



ESTUDO DE VIABILIDADE DE DECANTAÇÃO DE RESÍDUOS DE BETONEIRAS EM OBRAS DE ENGENHARIA CIVIL: ESTUDO DE CASO DE UM ECO RESORT EM GOIÁS

Jhulia Pereira Amorim

Bacharelanda do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (jhulia.amorim29@outlook.com)

Karita Lorrana de Paula Antunes

Bacharelanda do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (karitalorrana69@gmail.com)

Sarah Santos Ribeiro

Bacharelanda do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (sarahribeiro2@outlook.com)

Eduardo Dourado Argôlo

Professor Doutor do Curso de Engenharia Civil da UniEVANGÉLICA (eduardo@spatial.ag)

RESUMO

Este estudo investiga a viabilidade de implementar um sistema de decantação de resíduos de betoneiras em obras de engenharia civil, com um estudo de caso focado no Eco Resort, localizado em Goiás. Com o objetivo de minimizar os impactos ambientais causados pelo processo de limpeza das betoneiras, o sistema proposto separa eficazmente os resíduos sólidos da água utilizada. A pesquisa detalha a análise das características do empreendimento, considerando seu tamanho, localização e estrutura, além de avaliar as regulamentações ambientais vigentes. O sistema de decantação foi implementado seguindo as práticas e normativas ambientais de engenharia civil. Foi realizada análises rigorosas da qualidade da água antes e após o processo de decantação, empregando parâmetros essenciais como cloro residual livre, condutividade elétrica, cor aparente, ferro total, dureza total, cloretos, sulfato, turbidez, pH e sólidos dissolvidos totais. As análises realizadas apresentaram resultados positivos, demonstrando uma solução prática e sustentável que pode transformar a gestão de resíduos para a promoção de sustentabilidade na construção civil. O propósito deste estudo é promover a adoção da decantação pelas empresas da construção civil como uma abordagem viável e sustentável para tratar as águas utilizadas durante sua produção. Este método oferece uma solução eficaz e ambientalmente consciente para lidar com as águas residuais da indústria da construção, a principal intenção é destacar seus benefícios e incentivar sua implementação dentro do setor.

PALAVRAS-CHAVE: decantação; resíduos de betoneiras; sustentabilidade; gestão ambiental; impacto ambiental.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das indústrias que mais impactam o meio ambiente, contribuindo significativamente para a geração de resíduos sólidos durante os processos de construção. Especificamente, a limpeza de betoneiras em obras de engenharia civil resulta na produção de resíduos de concreto, que, se descartados inadequadamente, podem causar sérios danos ambientais, incluindo a contaminação do solo e dos recursos hídricos. Diante desse cenário, a implementação de sistemas eficazes de gestão de resíduos, como os sistemas de decantação, torna-se essencial para mitigar os impactos ambientais e promover práticas mais sustentáveis na construção civil.

O Brasil está passando por uma fase de substituição dos processos de preparo manual do concreto em obra pelo dosado em central, o que representa um progresso significativo para a construção civil. Segundo (SOUZA,2007), os serviços oferecidos pelas centrais dosadoras podem proporcionar várias vantagens, como o aumento da velocidade das obras, a diminuição das perdas dos materiais constituintes do concreto, além de melhorar a qualidade e a durabilidade das obras.

Contudo, a produção de concreto, de maneira geral, impacta negativamente o meio ambiente, demandando grandes quantidades de recursos naturais, gerando poluição sonora, contaminando o ar através da emissão de partículas e produzindo quantidades consideráveis de resíduos. (SEALEY, 2001), (PAOLINI E KHURANA ,1998) e (CHINI E MBWAMBO,1996) identificam três principais fontes geradoras de resíduos na produção de concreto: a lavagem interna do balão das betoneiras, a lavagem do pátio da central dosadora e a sobra do concreto fresco não utilizado.

Mesmo após o descarregamento, uma betoneira com capacidade de 0,5 m³ ainda retém cerca de 4 litros de concreto aderido às paredes e lâminas do misturador, correndo o risco de endurecer e danificar o equipamento, conforme estimado por (REPETTE, 2005). Por isso, é comum lavar internamente a betoneira pelo menos uma vez ao dia, uma operação que consome de 30 a 60 litros de água, levantando preocupações sobre o alto consumo de água e a destinação do resíduo da lavagem.

A água residual do concreto apresenta elevados valores de pH, entre 11 e 12, devido à presença de hidróxidos e carbonatos, além de um elevado teor de sólidos, conforme destacado por (SU, MIAO E LIU, 2002). Essas características fazem com que seja necessário tratar a água residual antes de sua disposição final, seja na água ou no solo. A modificação do pH da água pode causar a morte de peixes e a contaminação do lençol freático, se descartada de maneira inadequada no meio ambiente.

Diante desse cenário, este estudo propõe investigar a viabilidade da implementação do sistema de decantação de resíduos de betoneiras como uma medida para melhorar a gestão de resíduos sólidos e promover a sustentabilidade ambiental na construção civil. Os objetivos deste estudo são avaliar a eficácia do sistema de decantação de resíduos de betoneiras no Resort, utilizando a análise da água na entrada e saída do sistema. Analisar os impactos ambientais do atual processo de descarte de resíduos de betoneiras e identificar oportunidades de melhoria, além de propor recomendações para a implementação de práticas sustentáveis de gestão de resíduos sólidos em obras de engenharia civil.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL APLICÁVEL À GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A gestão de resíduos sólidos na construção civil é regulamentada por diversas leis e normas ambientais que visam garantir a proteção do meio ambiente e promover a sustentabilidade no setor. A legislação federal brasileira estabelece diretrizes gerais para essa gestão, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) e a Resolução CONAMA nº 307/2002.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) define princípios, objetivos e instrumentos para a gestão integrada e o gerenciamento adequado de resíduos sólidos, incluindo os da construção civil. Ela enfatiza a responsabilidade compartilhada entre poder público, setor privado e sociedade civil, promovendo a redução, reutilização, reciclagem e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos. Por outro lado, a Resolução CONAMA nº 307/2002 estabelece diretrizes específicas para a gestão de resíduos da construção civil, definindo-os como aqueles gerados em atividades como construção, reforma, pavimentação e demolição.

Além das normativas federais, legislações estaduais e municipais complementam essas diretrizes, adaptando-se às características locais e regulando aspectos como licenciamento ambiental, transporte, armazenamento, tratamento e disposição final de resíduos. Essas normas incluem iniciativas como a destinação para áreas de triagem, implantação de usinas de reciclagem de entulho e critérios para disposição em aterros sanitários (GONÇALVES, 2013).

A conformidade estrita com essas legislações é fundamental para a implementação de sistemas de decantação de resíduos de betoneiras na construção civil. Tais sistemas não apenas atendem às exigências legais, mas também minimizam impactos ambientais adversos e protegem a saúde pública. A adoção de práticas ambientalmente responsáveis não só promove a sustentabilidade no setor, mas também evita penalidades legais e danos à reputação das empresas (AMADO, 2009). Além das normativas específicas para resíduos sólidos, a Resolução CONAMA 357/2005 é de suma importância porque é uma de suas preocupações é a operação eficiente e sustentável de sistemas de decantação de resíduos de betoneiras na construção civil e ao seguir as normas estabelecidas, as empresas contribuem para um ambiente construtivo mais seguro, saudável e ambientalmente consciente, alinhado com os princípios de desenvolvimento sustentável e responsabilidade ambiental.

Em síntese, a conformidade legal com a Resolução CONAMA 357/2005, além das normativas específicas para resíduos sólidos, é crucial para a operação eficiente e sustentável de sistemas de decantação de resíduos de betoneiras na construção civil. Ao seguir as normas estabelecidas, as empresas contribuem para um ambiente construtivo mais seguro, saudável e ambientalmente consciente, alinhado com os princípios de desenvolvimento sustentável e responsabilidade ambiental.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa possui as seguintes etapas: (a) método de decantação para gestão sustentável das águas de lavagem de betoneiras, (b) análise da água e (c) análise de desempenho. A partir destas etapas foi possível verificar a eficácia do sistema de decantação de resíduos de betoneiras no Resort estavam ou não obtendo resultados promissores. Juntamente com a análise da água na entrada e saída do sistema, utilizando

os parâmetros de cloro residual livre, condutividade elétrica, cor aparente, ferro total, dureza total, cloretos, ph, sólidos dissolvidos, turbidez e sulfato.

3.1 MÉTODO DE DECANTAÇÃO PARA GESTÃO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS DE LAVAGEM DE BETONEIRAS

As betoneiras no Resort são estacionadas em uma área fixa, onde a água de lavagem é canalizada por um caminho de contrapiso até o primeiro reservatório (Figura 1). Neste estágio inicial, a água entra no primeiro reservatório (Figura 2), carregada com sedimentos e resíduos sólidos do processo de lavagem. Aqui, a água repousa por um período determinado, permitindo que os sólidos mais pesados se depositem no fundo do reservatório.

Figura 1 – Percurso da água até o 1º reservatório



Fonte: Autores, 2024

O método de decantação utiliza dois reservatórios construídos com caixas d'água de 500 litros cada, oferecendo uma solução prática e econômica para o tratamento dessas águas contaminadas. No contexto da indústria de concreto, a gestão eficiente das águas de lavagem das betoneiras é essencial não apenas para cumprir as regulamentações ambientais, mas também para promover práticas sustentáveis de produção. Conforme citado por (RICHTER,2009), a decantação é reconhecida como uma das técnicas mais antigas e diretas para eliminar impurezas da água. Esse processo se dá pela influência da gravidade sobre as impurezas, o que favorece sua deposição no fundo do recipiente.

Para refinamento adicional, a água parcialmente limpa é então transferida para o segundo reservatório (Figura 3) através de uma tubulação de baixa vazão. Este segundo reservatório atua como uma etapa de decantação secundária, onde a água continua a se estabilizar e sedimentar os resíduos remanescentes. A sedimentação é facilitada pelo projeto cuidadoso da tubulação e do fluxo, garantindo que apenas a água mais limpa avance para o próximo estágio do processo.

Figura 2 – 1º reservatório água contaminada



Fonte: Autores, 2024

Figura 3 – 2º reservatório água decantada



Fonte: Autores, 2024

Conforme mencionado por (SU, MIAO E LIU, 2002), a análise cuidadosa das características físicas e químicas da água coletada é essencial para avaliar a eficácia dos métodos de tratamento utilizados na indústria de concreto.

Os sedimentos acumulados nos reservatórios são gerenciados de maneira responsável: a parte grosseira da massa bruta depositada no primeiro reservatório é removida regularmente com o auxílio de pá, permitindo que o reservatório receba continuamente água suja das próximas lavagens. Enquanto isso, a água mais limpa do segundo reservatório é descartada de forma controlada no solo circundante, seguindo práticas adequadas de disposição ambiental, como um tipo de sumidouro.

Este método não apenas atende aos requisitos ambientais rigorosos, mas também contribui para a eficiência operacional da nossa instalação. A abordagem de duas etapas na decantação não só maximiza a remoção de sedimentos como também facilita a recuperação de água para reutilização em processos de produção de concreto, promovendo um ciclo mais sustentável e econômico para a nossa operação.

Por tanto, o método de decantação adotado demonstra o compromisso com a gestão responsável dos recursos hídricos e com a sustentabilidade ambiental na indústria de concreto, destacando-se como uma prática exemplar na busca por soluções ambientalmente amigáveis e economicamente viáveis.

3.2 ANÁLISE DA ÁGUA

A coleta e análise da água de lavagem das betoneiras são etapas cruciais para entender a eficácia do método de decantação e avaliar seu impacto ambiental. O processo de coleta foi realizado de maneira que assegura a representatividade das amostras para análise físico-química em laboratório utilizando a metodologia padrões para análise de água por parâmetro, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 - Parâmetro e Metodologia

PARÂMETRO	METODOLOGIA
Cloro Residual Livre	SM 4500 -G
Condutividade Elétrica	SM 2510 B
Cor Aparente	SM 2120- B D
Ferro Total	SM 3500 Fe - B
Dureza Total	SM 2340 - C
Cloretos	SM 4500 Cl - B
pH	SM 4500 - B
Sólidas Dissolvidas	SM 2540 - C
Turbidez	SM 2130 - B
Sulfato	SM 4500 S04 - E

Fonte: Autores, 2024.

Inicialmente, coleta-se uma amostra de um litro da água suja diretamente do primeiro reservatório, onde é visível a presença de resíduos sólidos grosseiros, perceptíveis a olho nu. Esta água foi cuidadosamente transferida para recipientes apropriados, mantendo sua integridade e representatividade como amostra do estado inicial do processo de lavagem.

Em seguida, a amostra foi transportada para o laboratório físico-químico, onde passou por uma série de análises detalhadas. As características físicas, como cor, turbidez e presença de sólidos em suspensão, foram medidas e registradas. Além disso, foram realizadas análises químicas para determinar a concentração de substâncias como pH, sólidos dissolvidos totais (TDS), e eventuais contaminantes específicos que possam estar presentes na água suja.

Posteriormente, é coletada uma amostra de um litro da água decantada do segundo reservatório, representativa da fase final do processo de decantação. Esta amostra foi tratada com o mesmo cuidado e levada ao laboratório para análise físico-química comparativa.

A análise comparativa entre as duas amostras permitiu avaliar a eficiência do processo de decantação na remoção de sólidos suspensos e na melhoria da qualidade da água. Os resultados dessas análises foram documentados em laudos técnicos, evidenciando as mudanças nas características físicas e químicas da água ao longo do processo de tratamento.

Este procedimento de coleta e análise, busca não apenas atender às exigências regulatórias, mas também garantir a transparência e a confiabilidade dos resultados obtidos.

3.3 ANÁLISE DE DESEMPENHO

A análise de sólidos totais dissolvidos desempenha um papel crucial na avaliação da qualidade da água, especialmente em ambientes onde a presença de contaminantes pode afetar diretamente a saúde pública e o meio ambiente. Conforme estipulado pela

legislação ambiental brasileira, como a Resolução CONAMA 307/2005, é essencial monitorar e controlar os parâmetros de águas residuais para garantir a conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos.

Neste estudo, foram comparadas duas amostras de água: uma decantada e outra sem decantação, ambas provenientes de resíduos de lavagem de betoneiras e sujeira de obras, conforme o ponto de referência. Os resultados das análises revelaram diferenças significativas em diversos parâmetros conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados das análises

Parâmetro	Unidade	Água sem Decantada	Água Decantada	CONAMA 357/200
Cloro Residual Livre	mg/L	0,01	0,05	0,5
Condutividade Elétrica	$\mu\text{S/cm}$	5287	146,5	-
Cor Aparente	uH	646,51	81,4	15
Ferro Total	mg/L - FE	2,14	0,86	0,3
Dureza Total	mg/LCaCO ₃	1240	48	-
Cloretos	mg/L Cl	250	12,5	250
pH	-	11,9	8,2	6,0 a 9,0
Sólidos Dissolvidos	mg/L	2643,5	73,25	-
Turbidez	NTU	240,5	23,33	5
Sulfato	mg/L	53,39	11,33	250

Fonte: Autores, 2024

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

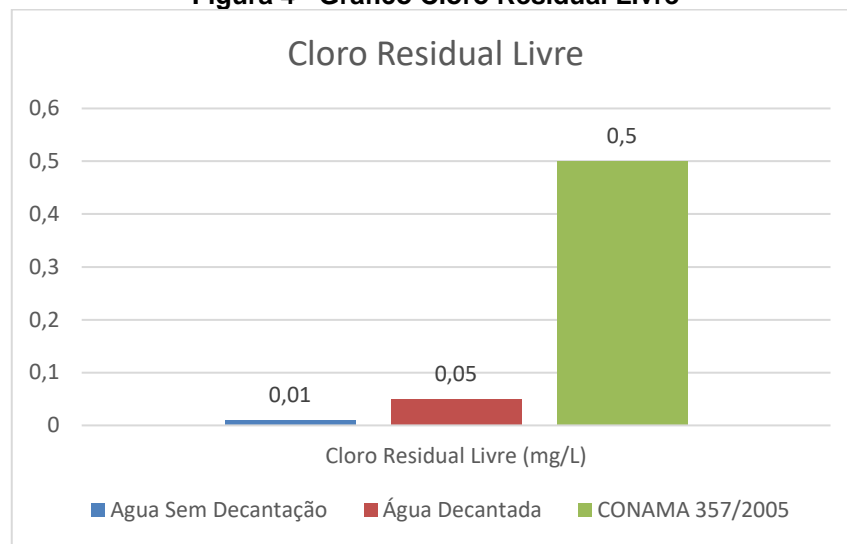
No presente estudo, foram realizadas análises físico-químicas da qualidade da água em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005, que estabelece os padrões de qualidade para corpos de água e efluentes. As análises físico-químicas são essenciais para avaliar a potabilidade da água, sua adequação para diferentes usos e para monitorar a presença de contaminantes. As amostras de água analisadas foram submetidas a duas condições distintas: sem decantação e após decantação. Os resultados obtidos para cada condição estão apresentados abaixo, destacando-se os parâmetros mais relevantes que indicam a qualidade da água.

Na análise de Cloro Residual Livre e tendo como referência Padrão a Resolução CONAMA n. 357/2005, onde o valor máximo permitido é de 0,5 mg/L, o resultado obtido teve um percentual de 400%, que equivale a um aumento de <0,01 mg/L da água sem decantação para 0,05 mg/L após a decantação, o que indica uma melhoria na capacidade de desinfecção da água, ajudando a controlar organismos patogênicos e melhorar a qualidade microbiológica, conforme gráfico da Figura 4.

A análise da condutividade elétrica da água é essencial para avaliar sua capacidade de conduzir eletricidade, o que está diretamente relacionado à quantidade de íons dissolvidos presentes. No contexto deste estudo, após o processo de decantação, observou-se uma redução significativa de 97,23% na condutividade elétrica da água. Este resultado indica uma substancial diminuição na quantidade de substâncias dissolvidas, refletindo em uma melhoria considerável na qualidade da água. Tal redução não apenas beneficia a potabilidade e segurança da água para consumo humano, mas também minimiza os impactos adversos nos ecossistemas aquáticos. O gráfico da Figura 5 ilustra comparativamente os níveis de condutividade elétrica antes e após o processo de

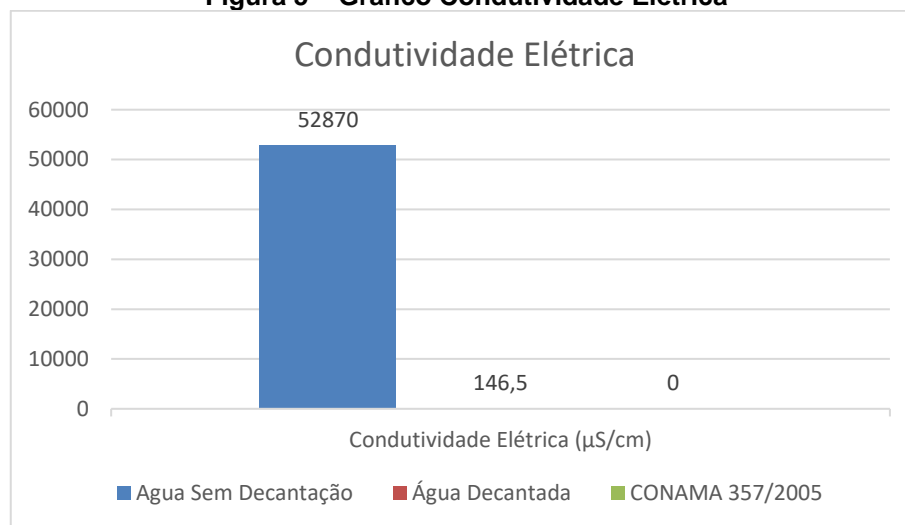
decantação, destacando a eficácia do tratamento na purificação da água.

