



UCSAL  
**UNIVERSIDADE  
CATÓLICA  
DO SALVADOR**

**PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO E EXTENSÃO COMUNITÁRIA**  
**BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS:**  
**Biologia com Ênfase em Meio ambiente e Saúde**  
**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – TCC**

**ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA DA UTILIZAÇÃO DO PHOSLOCK® PARA O  
MANEJO DO ESTADO TRÓFICO EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS**

**MANUELA OLIVEIRA DE JESUS**

Orientadores:

Prof. Dr. Eder Carvalho Silva

Prof. M. Sc. Fabricio T. Fontes Aleluia.

SALVADOR  
2020

MANUELA OLIVEIRA DE JESUS

**ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA DA UTILIZAÇÃO DO PHOSLOCK®  
PARA O MANEJO DO ESTADO TRÓFICO EM ECOSSISTEMAS  
AQUÁTICOS**

Artigo Científico apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Católica do Salvador, como parte do requisito para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadores:  
Prof. Dr. Eder Carvalho Silva  
Prof. M. Sc. Fabricio T. Fontes Aleluia.

SALVADOR  
2020

## FOLHA DE APROVAÇÃO

MANUELA OLIVEIRA DE JESUS

### ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA DA UTILIZAÇÃO DO PHOSLOCK® PARA O MANEJO DO ESTADO TRÓFICO EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS

Este trabalho de Conclusão do Curso foi julgado e aprovado para obtenção de crédito total no Trabalho de Conclusão de Curso – TCC do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Católica do Salvador.

Salvador, \_\_\_ de junho de 2020.

Profa. Kátia Regina Benati  
Coordenadora do TCC

#### BANCA EXAMINADORA:

---

**Orientador**

Dr. Eder Carvalho Silva  
Doutor em Ecologia - UFBA

---

**Co-orientador**

M. Sc. Fabricio T. Fontes Aleluia  
Mestre em Geologia - UFBA

---

**Banca examinadora – Membro interno**

Juan Carlos Rossi Alva  
Doutor em Bioquímica - UFRJ

---

**Banca examinadora – Membro externo**

Cristiane Gomes Almeida  
Doutora em Química Analítica - UFBA

---

**Banca examinadora – Membro externo**

Lilian Costa Cruz  
Doutora em Biologia Celular Estrutural - UFV

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar os estudos científicos publicados sobre a Argila de Bentonita Ionicamente Modificada com Lantânio (LBM) comercialmente conhecido por Phoslock®, entre os anos 2015 à 2019, por meio de uma análise cienciométrica estruturadas em banco de dados e repositórios de periódicos técnicos-científicos qualificados e confiáveis em diferentes sítios. O estudo visa identificar padrões de uso eficazes para melhor aplicabilidade do produto e eficácia de seus resultados em sistemas aquáticos tropicais e subtropicais. O trabalho traz a análise da eficácia e eficiência da aplicação do remediador no estudo de caso da represa do Sistema Joanes I, utilizado para abastecimento público de água na Região Metropolitana de Salvador pela Empresa Baiana de Água e Saneamento da Bahia (EMBASA-BA). Os resultados deste trabalho obteve evidências claras, baseadas em análise cienciométrica, que o ano de 2016 foi de grande desenvolvimento científico para os estudos. Considerou-se através das palavras-chaves, que vários campos das ciências ambientais apontam para uso do Remediador Químico Phoslock® (LBM) como ferramenta para a restauração de lagos, o gerenciamento de recursos hídricos, Geoengenharia e o controle da eutrofização, reafirmando a eficácia do uso do remediador para gestão dos recursos hídricos. Em todos os periódicos estudados foram obtido resultados positivos sobre a utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM) para manejo de águas eutrofizadas. O estudo de caso na represa do Sistema Joanes I obteve reduções significativas de nutrientes, corroborando com a literatura técnica-científica analisada e demonstrando a eficiência do Remediador Químico Phoslock®. Os resultados apontam que o manejo do estado trófico deve ser uma atividade planejada sistematicamente até a eliminação das fontes antrópicas de contribuição de nutrientes.

**Palavras-chave:** cienciométrica. remediador químico. sistemas aquáticos. fósforo. controle da eutrofização

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Localização geográfica dos pontos de monitoramento na represa do Sistema Joanes I, utilizados para avaliar a eficiência do processo de remediação utilizando Remediador Químico Phoslock® (LBM)..... 9
- Tabela 2:** Síntese dos principais resultados observados nos artigos publicados em periódicos científicos, entre 2015 a 2019, que citam a utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM)..... 18
- Tabela 3:** Resultados observados nas concentrações de fósforo total ao longo das fases de tratamento e manutenção da represa do Sistema Joanes I utilizando o Remediador Químico Phoslock® (LBM)..... 20
- Tabela 4:** Resultados observados nas concentrações de ortofosfato solúvel ao longo das fases de tratamento e manutenção da represa do Sistema Joanes I utilizando o Remediador Químico Phoslock® (LBM)..... 21

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Quantidade de artigos técnicos-científicos publicados por ano, entre 2015 a 2019, que citam a utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM). ..... 11
- