3, para condução dos ensaios das confecções dos três tipos de bombas de solo.

A fim de promover sua reintegração no processo produtivo, substituiu parte da matéria-prima – terra refratária – na proporção de 57,7%. Porém, na base da mistura (receita) das bombas de solo, utilizou-se 42,3% do lodo, ou seja, buscou-se reintegrar o lodo gerado na estação de tratamento das águas residuárias industriais na quantidade de 96kg/mês, do tratamento convencional, sendo em uma porção de 15,2kg no ensaio do reúso de lodo de uso com os coagulantes naturais, inserido na fabricação dos produtos conhecidos como bombas de solo “Explosão, B1, B4”.

Ressalta-se que os testes de reúso do resíduo foram conduzidos no período de seis meses, a contar com a retirada de 2% da umidade, em que o lodo foi transformado em um insumo granular. Devidamente seco, esse lodo foi conduzido para a manipulação de massa de matriz e na sequência foi homogeneizado com as demais matérias-primas, processo que durou 1 hora e foi realizado manualmente por colaboradores na bancada de trabalho da oficina de manipulação de massa para matriz.

Na sequência, a mistura foi colocada novamente no vasilhame e levada para a oficina de matriz, onde foi inserida nos tubos papel. A seguir, os tubos com a massa foram enviados para a estufa e, após cerca de 48 horas, verificou-se que apresentavam secagem adequada (Figura 7).

Figura 7 – Tubos prensados, com lodo da estação de tratamento das águas residuárias com coagulantes químico e naturais



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021

Quando os tubos prensados com a massa base (receita) acrescida do lodo estavam secos, cada um recebeu pólvora branca, foi colada a pólvora branca, e todos foram transferidos para a estufa. Nesse local, os tubos foram submetidos ao processo de secagem por 48 horas. Depois disso, foram enviados para a arrematação e embalagem, permanecendo no local por 2 horas. Ao final do procedimento, as bombas de solo foram enviadas para os testes de qualidade e segurança, transportados para o depósito de produtos acabados, destino dos produtos prontos para a comercialização (Figura 8 e 9).

Figura 8 – Bombas de solo fabricadas com o lodo do tratamento convencional e com a utilização de coagulantes naturais



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021

Figura 9 – Bombas de solo fabricadas com lodo embaladas para comercialização



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021

A finalidade desse estudo foi apresentar alternativa que conseguisse reduzir impactos econômicos e ambientais, inserindo lodo originado na estação de tratamento de águas residuárias industriais com uso de coagulantes químico e naturais como insumo nas produções de bombas de solo. Para tanto, após a fabricação, foram submetidos aos testes de controle de segurança e qualidade, que foram realizados em períodos diferentes, após a produção e subsequente a três meses das bombas de solo B1, B4 e Explosão, com o uso de coagulantes naturais para observação da qualidade, verificando se o produto foi danificado ou não.

3.3 Testes de qualidade de detonação das bombas

No tempo de soltura, observou-se e garantiu-se o controle de segurança, uma vez que o produto apresentou a devida qualidade para o consumidor. Todo produto de fogos de artifícios possui legislação prescrita no regulamento do Departamento de Ciência e

Tecnologia (DCT), Portaria Nº 055, de 27 de novembro de 2007 (BRASIL, 2007). Portanto, são pertinentes os testes de cronometragem e que o tempo de detonação de bombas de solo deve-se iniciar, no mínimo, aos 3 segundos, no máximo, aos 9 segundos a finalizar.

Lembrando que as bombas foram submetidas aos testes de avaliação após produzidas com o uso de resíduos sólidos oriundos de tratamento convencional e, também, com lodos provenientes do tratamento alternativo com coagulantes naturais, recorrendo à logística reversa, para transformar o que é resíduo em insumos para a produção de artefatos pirotécnicos. Esses testes experimentais atenderam a qualidade do produto para a comercialização obedecendo à Portaria nº 55, Brasil (2007), especificamente, para bombas de solo. O tempo de iniciação para o retardo, no mínimo, 0 segundos e, no máximo, 10 segundos, para dar o tempo de chegar no solo até a sua detonação; no que refere à duração da explosão de bombas de solo estabelecida entre um tempo mínimo de 3 segundos e máximo de 9 segundos.

Com relação ao teste (t) da cronometragem, os experimentos de detonação foram executados com uma sequência de 10 repetições para cada protótipo de bombas de solo (bombas de explosão, B1 e B4), sendo que as análises quanti-qualitativas apontaram que tais produtos se mostravam eficientes para a comercialização, considerando a estatística descritiva, os dados (tempo mínimo, máximo, média, mediana e desvio padrão) devem estar compreendidos entre 3-9 segundos (BRASIL, 2007).

Nas Tabelas 4, 5 e 6 apresentam-se os critérios de comparação entre bombas de solo tradicional t0, com uso de lodo convencional t1 e com uso de lodo de coagulantes naturais t2, utilizando-se esses sedimentos, cujos critérios estatísticos mostraram similaridades em relação ao tempo de detonação, o que permite constatar a qualidade do produto final.

Tabela 6 – Tempo de detonação de bombas de solo tradicional com 100% de terra refratária (t0)

Tempos de eficiência entre 3 a 9 segundos					
Produto	Mínima	Mediana	Média	Máximo	Desvio padrão
Bomba 1	3,510	3,935	3,831	4,160	0,207602
Bomba 4	4,450	4,910	4,872	5,190	0,283737
Bomba explosão	5,930	6,060	6,089	6,310	0,134779

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021

Tabela 7 – Tempo de detonação de bomba de solo com substituição de 42,3% de terra refratária por lodo oriundo do tratamento convencional (t1)

Tempos de eficiência entre 3 a 9 segundos					
Produto	Mínima	Mediana	Média	Máximo	Desvio padrão
Bomba 1	3,420	3,830	3,821	4,260	0,269997
Bomba 4	4,430	4,915	4,868	5,180	0,283031
Bomba explosão	5,300	6,060	6,078	6,300	0,137177

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021

Tabela 8 – Tempo de detonação de bomba de solo com substituição de 42,3% de terra refratária por lodo oriundo do tratamento coagulantes naturais (t2).

Tempos de eficiência entre 3 a 9 segundos					
Produto	Mínima	Mediana	Média	Máximo	Desvio padrão
Bomba 1	3,550	3,845	3,855	4,170	0,208499
Bomba 4	4,400	4,930	4,903	5,630	0,351031
Bomba explosão	5,890	6,075	6,080	6,290	0,137598

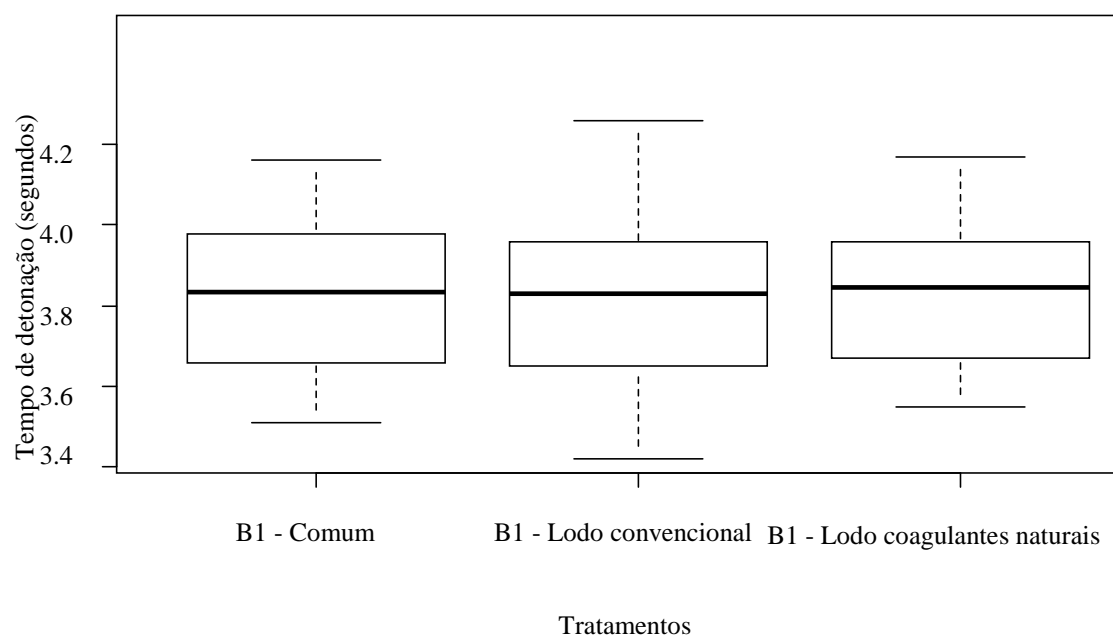
Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021

Os dados obtidos durante a fase de execução do experimento foram analisados com base na realização de testes estatísticos, sendo esses testados quanto à normalidade, homogeneidade e aderência das variâncias, utilizando os testes *Shapiro-Wilk* e *Qui-quadrado* disponíveis no *software* R (PAHLEVANYAN; HAROUTUNIAN, 2015).

Verificou-se que os pressupostos da distribuição normal se aplicaram às amostras de dados, dessa recorreu-se ao método inferencial, composto pelo teste paramétrico de análise de variância (ANOVA) para comparativo de médias, ao nível de 5% de confiança.

Nas Figuras 10-12 são apresentados os resultados referentes aos tratamentos estatísticos inferenciais dos testes de qualidade das bombas de solo.

Figura 10 – Aplicação do teste estatístico na detonação de bombas de solo B1 com 10 repetições de cada um dos tratamentos



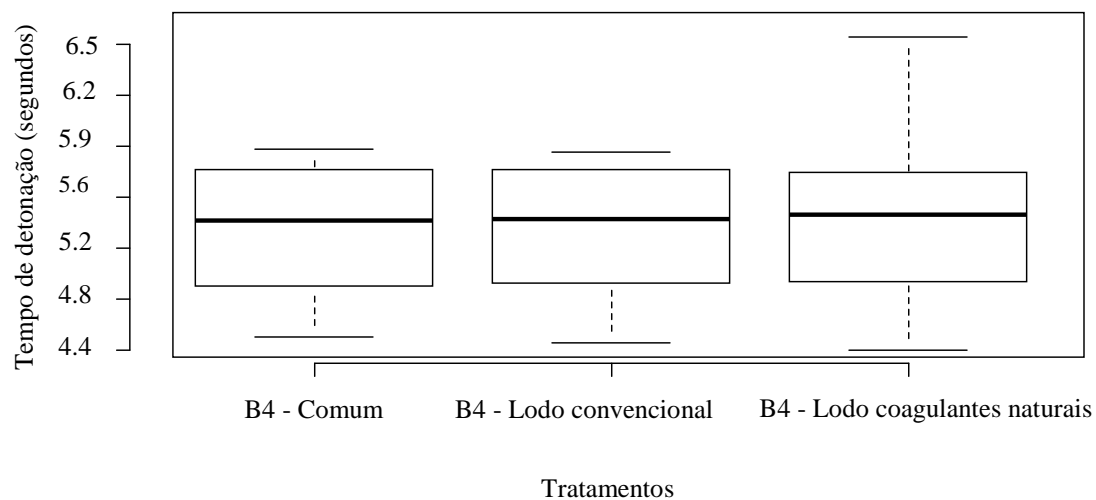
Legenda: B1 – Comum: Detonação bomba nº1 com 100% de terra refratária
 B1 – Lodo convencional: Detonação bomba nº1 com 42,3% de lodo de tratamento convencional
 B1 – Lodo com uso de coagulantes naturais: Detonação bomba nº1 com 42,3% de lodo de tratamento com uso coagulante Natural

Valor $p = 0,409$ ^{ns}

Conclusão: ^{ns} não significativo para o teste de análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de significância.