Figura 4 - Gráfico Cloro Residual Livre



Fonte: Autores, 2024

Figura 5 – Gráfico Condutividade Elétrica

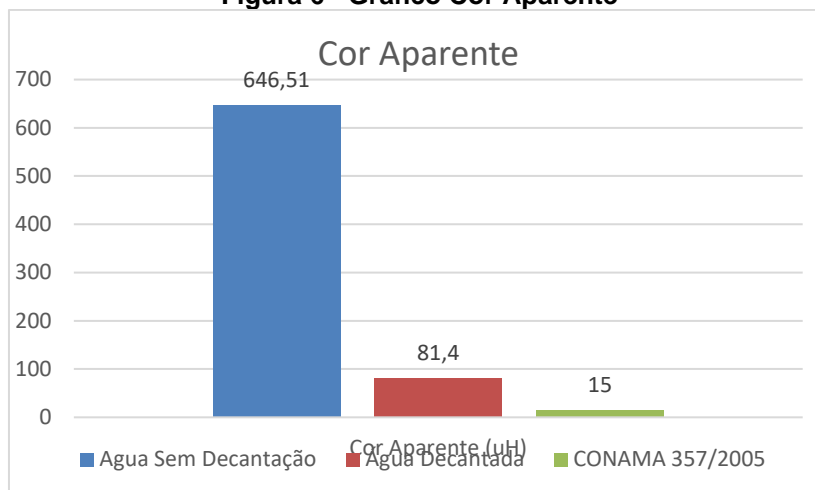


Fonte: Autores, 2024

O gráfico da Figura 6 ilustra a comparação dos resultados de cor aparente da água antes e depois do processo de decantação. A análise da cor aparente é crucial, pois indica a presença de materiais orgânicos e inorgânicos que podem afetar a qualidade da água. Os dados analisados mostram que a cor aparente da água sem decantação foi de 646,51 uH, enquanto a água decantada apresentou um valor significativamente menor de 81,4 uH. Essa diferença representa uma redução percentual de 87,41%.

A redução da cor aparente é benéfica não apenas pela melhora estética e na aceitação da água para consumo humano, mas também pela diminuição da presença de matéria orgânica e inorgânica, o que contribui para a saúde dos ecossistemas aquáticos. A melhoria na qualidade da água após a decantação evidencia a eficácia deste processo de tratamento.

Figura 6 - Gráfico Cor Aparente

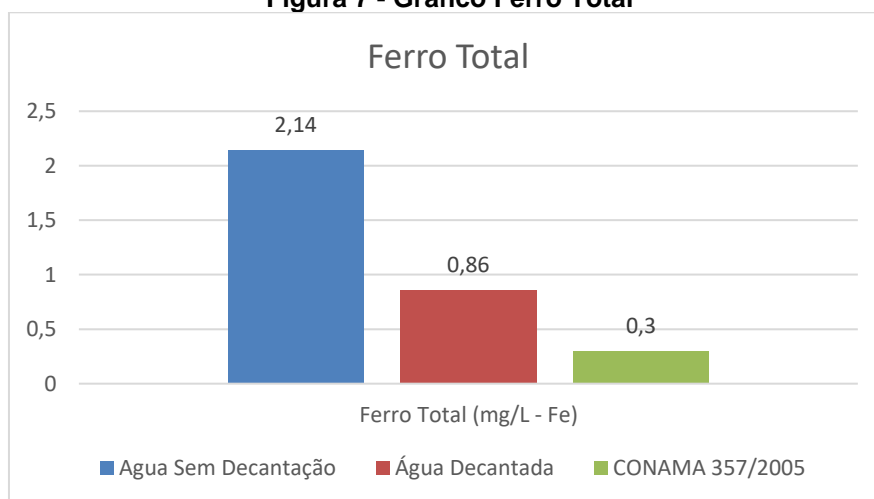


Fonte: Autores, 2024

O gráfico da Figura 7 apresenta a comparação dos níveis de ferro total na água antes e depois do processo de decantação, em relação ao padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 de 0,3 mg/L. Os resultados obtidos indicam que a água sem decantação apresentou um valor de 2,14 mg/L, conforme detectado no Laudo 18842, enquanto a água decantada apresentou um valor reduzido de 0,86 mg/L. Esta diferença representa uma redução percentual significativa de 59,81%.

A redução da concentração de ferro na água é crucial, pois menores níveis de ferro diminuem o risco de coloração indesejada e a deposição de ferro nos sistemas de distribuição de água, que pode causar problemas operacionais e estéticos. Além disso, menores níveis de ferro são menos prejudiciais para os organismos aquáticos, contribuindo para a saúde dos ecossistemas. Este gráfico ilustra a eficácia do processo de decantação na melhoria da qualidade da água, demonstrando uma significativa redução dos níveis de ferro total em comparação com os padrões regulamentares.

