



T R A B A L H O 3

A UTILIZAÇÃO DAS LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO PARA O PRÉ-TRATAMENTO DE CHORUME EM ATERROS SANITÁRIOS

Dilma dos Santos Lacerda

Daniele Maia Bila

Fernando Altino Medeiros Rodrigues

Giovana Ferreira dos Santos

Marcelo Augusto Vieira de Souza

Zilacleide da Silva Barros Sousa

RESUMO: As lagoas de estabilização são comuns no tratamento de lixiviado no Brasil devido a condições favoráveis e baixo custo. Contudo, o acúmulo de sólidos no fundo, sujeito à decomposição anaeróbia, pode gerar concentrações acima dos limites legais. Este artigo avalia qualitativamente o desempenho dessas lagoas, que oferecem tempo de residência, sedimentação e início da biodegradação do chorume, visando melhorar a eficiência do tratamento. As análises mostraram que a lagoa de aeração contribuiu para a eficácia do pré-tratamento, especialmente na redução das concentrações de nitrogênio amoniacal do chorume bruto, permitindo seu tratamento posterior nas estações interna e externa. Em síntese, ficou evidenciada a função essencial dessas lagoas como etapa preliminar do processo, designadas lagoas de pré-tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: LAGOAS de estabilização; TRATAMENTO de lixiviado; EFICIÊNCIA de pré-tratamento.

INTRODUÇÃO

O chorume é um efluente altamente poluente e seu tratamento tem sido um desafio na Engenharia Sanitária em todo o mundo. O tratamento de chorume e seu lançamento no ambiente dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente

tem sido um problema enfrentado pelos aterros sanitários não só localizados no Estado do Rio de Janeiro, mas em outros estados do Brasil. Além disso, o desenvolvimento de processos de tratamento de chorume de baixo custo e alta eficiência é ainda um dos desafios da mitigação dos impactos causados pela disposição de RSU em aterros sanitários.

Nos aterros sanitários, após a captação do chorume, este será acumulado para posterior envio para Estação de Tratamento de Chorume (ETC), localizada no próprio aterro, ou para o tratamento externo. Contudo, não há uma descrição detalhada desses sistemas e não há um consenso em sua nomenclatura, são chamados de bacia de acumulação ou lagoa de equalização, entre outros. As funções desses sistemas, na maioria dos aterros, é tanto servir como um reservatório para absorver as variações de vazão do chorume ocasionadas pela precipitação pluviométrica do aterro quanto na sua equalização para ser tratado na ETC. Além disso, também podem funcionar como lagoa de contenção, que serão utilizadas para armazenar o chorume em caso de alguma emergência ou problemas operacionais.

Uma vez nessas lagoas, dependendo das condições climáticas, o líquido armazenado sofre evaporação. Em locais com alta pluviosidade, as lagoas são cobertas com uma geomembrana para que a contribuição das chuvas não aumente o volume de chorume (TCHOBANOGLOUS et al., 1993).

Todavia, os fenômenos físico-químicos e biológicos que ocorrem nessas lagoas são pouquíssimos estudados e relatados na literatura. Pouco se sabe sobre a atenuação que os poluentes sofrem nesses sistemas. A partir de mecanismos físico-químicos e biológicos, o sistema de lagoas consegue reduzir a concentração de alguns poluentes do chorume, sem, contudo, atender aos padrões de lançamento estabelecidos pela legislação. Porém, podem atuar como um pré-tratamento e adequar o chorume bruto para posteriormente ser tratado em uma Estação de Tratamento.

Dependendo de vários fatores e condições climáticas, os principais mecanismos de redução de concentração de poluentes em lagoas de acumulação que podem ser citados, são: equalização, biodegradação aeróbia e anaeróbia, volatilização da amônia e a sedimentação de sólidos.

As lagoas de estabilização são amplamente empregadas no tratamento de lixiviado no Brasil, principalmente devido às condições climáticas favoráveis, disponibilidade de área territorial e baixo custo de implantação e operação (CASTILHOS JR. et al., 2009; MAIA et al., 2015). Contudo, estudos relatam as dificuldades que os sistemas de lagoas apresentam quanto a remoção de compostos recalcitrantes e nitrogênio amoniacal, que, em muitos casos, resultam em concentrações finais superiores àquelas requeridas pela legislação (BASSAN, 2010; CASTILHOS JR. et al., 2009).

Em uma lagoa, em decorrência de seu tempo de detenção, baixas turbulência e velocidade do fluxo, os sólidos sedimentáveis presente em um efluente tendem a sedimentar e se depositar, onde vão constituir o lodo de fundo da lagoa. A matéria orgânica particulada passa por um processo de estabilização devido a decomposição anaeróbia, sendo transformada em gás carbônico, água, metano e outros, além de uma fração inerte (não biodegradável) que permanece no fundo. Compostos solúveis ou finamente particulado não se sedimentam e permanecem em suspensão na massa líquida (VON SPERLING, 2002).

Além da possibilidade de digestão anaeróbia, o lodo acumulado no fundo da lagoa pode sofrer adensamento, levando a elevadas concentrações de sólidos totais e baixa relação de sólidos voláteis/sólidos totais (SV/ST) (VON SPERLING, 2002).