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021

Figura 11 – Aplicação do teste estatístico da detonação de bombas de sodo B4 com 10 repetições de cada um dos tratamentos

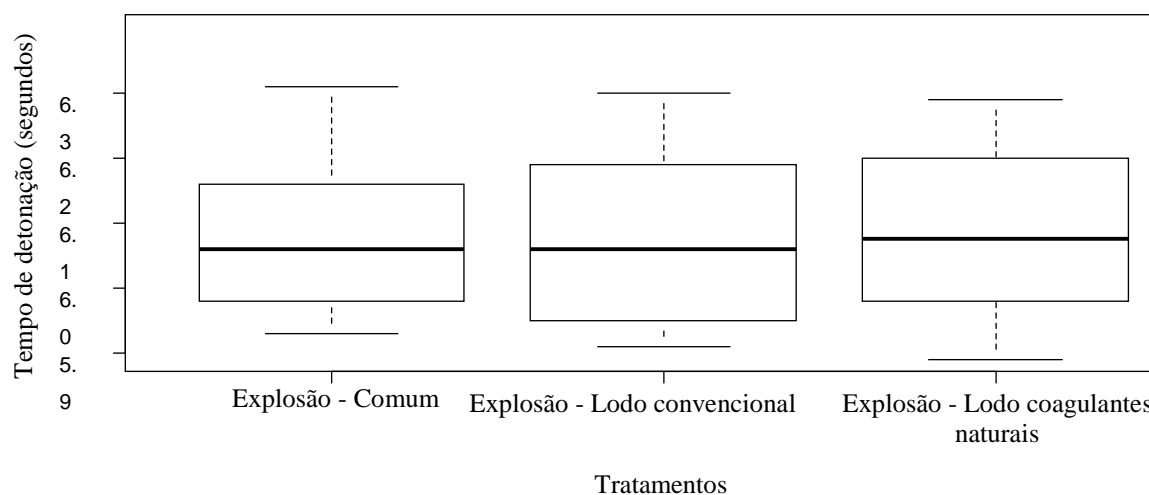


Legenda: B4 – Comum: Detonação bomba nº4 com 100% de terra refratária
B4 – Lodo convencional: Detonação bomba nº4 com 42,3% de lodo de tratamento convencional
B4 – Lodo com uso de coagulantes naturais: Detonação bomba nº1 com 42,3% de lodo de tratamento com uso coagulante Natural

Valor- $p = 0,54^{ns}$

Conclusão: ^{ns} não significativo para o teste de análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de significância.

Figura 12 – Aplicação do teste estatístico da detonação de bombas de solo Explosão com 10 repetições de cada um dos tratamentos



Legenda: Explosão - Comum: Detonação bomba explosão com 100% de terra refratária
 Explosão - Lodo convencional: Detonação bomba explosão com 42,3% de lodo de tratamento convencional
 Explosão - Lodo com uso de coagulantes naturais: Detonação bomba nº1 com 42,3% de lodo de tratamento com uso coagulante Natural

Valor $p = 0,22^{ns}$

Conclusão: ^{ns} não significativo para o teste de análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de significância.

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021

Após a condução dos testes de qualidade das bombas de solo B1, B4 e Explosão pôde-se constatar que todas as diferentes composições de formulação das bombas atenderam a legislação em tempo entre 03 segundos a 09 segundos, conforme regulamento do Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT), Portaria Nº 055, de 27 de novembro de 2007 (BRASIL, 2007).

Portanto, com isso conseguiu-se, em termos da qualidade, em todas amostras, hipótese verdadeira com estimativa média de 4,73 segundos em cada detonação, em que são iguais perante a estatística dando médias diferentes de 0,011 nos testes de t0, t1, t2. Tornaram-se, então, promissores para o estudo em relação à destinação correta dos lodos oriundos do tratamento de efluentes industriais convencional e com o uso de coagulantes naturais.

Conforme apontou o estudo conduzido por Teles *et al.* (2016), a adoção de um sistema de gestão ambiental aplicada como alternativa de destinação final de sólidos, não apenas colabora para que estes não sejam despejados em aterro indústria causando impactos ambientais, como também colabora para a otimização dos custos financeiros da empresa.

Diante do exposto, este estudo destacou que foi propícia a alternativa da logística reversa, pois apresentou resultados satisfatórios, demonstrando que é uma perspectiva promissora, além do que atender à lei de conformidade com o Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) (BRASIL, 2010). Dessa forma, foi possível constatar que, em consonância com a Portaria Nº 055 Departamento de Ciências Tecnológicas (DCT) (BRASIL, 2007), os resultados de qualidade e segurança se apresentaram dentro do limite de tolerância, o que significa que as bombas foram detonadas em um tempo inferior a 9 segundos.

Mazzer, Cavalcant (2004) enfatizaram o alto custo com o envio da disposição final dos sólidos da estação de tratamento de águas residuárias industriais – lodo – como um ponto negativo para minimizar a poluição ambiental, visto que representaram muito a questão monetária. De fato, com base na análise econômica para a empresa abordada neste estudo, a Tabela 9 mostra os valores estimados no período de um ano e aponta que a substituição da terra refratária pelo lodo significa economia monetária.

Tabela 9 – Economia anual com inserção do lodo no processo produtivo de fabricação de 4.488.320 unidades de bomba de solo na empresa objeto de estudo

Subproduto ou matéria-prima para fabricação de bomba de solo	Quantidade (kg/ano)	Valor Unitário (R\$/kg)	Economia Anual (R\$/ano)
Economia da destinação final do lodo como reuso no ciclo produtivo	1167,2	5,50	(+) 6.419,60
Economia da terra refratária com uso do lodo no ciclo produtivo	1167,2	2,40	(+) 2.801,28
Economia Total / Ano			R\$ 9.220,88 ¹⁷

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021

Diante disso, cabe ressaltar que a vantagem da incorporação do lodo como subproduto representou uma redução de R\$2.801,28 por ano - terra refratária, do lodo valor total de R\$ 6.419,60 por ano com esses custos, uma vez que a substituição do lodo como um subproduto dispensou o envio para a disposição em aterro industrial regularizado (Classe I – resíduos perigosos), conforme ficou constatado no ensaio desenvolvido durante o processo de confecção de bombas de solo “Explosão, B1 e B4”.

Nesse viés, Demajorovic *et al.* (2016) mencionaram que a logística reversa de resíduos de serviços de saneamento não é muito utilizada no Brasil, afirmativa que pode ser justificada mediante o que se observou durante a literatura selecionada para este estudo: a

Nota: Estimativa de valores referentes a abril de 2021.

técnica de reutilização do lodo de águas residuárias industriais de artigos pirotécnicos ainda é escassa na literatura técnica e científica.

Pelo exposto, pode-se considerar que a alternativa escolhida neste estudo obteve êxito quanto ao seu objetivo em eficiência e relevância, pois ajudou a propor meios econômicos e ecológicos de transformar, de forma efetiva, o que era um resíduo perigoso em insumo no próprio processo produtivo.

Diante disso, o uso do lodo tornou-se para a “Fogos Beija-flor” um compromisso com a sustentabilidade. Prova disso é o fato de que a empresa já solicitou inclusão do reúso do lodo no processo produtivo, na licença ambiental, com vistas também ao cumprimento das obrigações legais vigentes. Como a empresa não fabrica bombas de solo todos os dias, a quantidade de lodo gerada representada aproximadamente 1.152kg/ano, dessa maneira consegue suprir a demanda da produção.

Dessa forma, todo lodo é destinado à produção de bombas de solo B1, B4 e de Explosão, cuja produção anual é de 4.320.549 unidades. Cabe acrescentar que, durante o balanço financeiro, verificou-se uma economia de R\$ 9.220,88 por ano, só com a reutilização do lodo convencional e com uso de coagulantes naturais, além da redução do uso de terra refratária.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que a reutilização do lodo proveniente do tratamento convencional e a utilização de coagulantes naturais das águas residuárias industriais originadas no processo de produção de fogos de artifícios constitui uma alternativa favorável sob aspectos essenciais à empresa, como medida de sustentabilidade e economia financeira. Todavia, o reúso do lodo como insumo no processo produtivo deve estar dentro dos padrões estabelecidos para a comercialização dos artefatos. Quanto a isso, foram encontrados valores com média entre 4 segundos a 6 segundos, nos testes desenvolvidos com as bombas de solo B1, B4 e Explosão, o que indica que o produto está dentro do limite de tolerância, por apresentar cronometria de superior 3 segundos e inferior a 9 segundos.

Ficou também constatada uma economia de, aproximadamente, R\$6.419,60/ano para uma quantidade de 1.167,2kg/ano de lodo, que não foi mais destinado ao aterro industrial de “Classe I”. Além dessa economia, verificou-se a redução nos custos de aquisição de cerca de 42,3% da terra refratária (produto original), representando, aproximadamente, 1.167,2kg a serem diminuídos dos gastos de R\$2.801,28 /ano.

Dessa forma, infere-se que a venda das bombas de solo B1, B4 e explosão produzidas a partir do lodo (subproduto) agrega valor econômico na produção, permitindo produzir mais, com menor custo. Em termos gerais, ficou constatada uma economia de, aproximadamente, R\$9.220,88/ano pela empresa, para uma produção de 4.320.549 unidades de bombas de solo. Portanto, fica demonstrado que a aplicação de técnicas da logística reversa possibilitou à empresa com nome fantasia “Fogos Beija-flor” alcançar o equilíbrio entre economia, meio ambiente e sociedade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa Fogos Super *Show* Indústria Comércio Ltda. com o nome fantasia “Fogos Beija-Flor” localizada no município de Japaraíba/MG, por ter disponibilizado a estrutura para a condução dos experimentos em escala plena na produção de fogos de artifícios com o lodo originado no tratamento industrial convencional e natural.

Além de agradecer à empresa por receber o lodo de experimentos com uso de coagulantes naturais provindo da Artesanato de Fogos Vitória Ltda., com o nome fantasia “Super Fogos” localizada no município de Santo Antônio do Monte/MG, para compor nos resultados do estudo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT. **NBR 10004:2004** -Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-19 - Explosivos**. Portaria MTb nº 3.214 de 08 de junho de 1978. Distrito Federal: Brasília, 1978. Disponível em: https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SSTNR/NR-19.pdf. Acesso em: 01 mar. 2020.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. Comando logístico. Departamento Marechal Falconieri. Departamento de Ciência e Tecnologia. **Portaria Nº 055 DCT**, de 27 de novembro de 2007. Homologação e modificações I do regulamento técnicos (REG/T) nº 02 – de Fogos de artifícios, pirotécnicos, artifícios pirotécnicos e artefatos similares. Distrito Federal: Brasília, 2007.

BRASIL. **Lei Federal Nº 12.305/2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Distrito Federal: Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305htm>. Acesso em: 15 mai. 2020.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. Comando logístico. Departamento Marechal Falconieri. **Portaria Nº 55 - COLOG**, de 5 de junho de 2017. Dispõe sobre procedimentos administrativos para fabricação de blindagens balísticas; importação, exportação, comércio, locação e utilização de veículos blindados; prestação de serviço de blindagem em veículos automotores, embarcações, aeronaves ou em estruturas arquitetônicas. Distrito Federal: Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.dfpc.eb.mil.br/phocadownload/Portaria55.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2020.

BRASIL. Ministério da Defesa Exército Brasileiro Comando Logístico Departamento Marechal Falconieri. **Portaria Nº 56 - Colog**, de 5 de junho de 2017. Brasília, Distrito Federal, 2017. Disponível em: <http://www.dfpc.eb.mil.br/phocadownload/Portarian56.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2020.

BRASIL. Ministério de Estado da Saúde **Portaria GM/MS nº 888**, de 04 de maio de 2021. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 12 mai. 2021.

DEMAJOROVIC, J.; AUGUSTO, E. E. F.; SOUZA, M. T. S. de. Logística Reversa de Ree em países em desenvolvimento: desafios e perspectivas para o modelo brasileiro. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo, v. 19, n. 2, p. 119-136, abr-jun. 2016.

LEITE, P. R. Logística Reversa - Nova área da logística empresarial. **Revista Tecnológica**, Edit. Publicare. São Paulo, mai. 2002.

MAZZER, C.; CAVALCANTI, O. A.. Introdução à gestão ambiental. **Infarma** – Brasília - Farmácia, Distrito de Floriano, Maringá, Paraná: Maringá, v. 16, n. 11-12, p. 67-77, 2004.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa COPAM/DN-MG Nº 217**, de 06 de dezembro de 2017. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Diário de Executivo, Minas Gerais: Belo Horizonte, 2017. Disponível em: https://www.udop.com.br/download/legislacaomeio/institucional_site_juridico/deliberacao_normativa_n217.pdf. Acesso em: 04 mar. 2020

MUELLER, C. F.. **Logística Reversa meio - ambiente e produtividade**. Grupo de Estudos Logísticos Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina: Florianópolis. p. 1-6, 2005.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa COPAM Nº 232**, de 27 de fevereiro de 2019. Institui o Sistema Estadual de Manifesto de Transporte de Resíduos e estabelece procedimentos para o controle de movimentação e destinação de resíduos sólidos e rejeitos no estado de Minas Gerais e dá outras providências. Publicação – Diário do Executivo. Minas Gerais: Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?id Norma=47998>. Acesso em: 04 mar. 2020.

PAHLEVANYAN, N.; HAROUTUNIAN, M.. *Technical Solutions of developing advanced infrheo new module for r. inst. For informatics and automation problems national academy of sciences of Armênia*. Yerevan: Armenia. 2015.

SILVA, J. M. da; VIER, L. C.; ROSSI, C. T.; SANTOS, R. R. dos; RODRIGUES, M. F.. **Alternativas de destinação e reuso ambientalmente corretos e economicamente viáveis para o lodo das ETES no estado do rio grande do sul**. VI fórum de Sustentabilidade Corede Alto Jucaí, cidade sustentáveis. Rio Grande de Sul: Santa Rosa. p. 60-69. 2017.

SANTOS, S. M. dos; ROSSONI, H. A. V.. **Logística de reúso e destinação final de lodo de estação de tratamento de águas residuárias do processo de produção de fogos de artifícios**. Instituto Federal Minas Gerais – *Campos Bambuí*. V Seminário dos estudantes de pós-graduação (SEP). Minas Gerais: Bambuí. p. 1-6. 2019.

TELES, D. de S.; OLIVEIRA, G. de; MENDONÇA, H. G. de; CRUZ, P. H. L.. Logística Reversa e sustentabilidade. *JIPT Journal of Innovation, Projects and Technologies*, Revista Inovação, Projetos e Tecnologias – **IPTEC**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 129-136, Jan-Jun. 2016.

IV CAPÍTULO (PRODUTO TÉCNICO)

TÉCNICAS ECOLÓGICAS E ECONÔMICAS DO REÚSO DE RESÍDUOS LÍQUIDOS E SÓLIDOS NA INDÚSTRIA DE PIROTÉCNICOS NO CENTRO-OESTE DE MINAS GERAIS: Produto técnico do mestrado profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do do IFMG *Campus Bambuí*

RESUMO

O presente produto técnico consiste em uma exigência do Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do IFMG - *Campus* - Bambuí. Diante disso foram criado um *Website*, no formato de *HostGator*, que possibilitará o acesso de estudantes, professores, empresas de fogos de artifícios e demais usuários que tenham interesse de implantar alternativas eficientes para minimizar os prejuízos ambientais e o ônus empresarial com a destinação dos resíduos ao aterro industrial. Além disso, pretendem executar uma boa logística reversa de seus resíduos industriais gerados na linha de produção de fogos de artifícios, de modo que seja possível acessar as informações em formas digitais. Através desse dispositivo pretende-se disponibilizar conteúdo acerca de como reutilizar lodo originado na estação de tratamento de águas residuárias industriais. Ademais, pretende-se expor uma alternativa para reintegração desse sedimento como insumo juntamente com as demais matérias-primas, transformando-as em bombas de solo, em similaridade, possui o potencial de alterar o tratamento físico-químico, por tratamento com coagulantes naturais, a partir de sementes de acácia-branca, cascas e sementes de abóbora, quiabo maduro e cascas de banana. Destaca-se que as alternativas propostas são promissoras quanto aos custos e benefícios para as empresas, bem como não prejudicam o meio ambiente. Com essa tecnologia inovadora a partir de um planejamento, foi possível organizar o conteúdo de forma funcional e criativa, contando com dicas importantes e com o uso de linguagem técnica de fácil conexão. Esse produto técnico – *website* – foi desenvolvido utilizando a ferramenta *Elementor*, disponível em: <www.aguiaprojetoambiental.com>.

Palavras-chave: Alternativa. Logística reversa. Produzir *website*.

ECOLOGICAL AND ECONOMIC TECHNIQUES OF THE REUSE OF LIQUID AND SOLID WASTE IN THE PYROTECHNICS INDUSTRY IN THE CENTER-WEST OF MINAS GERAIS: Technical product of the professional master's degree in Sustainability and Environmental Technology at the IFMG Campus Bambuí

ABSTRACT

This technical product is a requirement of the Professional Master's Degree in Sustainability and Environmental Technology at IFMG - Campus - Bambuí. Therefore, a Website was created, in the HostGator format, which will allow access by students, teachers, fireworks companies and other users who are interested in implementing efficient alternatives to minimize environmental damage and the business burden with the destination from waste to industrial landfill. In addition, it intends to carry out good reverse logistics of its industrial waste generated in the fireworks production line, so that it is possible to access information in digital forms. This device is intended to provide content on how to reuse sludge originated in the industrial wastewater treatment plant. Furthermore, it is intended to expose an alternative for the reintegration of this sediment as an input together with the other raw materials, transforming them into ground pumps, in similarity, it has the potential to change the physicochemical treatment, by treatment with natural coagulants, from white wattle seeds, pumpkin husks and seeds, ripe okra and banana husks. It is noteworthy that the proposed alternatives are promising in terms of costs and benefits for companies, as well as do not harm the environment. With this innovative technology based on planning, it was possible to organize the content in a functional and creative way, with important tips and the use of an easily connected technical language. This technical product - website - was developed using the Elementor tool, available at: <www.aguiaprojetoambiental.com>.

Keywords: Alternative, Reverse Logistics, Produce website.

Link de acesso ao *website* de logística reversa na linha de fogos de artifícios

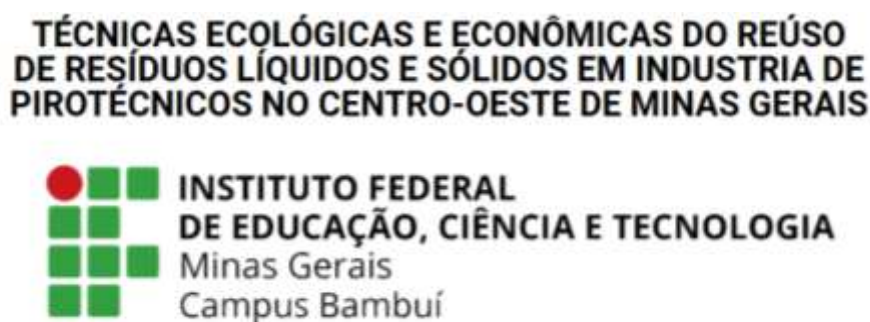
Disponível no link: <<https://aguiaprojetoambiental.com/capitulo-iv/>>

www.aguiaprojetoambiental.com

1 INTRODUÇÃO

A produção desse *website* contextualiza um produto técnico do Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do IFMG – *Campus* Bambuí. Foi elaborado tendo como motivação a dissertação de mestrado da discente SANTOS, Sueli Maria dos. Com base na pesquisa, conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - Criação do *site* veiculado ao produto técnico



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Nesse *website* foram registrados os itens mais relevantes dos capítulos II e III, quanto ao uso da inovação tecnológica com a finalidade de implantar um sistema de *website* alinhado a fundamentos pertinentes que funcionem como estratégias direcionadas às indústrias de fogos de artifícios, oferecendo-lhes ferramentas e alternativas seguras e viáveis que colaborem para o enfrentamento dos impactos ambientais advindos do descarte de resíduos nos aterros e reduzam os custos dessa operação recorrendo ao reúso do lodo, além de substituir o tratamento convencional por uso de coagulantes naturais.

O nome escolhido para o *website* foi: www.aguiaprojetoambiental.com, trata-se do nome da empresa da autora que será responsável pelo monitoramento (e/ou atualização) do conteúdo sempre que necessário (SILVA e MATIAS, 2017). Foi escolhido também por causa do domínio de 12 meses que será renovado subsequente. Para tanto foram executados em cumprimento da prerrogativa da Portaria Normativa MEC N° 17/2009 Art. 4° Brasil, (2009), para atender requisito do mestrado profissional apresentado na o portfólio da localização do Instituto Federal de Minas Gerais IFMG – *Campus* Bambuí (Figura 2).

Figura 2 – Portfólio do *website*

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Diante disso, fundamentando técnicas econômicas que contribuem nas indústrias na área de fogos de artifícios, com a finalidade de minimizar impactos ambientais agregando valores conforme preconizado pelos princípios da logística reversa (Figura 2), iniciou-se o procedimento da elaboração do *website* pela plataforma *Elementor*, pela discente do curso de pós-graduação em mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental - Instituto Federal de Minas Gerais *Campus Bambuí* – por meio de uma comunicação eletrônica, pela qual adquiriu-se uma identidade visual mais contemporânea e funcional conforme prerrogativa (BRASIL, 2009). A Figura 3 demonstra a apresentação da inserção no *Website* adicionado no *site*.

Figura 3 – Meios de comunicação visual para *website*

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Para o desdobramento desse trabalho, foi criada uma visualização inicial na primeira página, com uma estrutura página inicial. Ela propunha *links* para os capítulos de estudos de logística reversa, para departamentos específicos, contendo imagens. Dessa forma, foram escolhidas cores e tipografia mais modernas, tornou-se imperativa a necessidade de uma reformulação total no *layout* do *website*.

O desenvolvimento desse produto técnico evidencia um tratamento eficiente nas empresas abordadas neste estudo com a demonstração de alternativas de destinação correta com os resíduos líquidos e sólidos. Giannetti, Almeida e Bonilla (2003) destacaram que esta é uma fonte eletrônica, que pode contribuir com o meio ambiente, uma vez que são alternativas aplicáveis em outras empresas do setor que se interessem pelo tratamento da disposição final dos efluentes industriais. Refere-se a um recurso econômico, sendo de funcionalidade simples, principalmente por não necessitar de processos mecanizados.

Esse *website* possui estruturas de fácil construção e operação, também a identificação de algumas medidas a serem tomadas com vistas a melhorar o desempenho ambiental do sistema de tratamento industrial. A finalidade dessa pesquisa foi criar um *website*, em forma de uma tecnologia integrada para apresentar meios alternativos de como fazer um tratamento das águas residuárias industriais do processo de produção de fogos de artifícios, com uso de coagulantes naturais, como girassol (*Heliantus annuus*), acácia-branca (*Moringa oleífera*), abóbora (*Cucurbita* spp.), quiabo (*Abelmoschus esculentus*) e banana (*Musa* spp.) (SANTOS e ROSSONI, 2020). Também a reutilização do lodo originado no tratamento como insumo na fabricação de bombas de solo (SANTOS e ROSSONI, 2019).

2 OBJETIVO

Esse *website* foi desenvolvido a fim de mostrar técnicas de como tratar águas residuárias industriais de fogos de artifícios, utilizando coagulantes naturais e a reutilização do lodo no processo de produção em bombas de solo, permitindo a visualização por um número máximo de público interessado em implantar ou desenvolver alternativas de logística reversa de seus resíduos líquidos e sólidos industriais.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Criação do produto técnico

Esse é um produto técnico acessível em uso de um *website* oferecendo alternativas tecnológicas com base na logística reversa de resíduos sólidos e líquidos na linha de produção de fogos de artifícios, possibilitando uma estratégia mais limpa de preservação ambiental, tornando assim possíveis abordagens, que implicaram em uma visão sistêmica do meio ambiente (GIANNETTI, ALMEIDA e BONILLA, 2003).

De forma a empregar uma alternativa com o uso de coagulantes naturais no tratamento de águas residuárias industriais e o reúso para fins de limpeza nas lâminas d'águas e oficinas da produção de fogos de artifícios (SANTOS e ROSSONI, 2020). Diante disso, fundamentou-se a preocupação de atenuar os efeitos da disposição das águas residuárias industriais no segmento, o tratamento desses efluentes torna-se imprescindível, uma vez que essa cadeia produtiva utiliza vários matérias-primas que imprimem características físico-químicas particulares aos resíduos em seu processo produtivo (SANTOS e ROSSONI, 2019).

Por sua vez, Buss *et al.* (2015) expuseram que não basta simplesmente tratar os efluentes líquidos com eficiência, mas é preciso se preocupar também com os resíduos sólidos e semissólidos originados do próprio tratamento desses efluentes. Oliveira, Kikkawa e Santos (2018) citaram a possibilidade de algumas inovações visando à reciclagem ou reúso de dejetos, que podem ser aplicadas em diversas atividades industriais, desde que não poluam e nem degradem o meio ambiente.

Nesse contexto, foram preciso buscar conhecimentos técnicos, para compor a pesquisas científicas e experimentais que usam indicadores para demonstraram as aplicações, substituindo o tratamento convencional para tratamento com o uso de coagulantes naturais, de modo que se possa fazer o reúso dessas águas residuárias industriais na limpeza geral, exceto para consumo humano. Quanto ao lodo, deve-se buscar sua subsequente reintegração como insumo, juntamente com as matérias-primas, com foco na viabilidade de aplicação durante e após a confecção dos fogos de artifício nas empresas desse objeto de estudo, localizadas na região Centro-oeste de Minas Gerais.

3.2 Público Alvo

No ano de 2021, por obrigatoriedade, foi criado o *website* para os interessados, tais como, grupos de discentes e docentes, além das indústrias de fogos de artifícios, sindicatos e federações (BRASIL, 2009). Desse modo, esse produto técnico é a representação das características visuais e a estruturação informacional, que conseguem alcançar os discentes, docentes, empresas de fogos artificiais veiculadas ou não ao Sindicato das Indústria de Explosivos do Estado de Minas Gerais (SINDIEMG), além de estar associada à Federação das Indústrias do Estado Minas (FIEMG), que conta, atualmente, com uma média de 52 indústrias, o que possibilitará a disposição de técnicas e alternativas interessantes para minimizar danos ambientais e o ônus empresarial com a destinação final dos resíduos líquidos e sólidos.