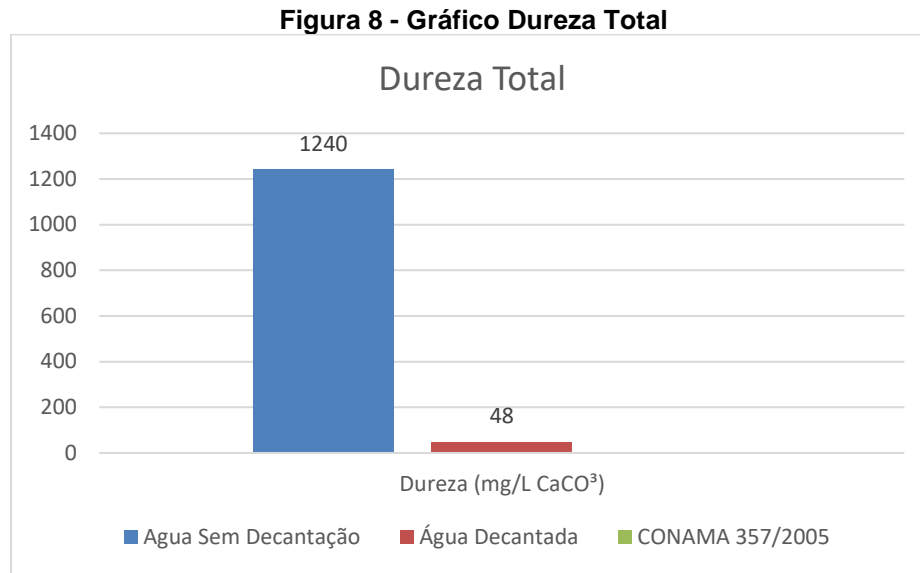
Figura 7 - Gráfico Ferro Total



Fonte: Autores, 2024

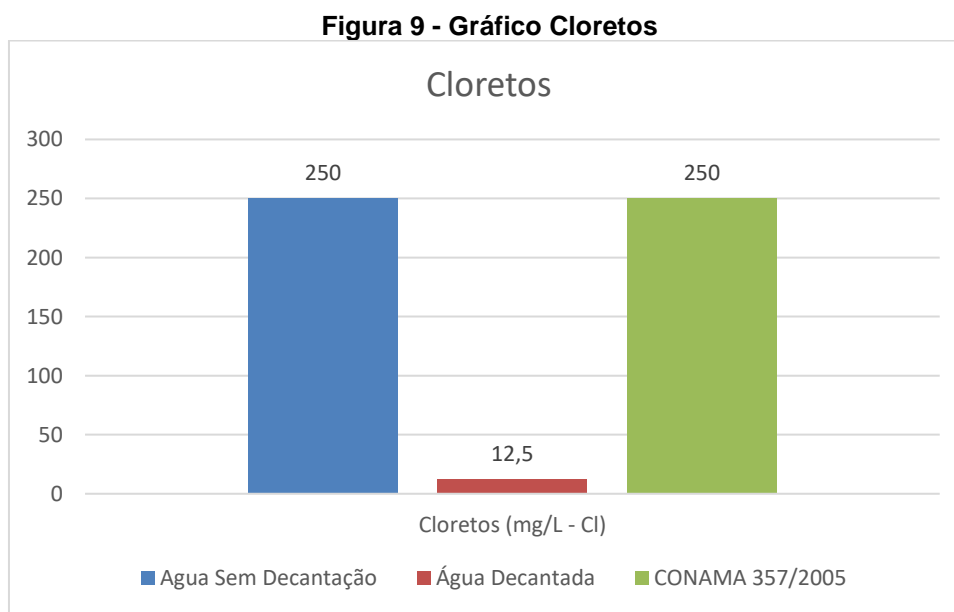
A análise da dureza total na água é crucial, pois reflete a concentração de cálcio e magnésio, minerais que podem causar incrustações em tubulações e equipamentos. Comparando os resultados obtidos da água sem decantação, que apresentou um valor de 1240 mg/L CaCO₃ (Laudo 18842), com a água após decantação, que registrou 48,0 mg/L CaCO₃ (Laudo 18843), observamos uma diferença percentual significativa de 96,13%,

conforme o gráfico da Figura 8.



A redução na dureza total é extremamente benéfica, pois previne a formação de incrustações, melhorando assim a eficiência dos sistemas de distribuição de água e reduzindo os custos associados à manutenção. Esta melhoria na qualidade da água contribui não apenas para a sustentabilidade operacional, mas também para a preservação dos equipamentos e infraestruturas utilizados no tratamento e distribuição de água potável.

A concentração de cloretos na água é um parâmetro importante, pois altas concentrações podem afetar negativamente o sabor da água e ser corrosivas para infraestruturas metálicas. Segundo o padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005, o limite máximo permitido para cloretos é de 250 mg/L.

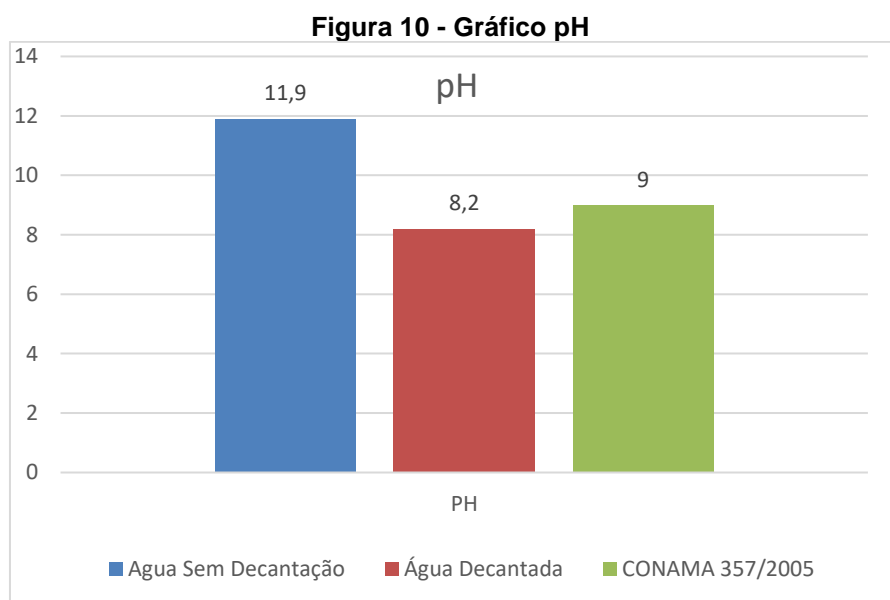


O gráfico da Figura 9 compara os níveis de cloretos na água antes e depois do processo de decantação, em relação ao padrão da Resolução CONAMA 357/2005. Os resultados obtidos mostraram que a água sem decantação apresentou um valor elevado

de 250,0 mg/L, enquanto após a decantação, o valor foi drasticamente reduzido para 12,5 mg/L. Essa diferença representa uma redução percentual significativa de 95,0%.

A redução nos níveis de cloretos proporciona benefícios ambientais importantes, pois diminui a corrosividade da água, protegendo as infraestruturas e aumentando a durabilidade dos sistemas de distribuição. Além disso, torna a água mais palatável e segura para o consumo humano, atendendo aos padrões de qualidade estabelecidos pela legislação ambiental.

O pH da água é um parâmetro crucial que mede sua acidez ou alcalinidade, fundamental para a saúde dos ecossistemas aquáticos e a segurança do consumo humano, conforme estabelecido pelo padrão da Resolução CONAMA 357/2005 que preconiza um intervalo ideal entre 6 e 9. Comparando os resultados (Figura 10), a água sem decantação apresentou um pH elevado de 11,9, enquanto após a decantação o pH foi ajustado para 8,2, representando uma redução percentual de -31,09%. Este ajuste para níveis aceitáveis é essencial para minimizar efeitos corrosivos ou incrustantes, assegurando água mais adequada para diversos usos e protegendo a infraestrutura de distribuição hídrica.