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar, ao menos qualitativamente, o desempenho e a importância das lagoas de pré-tratamento. As lagoas de pré-tratamento recebem diferentes chorumes gerados pelos maciços e possuem várias funções. Destacam-se, entre elas, as quatro principais: proporcionar o tempo de residência para que ocorra o fenômeno da volatilização; permitir a sedimentação de sólidos orgânicos e inorgânicos; viabilizar a equalização do chorume gerado - visto que há uma enorme variação nas características do chorume nas diferentes partes dos maciços de resíduos; iniciar a biodegradação da matéria orgânica. Dessa forma, pretende avaliar a efetividade das lagoas de pré-tratamento.

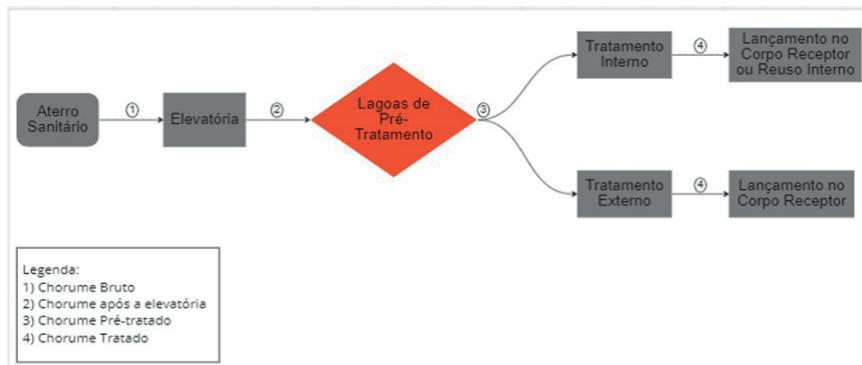
METODOLOGIA

O presente trabalho visa, principalmente, atender a dois aspectos: diligências e resultados. A abrangência do estudo é a avaliação técnica das lagoas de pré-tratamento de chorume.

O estudo é balizado em pilares a saber: Processos, Diligências, Análises Laboratoriais e Resultados. Em síntese, foi feito um estudo para entender todo o processo, em especial, a geração do chorume e a funcionalidade das lagoas de pré-tratamento. As diligências permitem analisar, em campo, todas as fases do processo.

As análises laboratoriais foram realizadas com o chorume bruto e pré-tratado, com o objetivo de apresentar a eficiência na redução de poluentes, utilizando um conjunto de lagoas de pré-tratamento. A metodologia adotada para avaliar os resultados disponibilizados foi apresentada na Figura 1 - Gestão do Chorume Gerado (da geração ao destino final) - e discutida em maiores detalhes nos resultados.

Figura 1 - Gestão do Chorume Gerado (da geração ao destino final)



FONTE: O Autor, 2023.

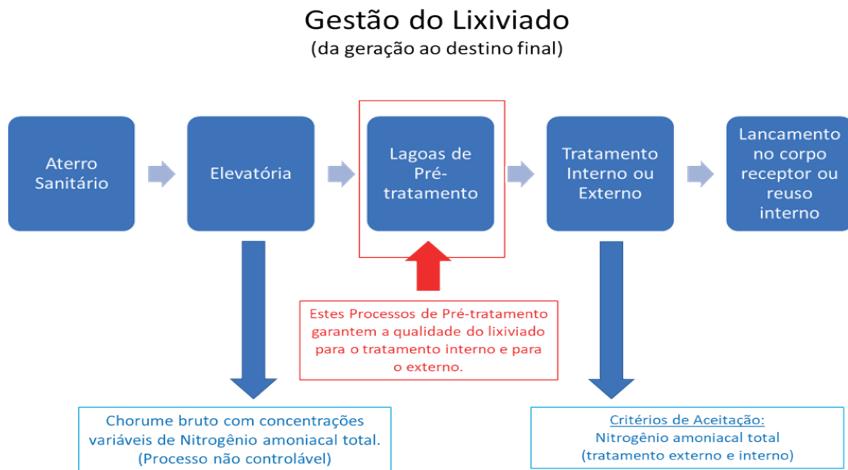
O local onde foi realizada a amostragem do chorume bruto foi o ponto 2, após a elevatória, o que pode ser mostrado na Figura 1 – Gestão do Chorume Gerado.

Para entendimento sobre a variabilidade das características físico-química do chorume bruto, priorizaram-se os parâmetros que mais caracterizam este efluente, quais sejam: DQO, DBO, nitrogênio amoniacal, pH, cloreto e condutividade.

Os resultados das análises destes parâmetros, extraídos dos laudos, foram inseridos em uma planilha de resultados. Os resultados foram compilados em uma tabela com análise estatística descritiva e em gráficos do tipo boxplot e seguem apresentados neste TRABALHO.

Desta forma, para avaliar tal processo, definiu-se uma envoltória que está representada, na Figura 2 – Diagrama de Processo com Definição da Elevatória (Quadro Vermelho) para Avaliação da Eficiência dos Processos de Pré-Tratamento do Chorume. Desta maneira, a avaliação dos resultados dos processos de pré-tratamento será dada pela análise dos resultados de caracterização do afluente e do efluente desta envoltória, os quais se caracterizam pelo chorume bruto coletado na elevatória (afluente das lagoas de pré-tratamento) e do chorume pré-tratado coletado na lagoa de pré-tratado (efluente do pré-tratamento).

Figura 2 - Diagrama de Processo com Definição da Envoltória (Quadrado Vermelho) para Avaliação da Eficiência dos Processos de Pré-Tratamento do Chorume



FONTE: O Autor, 2023.

A avaliação da eficiência do sistema foi promovida a partir dos resultados da concentração do nitrogênio amoniacal no chorume bruto e no pré-tratado, pelo período compreendido entre mar/2020 a jun/2022. Os resultados de entrada e de saída da envoltória foram compilados em uma tabela com análise estatística descritiva e, posteriormente, plotados em gráficos do tipo box plot.