Essa proposta *website* foi criada pela autora, com a revisão do orientador, com os requisitos importantes que precisavam ser considerados, quais sejam: a atualização e relevância do conteúdo; páginas rápidas e objetivas; disponibilizar serviços *on-line*; possuir visualidade com imagens e assuntos necessários aos usuários e, por fim, apresentar um *layout* mais dinâmico dos capítulos pertinentes (SILVA e MATIAS, 2017). Esse *site* pretende ser flexível, apresentando uma explanação de conteúdos existentes na dissertação do Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, formando um produto criativo com logística reversa na área de fogos de artifícios.

3.3 Produção do *website*

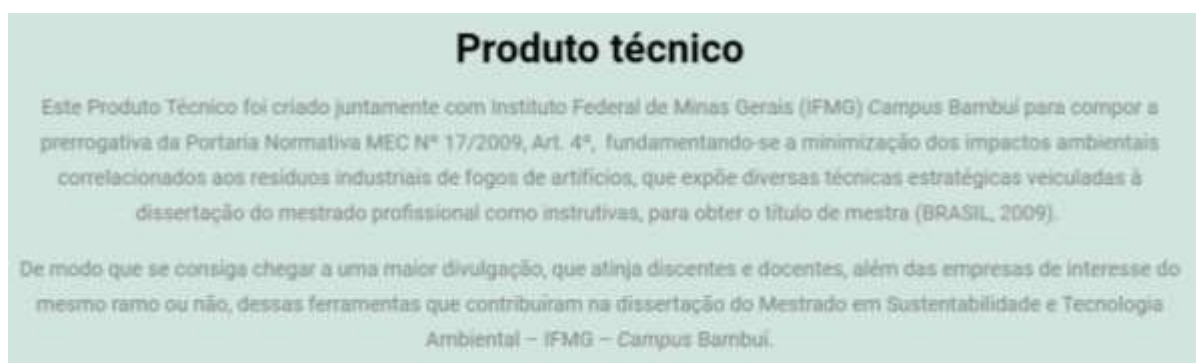
Esse *website* foi criado por SANTOS, Sueli Maria dos do *Stricto senso* em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do - IFMG - *Campus* Bambuí como forma de comunicação em *Visual Design*. Para identidade visual mais contemporânea e funcional em tecnologia de fácil acesso como *website*. Portanto, esse meio de informação escolhido apresentou acessibilidade, no que se refere à busca por conhecimento ou para garantia dos direitos de diferentes tecnologias, disponíveis no mercado digital. Sua multiplicação é caracterizada em diversidade de fontes e a *Internet*, em específico, o *HostGator* é um provedor compartilhado, revendedor, servidor virtual privado e hospedagem na *web* dedicada, com presença adicional, no qual utilizaram-se *cookies* para garantir a melhor experiência em

nosso *website*, para o qual foi escolhida a plataforma *Elementor - WordPress* - sendo a de menor preço para licença original com suporte, tem sido cúmplice na constituição desse cenário. *Wwebsites, blogs, redes sociais, comunicadores instantâneos e sistemas de busca on-line*, entre outras ferramentas estão inseridas em função do atendimento do público alvo com demandas digitais de modo democrático (SILVA, MATIAS, 2017).

Oliveira, Backx e Grimaldi (2020) citaram que para implantação de *Website* deve ser escolhido um endereço eletrônico particular, que deve ser criado para propor um visualização e linguagem fácil no servidor *WordPress* na plataforma *Elementor*, utilizando a hospedagem e domínio *HostGator*. Assim, o endereço foi divulgado via redes sociais, privados e públicos (empresas, docentes e discentes, sindicato e federação de Minas Gerais), possibilitando o acesso de diversos interessados. As atualizações serão feitas constantemente pela autora com entendimento de técnicos da empresa de nome fantasia “Águia Projeto Ambiental”.

Dessa maneira foi escolhida a hospedagem do *HostGator*, sendo de domínio pago ou não, porém o do presente trabalho foi escolhido o de hospedagem paga com estabilidade por um ano, com a plataforma do *Elementor – WordPress*, por ser um produto de fácil acesso, além de ser de baixo custo financeiro¹⁸, que consegue alcançar o público alvo de interesse, para alavancar novas tecnologias e buscar inovações em logística reversa dos resíduos industriais gerados nas empresas de fogos de artifícios dentre outros ramos de atividade. Para tanto, esse *Website* foi criado em cumprimento da prerrogativa do Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental (Figura 4).

Figura 5 – Criação do produto técnico no *site* no *Elementor*



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

¹⁸ A plataforma HostGator mais o domínio de R\$129,00 mais o serviço do técnico R\$400,00 no ano de 2021.

Na Figura 4, enfatizando que durante a implantação do *site* escolhido, o *Elementor* foi adicionado como um conteúdo de rodapé com cabeçalho, em editar com elementos e com corpo do *site*, contendo *menus* que auxiliam no entendimento. A figura 5 apresenta a localização das empresas objetos de estudo com as alternativas dos testes para logística reversa dos resíduos industriais de fogos de artifícios.

Figura 5 – Localização das empresas objeto de estudo dos Capítulos II e III.

Localização da empresa objeto de estudo – Capítulo II



Localização da empresa objeto de estudo – Capítulo III



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

3.4 Produção do vídeo

Para a produção do vídeo, realizou-se uma visita técnica na empresa “Super Fogos”, onde utilizou-se um recurso audiovisual, com uma Câmera - Marca Canon Modelo EOS 650d e de Lentes Canor 18-200mm, que produziu imagens fotográficas e vídeos.

Também, como mencionaram Pase e Goss (2013), ao se referirem ao Drone Marca DJI modelo Phantom 3 Standard utilizado no estudo e que sobrevoou todo o território da empresa objeto de estudo, para o desenvolvimento do vídeo e *website*, por meio levantamento essencial. Esse equipamento voou remotamente por meio de planos de voo controlados por *software* DJI Go em seu sistema de trabalho conjugado com sensores e GPS a bordo.

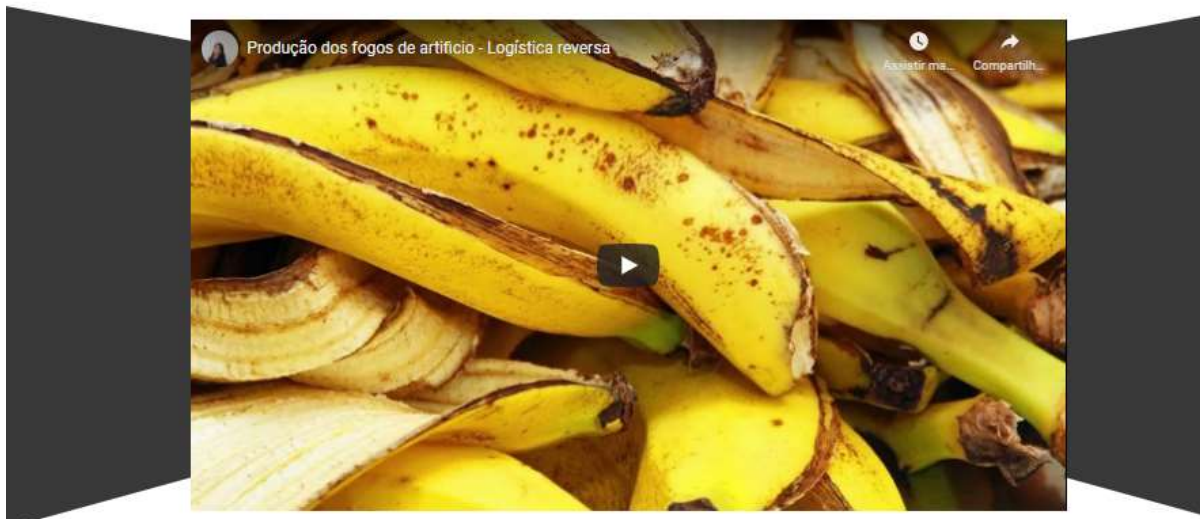
Diante disso, o Drone foi posicionado para o voo atendendo as medidas de segurança para a produção do vídeo e do *site* com a finalidade de divulgação científica a partir dos conteúdos da dissertação “Avaliação do tratamento de águas residuárias utilizando coagulantes naturais e reúso do lodo no processo de produção de fogos de artifícios” dos capítulos II e III, abordados assim em procedência exigida no mestrado profissional mencionado na Portaria Normativa MEC Nº 17/2009, Art. 4º (BRASIL, 2009).

Como ressaltaram os autores Rosas e Behar (2011), esse vídeo, produzido por meio de linguagem audiovisual em ótica, possibilitaram conhecermos os procedimentos da fabricação dos fogos de artifícios. Cabe destacar que a empresa possui diversos benefícios ambientais, como produção de energia fotovoltaica, incineração dos fogos não conformes e sistema de tratamento industriais e sanitário, com a logística reversa dos resíduos líquidos e sólidos da estação de tratamento das águas residuárias industriais.

Portanto Becker (2008) e Silva *et al.* (2009) destacaram que as informações audiovisuais permitem a fácil aprendizagem, para conhecimentos científico através do som e imagem, permitindo a formação de novos conceitos que contribuem com definições científicas utilizadas no *website*. Para a aprendizagem de como fabricam-se os fogos de artifícios, com o foco na logística reversa dos resíduos industriais, foi inserido o vídeo na plataforma do *Elementor*, conforme demonstrado na Figura 6.

Figura 6 – Vídeo do processo produtivo dos fogos de artifícios na empresa Super Fogos com respectiva logística reversa

Produção dos Fogos de Artifícios - Logística Reversa



Esse vídeo tem o objetivo de demonstrar o processo produtivo da empresa de estudo, iniciando na parte administrativa com demonstração da energia fotovoltaica, em sequência apresenta-se como fabricar fogos de artifícios com segurança, qualidade, além de alternativas de logística reversa dos resíduos gerados.

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Para tanto, foram utilizadas técnicas que demonstraram alternativas capazes de modificar o tratamento convencional para com coagulante natural, possibilitando-se o reúso das águas residuárias industriais no abastecimento, limpezas das oficinas e lâmina d'água, subsequente reintegração do lodo proveniente do sistema de tratamento com coagulantes químicos e naturais na fabricação dos fogos de artifícios na empresa de estudo.

Assim permitindo a redução de custos utilizando alguns resíduos orgânicos tais como sementes e cascas de abóbora, quiabo maduro, cascas de banana como coagulantes naturais, entre outros pertinentes como acácia-branca e girassol para tratar os efluentes industriais dos pirotécnicos – tema explorado neste estudo, sistema alternativo audiovisual e um *site* que contribuirá para que estudantes e empresas se mantenham informados.

Dessa forma, produziu-se esse vídeo demonstrando o processo produtivo com os benefícios ambientais existentes na empresa objeto de estudo, juntamente com algumas medidas de segurança a serem tomadas com vistas em melhoria no desempenho ambiental no tratamento de águas residuárias industriais, que foi inserido via *website*.

4.3 Característica da criação do *website*

Na plataforma *Elementor*, em primeiro plano, foi adotado um *banner* rotativo com imagens, tendo como figura central a identidade visual e aplicações sobre as fotos e conteúdo. Cabe destacar que, ao rolar a página para baixo, o usuário tem acesso a todos os conteúdos de natureza científica. Além disso, no portal rotativo, estão dispostos dois *links* dos capítulos II e III para aprofundar de acordo com o quantitativo das informações a serem visualizada nos módulos. Para tanto, foram criadas páginas na plataforma *Elementor* com a inserção de botões para a entrada, como apresentado na Figura 7.

Figura 7 – *Links* para acesso nos capítulos e dissertação



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

A estrutura de *layout* adotada para o capítulo II foi a inserção de páginas secundárias (subseções do *menu* superior) levando em consideração a disponibilização de uma boa experiência para o público alvo, além da relação de organização para com os textos e imagens, essa escolha se deu por fonte tipográfica em tons diferentes (Figura 9).

3.5.1 Inserção do capítulo II - avaliação do uso de coagulantes naturais no tratamento das águas residuárias industriais oriundas da fabricação de fogos de artifícios

A estrutura de *layout* abortada para esse capítulo - Avaliação do uso de coagulantes naturais no tratamento das águas residuárias industriais oriundas da fabricação de fogos de artifícios – essa inserção se dá em uma nova secundária (subseções do *menu* superior) em que levou-se em consideração a disponibilização de uma boa experiência para o público alvo,

além da relação de organização para com os textos e imagens, essa escolha se deu por fonte tipográfica em tons diferentes (Figura89).