Fonte: Autores, 2024

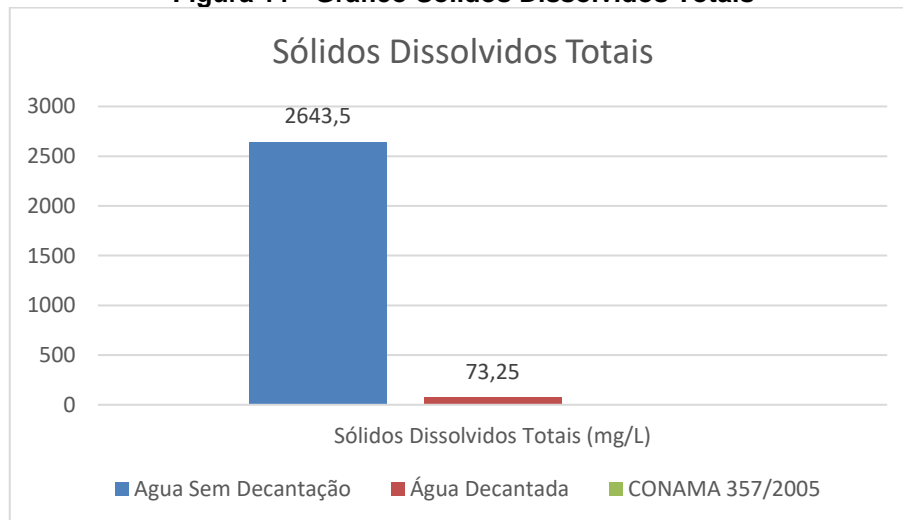
Merece destaque a análise dos sólidos dissolvidos totais na água, que indica a quantidade total de substâncias dissolvidas, um parâmetro crucial para a qualidade hídrica. Comparando os resultados entre os laudos 18842 e 18843, onde o primeiro registrou uma concentração de 2643,5 mg/L de sólidos dissolvidos totais sem decantação, enquanto o segundo, após o processo de decantação, mostrou uma redução significativa para 73,25 mg/L. Isso representa uma diferença percentual impressionante de -97,23%, demonstrando a eficácia do sistema de decantação na purificação da água residual das betoneiras conforme o gráfico da Figura 11.

Ao tratar 30 litros de água com o sistema de decantação, aproximadamente 77,11 kg de sólidos dissolvidos totais seriam removidos. Essa estimativa baseia-se na diferença de concentração de sólidos dissolvidos totais entre os laudos 18842 e 18843, indicando claramente o impacto positivo e a eficácia do processo na melhoria da qualidade da água e na proteção dos ecossistemas aquáticos.

A turbidez da água é um parâmetro que mede a claridade, sendo crucial para a estética visual e a potabilidade da água, conforme estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005. Comparando os resultados (Figura 12) entre os laudos 18842 e 18843, onde o primeiro registrou uma turbidez de 240,5 NTU sem decantação, enquanto o segundo, após

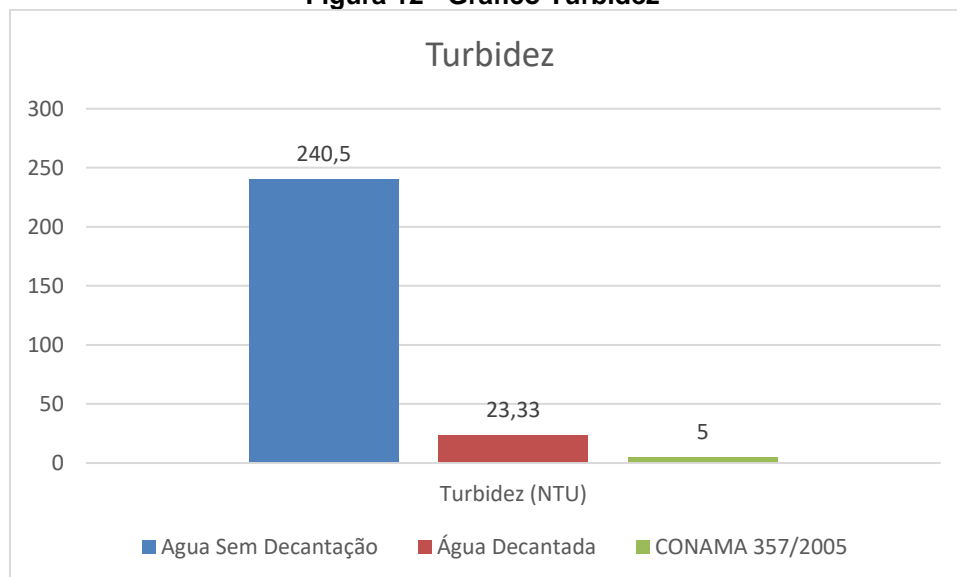
o processo de decantação, mostrou uma redução significativa para 23,33 NTU. Isso representa uma diferença percentual expressiva de -90,30%, demonstrando a eficácia do sistema de decantação na remoção de partículas em suspensão na água. A menor turbidez não apenas indica água mais limpa e segura para o consumo humano, mas também favorece a penetração da luz em corpos d'água, beneficiando processos como a fotossíntese aquática e promovendo a saúde dos ecossistemas aquáticos.

Figura 11 - Gráfico Sólidos Dissolvidos Totais



Fonte: Autores, 2024

Figura 12 - Gráfico Turbidez

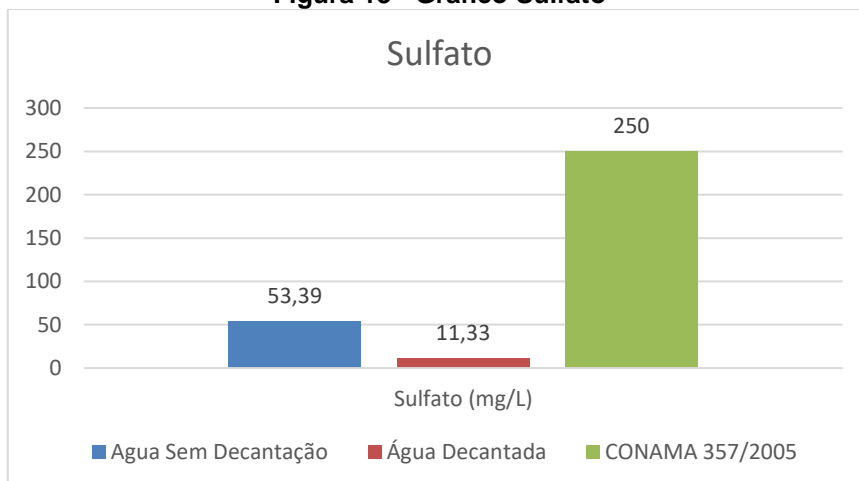


Fonte: Autores, 2024

Os sulfatos na água são um parâmetro importante, com altas concentrações podendo ter efeitos laxativos e corrosivos, conforme estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005, que define o máximo permitido de 250 mg/L. Comparando os resultados entre os laudos 18842 e 18843, onde o primeiro registrou uma concentração de 53,39 mg/L de sulfatos sem decantação, enquanto o segundo, após o processo de decantação, mostrou uma redução significativa para 11,33 mg/L. Isso representa uma diferença percentual considerável de -78,78%, evidenciando a eficácia do sistema de decantação na remoção de sulfatos da água (Figura 13), em conformidade com os limites estabelecidos pela legislação ambiental. A redução dos sulfatos contribui diretamente para

melhorar a qualidade da água, tornando-a mais segura para o consumo humano ao minimizar potenciais efeitos adversos à saúde, além de beneficiar a proteção de infraestruturas e equipamentos contra corrosão.

