

Utilização da lixívia extraída de cinzas de pizzaria no tratamento de água

Bruna Tavares da Silva¹

Isabella Matos Oliveira²

Maria Eduarda Lins Dias³

Jhonny Frank Sousa Joca⁴

Maria do Socorro Sousa Silva⁵

Resumo: Entre os aspectos relevantes das atividades de sustentabilidade, destacam-se aqueles vinculados ao gerenciamento de resíduos sólidos e efluentes. Com mais de 10 milhões de habitantes, calcula-se que na cidade de São Paulo, haja cerca de 11 mil pizzarias, em que aproximadamente 80% empregam a queima de lenha como fonte de energia principal para alimentar seus fornos. A cinza, resultante da combustão da madeira, pode apresentar em sua composição, elevados teores de sódio, potássio e cálcio, principalmente na forma de carbonatos e óxidos. O intuito desse trabalho é avaliar o desempenho da lixívia de cinzas (solução aquosa obtida a partir de cinzas de madeira combinadas com água) como agente alcalinizante e coagulante no tratamento de água. Através de Jar Tests com lixívias produzidas a partir de cinzas receptadas em pizzarias e análises para quantificar a eficiência do tratamento, concluiu-se, a partir dos resultados obtidos no estudo, que a lixívia demonstra ser funcional no tratamento de água, onde se destaca a necessidade de pouco produto para resultados relevantes, sendo 2 ml de lixívia para 100 ml de água suja. Os resultados da avaliação de turbidez também foram satisfatórios, como por exemplo o teste com a lixívia 1.1 que obteve porcentagem de 96,0% das sujidades reduzidas. Ademais, é válido ressaltar que a ação das lixívias possui grande variação, dependendo do manuseio e armazenamento das cinzas, do método de produção da lixívia e do meio em que está sendo inserida.

Palavras-Chave: lixívia; água; cinza.

¹Aluno do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – bruna.silva1861@etec.sp.gov.br

²Aluno do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – isabella.oliveira152@etec.sp.gov.br

³Aluno do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – maria.dias167@etec.sp.gov.br

⁴Professor do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – jhonny.joca@etec.sp.gov.br

⁵Professora do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – maria.silva2473@etec.sp.gov.br

ABSTRACT

Among the relevant aspects of sustainability activities, those linked to the management of solid waste and effluents stand out. With more than 10 million inhabitants, it is estimated that in the city of São Paulo, there are around 11 thousand pizzerias, of which approximately 80% use wood burning as the main source of energy to power their ovens. The ash, resulting from the combustion of wood, can have high levels of sodium, potassium and calcium in its composition, mainly in the form of carbonates and oxides. The aim of this work is to evaluate the performance of ash bleach (aqueous solution obtained from wood ash combined with water) as an alkalizing and coagulating agent in water treatment. Through Jar Tests with bleach produced from ash received in pizzerias and analyzes to quantify the efficiency of the treatment, it was concluded, based on the results obtained in the study, that the bleach proves to be functional in water treatment, where the Little product is required for relevant results, with 2 ml of bleach for 100 ml of dirty water. The results of the turbidity assessment were also satisfactory, for example the test with bleach 1.1 which obtained a percentage of 96.0% of dirt reduced. Furthermore, it is worth highlighting that the action of bleach varies greatly, depending on the handling and storage of the ash, the method of producing the bleach and the environment in which it is being inserted.

Keywords: ash bleach; water; ashes;

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento nas últimas décadas, representado pelo crescimento econômico fundamentado na exploração intensiva dos recursos naturais, resultou, além de problemas de ordem socioeconômicos, em impactos negativos ao ambiente, colocando em risco a sobrevivência dos ecossistemas (KLARIN, 2018).