Figura 8 – Início do processo da elaboração do *Website* com a empresa objeto de estudo
tratamento com uso de coagulantes naturais

AVALIAÇÃO DO USO DE COAGULANTES NATURAIS NO TRATAMENTO DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS INDUSTRIAIS ORIUNDAS DA FABRICAÇÃO DE FOGOS DE ARTIFÍCIOS



Com a hipótese do propósito de melhoria no tratamento com uso de coagulantes naturais, para modificação do convencional para natural, com alguns resíduos orgânicos gerados no refeitório da própria empresa proporcionando baixo custo e um coagulante muito usado para tratamento, a acácia-branca, assim mantendo-se a reutilização das águas tratadas para fins menos nobres.

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

A Figura 8 ilustra a chegada da empresa, a qual disponibilizou-se para a implantação da alternativa do tratamento industrial, já que se preocupa com o meio ambiente e busca agregar valores de inovações tecnológicas para aprimorar conteúdo da seção do *website* escolhido conforme estabelecido DN-217/2017 (MINAS GERAIS, 2017). Assim, nas figuras 9-11, destacaram-se que as alternativas do tratamento das águas residuárias industriais com uso de coagulantes naturais selecionados, sendo que, por sua vez, esses materiais orgânicos demonstram-se formas de coagulação, floculação, sedimentação e biassorção.

Figura 9 – Alternativas de tratamento de águas residuárias industriais convencional com uso de coagulantes naturais

Com o propósito de melhoria no tratamento com uso de coagulantes naturais, para modificação do convencional para natural, foram utilizados alguns resíduos orgânicos gerados no refeitório da própria empresa proporcionando baixo custo e um coagulante muito usado para tratamento: a acácia-branca.



a) Quiabo (*Abelmoschus esculentus*)



b) Banana (*Musa*)



c) Abóbora (*Curcubita*)



d) Acácia-branca (*Moringa oleifera*)



e) Girassol (*Helianthus annuus*)

O presente estudo teve como objetivo a avaliação de alternativa em substituir o tratamento das águas residuárias industriais convencional para uso de coagulantes naturais por apresentarem características de floculação, sedimentação e bioabsorvente de poluentes. Para tanto foram utilizados os coagulantes naturais sementes de acácia-branca (*Moringa oleifera*), girassol (*Helianthus annuus*), cascas de banana (*Musa*), quiabo (*Abelmoschus esculentus*) maduro, cascas e sementes de abóbora (*Cucurbita*) em escala piloto em uma empresa de fogos de artifícios.

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Com a finalidade de substituir o tratamento convencional por coagulantes naturais, buscaram-se em alguns trabalhos científicos os coagulantes acácia-branca, banana, quiabo, girassol, abóbora, como demonstrado na Figura 10. As características físico-químicas são que conseguem coagular, sedimentar, flotular, a remoção dos contaminantes presentes nos efluentes contaminados com metais pesados. Na Figura 11 estão apresentados os coagulantes triturados prontos para serem utilizados no tratamento dos efluentes industriais.

Figura 10 – Características dos coagulantes escolhidos para o tratamento industriais de fogos de artifícios

Características	Acácia-Branca (Moringa oleifera)	Girassol (Helianthus annuus)	Banana (Musa)	Abóbora (Cucurbita)	Quiabo (Abelmoschus esculentus)
Lípidios	X	-	X	-	-
Sólidos solúveis	X	-	-	-	-
Sólidos totais	X	-	-	-	-
Acidez titulável total	X	-	-	-	-
Vitamina C	X	-	-	-	X
Óleo linoleico	-	X	-	X	-
Aminoácidos	-	X	-	-	-
Ácido clorogênico	-	X	-	-	-
Proteínas	-	-	X	-	-
Fibra bruta	-	-	X	-	-
Carboidratos	-	-	X	X	-
Minerais potássio, manganês, sódio, cálcio e ferro	-	-	X	-	-
Ácido esteárico	-	-	-	X	-
Ácidos linoleico	-	-	-	X	-
Açúcares redutores	-	-	-	-	X
Palmitico	-	-	-	X	-
Teores de clorofilas a, b	-	-	-	-	X

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Figura 11 – Preparo e trituração dos coagulantes naturais escolhidos



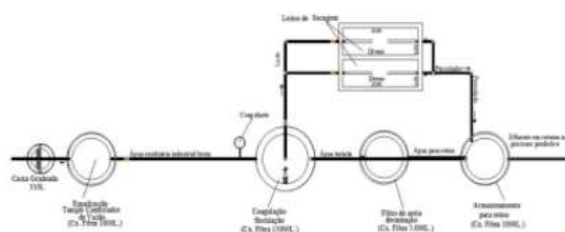
Preparo dos testes para o tratamento das águas residuárias com os coagulantes naturais, foi utilizado um triturador mecânico - motor: 2cv - 110/220v - 60Hz que triturou os coagulantes naturais. Foram triturados os Coagulantes naturais em 6mm para a utilização dos seguintes coagulantes: Abóbora (Cucurbita), Banana (Musa), Acácia-branca (Moringa oleifera), Girassol (Helianthus annuus) e o Quiabo (Abelmoschus esculentus).

Em cada experimento foram utilizados 5.000L de efluentes com uma adição de 0,5kg de coagulantes naturais secos e triturados

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Diante da escolha dos coagulantes, secos e triturados, partiu-se para o procedimento de tratamento das águas residuárias industriais de fogos de artifícios em escala real na empresa de estudo apresentado nas Figuras 12 e 13.

Figura 12 – Processo do tratamento das águas residuárias industriais



Todas as águas residuárias industriais da empresa são canalizadas até o sistema de tratamento de efluentes, chegando inicialmente na caixa de passagem, para caixa pulmão, caixa de flocculação onde foram realizados os testes com o tratamento convencional já existente e a alternativa com uso dos coagulantes naturais.



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Figura 13 – Caixa filtro

Após a realização dos ensaios em dias alternados as águas residuárias passaram pela caixa filtro, para subsequente reúso no processo de limpeza, como lâmina d'água, oficinas.



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Cabe citar que toda água tratada na empresa é reusada no processo de limpeza nas oficinas e lâminas d'água. Diante disso, foi coletado somente um volume para executar as análises laboratoriais, sendo, efluente bruto - T0, tratamento convencional - T1, e com uso de coagulantes naturais, acácia-branca - T2, banana - T3, quiabo - T4 e abóbora - T5, explicam-se os resultados das análises com o tratamento convencional e com coagulantes naturais, os quais demonstraram resultados satisfatórios (Figura 14). O único coagulante em que não foi executada análise laboratorial foi o girassol porque, ao realizar a análise de cor e turbidez,

apresentou-se fora do padrão conforme Deliberação Normativa CERH-MG N° 01/2008 Minas Gerais (2008) (Figura 15).

Figura 14 – Resultados das análises do tratamento das águas residuárias industriais de fogos de artifícios

Em seguida da realização dos ensaios, foram separados de cada teste do T1, T2, T3, T4 e T5 um volume de 10 litros para a realização das análises laboratoriais, exceto do girassol que não foi enviado para o laboratório, pois não demonstrou água residuária com coloração adequada para o reúso.

Resultados amostrais dos parâmetros pertinentes à entrada das águas residuárias industriais (bruta) oriundas da limpeza de oficinas e equipamentos

Parâmetros	UM	LQ	T0	Metodologia
Surfactantes aniónicos	mg/l	> 0,065	2096,0	SMWWE 22ª ED - 5540 C
Óleos e graxas	mg/l	> 9,2	11,9	SMWWE 5520 - D
Sólidos totais	mg/l	> 8,9	3918	NBR 10664
Sólidos suspensos	mg/l	> 8,9	625,0	NBR 10664
Sólidos sedimentáveis	mg/l	> 0,5	10,0	SMWWE 22ª ED - 2540 F
Demanda Química de Oxigênio DQO	mg/l	49-100000,0	1008,0	SMWWE 22ª ED - 5220-D
Demanda Biológica de Oxigênio DBO	mg/l	> 3,5	927,3	SMWWE 22ª ED - 5220-D
Temperatura da amostra	°C	>0,1	25,1	SMWWE 2550 B
pH	N/a	2,26-14,00	8,54	SMWWE 22ª ED - 4500-H+ B
Condutividade	µS/cm	0,005	30,0	SMWWE 2510 - B
Alumínio (Al)	mg/L	0,025	126,2	SMWWE 3500-Al B
Antimônio (Sb)	mg/L	0,0005	5,1	USEPA 6010C - Rev. 03 - Fev 2007
Bário (Ba)	mg/L	0,005	487,0	USEPA 6010C - Rev. 03 - Fev 2007
Estrôncio (Sr)	mg/L	0,005	4,5	USEPA 6010C - Rev. 03 - Fev 2007
Cobalto (Co)	mg/L	0,005	5,0	SMWWE 3500-Co B
Níquel (Ni)	mg/L	0,005	0,50	USEPA 6010C - Rev. 03 - Fev 2007

Resultados analíticos de cada tratamento com os diferentes coagulantes naturais (Continuação) Tabela 5 – Resultados analíticos de cada tratamento com os diferentes coagulantes naturais

Parâmetros	UM	Resultados com Valores Absolutos					Eficiência de Remoção (%)					Condições Metodológicas LQ
		T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5	
Surfactantes aniónicos ABS	mg/L	1,55	0,206	2,0	0,16	1,23	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	> 0,065
Óleos e graxas	mg/L	<9,2	<9,2	<9,2	<9,2	<9,2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	> 9,2
Sólidos totais	mg/L	N/V	235	81,2	787	997	N/V	94,0	98,0	79,9	74,8	> 8,9
Sólidos suspensos	mg/L	65	4,5	13,0	64,0	166	89,6	99,3	97,9	89,8	73,4	> 8,9
Sólidos sedimentáveis	mg/L	8	0,5	0,6	0,6	0,7	20,0	95,0	94,0	94,0	93,0	> 0,5
DQO - Demanda química de oxigênio	mg/l	6,2	70,7	84,7	70,1	150	99,4	93,0	91,6	93,0	85,2	49-10000
DBO Demanda biológica de oxigênio	mg/l	128,7	154,8	47,1	22,5	30,1	75,3	83,3	94,9	97,6	96,8	> 3,5
Temperatura da amostra	°C	25,1	21,5	24,0	24,0	25,8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	>0,1
pH	N/A	7,77	6,73	6,79	7,11	6,98	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,24-14,00
Condutividade	µS/cm	3,96	3,0	0,91	0,01	4,03	99,0	99,0	99,9	99,9	98,7	0,005
Alumínio (Al)	mg/L	0,8	2,5	3,4	0,37	4,0	99,4	98,0	97,3	99,7	98,8	0,025
Bário (Ba)	mg/L	0,348	0,481	0,62	0,11	0,93	99,9	98,9	99,9	99,9	99,8	0,005
Estrôncio (Sr)	mg/L	2,0	0,752	1,2	0,61	0,97	54,3	83,3	71,3	80,5	78,5	0,005
Cobalto (Co)	mg/L	0,071	0,357	0,51	0,05	0,75	98,8	92,9	89,8	98,9	85,1	0,005
Níquel (Ni)	mg/L	0,006	0,009	0,01	0,01	0,01	99,8	98,0	99,0	99,0	99,0	0,005

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Figura 15 – Resultados da cor e turbidez do tratamento convencional em comparação com o de uso de coagulantes naturais.



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

O uso de coagulantes naturais no tratamento das águas residuárias industriais em comparação com o tratamento convencional (sulfato de alumínio) apresentou eficiência acima de 70% por meio de análise laboratorial, a qual demonstrou que os coagulantes naturais (sementes de acácia-branca (*Moringa oleífera*), cascas de banana (*Musa spp.*), cascas e sementes de abóbora (*Cucurbita spp.*), além de quiabo (*Abelmoschus esculentus*) maduros) conseguiu a remoção de sedimentáveis e metais pesados.

A Figura 15 apresenta o quanto a aplicação da alternativa em modificar o tratamento convencional para o uso de coagulante traz benefícios econômicos e ambientais para a empresa, sendo uma técnica promissora para as demais interessadas. Além disso, caso queira aprimorar mais os conhecimentos do tratamento alternativo, basta acessar o item CAPITULO II e assim irá visualizar as informações com aperfeiçoamento exibida Figura 16.

Figura 16 – Economia no tratamento das águas residuárias com o uso de coagulantes naturais.

Os resultados do uso de coagulantes naturais e com o sulfato de alumínio das águas residuárias gerado na fabricação de fogos de artifícios conforme deliberação normativa COPAM/CERH-MG N°01, Minas Gerais (2008)

Elementos	COPAM/CERH-MG n°01		Valores absolutos por tratamento				
	U.M.	VM.	T1	T2	T3	T4	T5
Metais							
Bário (Ba)	mg/L	5,0	0,35	0,48	0,62	0,11	0,93
Cobre (Cu)	mg/L	1,0	0,071	0,357	0,357	0,05	0,75
Níquel (Ni)	mg/L	1,0	0,006	0,005	0,01	0,01	0,01
Estrôncio (Sr)	N/A	N/A	2,0	0,752	1,20	0,61	0,97
Alumínio (Al)	N/A	N/A	0,80	2,50	3,40	0,37	4,00
Antimônio (Sb)	N/A	N/A	0,348	0,481	0,62	0,11	0,02

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

A utilização de águas residuárias na limpeza das oficinas e equipamentos do processo de fabricação de fogos de artifícios oferecem uma economia anual de R\$4.576,44, se a empresa aderir a essa alternativa de logística reversa.