A análise do desempenho do Sistema de Pré-tratamento, já definido pela envoltória mencionada no item anterior, foi desenvolvida a partir do cálculo da eficiência de remoção para o nitrogênio amoniacal, em uma planilha de excel, cuja origem dos dados já foi mencionada neste item.

Os resultados de eficiência foram plotados em gráficos do tipo boxplot e analisados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados relacionados às Lagoas de Pré-Tratamento seguiram alguns passos, mas em especial, destaca-se a consolidação das percepções das diligências, conforme previsto na metodologia.

VARIABILIDADE NA CARACTERIZAÇÃO DO CHORUME BRUTO

A variabilidade nas características físico-químicas do Chorume Bruto é conhecida nos aterros de diversas localidades. Desta maneira, desenvolveu-se nesta etapa a avaliação dos resultados da caracterização do chorume bruto ao longo do ano de 2021.

LEVANTAMENTO DA EFICIÊNCIA DAS LAGOAS DE PRÉ-TRATAMENTO

Considerando que existe grande variabilidade na caracterização do chorume bruto e que há a necessidade de manutenção de certa linearidade no afluente da Estação de Tratamento de Chorume e nas Estações de Tratamento de Efluente Externas, torna-se importante a avaliação da eficiência dos processos de pré-tratamento que acontecem nas lagoas da empresa em questão.

O chorume bruto que chega à elevatória de chorume é bombeado para as lagoas de pré-tratamento e desta ocorre novo bombeamento para uma das lagoas de entrada da Estação de Tratamento de Chorume Interna, após o atingimento dos níveis de nitrogênio amoniacal desejáveis.

Segundo informado na visita, é necessário que a concentração de nitrogênio amoniacal do chorume bruto seja reduzida a 2.000-2.100 mg/L para que possa ser mantida a vazão da Estação de Tratamento Interna de Chorume e para que o efluente possa ser enviado para o tratamento externo. Esta faixa de concentração está significativamente abaixo da variação da concentração do chorume bruto gerado, segundo as informações fornecidas na visita.

Os dados de caracterização do chorume bruto, disponibilizados foram compilados na Tabela 1 que apresenta a estatística descritiva para os parâmetros avaliados, quais sejam: condutividade, DQO, DBO, cloreto e nitrogênio amoniacal. Os dados referem-se às análises do chorume bruto realizadas entre janeiro e dezembro de 2021.

Tabela 1 - Estatística descritiva para os parâmetros condutividade, DQO, DBO, cloreto e nitrogênio amoniacal para o chorume bruto do Centro de Tratamento de Resíduos (CTR-Rio). Período de monitoramento: janeiro a dezembro de 2021.

Estatística	Condutividade	DQO	DBO	Cloreto	Nitrogênio amoniacal
Número de dados	51	51	24	24	24
Média	30951	8252	3522	4297	2713
Mínimo	17898	1000	1500	1460	910
Máximo	56300	20500	7250	5890	3350
Desvio padrão	0,24	0,35	0,40	0,25	0,19
Percentil 10%	20000	5350	1940	3084	2232
Percentil 25%	28050	6525	2490	3767,5	2617,5
Percentil 50%	31500	8080	3435	4415	2840
Percentil 75%	33530	9770	4195	4997,5	2982
Percentil 90%	36800	10200	5290	5559	3156

FONTE: O autor, 2023. Observação: Os dados de DQO, DBO, cloreto e nitrogênio amoniacal estão apresentados em mg/L e o de condutividade em mS/cm. Número de dados e desvio padrão são adimensionais.

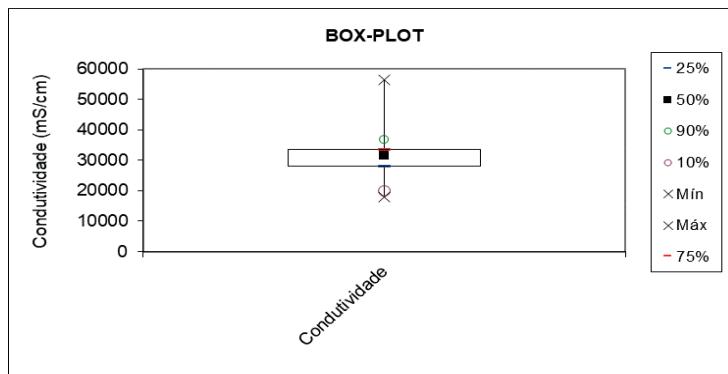
A Tabela 1 mostra que o número de dados para os resultados de DQO e condutividade é de 51 e para DBO, cloreto e nitrogênio amoniacal é de 24. Nota-se, pela observação dos resultados de mínimo e máximo de cada um dos parâmetros, que as variações são significativas:

- | Condutividade variando de 17.898 mS/cm a 56.300 mS/cm
- | DQO variando de 1.000 mg/L a 20.500 mg/L
- | DBO variando de 1.500 mg/L a 7.250 mg/L
- | Cloreto variando de 1.460 mg/L a 5.890 mg/L
- | Nitrogênio amoniacal variando de 910 mg/L a 3.350 mg/L

Tais variações de valores dos parâmetros são condizentes com as encontradas na literatura de caracterização de chorume bruto (LANGE e AMARAL, 2009). A maior amplitude na variação DQO pode estar associada à mistura de chorume de diferentes estágios presentes no aterro em operação.