Entre os aspectos relevantes das atividades de sustentabilidade, destacam-se aqueles vinculados ao gerenciamento de resíduos sólidos e efluentes. A temática tornou-se eminente como um problema pungente e generalizado, devido ao aumento na diversidade e geração de resíduos, provocado por fatores como rápida industrialização, crescimento populacional e alterações nos padrões de consumo, aparentes na maioria dos países (POTDAR et al., 2016; ABDEL-SHAFY & MANSOUR, 2018). De acordo com Kaza et al. (2018), a previsão mundial para 2050 é de que sejam produzidos cerca de 3,4 bilhões de toneladas de resíduos sólidos, uma tendência de geração a um nível maior do que a taxa de urbanização. Considerando dados nacionais, em 2018, foram gerados no Brasil 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos, sendo que 40,5% foram despejados em locais ausentes de controles sobre danos ambientais e degradações (ABRELPE, 2020).

O descarte dos resíduos no meio ambiente, sem que tenham sofrido algum tipo de tratamento prévio, pode levar a sérios problemas de contaminação química e microbiológica do solo e da água (ORRICO JÚNIOR et al., 2010). Os resíduos sólidos compreendem todos os resíduos comerciais, institucionais, todos os restos domésticos, o lixo da rua e os entulhos de construção. Em alguns países, o sistema de gestão de resíduos sólidos também se ocupa dos resíduos humanos, tais como excrementos, cinzas de incineradores, sedimentos de fossas sépticas e de instalações de tratamento de esgoto (FURTADO, 2008).

Com o objetivo de encontrar soluções que reduzam o impacto ambiental causado pela má destinação de resíduos e, ao mesmo tempo, diminuam os custos do produto final, há uma crescente busca pelo desenvolvimento de materiais e técnicas que utilizem de forma sustentável os recursos naturais (ARAÚJO, 2022).

Considerando o setor empresarial, os restaurantes correspondem a estabelecimentos comerciais que contribuem significativamente para a produção de resíduos sólidos, cuja gestão é complexa (ABDEL-SHAFY & MANSOUR, 2018). Devido ao descarte de grande quantidade, o gerenciamento, reutilização, processamento ou destinação final adequada e sustentável dos resíduos sólidos

nesse setor merece atenção, especialmente considerando a prática da alimentação fora do lar, que cresce a passos largos (MASSUGA et al., 2021).

De acordo com o Relatório elaborado pelo Sindicato do Comércio Varejista de Carvão Vegetal e Lenha do Estado de São Paulo - SINCAL (2000), no Estado de São Paulo, 11% da lenha produzida destina-se a pizzarias, 11% padarias e 7% a restaurantes.

Figura 1 - Detalhamento do destino da lenha.



Fonte: Adaptado de SINCAL, 2000

Com uma população de mais de 10 milhões de pessoas, estima-se que na cidade de São Paulo, existam 11 mil pizzarias, sendo a segunda cidade onde mais se consome pizza no mundo, perdendo apenas para Nova York. Entre estes estabelecimentos, aproximadamente 80% utilizam a queima de lenha como matriz energética no abastecimento dos fornos para produzir cerca de 1 milhão de pizzas diariamente (KUMAR et al, 2016).

A madeira, na sua forma direta como lenha ou do seu derivado, o carvão vegetal, é a única matriz energética utilizada no preparo de alimento para um enorme número de famílias e comunidades em diversas regiões do planeta (ROCHA, 2017). De acordo com Gioda et al. (2019), no Brasil, ainda são escassos os estudos relativos às emissões de gases e partículas relacionados com o uso da lenha, fogões e formas de cozimento, dificultando o entendimento dos efeitos causados à saúde da população. Estima-se que, a cada seis pessoas, duas utilizam a madeira como a principal fonte de energia, particularmente para famílias de países em desenvolvimento, sustentando processos de secagens, cozimentos, fermentações, produções de eletricidade etc. (ROCHA, 2017).

A grande maioria da matéria-prima utilizada para lenha é oriunda de madeira de reflorestamento do gênero *Eucalyptus*, seguido de resíduos de madeira do mesmo gênero. Alternativamente outras matérias-primas também são empregadas tais como, madeira de *Pinus*, de pomares de laranja e manga, entre outros.

Conforme a madeira se torna mais presente em processos produtivos, diversos problemas surgem, ameaçando a sustentabilidade ambiental, tais como o desmatamento e o excesso de cinzas produzidas por exemplo, como bem esclarece Borges, Akasaki e Trentin (2017). Uma das maneiras de reduzir os impactos ambientais decorrentes da disposição das cinzas de carvão no meio ambiente consiste na ampliação das potencialidades de sua utilização (FUNGARO et al, 2005).

A cinza, resultante da combustão da madeira, possui composição química que varia de acordo com sua proveniência, pois, dependendo de sua origem pode apresentar em sua composição, elevados teores de sódio, potássio, cálcio, silício e magnésio, principalmente na forma de carbonatos e óxidos (VENQUIARUTO et al, 2018). Lima (2022) ressalta que, a alcalinidade das cinzas está diretamente vinculada à presença de bicarbonatos, carbonatos e principalmente, óxidos de metais alcalinos, em sua composição; Tais compostos são gerados durante o processo de queima. A aplicação de cinza de madeira, em plantios agrícolas, por exemplo, contribui para a redução da acidificação do solo, visto essa sua propriedade (SOFIATTI, 2017).

As cinzas de madeira de eucalipto, mais especificamente, apresentam como principal nutriente o cálcio na forma de cal virgem (CaO), que quando em contato com a água, resulta-se no hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Em sua composição química, também há grandes quantidades de dióxido de silício (SiO_2), conhecido como sílica (BORGES et al, 2017).

Segundo o PCC GROUP (Process Combustion Corporation), em estudo feito em 2023, a lixívia é uma solução aquosa de hidróxido de sódio ou potássio, e esse extrato aquoso é obtido a partir de cinzas de madeira combinadas com água. A lixívia é corrosiva, dissolve-se facilmente em água e absorve umidade do ambiente (higroscópica).

Portanto, ao adicionar água à cinza, os compostos solúveis, que são os óxidos de potássio (K_2O), de cálcio (CaO) e de sódio (Na_2O) formam um extrato alcalino. Salienta-se que as bases geradas com a adição de água à cinza, estão relacionadas a metais da família dos metais alcalinos e alcalinos terrosos, ou seja, na sua maioria são caracterizadas como bases fortes, contribuindo assim, efetivamente, para a alcalinidade do meio (VENQUIARUTO et al, 2018).

Figura 2 - Aspecto de lixívias produzidas durante o estudo.



Fonte: Os autores

O tratamento de água para o consumo humano, tem se tornado cada dia mais complexo e necessário em função do crescimento das cidades e dos lançamentos de poluentes nos corpos hídricos causadas pelo homem. O sistema de tratamento de água mais empregado, é composto pelos processos de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção (FREITAS, 2019). Segundo Lemos et al (2020), as águas superficiais possuem os mais diversos tipos de impurezas, se fazendo necessárias diferentes formas de tratamento para uma remoção efetiva das sujidades e partículas suspensas, além do estabelecimento da potabilidade da água, os quais devem ser propostos de acordo com as características físico-químicas da água, como cor, turbidez, alcalinidade e pH.

1.2 Objetivos

Este estudo objetiva avaliar o desempenho da lixívia de cinzas como agente alcalinizante e coagulante no tratamento de água, visando a utilização de um resíduo massivamente produzido e mal descartado, que são as cinzas de pizzaria, atrelado a busca por uma redução de custo no processo de tratamento de água.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e Reagentes

Para produção da água suja utilizada no Jar Test, foram utilizados terra vermelha (retirada do jardim da escola) e água deionizada, produzida no laboratório. Para fabricação das lixívias e realização do Jar Test, foram utilizados além das cinzas de fornos (de pizzarias de Santo André e São Paulo) combinadas com água

deionizada, peneira granulométrica de aproximadamente 20 mesh e soluções preparadas de Al_3SO_4 5% e CaCO_3 5%.

Para homogeneização controlada foi utilizado agitador mecânico modelo NI 1137 (Nova Instrumente, Brasil). Fitas indicadoras de pH (MColorpHast, Alemanha), estufa de secagem modelo nº8176 (BASF S.A, Brasil), forno mufla (Fornitec, Brasil) e fotômetro de chama digital (Digimed, Brasil) foram utilizados para caracterização das cinzas e lixívia. Para pesagem dos reagentes, foi utilizado balança semi-analítica modelo AS 510 (Marte, Brasil). A eficiência das lixívia foi quantificada com auxílio do turbidímetro de bancada DLT - WV (Del Lab, Brasil).

2.2 Procedimento Experimental

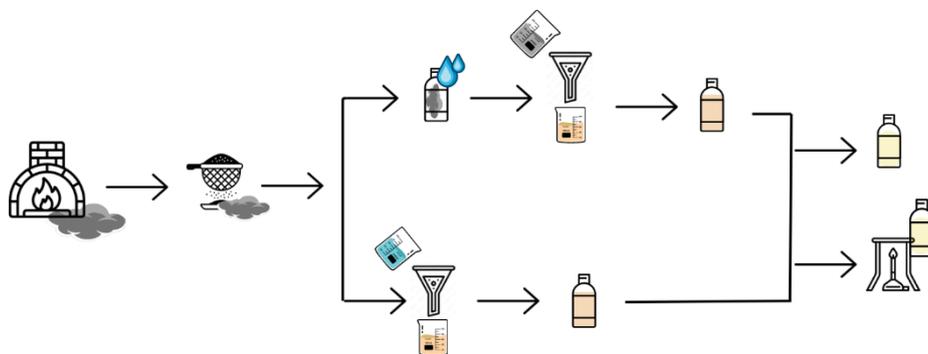
2.2.1 Padronização da água suja

A terra, retirada do jardim da escola, foi peneirada e dissolvida em água deionizada que de acordo com Venquiaruto et al (2018), foi estabelecida uma proporção de 100g de terra para 1L de água deionizada. Após isso, decantada para uso posterior.

2.2.2 Produção da lixívia

As cinzas foram receptadas em pizzarias locais, e utilizadas seguindo proporção de 300g para 1L de água deionizada. Foram testados dois métodos de preparação da lixívia: em suspensão e em filtração, sendo tido como principal o primeiro. O processo de preparação da lixívia se dá em conformidade com a figura 3.

Figura 3 - Preparação da lixívia



Fonte: Os autores

De acordo com Venquiaruto et al (2018), após peneiramento das cinzas, foi feito uma mistura com água deionizada e depois feito uma filtração, a fim de produzir

a suspensão. Para a filtração, as cinzas foram colocadas diretamente no filtro de papel do funil e a água adicionada por cima. As lixívia foram armazenadas em garrafas de plástico. Eventualmente, as lixívia foram fervidas com auxílio do bico de Bunsen, a fim de se obter um extrato mais concentrado.

2.2.3 Análise da lixívia

Visando caracterizar as lixívia produzidas, foi empregado o uso de fitas medidoras de pH para aferir a alcalinidade do extrato e uso do fotômetro de chama para quantificar a concentração de metais alcalinos do extrato, como Ca, Na e K. Para o fotômetro, foram feitas soluções de calibração com NaCl, CaCl₂ e KCl e as lixívia foram diluídas em 400x, sendo 0,25 mL de cada lixívia para 100 mL de água deionizada.

Figura 4 - Fotômetro de chama e fitas de pH, respectivamente.



Fonte: Os autores.

2.2.3 Jar Test

Para o Jar Test padrão, foram preparadas soluções de Al₂(SO₄)₃ 5%, Ca(OH)₂ 5% e NaOH 1%, e o teste se deu em conformidade com o padrão sugerido por Freitas (2019), com a adição do alcalinizante e coagulante e o período de sedimentação. Para os testes com as lixívia, inicialmente foram realizados com o auxílio de tubos de ensaio e as proporções seguiram 10 mL de água suja, 0,2 mL (4 gotas) de lixívia e 0,1 mL (2 gotas) dos coagulantes com o tempo de sedimentação em cerca de uma hora. Com o desenvolvimento dos testes, a lixívia foi utilizada sem o auxílio do coagulante. Ao nível de testes com béqueres, foi anexado o uso dos agitadores magnéticos a 260 rpm por 1 minuto, com o tempo de sedimentação de 30 minutos.

2.2.4 Análise da água tratada

Como forma de quantificar a eficácia da lixívia na limpeza da água suja, foi empregado o uso de turbidímetro, onde se media a água sem o tratamento e depois após ação da lixívia. Eventualmente, também eram realizadas diluições com a água suja para que fosse possível ter um resultado dentro dos parâmetros do equipamento.

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Produção da lixívia

As lixívias feitas através do método de filtração se mostraram inviáveis no processo, de forma que foi adotado o método de suspensão como principal:

Tabela 1 – Lixívias numeradas e especificadas

Lixívia	Modo de preparo	pH
1	Suspensão	14
1.1	Suspensão + Fervura	14
2	Suspensão	13
2.1	Suspensão + Fervura	13
3	Suspensão	13
3.1	Suspensão + Fervura	13
4	Suspensão	14
4.1	Suspensão + Fervura	13
5	Suspensão	12
6	Suspensão	14
7	Suspensão	14
8	Suspensão	10
8.1	Suspensão + Fervura	10
9	Suspensão	13
9.1	Suspensão + Fervura	13
10	Suspensão	12

Fonte: Os autores.

2.3.2 Jar Test – Inicial

Primordialmente, foram realizados os Jar Tests utilizando os reagentes comumente empregados no tratamento de água tradicional, sendo eles: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 5%, NaOH 1% e $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 5%. Os testes foram realizados para comparar a eficiência das lixívias com os reagentes habituais.

Figura 5 - Resultados do Jar Test com $\text{Al}_2(\text{SO}_3)_4$ 5%, NaOH 5% e $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 5%.



Fonte: Os autores

Devido à baixa concentração dos reagentes, foi necessário a utilização de elevado volume de tais, fazendo com que a limpeza desejada não fosse alcançada ou demorasse muito para ser obtida na maioria dos testes. Além disso, o pH que inicialmente era 9, aumentou para 14 em todos os tubos.

Após o teste inicial, foi feito um Jar Test utilizando as lixívia como alcalinizante e o $\text{Al}_2(\text{SO}_3)_4$ 5% como floculante. Seguidamente de diversas tentativas, foi definido que a melhor quantidade a ser utilizada de lixívia era de 0,20 mL (4 gotas).

Tabela 2 - Padrão de volume utilizado no Jar Test e o pH obtido.

Lixívia	V(mL) de água barrenta	V(mL) de lixívia	V(mL) de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	pH final
1	10	0,20	0,1	11
1.1	10	0,20	0,1	12
2	10	0,20	0,1	13
2.1	10	0,20	0,1	13
3	10	0,20	0,1	13
3.1	10	0,20	0,1	13

Fonte: Os autores

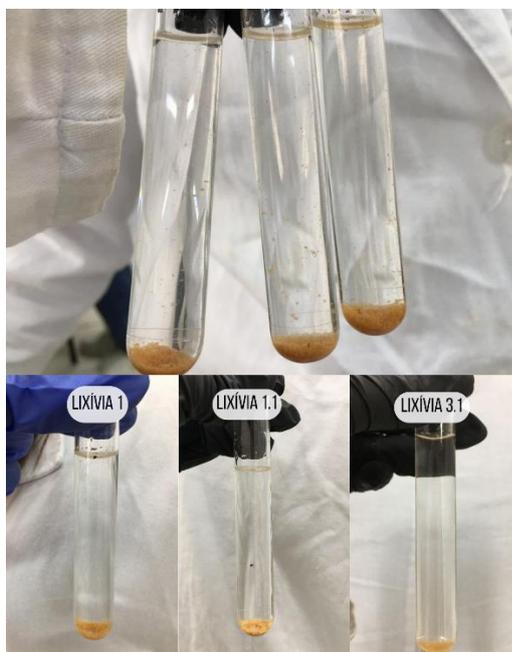
Figura 6 - Resultado do Jar Test com as lixívia e o $\text{Al}_2(\text{SO}_3)_4$ 5%.



Fonte: Os autores

Após elevado tempo de decantação, como resultado, não se obteve a clarificação desejada, incentivando um novo teste. Dessa vez utilizando apenas as lixívia no tratamento de água, em 4 tubos de ensaio foi colocado 10mL de água suja e 0,2mL de lixívia, obtendo o seguinte resultado

Figura 7 - Resultado do Jar Test apenas com a lixívia.



Fonte: Os autores

Posteriormente aos testes, foi possível constatar que a lixívia possui capacidade alcalinizante e floculante.

2.3.3 Padronização e Turbidez

Elevando o volume da análise para 100 mL, e de lixívia para 2 mL, fez-se uma padronização e a aplicação do teste de turbidez, a fim de testar a eficácia do extrato.

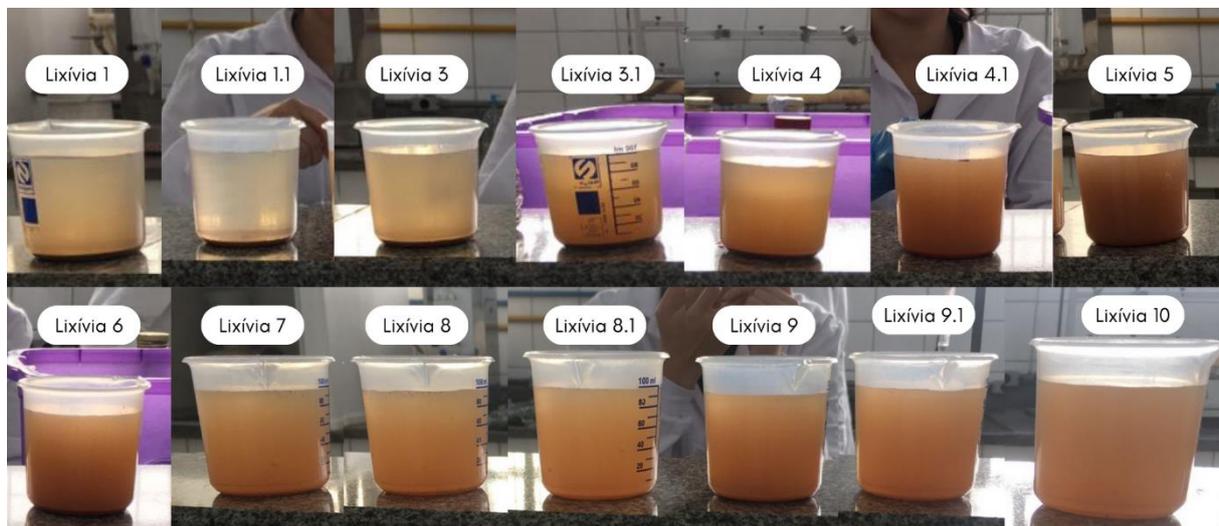
Tabela 3: Testes com análise do turbidímetro.

Lixívia	Turbidez Inicial (NTU)	Turbidez Final (NTU)	% de redução das sujidades
1	1180	53,9	95,4%
1.1	1180	46,4	96,0%
3	1180	64,9	94,5%
3.1	1180	92,1	92,2%
4	1180	113,0	90,4%

4.1	1180	73,2	93,8%
5	1368	897,0	34,4%
6	1368	985,5	28,0%
7	1368	940,8	31,2%
8	1368	976,7	28,6%
8.1	1368	975,0	28,7%
9	1368	809,3	40,8%
9.1	1368	785,5	42,6%
10	1368	864,4	36,8%

Fonte: Os autores

Figura 8 - Padronização do Jar Test



Fonte: Os autores

Seguidamente a análise dos resultados das padronizações, concluiu-se que as lixívia com melhor desempenho foram: 1; 1.1; 3 e 4. Também observou-se que essas lixívia foram produzidas através de cinzas recém retiradas do forno. Isso acontece porque as cinzas, por serem hidrofílicas, absorvem umidade com muita facilidade, o que acarreta a diminuição no potencial alcalinizante e floculante. Portanto, as lixívia produzidas de cinzas retiradas há muito tempo do forno limpam menos que as outras.

2.3.4 Fotômetro de chama

Com o objetivo de caracterizar e obter maiores informações sobre as lixívia, foi feito a análise no fotômetro de chama. Observou-se que as lixívia 1; 3; 4.1; 9.1 e

10 apresentaram altas concentrações de Potássio (K) e de Sódio (Na), o que pode justificar o potencial limpante dessas.

Tabela 4: Análise das lixívia no fotômetro de chama.

Lixívia	Modo de Preparo	pH	Concentração de Na (ppm)	Concentração de K (ppm)	Concentração de Ca (ppm)
1	Suspensão	14	2.980	28.134	53
3	Suspensão	14	2.867	26.784	44
4.1	Suspensão + Fervura	13	1.383	21.890	27
5	Suspensão	12	1.032	16.316	21
8	Suspensão	11	53	1.999	0
8.1	Suspensão + Fervura	10	8	2.654	0
9.1	Suspensão + Fervura	13	2.951	27.892	49
10	Suspensão	12	2.369	20.332	39

Fonte: Os autores

3 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Conclui-se, a partir dos resultados obtidos no estudo, que a lixívia demonstra ser funcional no tratamento de água, aumentando a potencialidade de utilização das cinza e reintroduzindo tais resíduos a um novo processo rentável ao corpo social. Desde os testes realizados em pouco volume aos com maiores proporções, o extrato aquoso das cinzas atua como agente alcalinizante e coagulante, limpando a água de maneira eficiente, resultados esses observados visualmente e através da redução dos valores da turbidez das amostras de água avaliadas.

Sobre a metodologia, destaca-se a necessidade de pouco produto para resultados relevantes, neste caso 2,0 ml de lixívia para 100 ml de água suja, o baixo custo apresentado na realização e na manutenção do procedimento, a redução de tempo de processamento com a introdução da agitação, a facilidade da execução e o viés sustentável do projeto.

Ademais, é válido ressaltar que o resultado e ação das lixívia possuem grande variação, dependendo da origem da matéria prima, do manuseio e armazenamento das cinzas, do método de produção da lixívia e sua ação depende do meio em que está sendo requerida. Sob esse viés, faz-se necessário maiores estudos sobre as lixívia e suas propriedades, a fim de otimizar e evoluir a pesquisa e os resultados.

4 REFERÊNCIAS

ABDEL-SHAIFY, H.I.; MANSOUR, M.S.M. **Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization**. Egyptian Journal of Petroleum, 27(4), 2018. doi: 10.1016/j.ejpe.2018.07.003

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**, 2020. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>>. Acesso em: ago 2023.

ARAÚJO. T.S. **Incorporação de cinzas de caldeira em elementos construtivos a base de concreto**. 2022. TCC (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Mato Grosso, 2022.

BORGES, D; AKASAKI, J.L; TRENTIN, T.F.S. Uso de cinza de madeira de eucalipto em compostos cimentícios, uma alternativa sustentável. **Cidades Verdes**, São Paulo, v. 05, n.11, 2017.

FREITAS, D.M.A. **Otimização do uso de produtos químicos no tratamento de água da UFLA**. 2019. TCC (Pós-graduação em Tecnologias e Inovações Ambientais) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2019.

FUNGARO, D. A.; IZIDORO, J. C.; ALMEIDA, R. S.; **Remoção de compostos tóxicos de solução aquosa por adsorção com zeólita sintetizada a partir de cinzas de carvão**. Eclética Química, v.30, 2005.