3.5.2 Inserção do capítulo III - reúso do lodo da estação de tratamento de águas residuárias industriais visando à logística reversa no processo de produção de fogos de artifícios

Durante a implantação do *layout* adotada para esse capítulo III - Reúso do lodo da estação de tratamento de águas residuárias industriais visando à logística reversa no processo de produção de fogos de artifícios, no *website*, foi direcionada para o endereço uma nova página eletrônica institucional, utilizando a linguagem *WordPress* no servidor da *Elementor*. A disposição se deu por envio pelo *link* na primeira página da criação do *Website* para publicação.

As Figuras 18 apresenta a empresa objeto de estudo, que se dispôs em escala plena para a realização dos testes com o resíduo de lodo proveniente do tratamento de efluentes industriais em forma de logística reversa.

Figura 17 – Empresa objeto de estudo reúso do tolo do tratamento convencional e com coagulantes naturais

REÚSO DO LODO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS INDUSTRIAIS VISANDO A LOGÍSTICA REVERSA NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FOGOS DE ARTIFÍCIOS



A empresa localizada na Fazenda Mimoso, s/nº município de Japaraíba – MG, foi a escolhida para o objeto de estudo, uma vez que hoje já se encontra implantado o sistema de logística reversa.

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Figura 18 – Alternativas com o lodo originado no tratamento de águas residuárias indústrias de fogos de artifícios

Logística Reversa do resíduo sólido (lodo) em substituição do insumo Terra Refratária

Para que sejam abordadas possíveis estratégias de reúso de resíduos, desenvolveu-se uma tecnologia de melhoria ambiental, buscando em base de ensaio a destinação final do lodo resultante do tratamento de efluentes industriais da produção de fogos de artifícios, com enfoque na logística reversa. O objetivo do presente estudo foi buscar formas viáveis e ecologicamente adequadas para a destinação, transformando o lodo com 2% de umidade em insumo que possa ser utilizado no processo produtivo em bombas de solo.



Todo o lodo gerado no do tratamento das águas residuárias industriais permanece no leito de secagem para perder a umidade por um período de 15 a 60 dias.

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

A Figura 19 demonstrou a utilização do lodo, quando está totalmente sem umidade, na inserção das bombas de solos, em substituição de partes da terra refratária, sendo o T1 Teste com lodo convencional. Vale ressaltar que para os ensaios utilizou-se parte do lodo do tratamento com uso de coagulantes naturais, demonstrado em T2, estando totalmente sem umidade, foi inserido nas bombas de solo, em substituição de partes do insumo terra refratária. Cabe destacarem que os demais lodos do tratamento de coagulantes naturais foram acondicionados e enviados para análise de característica físico-química, produtos perigosos, apresentado na Figura 20.

Figura 19 – Acondicionamento do lodo do tratamento convencional e com uso de coagulantes naturais



Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Segundo Brasil (2004), conforme ABNT NBR 10.004, o lodo foi acondicionado e encaminhado para análise físico-química para classificação, assim foi analisado no que

inseridas partes desse lodo juntamente com as demais matérias-primas e insumos para fabricações de bombas de solo, sendo elas Bombas B1, Bombas B4 e Bombas Explosão. Com a finalidade de produção de um produto de qualidade e segurança, utilizou-se um sedimento em substituição de partes da terra refratária sendo um material similar, conforme se apresenta nas Figuras 21-23.

Figura 21 – Insumo para produção das bombas de solo e processo de matriz
Matérias primas e insumo para fabricação das bombas de solos no subsector de matriz.

Materiais para preparo da massa com conceitos da logística reversa

Logística Reversa do lodo em produto de fogos de artifícios			
Bomba de solo B4, B1			
Material	Quantidade	Unidade	
Clorato de potássio	3,5	kg	
Enxofre	2,7	kg	
Pó de pólvora	3,0	kg	
Retardo resíduos de matriz	1,0	kg	
Goma laca em pedra	0,6	kg	
Sedimento dos resíduos de águas residuárias industriais*	4,5	kg	
Terra refrataria	5,7	kg	
Calcário	2,7	kg	
Cola goma arábica	1,0	L	
Total	27,7	-	
Bomba de Explosão			
Material	Quantidade	Unidade	
Terra refrataria (solo)	35	kg	
Sedimento dos Resíduos de águas residuárias industriais*	30,7	kg	
Cimento	1,4	kg	
Estopim com S _{cm} O ₂ Z _{cm}	1,0	kg	
Total	68,1	kg	

* as formulações e proporções inseridas na Tabela 3



a) Formulação para homogeneização das matérias-primas de matriz.

b) Oficina de manipulação das matérias-primas onde foi inserido do lodo do tratamento convencional e com uso de coagulantes naturais.

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Figura 22 – Fabricação das bombas de solo manipulação de pólvora branca

Matéria-prima para preparo da formulação da pólvora branca

Matéria-prima para manipulação de bomba de solo (1,80 a 2,00 kg)

Material	Quantidade	Unidade	Porcentagem (%)
Perclorato de potássio	13,3	kg	64,3
Sulfato	2,5	kg	11,9
Alumínio	6,2	kg	31,8
Total	22,0	kg	100%



a) Formulação para fabricação de um peso de pólvora branca que foi utilizada para a produção das bombas de solo.

b) Oficina de manipulação de pólvora branca.



c) Colação de bombas, local em que se insere serragem e coia para fechamento de bombas de solo.



d) Bombas de solo de solo prontas com inserção do lodo do tratamento convencional, com uso de coagulantes naturais e teste com 100% de terra refratária.

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Ressaltou-se que, para finalizar, as bombas de solo são enfeitadas com papéis coloridos e colocadas em caixas para comercialização, assim apresentado na Figura 24.

Figura 23 – Enfeitação e arrematação das bombas de solo.



e) Enfeitação e arrematação de bombas de solo.



f) Contagem e embalagens de bombas de solo.



g) Bombas prontas e enfeitadas para os testes em T0, T1 e

T2.



h) Bombas de solo prontas para comercializar.

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Logo após a fabricação, as bombas de solo – B1, B4 Bomba explosão foram testadas para verificar a qualidade, com 10 repetições de detonação, para analisar resultados em variância (ANOVA) conforme a Portaria COLOG nº 56 (BRASIL, 2017). Pôde-se, então, constatar que atenderam à legislação em tempo entre 03 segundos a 09 segundos, especificada na Portaria N° 055 DCT (BRASIL, 2007), como apresentado na Figuras 24, comprovando que podem ser comercializadas. Vale mencionar que a aplicação da logística reversa com os resíduos sólidos de fogos de artifícios traz uma economia com relevância (Figura 24 e 25), até mesmo por deixar de enviar o lodo para aterro industrial (SANTOS e ROSSONI, 2019).

Figura 24 – Resultados dos testes de detonação com dez repetições demonstrando a qualidade das bombas de solo – B1, B4 e Explosão.

Teste de qualidade das bombas de solo com a inserção do lodo em comparação com a comum.

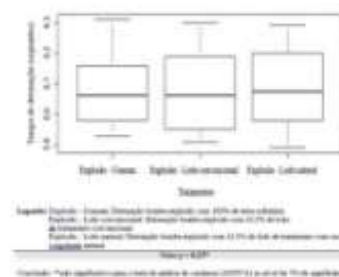
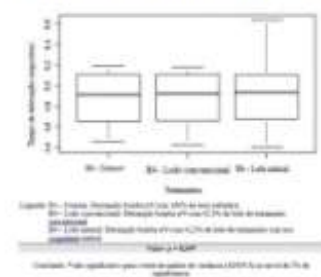
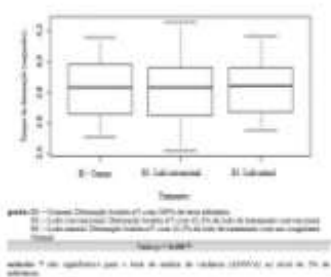
Tempo de detonação (s) bombeando solo com 100% de terra refratária (T0)					
Tempo de detonação (s) bombeando solo com 42,3% de lodo convencional e 57,7% de terra refratária (T1)					
Tempo de detonação (s) bombeando solo com 42,3% de lodo natural e 57,7% de terra refratária (T2)					
Problema	Matriz	Matriz	Matriz	Matriz	Matriz
Bomba 1	0,710	0,690	0,670	0,650	0,630
Bomba 4	0,680	0,660	0,640	0,620	0,600
Bomba Explosão	0,650	0,630	0,610	0,590	0,570

a) Teste de qualidade 100% com uso de terra refratária.

b) Teste de qualidade com uso de 42,3% de lodo convencional e 57,7% uso de terra refratária.

c) Teste de qualidade com uso de 42,3% de lodo natural e 57,7% uso de terra refratária.

Análise de variância (ANOVA)



Cabe destacar que as detonações apresentaram qualidade nas bombas de solo B1, B4 e Explosão, com uma frequência de repetições, de modo que atenderam à legislação em tempo entre 03 segundos a 09 segundos, conforme a Portaria COLOG nº 56 (BRASIL, 2017).

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Figura 25 – Economia com o reúso do lodo do tratamento convencional e com o uso de coagulantes naturais

Sendo uma destinação ambientalmente correta desses lodos, além de contribuir com uma economia satisfatória para a empresa que aderir a essa alternativa.

Subproduto ou matéria-prima para fabricação de bomba de solo	Quantidade (kg/ano)	Valor Unitário (R\$/kg)	Economia Anual (R\$/ano)
Economia da destinação final do lodo como reúso no ciclo produtivo	1167,2	5,50	(-) 6.419,60
Economia da terra refratária com uso do lodo no ciclo produtivo	1167,2	2,40	(+ ou -) 2.801,28
Economia Total/ Ano			RS 9.220,88

Nota: Estimativa de valores referentes a abril de 2021.

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

A otimização das alternativas com uso de coagulantes naturais e reúso do lodo, exposta nesse *website* plataforma *Elementor*, é apresentada como maneira de agregar valores para os interessados a implantarem essas novas tecnologias.

Nas Figuras 26 e 27 apresentam-se os créditos e contatos e referência para esclarecimento de dúvidas existentes quanto a essas alternativas inovadoras e eficientes para o tratamento dos resíduos líquidos e sólidos industriais originados durante a fabricação de fogos de artifícios

Figura 26 – Contato

The image shows a contact form titled "Contato" on a dark background. The form includes the following fields:

- Primeiro Nome** (First Name): Input field with placeholder "First Name".
- Sobre Nome** (Last Name): Input field with placeholder "Last Name".
- Email**: Input field with placeholder "Email Address" and a red asterisk indicating it is required.
- Assunto** (Subject): Input field with placeholder "Subject".
- Mensagem** (Message): Textarea with placeholder "Your Message" and a red asterisk indicating it is required.
- Enviar**: A dark button with white text to submit the form.

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

Figura 27 – Crédito e Referências utilizadas no *site*

Créditos

Produção elaborado por

Sueli Maria dos Santos

Dissertação original e autoconhecimento

Sueli Maria dos Santos

Orientação do Produto técnico / Dissertação

Prof. Dr. Hygor Aristides Victor Rossoni – UFV *Campus Florestal* (Orientador)

Prof. Dr.: Jéssica Ferreira Rodrigues – IFMG *Campus Bambuí* (Co-orientadora)

Coordenação do Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental

Prof. Dr.: Fernanda Morcatti Coura – IFMG *Campus Bambuí*

(37) 999596988 (Sueli)

e-mail: sueliengamb@gmail.com

site: <https://www.bambui.ifmg.edu.br/portal/mestrado-profissional-em-sustentabilidade-e-tecnologia-ambiental>

Bibliografia Citada

_____. **Portaria Normativa/MEC Nº 17**, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre o mestrado profissional no âmbito da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES. Diário Oficial da União Nº 248 (terça-feira) – Seção 1 – Pág. 20 Ministério da Educação Gabinete Do Ministro Portaria Normativa Nº 17, de 28 de dezembro de 2009. Distrito Federal: Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.uezo.rj.gov.br/pos-graduacao/docs/Portaria-MEC-N17-28-dezembro-de-2009.pdf>. Acesso em: 15 maio 2020.

_____. Ministério da defesa exército brasileiro comando logístico departamento marechal falconieri. **Portaria nº 56 – COLOG**, de 5 de junho de 2017. Brasília: Distrito Federal, 2017. Disponível em: <http://www.dfpc.eb.mil.br/phocadownload/Portarian56.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2020.

MINAS GERAIS. **Deliberação normativa do conselho estadual de recursos hídricos de Minas Gerais (CERH-MG) Nº 01/2008**, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de águas e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicação – Diário do Executivo. Minas Gerais: Belo Horizonte, 2008. Disponível em:

<https://www2.cead.ufv.br/sgal/files/apoio/legislacao/legislacao3.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2020.

Fonte: SANTOS, Sueli Maria dos, 2021.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cabe destacar que o *website* se apresenta como uma ferramenta capaz de alcançar o público alvo com as alternativas da substituição do tratamento com coagulantes químico e naturais, aplicando os coagulantes naturais sementes de *Moringa oleifera*, cascas e sementes de *Curcubita* spp., cascas de *Musa* spp. e *Abelmoschus esculentus* maduro. Com essas técnicas, a empresa pode continuar reusando as águas residuárias para fins menos nobres, além de reintegrar o lodo originado no tratamento coagulantes naturais e convencional como insumo na fabricação dos fogos de artifícios, trazendo benefícios em forma de sustentabilidade.

Além disso, o *website* torna-se uma forma criativa e eficaz, com agilidade na pesquisa, de como fabricar os fogos de artifícios e implantar a logística reversa, garantindo o sucesso e a satisfação dos seus usuários podendo oferecer um produto técnico de qualidade e de fácil acesso na navegação.

Cabe destacar que as atualizações serão realizadas constantemente por técnicos e pela mestrandia de conhecimento na plataforma *WordPress*. Como pretensão de atingir públicos mais diversos, esse *website* pretende chegar como produto técnico da dissertação, para inserção no *site* acadêmico do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG) – *Campus Bambuí*, ficando também inserido no Sindicato das Indústrias de Fogos de Artifícios de Minas Gerais (SINDIEMG), além de estar disponível no *site* da Federação das Indústrias do Estado Minas Gerais (FIEMG), oferecendo informações nos *menus* das páginas do *site*, proporcionando acesso simplificado a todos interessados.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT. **NBR 10004:2004** -Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRASIL. **Portaria Normativa/MEC Nº 17**, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre o mestrado profissional no âmbito da Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES. Diário Oficial da União Nº 248 (terça-feira) – Seção 1 – Pág. 20 Ministério da Educação Gabinete Do Ministro Portaria Normativa Nº 17, de 28 de dezembro de 2009. Distrito Federal: Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.uezo.rj.gov.br/pos-graduacao/docs/Portaria-MEC-N17-28-de-mbro-de-2009.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2020.

BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. Comando logístico. Departamento Marechal Falconieri. Departamento de Ciência e Tecnologia. **Portaria Nº 055 DCT**, de 27 de novembro de 2007. Homologação e modificações I do regulamento técnicos (REG/T) nº 02 – de Fogos de artifícios, pirotécnicos, artifícios pirotécnicos e artefatos similares. Distrito Federal: Brasília, 2007.

BRASIL. Ministério da defesa exército brasileiro comando logístico departamento marechal falconieri. **Portaria nº 56 - COLOG**, de 5 de junho de 2017. Brasília: Distrito Federal, 2017. Disponível em: <http://www.dfpc.eb.mil.br/phocadownload/Portarian56.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2020

BECKER, S. M. K.. **Linguagem audiovisual: um toque para a motivação**. Universidade Católica do Paraná. Paraná: Curitiba, p. 1-21, 2008.

BUS, M. V.; RIBEIRO, E. F.; SCHNEIDER, I. A. H.; MENEZES, J. C. S. dos S.. Tratamento dos Efluentes de uma Lavanderia Industrial: Avaliação da Capacidade de Diferentes Processos de Tratamento. **Revista de Engenharia Civil IMED**, Rio Grande do Sul: Passo Fundo, v. 2 n. 1, p. 2-10, 2015.

GIANNETTI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B. de; BONILLA, S. H.. Implementação de ecotecnologias rumo à ecologia industrial. **RAE-eletrônica**. São Paulo. v. 2, n. 1, jan-jun, 2003.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais (CERH-MG) Nº 01/2008**, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de águas e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicação – Diário do Executivo. Minas Gerais: Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <https://www2.cead.ufv.br/sgal/files/apoio/legislacao/legislacao3.pdf>.<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2020.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa COPAM/DN-MG Nº 217**, de 06 de dezembro de 2017. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Diário de Executivo, Minas Gerais: Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <https://www.udop.com.br/download/legislacaomeio/institucionalsite>

juridico/deliberacaonormativan217.pdf.http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf. Acesso em: 04 mar. 2020.

OLIVEIRA, G.; KIKKAWA, L. S.; SANTOS, A. M.. Reutilização de lodo de estação de tratamento de efluentes (ETE) na Região de Suzano, São Paulo, Brasil: alternativas e oportunidades. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. v. 5, n. 11, p. 999-1007, 2018.

OLIVEIRA, A. K. F. DE; BACKX, H. B.; GRIMALDI, M. R.. Escola de belas artes da universidade federal do rio de janeiro - criação de website institucional. **Estudos em Design | Revista (online)**. Rio de Janeiro. v. 28, n. 3, p. 127-141, 2020.

PASE, A. F.; GOSS, B. M.. Oronalismo: nota sobre o uso Drones na produção de conteúdo jornalístico. **Revista GERMINIS**, ano 4, v. 1, n. 2, p. 176-189. 2013.

ROSAS, F. W.; BEHAR, P. A.. **A importância da música em objetos de aprendizagem**. Universidade federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 1—10, 2011.

SANTOS, S. M. dos; ROSSONI, H. A. V.. **Logística de reúso e destinação final de lodo de estação de tratamento de águas residuárias do processo de produção de fogos de artifícios**. Instituto Federal Minas Gerais – *Campos Bambuí*. V Seminário dos estudantes de pós-graduação (SEP). Minas Gerais: Bambuí. p. 1-6. 2019.

SANTOS, S. M. dos; ROSSONI, H. A. V.. **Avaliação do uso de coagulantes naturais no tratamento de águas residuárias do processo de fabricação de fogos de artifício**. Meio Ambiente em Foco. Editora Paison, v. 11 cap. 4. p. 33-36, 2020.

SILVA, G. R.; SILVA, C. E. S.; MOURA, G. M.de; ZUBIETA, L. M.V.; SEQUEIRA FILHO, R. S. de; TUDURY, E. A.; POTIER, G. M. de A.; BARROS, M. L. G.; PELUSO, E. M.; ESPÍNDOLA, C. R. S.. **Utilização de vídeos para otimização do processo ensino aprendizagem nas aulas teóricas da disciplina técnica cirúrgica veterinária**. Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Pernambuco: Recife, p. 1-3, 2009.

SILVA, S. C.L.; MATIAS, M.. **sabilidade em websites de arquivos nacionais**. 2017. Dissertação de Mestrado. 2017. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina: Florianópolis. p. 1-120, 2017.

4 CONCLUSÃO

A produção de fogos de artifícios é uma atividade enraizada na cultura da população da região Centro-oeste do estado. Prova disso está no fato de a cidade de Santo Antônio do Monte figurar entre os maiores produtores de fogos do mundo, perdendo apenas para a China, que ocupa o 1º lugar. Em Minas Gerais, a região onde se desenvolve este estudo é considerada região de polo industrial, mesmo sendo uma fabricação predominantemente artesanal que, infelizmente, proporciona alto risco de acidente do trabalho.

Nesse contexto, observa-se a força da cultura aliada à transformação e geração de impactantes resíduos líquidos e sólidos, provenientes do processo de produção, embora a legislação institua a obrigatoriedade de que esses resíduos sejam segregados em cumprimento das normas ambientais. Caso das duas empresas objeto de estudo que, visando à sustentabilidade e aos cuidados com o meio ambiente, além do fator contenção de custos econômicos, resolveram contribuir nas pesquisas, disponibilizando a linha de produção e resíduos da estação de tratamento industrial para os ensaios e análise de seus respectivos sedimentos líquidos e sólidos para fins do estudo.

Essa pesquisa teve o objetivo da avaliação do uso dos coagulantes naturais como alternativa no tratamento das águas residuárias, foi possível constatar que os agentes coagulantes naturais de abóbora (*Cucurbita* spp.), quiabo *Abelmoschus esculentus*, banana (*Musa* spp.) e a acácia-branca (*Moringa oleifera*) em relação ao convencional, apresentaram eficiências acima de 70% em cada parâmetro em que foram avaliados. Além de proceder um custo mais em conta, por serem alguns resíduos orgânicos da própria empresa. Já o girassol (*Helianthus annuus*) não foi considerado de pertinência para o presente estudo. A pesquisa apontou a viabilidade do tratamento com coagulantes naturais como sementes e cascas, cujo resultado se mostrou viável e em consonância com as leis ambientais.

Foi também analisado o lodo do tratamento convencional, e do alternativo com coagulantes naturais, gerado na estação de tratamento, para buscar uma alternativa capaz de transformá-lo em insumo, seja da própria produção industrial, seja por terceiros, dada a finalidade econômica. Ressalta-se que o estudo proporcionou resultados convenientes sobre o lodo, porque implantou a reintegração do mesmo no processo produtivo e reduziu o uso do insumo terra refratária, substituída por uma porcentagem de lodo. Com a utilização do lodo, produziram-se itens com a mesma qualidade, inclusive forma de logística reversa tornando produtos que atendem ao padrão de qualidade da legislação pertinente a Portaria N° 055, de (BRASIL, 2007) e Portaria COLOG n° 56 (BRASIL, 2017).

Assim, para facilitar a visualização das pesquisas que demonstraram a pertinência do estudo foi criado um *website* como Produto Técnico – por meio da plataforma *Elementor*, a fim de proporcionar meios de disseminação de informações via *site*, o que possibilita o acesso aos interessados na linha de pesquisa, inclusive o Sindicato das Indústrias de Explosivos no Estado de Minas Gerais (SINDIEMG) e a Federação das Indústrias do Estado Minas Gerais (FIEMG), visando técnicas ecológicas e econômicas de reúso dos resíduos pirotécnicos gerados na estação de tratamento, originados da produção dos fogos de artifícios.

APÊNDICES – TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE COLETA DE DADOS

APÊNDICE A - Termo de autorização de coleta de dados Fogos Vitória



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
 Campus Bambuí
 Diretoria Geral
 Gerência de Gabinete
 Fax: Varginha - Rodovia Bambuí/Madeira - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
 37 3431 4966 - www.ifmg.edu.br

ANEXO VI – MODELO/SUGESTÃO DE TERMO DE PARCERIA

Pelo presente Termo de Parceria, a empresa de Artesanato de Fogos Vitória Ltda. situado (a) no endereço Fazenda Retiro São Francisco, S/Nº, Zona Rural, na cidade Santo Antônio do Monte CEP 35560-000, CNPJ nº 02.703.203/0001-70, declara colaborar como o suporte necessário na execução do Pré-projeto do discente Sueli Maria dos Santos, concorrente a uma vaga de estudo no “Curso de Pós-graduação Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental”, do Campus Bambuí, em Bambuí (MG).

Outras informações:

Nome do Pré-projeto apresentado no Processo Seletivo do MPSTA 2018/2019: AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO NÃO CONVENCIONAL DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS E REÚSO DO LODO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FOGOS DE ARTIFÍCIOS

Cidade na qual será realizada a execução do Pré-projeto: Santo Antônio do Monte e Bambuí Atividade (s) da empresa/órgão: Fabricação de artigos pirotécnicos Suporte da empresa/órgão na execução do Pré-projeto (marque as opções):

infraestrutura disponível.

quadro de funcionários.

recursos financeiros.

outros suportes: Substituição do uso de coagulantes naturais no tratamento de águas residuais a dissertação
 Contrapartida do discente para a empresa/órgão referente ao desenvolvimento do Pré-projeto: Destinação ecológica dos lodos da ETE Industrial usado em fitoremediação, como logística reversa transformando resíduos em material não contaminado, assim evitaram e ou reduzem a destinação para aterro industrial. De tal modo a empresa reduzirá custo e disposição inadequadamente dos lodos sendo eles contaminados com metal pesado.

Em: 02 de fevereiro de 2019.

Sueli Maria dos Santos
 Sueli Maria dos Santos e assinatura do discente

 assinatura do representante da empresa

Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental

APÊNDICE B - Termo de autorização de coleta de dados Fogos Super show



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretor Geral
Gabinete de Gabinete
Pra. Vargas - Rodovia Bambuí/Mojetiro - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
17 3411 4966 - www.ifmg.edu.br

ANEXO VI – MODELO/SUGESTÃO DE TERMO DE PARCERIA

Pelo presente **Termo de Parceria**, a empresa **FOGOS SUPER SHOW INDUSTRIA E COMERCIO LTDA** situada (a) no endereço Fazenda Região Mimosa, S/Nº, Zona Rural, na cidade Japariíba CEP 35580-000, CNPJ nº 17.157.497/0001-59, declara colaborar com o suporte necessário na execução do Pré-projeto do discente Sueli Maria dos Santos, concorrente a uma vaga de estudo no “Curso de Pós-graduação Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental”, do Campus Bambuí, em Bambuí (MG).