A seguir, os gráficos boxplot estão apresentados nas Figuras 3, 4 e 5, por parâmetro avaliado, para o período em monitoramento.

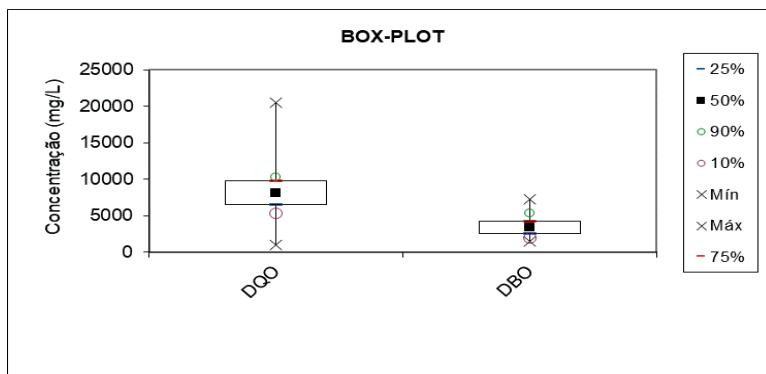
Figura 3 - Gráfico Boxplot com Resultados de Condutividade do Chorume Bruto do CTR-Rio para o Período Compreendido entre Janeiro e Dezembro de 2021.



FONTE: O autor, 2023.

O gráfico apresentado na Figura 3 – Gráfico Boxplot com Resultados de Condutividade do Chorume Bruto do CTR-Rio para o Período Compreendido entre Janeiro e Dezembro de 2021 – mostra a grande amplitude de variação nos resultados de condutividade do chorume bruto, indicando que a maior parte dos dados se encontra entre 28.050 e 33.530 mS/cm.

Figura 4 – Gráfico Boxplot com Resultados de DBO e DQO do Chorume Bruto do CTR-Rio para o Período Compreendido entre Janeiro e Dezembro de 2021

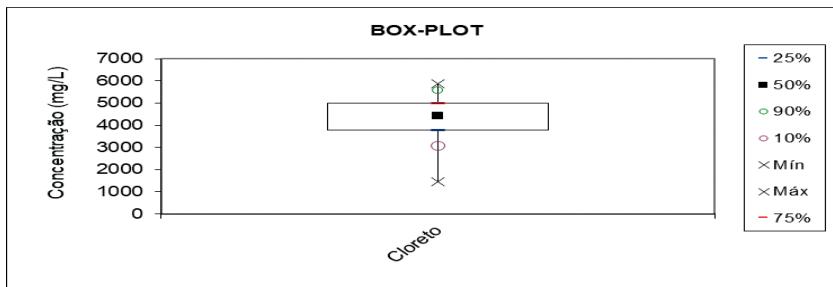


FONTE: O autor, 2023.

O gráfico apresentado na Figura 4 – Gráfico Boxplot com Resultados de DBO e DQO do Chorume Bruto do CTR-Rio para o Período Compreendido entre Janeiro e Dezembro de 2021 – mostra uma maior amplitude de variação dos resultados para

a DQO em relação à DBO, o que pode ser explicado, como acima mencionado, pela mistura de chorume de diferentes etapas de operação do aterro. O gráfico também indica que a faixa de maior concentração dos dados de DQO, entre 6.525 e 9.770 mg/L é maior do que a relativa à DBO que está entre 2.490 e 4.195 mg/L.

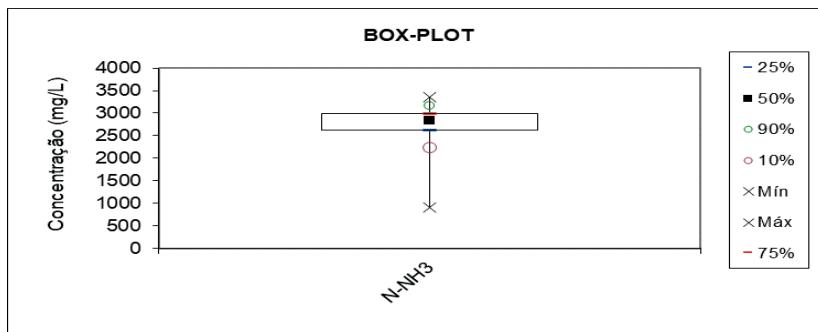
Figura 5 - Gráfico Boxplot com Resultados de Cloreto do Chorume Bruto do CTR-Rio para o Período Compreendido entre Janeiro e Dezembro de 2021.



FONTE: O autor, 2023.

O gráfico apresentado na Figura 5 – Gráfico Boxplot com Resultados de Cloreto do Chorume Bruto do CTR-Rio para o Período Compreendido entre Janeiro e Dezembro de 2021 – mostra a grande amplitude de variação nos resultados de cloreto para o chorume bruto, indicando que a maior parte dos dados se encontra entre 3.767 e 4.997 mg/L.

Figura 6. Gráfico Boxplot com Resultados de Nitrogênio Amoniacial do Chorume Bruto do CTR-Rio para o Período Compreendido entre Janeiro e Dezembro de 2021



FONTE: O autor, 2023.

O gráfico apresentado na Figura 6 – Gráfico Boxplot com Resultados de Nitrogênio Amoniacal do Chorume Bruto do CTR-Rio para o Período Compreendido entre Janeiro e Dezembro de 2021 – mostra a amplitude de variação nos resultados de nitrogênio amoniacal para o chorume bruto, indicando que a maior parte dos dados se encontra entre 2.617 e 2.982 mg/L, faixa de concentração que é bem acima dos limites aceitáveis para entrada do efluente nas Estações Interna e Externa de Tratamento do Chorume. A inexistência das lagoas de pré-tratamento do CTR-Rio, visando reduzir as concentrações de nitrogênio amoniacal do chorume antes da entrada da ETC, ocasionaria grandes impactos negativos para esta Unidade no sentido de reduzir significativamente sua capacidade efetiva de tratamento em termo de vazão. Além disso, a redução de concentração do nitrogênio amoniacal nas lagoas de pré-tratamento também é necessária para atendimento aos critérios de aceitação das Estações Externas de Tratamento no que se refere a este parâmetro.

Os resultados de caracterização físico-química demonstram que o chorume bruto do CTR possui altas concentrações de DQO, nitrogênio amoniacal e cloreto, sendo essas características encontradas em chorumes de outros aterros brasileiros. Além disso, a baixa relação DBO/DQO demonstra um chorume com baixa biodegradabilidade o que sugere a presença de substâncias recalcitrantes, ou seja, de difícil degradação biológica.

Neste sentido, a avaliação da eficiência de remoção das lagoas de pré-tratamento deve ser centrada nas concentrações de entrada e saída do nitrogênio amoniacal, visto que este parâmetro é o único cujas concentrações no chorume bruto são restritivas para encaminhar para as Estações de Tratamento Interna e Externa.

Os resultados das concentrações de nitrogênio amoniacal no chorume bruto e no pré-tratado foram compilados na Tabela 2 que apresenta a estatística descritiva para os parâmetros avaliados. Os dados referem-se às análises realizadas entre janeiro e dezembro de 2021.

Tabela 2 - Estatística descritiva para o parâmetro nitrogênio amoniacal do chorume na entrada e saída das lagoas de pré-tratamento e eficiência de remoção. Período monitoramento: março 2020 a julho 2022.

Estatística	Nitrogênio amoniacal ENTRADA	Nitrogênio amoniacal SAÍDA	Eficiência de remoção (%)
Número de dados	29	29	29
Média	2703	1512	42
Mínimo	1555	602	0
Máximo	4100	2000	79
Desvio padrão	561	353	17
Percentil 10%	1869	1183	26
Percentil 25%	2535	1347	33
Percentil 50%	2775	1543	41
Percentil 75%	3065	1735	52
Percentil 90%	3259	1972	58

FONTE: O autor, 2023. Observação: Os dados de nitrogênio amoniacal estão apresentados em mg/L. Número de dados e desvio padrão são adimensionais.

A totalidade dos dados compreendeu 29 amostras analisadas na entrada das lagoas de pré-tratamento e a mesma quantidade de amostras na saída.

No período avaliado, as concentrações de nitrogênio amoniacal variaram entre:

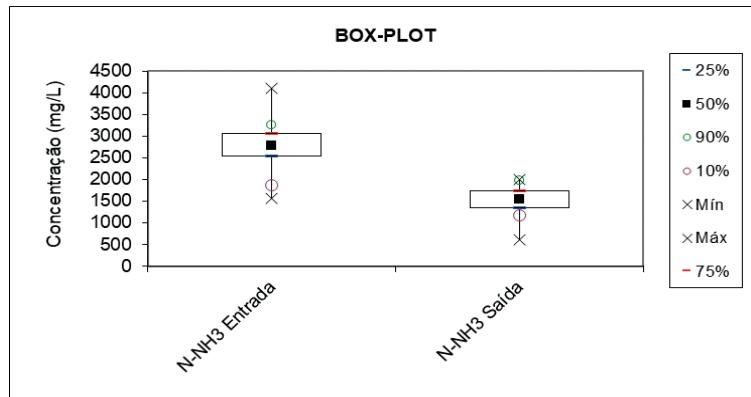
- Entrada do sistema de pré-tratamento: de 1.555 mg/L a 4.100 mg/L
- Saída do sistema de pré-tratamento: de 602 mg/L a 2.000 mg/L

A variação da eficiência de remoção do nitrogênio amoniacal ficou entre 0 e 79%, sendo que o período em que houve resultado de eficiência de 0% foi durante as chuvas, quando a concentração dos poluentes do chorume pode ser muito reduzida em função de alta pluviometria próxima à data da coleta do chorume bruto.

Nota-se também que, apesar da variação das concentrações de nitrogênio amoniacal na entrada e na saída, a faixa de oscilação dos resultados em cada uma das situações é diferente, sendo que a faixa dos dados de saída está nitidamente abaixo do que as de concentração de entrada.

As Figuras 7, 8 e 9 apresentam os gráficos boxplot para as concentrações de nitrogênio amoniacal do chorume de entrada e saída da envoltória (lagoas de pré-tratamento) e para a eficiência global do sistema.

Figura 7 – Gráfico Boxplot com Resultados de Nitrogênio Amoniacial no Chorume Bruto e Pré-Tratado para o Período Compreendido entre Março/2020 e Julho/2022

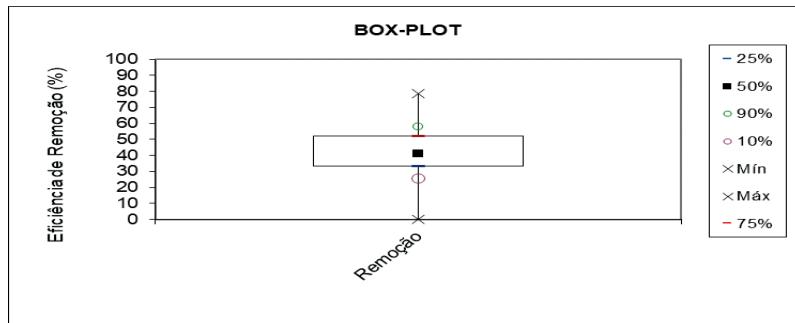


FONTE: O autor, 2023.

O gráfico da Figura 7 – Gráfico Boxplot com Resultados de Nitrogênio Amoniacial no Chorume Bruto e Pré-Tratado para o Período Compreendido entre Março/2020 e Julho/2022 – apresenta a variação dos resultados de N-NH₃ na entrada e na saída do sistema de pré-tratamento, indicando que a maior parte dos dados de entrada se encontra entre 2.535 e 3.065 mg/L e os de saída entre 1.347 e 1.735 mg/L.

As diferenças nas concentrações antes e depois do sistema de pré-tratamento são notórias, denotando que o mesmo tem papel fundamental na adequação das concentrações de nitrogênio amoniacial no chorume bruto para permitir seu tratamento nas Estações Interna e Externa.

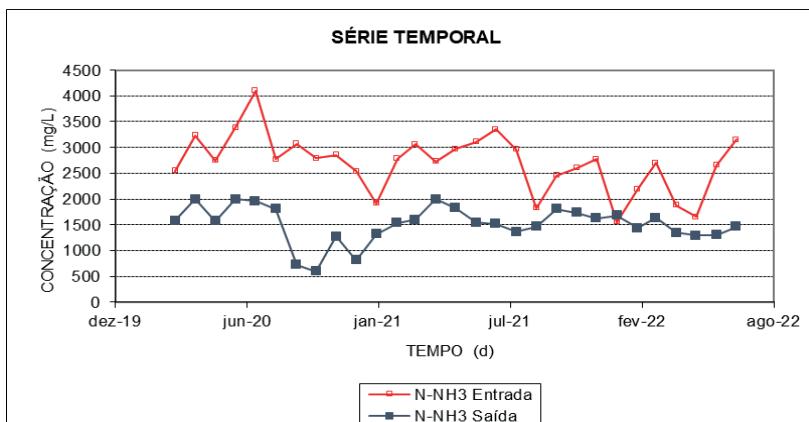
Figura 8 – Gráfico Boxplot com Resultados de Eficiência de Remoção do Nitrogênio Amoniacial no Sistema de Pré-Tratamento para o Período Compreendido entre Março/2020 e Julho/2022.



FONTE: O autor, 2023.

O gráfico da Figura 8 – Gráfico Boxplot com Resultados de Eficiência de Remoção do Nitrogênio Amoniacal no Sistema de Pré-Tratamento para o Período Compreendido entre Março/2020 e Julho/2022 – apresenta a variação dos resultados de eficiência de remoção do N-NH₃ para o sistema de pré-tratamento, indicando que a maior parte dos dados se encontra entre 33 e 52% de eficiência. Estes resultados corroboram com os anteriores e reforçam o papel de minimização da carga poluidora do chorume bruto, antes de sua entrada nas Estações de Tratamento Interna e Externa.

Figura 9 – Gráfico de Série Temporal para o Parâmetro Nitrogênio Amoniacal do Chorume na Entrada e Saída das Lagoas de Pré-Tratamento.
Período de Monitoramento: Março de 2020 a Julho de 2022



FONTE: O autor, 2023.

A Figura 9 – Gráfico de Série Temporal para o Parâmetro Nitrogênio Amoniacal do Chorume na Entrada e Saída das Lagoas de Pré-Tratamento. Período de Monitoramento: Março de 2020 a Julho de 2022 – apresenta a série temporal dos resultados de concentração de nitrogênio amoniacal do chorume na entrada e na saída do sistema de pré-tratamento, demonstrando que ao longo de todo o período avaliado houve remoção da carga de nitrogênio amoniacal do efluente. A exceção refere-se ao mês de jan/2022, cuja eficiência foi nula (0%), o que já foi mencionado anteriormente no presente item.

Os resultados preliminares da lagoa de aeração, desenvolvido na Lagoa L5 estão consolidados no Quadro 1 a seguir. Os dados apresentam resultados de duas bateladas que foram acompanhadas de modo sequencial. Após finalizada a primeira batelada, houve esvaziamento de 1/3 do volume da lagoa de aeração e preenchimento com o mesmo volume de chorume bruto antes do início da segunda batelada. A caracterização dos parâmetros desta mistura está apresentada no Quadro 1.

Os resultados apresentados no Quadro 1 – Parâmetros de controle e resultados preliminares do monitoramento do sistema de aeração mostram que:

- I Na primeira batelada o nitrogênio amoniacal apresentou concentração média inicial de 2.642,5 mg/L e alcançou, após 28 dias, uma concentração média de 2.037,5 mg/L, o que significa uma eficiência de redução da ordem de 23%.
- I Ainda na primeira batelada, a concentração de DQO média inicial, que era de 10.022,5 mg/L, reduziu-se, após 28 dias, para 8.235 mg/L, o que significa uma eficiência de redução da ordem de 18%.
- I Na segunda batelada o nitrogênio amoniacal apresentou concentração média inicial de 2.220 mg/L e chegou, após 11 dias, a uma concentração média de 2.145 mg/L, o que significa uma eficiência de redução da ordem de 3,4%.
- I Também na segunda batelada, a concentração de DQO média inicial, que era de 9.845 mg/L, reduziu-se, após 11 dias, para 6.853 mg/L, o que significa uma eficiência de redução da ordem de 30,4%.