FURTADO, D. A.; KONIG, A. **Gestão Integrada de Recursos Hídricos**. Campina Grande – PB. Gráfica Agenda, 2008.

GIODA, A.; TONIETTO, G. B.; LEON, A. P. **Exposição ao uso da lenha para cocção no Brasil e sua relação com os agravos à saúde da população**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 24, n. 8, p. 3079–3088, ago. 2019.

KAZA, S.; YAO, L.; BHADA-TATA, P.; WOERDEN, F. V. **What a Waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050**. Urban Development. Washington, DC: The World Bank, 2018.

KLARIN, T. **The concept of sustainable development: from its beginning to the contemporary issues**. Zagreb International Review of Economics and Business, 21(1), 67-94, 2018. doi: 10.2478/zireb-2018-0005

KUMAR, P., DE FATIMA ANDRADE, M., YNOUE, R.Y., FORNARO, A., DE FREITAS, E.D., MARTINS, J., MARTINS, L.D., ALBUQUERQUE, T., ZHANG, Y., MORAWSKA, L., **New directions: From biofuels to wood stoves: The modern and ancient air quality challenges in the megacity of São Paulo**, Atmospheric Environment (2016), doi: 10.1016/j.atmosenv.2016.05.059.

LEMOS, K.S; FILHO, S.Q.A; CAVALLINI, G.S; Avaliação comparativa entre os coagulantes sulfato de alumínio ferroso e policloreto de alumínio para tratamento de água: estudo de viabilidade econômica. **Revista Desafios**. Tocantins, v. 7, n.1. 2020.

LIMA, F.S. **Utilização do óleo de andiroba (carapa guianensis) para a Produção de sabão em combinação com extrato aquoso de Cinzas**. 2022. TCC (Licenciatura em Química) – Universidade Federal do Pará, Pará. 2022.

MASSUGA, F; DOLIVEIRA, S.L.D; GONZAGA, C.A.M; SOARES, S; A sustentabilidade no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos: um estudo em restaurantes no município de Irati, PR. **DMA – Desenvolvimento e Meio Ambiente**. Paraná. v. 58. 2021. doi: 10.5380/dma.v58i0.71571

ORRICO JÚNIOR, M.A.P; ORRICO, A.C.A; JÚNIOR, J.L; Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, São Paulo. v. 30, n. 30. 2010

PALAFIX, G.H.M; Classificação dos Resíduos Sólidos, 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Classificacao-dos-Residuos-Solidos_fig1_336146531> Acesso em: ago 2023.

PCC GROUP; O que é lixiviação de madeira? 14 mar. 2023. Disponível em: <<https://www.products.pcc.eu/pt/blog/o-que-e-lixivacao-de-madeira/>> Acesso em: ago 2023.

POTDAR, A; Innovation in Solid Waste Management through Clean Development Mechanism in Developing Countries. **Procedia Environmental Sciences**. v. 35. 2016.

ROCHA, J.A; PEREIRA, J.L.S; **Utilização ilegal de lenha e carvão vegetal como matriz energética em pizzarias**. 2017. Centro de Pós-Graduação Oswaldo Cruz. 2017.

SINDICATO DO COMÉRCIO VAREJISTA DE CARVÃO VEGETAL E LENHA DO ESTADO DE SÃO PAULO – SINICAL; **Diagnóstico sobre a cadeia produtiva de carvão vegetal e lenha do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2000.

SOFIATTI, V; Cinza de madeira e lodo de esgoto como fonte de nutrientes para o crescimento do algodoeiro. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 7, n. 1. 2007.

VENQUIARUTO, L. D.; DEL PINO, J. C.; DALLAGO, R. M.; SPIZA, J.; Saberes populares fazendo-se saberes escolares: um estudo envolvendo extrato aquoso de cinzas. **Erechim Perspectiva**. v. 34, n. 127. 2010