Outras informações:

Nome do Pré-projeto apresentado no Processo Seletivo do MPSTA 2018/2019: **AVALIAÇÃO DO TRATAMENTO NÃO CONVENCIONAL DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS E REÚSO DO LODO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE FOGOS DE ARTIFÍCIOS**

Cidade na qual será realizada a execução do Pré-projeto: Japariíba e Bambuí Atividade (s) da empresa/órgão: Fabricação de artigos pirotécnicos Suporte da empresa/órgão na execução do Pré-projeto (marque as opções):

Infraestrutura disponível.

quadro de funcionários.

recursos financeiros.

outros suportes: Disponibilizar resíduos (lodo) para fazer a dissertação.

Contrapartida do discente para a empresa/órgão refere-se ao desenvolvimento do Pré-projeto: Destinação ecológica dos lodos da ETE Industrial usado em fitorremediação, com logística reversa transformando resíduos em material não contaminado, assim evitaram e ou reduz a destinação para aterro industrial. De tal modo a empresa reduzirá custo e disposição inadequadamente dos lodos sendo eles contaminados com metal pesado.

Em: 02 de fevereiro de 2019.

Sueli Maria dos Santos

Sueli Maria dos Santos e assinatura do discente

[Assinatura]

Assinatura do representante da empresa

Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental

Página 1 de 1

APÊNDICE C - Planilha de custo relacionado ao desenvolvimento da pesquisa

Descrição	Quantidade	Preço Unitário R\$	TOTAL - R\$
Material didático	Variável	Variável	R\$1.000,00
Análise laboratorial águas residuárias	6	R\$800,00	R\$4.800,00
Análise do lodo laboratorial	1	R\$2.500,00	R\$2.500,00
Website/vídeo	1	R\$ 1.500,00	R\$1.500,00
Combustível, diárias e alimentação	Variável	R\$Variável	R\$1.000,00
Total das Despesas			R\$10.800,00

Fonte: SANTOS; Sueli Maria dos, 2021.

ANEXO I – Declaração do SUPRAM/ASF da destinação final do lodo proveniente do tratamento das águas residuárias industriais



GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
Subsecretaria de Regularização Ambiental
Superintendência Regional de Meio Ambiente do Alto São Francisco.

OF.SUPRAM-ASF/DRRA Nº 506/2020

Divinópolis, 09 de setembro de 2020.

Referência: PA: 00368/2003/003/2019-Fogos Super Show Indústria e Comércio Eireli (Ex: Fogos Beija Flor Ltda.).

Cadastro SIAM: 0400293/2020

Assunto: Solicitação anuência para reutilização de resíduo no processo produtivo.

Prezado Senhor (a),

Acusamos o recebimento do documento de protocolo R0028780/2020, no qual é solicitada manifestação desta superintendência acerca do reaproveitamento de resíduo proveniente da Estação de Tratamento de Efluentes Industriais-ETEI do empreendimento Fogos Super Show Indústria e Comércio Eireli.

Conforme o documento supramencionado o resíduo desidratado proveniente da ETEI será reutilizado no processo produtivo substituindo a terra refrataria na proporção de 20% para fabricação de artigos pirotécnicos.

Diante do exposto, autorizamos a reutilização do resíduo na forma como apresentada, tendo em vista que tal destinação encontra-se em consonância com a Política Nacional de Resíduos Sólidos- Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010:

Art. 7º São objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

I - proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;

II - não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;

III - estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;

IV - adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;

V - redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos; (grifo nosso).

O empreendedor deverá ser atentar para os cuidados necessários para o emprego do resíduo no processo produtivo, no que se refere a forma de acondicionamento, transporte e manipulação. O quantitativo de resíduo excedente ou não empregado na linha de produção deverá continuar tendo a sua destinação final para aterro de resíduos classe I, regularizado junto ao órgão ambiental competente.

Atenciosamente,

Lúcio Gonçalves de Oliveira
Gestor Ambiental
SUPRAM ASF
MASP - 1.380.606-2

Viviane Nogueira Conrado Guites
Diretora Regional de Regularização Ambiental
SUPRAM ASF
MASP: 1.287.842-7

A
Fogos Super Show Indústria e Comércio Eireli
A/C Sueli Maria dos Santos
Rua Manaus, 919, Marília
Lagoa da Prata - MG
CEP: 35590-000

ANEXO II – Análise de águas residuárias industriais brutas, de águas tratadas pelo tratamento convencional e por coagulantes naturais

ANEXO III – Análise do lodo originado no tratamento das águas residuárias industriais



JRW CONSULTORIA AMBIENTAL E SERVIÇOS LTDA

CERTIFICADO DE ANÁLISE 611/2018

Proposta: 209022019-1



1/2

PRC: 252.01/18

IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE								
Cliente:	Artesanato de Fogos Vitória Ltda (Fogos Super)					CNPJ/CPF: 02.703203/0001-70		
Endereço:	Fazenda Retiro São Francisco, s/n Zona Rural CEP: 35560-000 São Antônio do Monte/MG							
IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA								
Ponto de Coleta: Saída Est. Tratamento Efluente Industrial - Convencional				Coord. Geográficas: UJTM23K Datum WGS84 X: 683242Y 7779170		Coletor: JRW Ambiental - Marcos Vinícius		
Amostra de:	Tipo Amostra:	Profundidade Coleta:	Cond. Clim. Coleta:	Cond. Clim. Coleta - 60 dias 48h:				
Efluente Industrial	Simplex	Superficial	Sem Chuva	Chuvoso				
Data/Hora da Coleta: 27/02/2020 08:45		Data/Hora Recebimento Laboratório: 27/02/2020 17:00		Data Conclusão: 12/03/2020				
RESULTADOS ANALÍTICOS								
Parâmetros	Metodologia	UM	L.Q.	V.M.P.	Data de Realização da Análise	Resultados Analíticos	E.I.	
DBO5 - Demanda Bioquímica de Oxigênio	5051/2014	mg/L	> 3,3	-	01/03/2019	6,2	4,5	
DQO - Demanda Química de Oxigênio	5060/2014 - 520-D	mg/L	49,9 - 10000,0	-	01/03/2019	226,7	13,9	
Óleos e gorduras (animal, vegetal e mineral)	5061/2014 - D	mg/L	> 9,2	-	07/03/2019	< 0,2	0,8	
Sólid. Sedimentáveis	5066/2014 - 3540 F	mL/L	> 0,5	-	01/03/2019	6,0	0,1	
Sólidos suspensos	5067/2014	mg/L	> 9,9	-	06/03/2019	68,0	23,7	
pH	5069/2014 - 4004-9	-	2,29 - 14,00	-	27/02/2019	7,77	0,26	
Resultado no Cliente	Temperatura da amostra	5069/2014	°C	> 3,3	-	27/02/2019	26,1	3,5
Resultado no Cliente	Surfactantes Aniônicos - ABS	5069/2014 - 5046-D	mg/L, colorido sem LQR	> 0,06	-	29/02/2019	1,56	0,141
Condutividade	5069/2014 - 9	µS/cm	> 1,00	-	29/02/2019	3,060	0,433	
Alumínio	5069/2014 - 418	mg/L	> 0,08	-	29/02/2019	0,60	0,006	
Cobre	5069/2014 - 418	mg/L	> 0,0010	-	06/03/2019	0,071	1,2636	

I.M.: Unidade de Medida

L.Q.: Limite de Quantificação

V.M.P.: Valor Máximo Permitido

I.I.: Estimativa de Incerteza

do dia 10/03/2019



JRW CONSULTORIA AMBIENTAL E SERVIÇOS LTDA

CERTIFICADO DE ANÁLISE 511/2018

Proposta: 209022019-1



PRC: 262.01/18

IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE							
Cliente:	Artesato de Fogos Vitória Ltda (Fogos Super)					CNPJ/CPF: 02.7032090001-70	
Endereço:	Fazenda Itaipó São Francisco, s/n Zona Rural CEP: 35560-000 Santo Antônio do Monte/MG						
IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA							
Ponto de Coleta: Sede Est. Tratamento Efluente Industrial - Convencional				Coord. Geográficas: UTM23K Datum WGS84X: 0493242Y 7779179		Coletor: JRW Ambiental - Marcos Vinícius	
Tipo Amostra: Simplex	Profundidade Coleta: Superficial	Cond. Clim. Coleta: Sem Chuva	Cond. Clim Coleta - últimas 48h: Chuvoso	Cond. Clim Coleta - últimas 48h: Chuvoso			
Data/Hora da Coleta: 27/03/2020 08:45		Data/Hora Recebimento Laboratório: 27/03/2020 17:00		Data Conclusão: 12/03/2020			
RESULTADOS ANALÍTICOS							
Parâmetros	Metodologia	UM	L.Q.	V.M.P.	Data de Realização da Análise	Resultados Analíticos	E.I.
Turbidez	989W/210 - 9	NTU	3,1 - 1000,0	-	25/03/2020	201	54,8

Amostragem

Amostragem realizada em conformidade com a Norma NBR 9658 - Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.

Plano de Amostragem

Plano de amostragem de responsabilidade do interessado.

Observação:

- 1 - A incerteza expandida relatada é baseada em uma incerteza padronizada combinada, multiplicada por um fator de abrangência $k=2$, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.
 - 2 - Os resultados referem-se somente à amostra analisada. Este Certificado de análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem alterações.
 - 3 - Laboratório Homologado pela REDE METROLÓGICA na Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 processo nº 262.01/18
- Reconhecimento Válido somente para os serviços prestados por este laboratório que sejam visualizados no endereço: <http://www.rmmg.org.br> na página de laboratórios reconhecidos - Brasil.

INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS (AS INFORMAÇÕES A SEGUIR NÃO FAZEM PARTE DO ESCOPO RECONHECIDO PELA RMMG)
sem comparativo

Avaliado e concluído por: Érika Alexandra de Oliveira - Analista de Laboratório.

E. Oliveira
 Erika Alexandra de Oliveira
 Analista de Laboratório
 RMMG - REDE METROLÓGICA
 Centro de Referência em Metrologia

Revisão 01 de 10/2009

JRW Consultoria Ambiental e Serviços Ltda. R. Fagundes Varela, 1431 - São José - Divinópolis - MG - Fones: 37 3215-5698 / 3405-3116
jrwambiental@jrwambiental.com.br - www.jrwambiental.com.br



BOLETIM ANALÍTICO 108508/2019-1.0 A

Processo Comercial 3568/2019

DADOS DO SOLICITANTE

Interessado: Artesanato de Fogos Vitória Ltda. (Fogos Super)
 Endereço: Fazenda Rio do São Francisco, s/n Zona Rural - Santo Antônio do Monte MG - 35.563-000
 Nome do Solicitante: Sueli Maria

DADOS DA AMOSTRA

Projeto: Data/Hora de Coleta: 29/03/2019 08:45:00
 Identificação da Amostra: Seta de ETE Industrial Responsável pela coleta: Cliente
 Matriz: Effluente - Convencional Data Entrada no Lab: 01/03/2020
 Número de Grupo ALS: 1297220 Data de Elaboração do laudo: 20/03/2020
 Código ALS: 5367258

RESULTADOS ANALÍTICOS

MÉTODOS ACREDITADOS

Parâmetros Analíticos

Parâmetro	CAS	Unidade	Objetivo	Resultado	LD	LD	Ref.	InteL
Níquel (Ni)	7440-02-0	mg/L	3	0,000	0,005	0,002	9911	0,01 a 0,002
Mn (Mn)	7440-08-0	mg/L	3	0,019	0,005	0,001	9911	21,00 a 0,40
Índice (I)	7440-24-8	mg/L	3	0,0	0,005	0,003	9911	1,2000 a 0,0027

REFERÊNCIAS

Ref.	Data de Preparação	Data de Análise	Mét. Proprietário	Mét. Referência	Local de análise
9911	29/03/2019	29/03/2019	Método (Água): CENSA 2020 - Auto Digestão of Filters for Total Residues or Chemical Metals by Analysis by PLAA or ICP Spectroscopy	APHA-8220A	CEL 2020 ALS São Paulo
1085	13/03/2019	13/03/2019	---	CEMPA 1085-1086	CEL 2011 ALS São Paulo

CONTROLES DE QUALIDADE

218072019 - Resíduo de Metais - Metais por ICP MS (Água)

Parâmetro	CAS	Unidade	Resultado	LD	LD	Ref.
Mn (Mn)	7440-08-0	mg/L	< 0,010	0,010	0,002	9911
Níquel (Ni)	7440-02-0	mg/L	< 0,010	0,010	0,002	9911
Índice (I)	7440-24-8	mg/L	< 0,010	0,010	0,002	9911