As diferenças nos percentuais de eficiência observados nas duas bateladas estão associadas principalmente aos tempos de duração das mesmas. A primeira batelada foi de 28 dias e a segunda de 11 dias. Pode-se notar, a partir do resultado da primeira batelada que a remoção do nitrogênio amoniacal ocorre de forma mais significativa a partir do dia 14, o que não pôde ser observado na batelada 2. Isso significa dizer que é provável que o tempo de residência mínimo do efluente na lagoa de aeração tenha que ser de cerca de 20-28 dias, quando as eficiências de remoção atingem patamares maiores do que 20% de remoção.

Como apresentado na Tabela 1, na faixa de pH em que o chorume bruto se encontrava na lagoa 5 (L5), pH 8.5-9, a remoção teórica máxima esperada para o nitrogênio amoniacal através de sua volatilização, seria de 24%. No entanto, a eficiência obtida na L5 foi de 23% em 28 dias, o que significa um resultado muito positivo para o processo. O que significa que atingiu praticamente o máximo que esta operação unitária permitiria.

Com relação à redução da DQO, esta deve estar associada à volatilização dos compostos orgânicos voláteis presentes no chorume bruto.

As oscilações nas eficiências do processo são um indicativo da importância da continuidade da avaliação do mesmo para melhor entendimento sobre seus potenciais e limitações. Além disso, é importante que se avalie o processo em condições diferentes de temperatura, já que este parâmetro também pode influenciar positivamente a remoção do nitrogênio amoniacal do chorume, ou seja, pode

reduzir o tempo necessário para a finalização da batelada. Entretanto, apesar da necessidade de continuar a avaliação, os resultados preliminares, obtidos na lagoa aerada demonstram que esse pode ser um pré-tratamento promissor na adequação das concentrações de nitrogênio amoniacal para posterior tratamento. Além disso, reduções nas concentrações de DQO também contribuem para a redução da carga orgânica enviada para a ETC e Estações Externas de tratamento.

A partir dos resultados apresentados é possível concluir que:

- I O chorume bruto gerado no aterro sanitário do CTR-Rio apresenta grande variação nas concentrações dos poluentes mais relevantes para sua caracterização: DQO, DBO, cloreto, condutividade e nitrogênio amoniacal;
- I A variabilidade encontrada no chorume bruto do CTR é condizente com as descritas na literatura para chorumes de outras localidades do país;
- I Existem restrições de concentração de nitrogênio amoniacal na entrada das Estações Interna e Externa de Tratamento do Chorume, e as concentrações deste poluente no chorume bruto excedem, na maior parte do tempo, estes limites de restrição;
- I Foi verificada a eficiência do sistema de pré-tratamento de chorume do CTR-RIO, o qual possui um papel fundamental na redução das concentrações de nitrogênio amoniacal do chorume bruto para que este possa ser tratado nas Estações Interna e Externa de tratamento;
- I A análise dos resultados preliminares da lagoa de aeração indica que este processo contribuirá para a melhoria da eficiência das lagoas de pré-tratamento de chorume já existente no CTR. Entretanto, é importante o acompanhamento dos resultados de forma continuada e durante o período do verão para apuração dos parâmetros de controle e eficiência do processo.

Quadro 1 - Parâmetros de controle e resultados preliminares do monitoramento do sistema de aeração.

Data da coleta	Nível	Ensaios				Eficiência			
		N-NH ₃ (mg/L)	pH	T (°C)	DQO (mg/L)	Dias de acompanhamento	Nível	N-NH ₃ (%)	DQO (%)
Primeira Batelada									
25/08/2022	1 m	2490	8,36		7790	6	1 m	NA	NA
25/08/2022	2 m	2620	8,34		12790	6	2 m	NA	NA
25/08/2022	3 m	2670	8,31		10870	6	3 m	NA	NA
25/08/2022	4 m	2790	8,30		8640	6	4 m	NA	NA
31/08/2022	1 m	2480	8,61		8646	11	1 m	0,4%	-11,0%
31/08/2022	2 m	2610	8,59	23,5	8177	11	2 m	0,4%	36,1%
31/08/2022	3 m	2760	8,61		6488	11	3 m	-3,4%	40,3%
31/08/2022	4 m	2770	8,69		7928	11	4 m	0,7%	8,2%
05/09/2022	1 m	2150	8,65		8548	14	1 m	14%	-10%
05/09/2022	2 m	2250	8,54	23,8	6343	14	2 m	14%	50%
05/09/2022	3 m	2480	8,62		8315	14	3 m	7%	24%
05/09/2022	4 m	2660	8,64		10116	14	4 m	5%	-17%
08/09/2022	1 m	2080	8,68	23,6	6603	18	1 m	16%	15%
08/09/2022	2 m	2160	8,66		10085	18	2 m	18%	21%
08/09/2022	3 m	2200	8,64		6731	18	3 m	18%	38%
08/09/2022	4 m	2230	8,63		8459	18	4 m	20%	2%
12/09/2022	1 m	2060	8,76	24,4	7687	20	1 m	17%	1%
12/09/2022	2 m	2080	8,76		8726	20	2 m	21%	32%
12/09/2022	3 m	2090	8,75		9699	20	3 m	22%	11%
12/09/2022	4 m	2160	8,72		8295	20	4 m	23%	4%
14/09/2022	1 m	2030	8,79	24,5	9451	25	1 m	18%	-21%
14/09/2022	2 m	2030	8,79		9706	25	2 m	23%	24%
14/09/2022	3 m	2080	8,79		9836	25	3 m	22%	10%
14/09/2022	4 m	2090	8,8		9927	25	4 m	25%	-15%
19/09/2022	1 m	2000	8,81	23,7	8985	28	1 m	20%	-15%
19/09/2022	2 m	2030	8,8		8172	28	2 m	23%	36%
19/09/2022	3 m	2060	8,8		7853	28	3 m	23%	28%
19/09/2022	4 m	2060	8,79		7930	28	4 m	26%	8%
Segunda Batelada: Trocou-se cerca de 1/3 do volume da lagoa de aeração para avaliação de nova batelada.									
22/09/2022	1 m	2200	8,72	24,5	11040	0	1 m	NA	NA
22/09/2022	2 m	2210	8,69		11155	0	2 m	NA	NA
22/09/2022	3 m	2220	8,71		7263	0	3 m	NA	NA
22/09/2022	4 m	2250	8,74		9923	0	4 m	NA	NA
27/09/2022	1 m	1980	8,73	24,9	8711	5	1 m	10%	21%
27/09/2022	2 m	2010	8,67		7864	5	2 m	0%	30%
27/09/2022	3 m	2170	8,72		9086	5	3 m	2%	-25%
27/09/2022	4 m	2190	8,73		9578	5	4 m	3%	3%
04/10/2022	1 m	2110	8,63	24,8	6563	11	1 m	4%	41%
04/10/2022	2 m	2140	8,74		7128	11	2 m	3%	36%
04/10/2022	3 m	2160	8,66		6439	11	3 m	3%	11%
04/10/2022	4 m	2170	8,78		7281	11	4 m	4%	27%