Figura 13 - Gráfico Sulfato



Fonte: Autores, 2024

A análise detalhada dos parâmetros físico-químicos da água após o processo de decantação revela melhorias significativas em sua qualidade. A redução do cloro residual livre, condutividade elétrica, cor aparente, ferro total, dureza total, cloretos, pH, sólidos dissolvidos totais, turbidez e sulfatos demonstra não apenas a eficácia do sistema de decantação na remoção de contaminantes, mas também o cumprimento dos padrões exigidos pela legislação ambiental, como a Resolução CONAMA 357/2005.

Essas melhorias não beneficiam apenas a saúde pública ao tornar a água mais segura para o consumo humano, mas também promovem a sustentabilidade ambiental. Reduzir a presença de contaminantes como ferro e sulfatos protege não apenas os sistemas de distribuição de água, mas também os ecossistemas aquáticos, minimizando potenciais efeitos adversos à vida aquática. Além disso, a diminuição da turbidez e dos sólidos dissolvidos totais melhora a estética da água e favorece processos naturais como a fotossíntese, essenciais para a saúde dos corpos d'água.

Portanto, os resultados deste estudo reforçam a importância da aplicação de tecnologias adequadas de tratamento de água, como a decantação, para garantir água de qualidade superior, promovendo assim o bem-estar humano e a preservação ambiental.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado sobre o método de decantação para gestão sustentável das águas de lavagem de betoneiras revelou-se fundamental não apenas para atender aos requisitos ambientais e regulatórios, mas também para promover práticas sustentáveis na indústria de concreto. A implementação deste sistema demonstrou eficácia na remoção de contaminantes e na melhoria da qualidade da água residual, evidenciando diversos benefícios e impactos positivos:

A adoção do método de decantação proporcionou uma redução significativa nos parâmetros físico-químicos da água, conforme demonstrado pelas análises realizadas. A diminuição da condutividade elétrica, cor aparente, ferro total, dureza total, cloretos, pH, sólidos dissolvidos totais, turbidez e sulfatos reflete não apenas uma conformidade com as

normativas ambientais, mas também uma contribuição para a preservação dos ecossistemas aquáticos e a promoção da saúde pública.

Além dos benefícios ambientais, o sistema de decantação mostrou-se eficiente do ponto de vista operacional. A recuperação de água tratada para reutilização em processos industriais não só reduz o consumo de água fresca, mas também diminui os custos associados ao tratamento de água. Esta prática não apenas otimiza recursos, mas também fortalece a sustentabilidade econômica da operação, promovendo um ciclo mais eficiente de utilização de recursos hídricos.

A melhoria na qualidade da água não se limita aos aspectos técnicos e regulatórios; ela também beneficia diretamente as comunidades próximas. Águas mais limpas e seguras para consumo humano contribuem para a saúde pública local, reduzindo potenciais riscos à população e melhorando a qualidade de vida dos residentes na área do resort. Além disso, a redução de impactos ambientais adversos fortalece a relação da empresa com a comunidade, mostrando compromisso com práticas responsáveis e sustentáveis.

Para futuras pesquisas e desenvolvimentos, recomenda-se continuar monitorando e aprimorando o sistema de decantação. Explorar novas tecnologias e metodologias que possam complementar ou melhorar ainda mais a eficiência do tratamento de água pode abrir novas oportunidades para inovação sustentável na indústria de concreto. Além disso, estudos adicionais poderiam focar na integração de práticas de economia circular, como a reutilização de resíduos tratados em novos processos produtivos, fortalecendo ainda mais o ciclo sustentável adotado.

Em conclusão, o método de decantação adotado nesta pesquisa emerge como uma solução viável e eficaz para a gestão responsável das águas de lavagem de betoneiras. Os resultados obtidos não apenas validam a eficiência do sistema na remoção de contaminantes, mas também destacam seu papel crucial na promoção da sustentabilidade ambiental e operacional. Investir em tecnologias de tratamento de água que garantam água de qualidade superior não é apenas uma obrigação regulatória, mas também uma demonstração clara de compromisso com a preservação dos recursos naturais e com o bem-estar das comunidades envolvidas.

REFERÊNCIAS

AMADO, Frederico; VALADARES, Alexandre; SILVA, Carlos. Sustentabilidade na construção civil: legislação e práticas ambientais. Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, v. 11, n. 47, p. 107-128, 2009.

Blucher, 2009.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

CHINI, A.; MBWAMBO, W. J. **Environmentally friendly solutions for the disposal of the concrete wash water from ready mixed concrete operations.** CIB W89 Beijing International Conference. 21-24. 1996.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002.** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil

GONÇALVES, J. F.; MELLO, C. R. Normas e legislação ambiental aplicáveis aos resíduos de construção civil no Brasil. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 103-120, jan./mar. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-86212013000100008>.

NAGALLI ANDRÉ. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**/ ANDRÉ NAGALLI – São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

PAOLINI, M.; KHURANA R. **Admixtures for Recycling of Waste Concrete**. *Cement and Concrete Composites*, v. 20, p. 221-229, 1998.

REPETTE, W. L. **Reciclagem de Água de Lavagem de caminhão-betoneira para produção de concreto**. Formulário para a apresentação de projeto PIBIC/CNPq – BIP/UFSC 2005/2006.

RICHTER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Editora

SEALEY, B. J.; PHILLIPS, P. S.; HILL, G. J. **Waste management issues for the UK ready-mixed concrete industry**. *Resources Conservation & Recycling*. 32, 321-331, 2001.

SOUZA, A. F. **Otimização do uso de aditivo estabilizador de hidratação do cimento em água de lavagem dos caminhões-betoneira para produção de concreto**. Dissertação de Mestrado. UFSC. 2007.

SU; MIAO, B; LIU, F. **Effect of wash water and underground water on properties of concrete**. *Cement and Concrete Research*, v. 32, p. 777-782, 2002.

ANEXOS

ANEXO 1 – Certificado de Ensaios Nº 18842



Certificado de Ensaios Nº 18842



1. Dados Contratante

Cliente: UNIAGUA LABORATORIO E PROJETOS AMBIENTAIS LTDA.

CNPJ: 29.444.646/0001-40

Endereço: Rua jornalista Arlindo Cardoso, 198, Casa 02, Centro

Município: Anápolis – GO

Contato: (62) 3706-1406

2. Dados da amostra

Identificação da Amostra: Quinta Empreendimentos Imobiliários SPE Ltda.