FONTE: O autor, 2023.

CONCLUSÕES

As lagoas de pré-tratamento recebem diferentes chorumes gerados pelos maciços (pelas células dos resíduos) e pôde-se notar quatro principais funções. Dito de outra forma, podem-se sublinhar quatro pilares das lagoas de pré-tratamento: Volatilização; Sedimentação; Equalização e a Biodegradação. A partir dos resultados é possível concluir:

- | O chorume bruto gerado no aterro sanitário apresenta grande variação nas concentrações dos poluentes mais relevantes para sua caracterização: DQO, DBO, cloreto, condutividade e nitrogênio amoniacal;
- | A variabilidade encontrada no chorume bruto é condizente com as descritas na literatura para chorumes de outras localidades do país;
- | Existem restrições de concentração de nitrogênio amoniacal na entrada das Estações Interna e Externa de Tratamento do Chorume, e as concentrações deste poluente no chorume bruto excedem, na maior parte do tempo, estes limites de restrição;
- | Foi verificada a eficiência do sistema de pré-tratamento de chorume, o qual possui um papel fundamental na redução das concentrações de nitrogênio amoniacal do chorume bruto para que este possa ser tratado nas Estações Interna e Externa de tratamento;
- | A análise dos resultados preliminares da lagoa de aeração indica que este processo contribuirá para a melhoria da eficiência das lagoas de pré-tratamento de chorume já existente no CTR. Entretanto, é importante o acompanhamento dos resultados de forma continuada e durante o período do verão para apuração dos parâmetros de controle e eficiência do processo.

Em síntese, ficou claro e evidenciado, em termos qualitativos, a função de pré-tratamento das lagoas, que não por outro motivo são designadas lagoas de pré-tratamento.

As lagoas de pré-tratamento, como o nome sugere, são a primeira etapa do tratamento (ou pré-tratamento, como se usa designar) do chorume gerado da empresa. Os quatro pilares citados no texto são demandas atendidas nas lagoas de pré-tratamento: volatilização, sedimentação, equalização e biodegradação.

REFERÊNCIAS

BASSANI, F. Monitoramento do lixiviado do aterro controlado de Maringá- Paraná e avaliação da tratabilidade com coagulantes naturais, radiação ultravioleta (UV) e ozônio. 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá.

BILA, D. M; MONTALVÃO, A. F; SILVA, A. C; DEZOTTI, M. Ozonation of a landfill leachate: evaluation of toxicity removal and biodegradability improvement, Journal of Hazardous Materials, V 117 (2–3), p. 235-242, 2005.

CASTILHOS JUNIOR, A. B. COORDENADOR. Resíduos Sólidos: Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos com Ênfase na Proteção de Corpos D’Água: Prevenção, Geração e Tratamento de Lixiviados de Aterros Sanitários - PROSAB 5. Rio de Janeiro, ABES, 2006.

FERREIRA, J.A. et al. Tratamento Combinado de Lixiviados de Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos com Esgoto Sanitário. IN: Gomes. L.P. COORDENADORA. Resíduos Sólidos: Estudos de Caracterização e Tratabilidade de Lixiviados de Aterros Sanitários para as Condições Brasileiras - PROSAB 5. Rio de Janeiro, ABES, 2009.

LANGE, L. C.; Amaral, M.C.S. Geração e Características de Lixiviado. IN: Gomes. L.P. COORDENADORA. Resíduos Sólidos: Estudos de Caracterização e Tratabilidade de Lixiviados de Aterros Sanitários para as Condições Brasileiras - PROSAB 5. Rio de Janeiro, ABES, 2009.

NASCENTES, A.L. Tratamento combinado de lixiviado (Tese). 2013. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

TCHOBANOGLOUS, G., THEISEN, H., VIGIL, S.A. Integrated solid waste management – engineering principles and management issues. New York: McGraw-Hill International Editions, 1993.