CNPJ: 24.064.139/0001-67

Ponto de referência: Água com resíduos de lavagem de betoneiras e sujeira de obras

Tipo de amostra: Água potável

Amostragem: Simples

Data da coleta: 22/05/2024 10:00h

Chuva nas últimas 24 horas: Sim Não

Condições Climáticas: Sol Chuva Nublado

Temperatura ambiente local: - °C

Temperatura da amostra no local: - °C

Coletor da amostra: Realizada pela contratante

Data recebimento: 23/05/2024 16:00h

3. Ensaios e Resultados

Laboratório Físico-químico						
Parâmetro	Resultado	Unidade	Limite de detecção	² Portaria GM/MS N° 888/2021 (VMP)	¹ Metodologia	
1. Cloro residual livre	<0,01	mg/L	0,01	0,2 – 2,0**	SM 4500 - G	
2. Condutividade elétrica	5.287,0	µS/cm	0,01	NR	SM 2510 B	
3. Cor aparente	646,51	uH	5	15	SM 2120 - B D	
4. Ferro total	2,14	mg/L - Fe	0,01	0,3	SM 3500 Fe - B	
5. Dureza total	1.240,0	mg/L CaCO ₃	5	300	SM 2340 - C	
6. Cloretos	250,0	mg/L - Cl	0,5	250	SM 4500 Cl - B	
7. pH	11,9	-	0,1	6,0 a 9,0	SM 4500 - B	
8. Sólidos dissolvidos totais	2.643,5	mg/L	2,5	500	SM 2540 - C	
9. Turbidez	240,5	NTU	0,01	5	SM 2130 - B	
10. Sulfato	53,39	mg/L	1	250	SM 4500 SO ₄ - E	

Conclusão: Dos parâmetros analisados, cloro residual livre, cor aparente, ferro total, dureza total, cloretos, pH, sólidos dissolvidos totais e turbidez não atendem as exigências da Portaria GM/MS N° 888/2021.

Legenda: NR: Não há recomendação pela legislação, VMP: Valor máximo permitido, pH: Potencial hidrogeniônico uH: Unidade da cor pelo Hazen em mg/L Pt-Co, NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez, UFC: Unidade formadora de colônia.

Notas:

1 Os ensaios foram realizados de acordo com as técnicas recomendadas pelo Standard Methods for the examination of the water and wastewater - AWWA, 23th, 2017 e os resultados devem ser interpretados como sendo representação de parâmetros de qualidade de parte da amostra no momento da coleta.

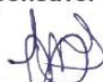
2 Para uma água ser considerada potável, deverá satisfazer as exigências da Portaria GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021 Anexo XX do Ministério da Saúde para controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

3 Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores conforme a Norma NBR 9898:1987.

**Art. 32 "Após a desinfecção, é obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede)."

4 A contestação dos resultados dos ensaios deverá ser formalizada no prazo de 10 dias após a emissão do certificado de ensaio.

Responsável técnico:



Elaine Monteiro da Silva
CRBio – 70504/04-D

Goânia 30 de maio de 2024.

"Este certificado é válido exclusivamente para a amostra ensaiada descrita nas condições específicas, não sendo extensivo a quaisquer outras amostras. É proibida a reprodução parcial ou integral deste certificado sem a autorização prévia do emitente. "

ANEXO 2 – Certificado de Ensaio N° 18843



Certificado de Ensaio N° 18843



1. Dados Contratante

Cliente: UNIAGUA LABORATORIO E PROJETOS AMBIENTAIS LTDA.
CNPJ: 29.444.646/0001-40
Endereço: Rua jornalista Arlindo Cardoso, 198, Casa 02, Centro
Município: Anápolis – GO
Contato: (62) 3706-1406

2. Dados da amostra

Identificação da Amostra: Quinta Empreendimentos Imobiliários SPE Ltda.

CNPJ: 24.064.139/0001-67

Ponto de referência: Água após decantação

Tipo de amostra: Água potável

Amostragem: Simples

Data da coleta: 22/05/2024 10:00h

Chuva nas últimas 24 horas: Sim Não

Condições Climáticas: Sol Chuva Nublado

Temperatura ambiente local: - °C

Temperatura da amostra no local: - °C

Coletor da amostra: Realizada pela contratante

Data recebimento: 23/05/2024 16:00h

3. Ensaio e Resultados

Laboratório Físico-químico					
Parâmetro	Resultado	Unidade	Limite de detecção	² Portaria GM/MS N° 888/2021 (VMP)	¹ Metodologia
1. Cloro residual livre	0,05	mg/L	0,01	0,2 – 2,0**	SM 4500 - G
2. Condutividade elétrica	146,5	µS/cm	0,01	NR	SM 2510 B
3. Cor aparente	81,4	uH	5	15	SM 2120 - B D
4. Ferro total	0,86	mg/L - Fe	0,01	0,3	SM 3500 Fe - B
5. Dureza total	48,0	mg/L CaCO ₃	5	300	SM 2340 - C
6. Cloretos	12,5	mg/L - Cl	0,5	250	SM 4500 Cl - B
7. pH	8,2	-	0,1	6,0 a 9,0	SM 4500 - B
8. Sólidos dissolvidos totais	73,25	mg/L	2,5	500	SM 2540 - C
9. Turbidez	23,33	NTU	0,01	5	SM 2130 - B
10. Sulfato	11,33	mg/L	1	250	SM 4500 SO ₄ - E

Conclusão: Dos parâmetros analisados, cloro residual livre, cor aparente, ferro total e turbidez não atendem as exigências da Portaria GM/MS N° 888/2021.

Legenda: NR: Não há recomendação pela legislação, VMP: Valor máximo permitido, pH: Potencial hidrogeniônico
uH: Unidade da cor pelo Hazen em mg/L Pt-Co, NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez, UFC: Unidade formadora de colônia.

Notas:

1 Os ensaios foram realizados de acordo com as técnicas recomendadas pelo Standard Methods for the examination of the water and wastewater - AWWA, 23th, 2017 e os resultados devem ser interpretados como sendo representação de parâmetros de qualidade de parte da amostra no momento da coleta.

2 Para uma água ser considerada potável, deverá satisfazer as exigências da Portaria GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021 Anexo XX do Ministério da Saúde para controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

3 Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores conforme a Norma NBR 9898:1987.

**Art. 32 "Após a desinfecção, é obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede)."

4 A contestação dos resultados dos ensaios deverá ser formalizada no prazo de 10 dias após a emissão do certificado de ensaio.

Responsável técnico:

Elaine Monteiro da Silva
CRBio – 70504/04-D

Goiânia 30 de maio de 2024.

"Este certificado é válido exclusivamente para a amostra ensaiada descrita nas condições específicas, não sendo extensivo a quaisquer outras amostras. É proibida a reprodução parcial ou integral deste certificado sem a autorização prévia do emitente. "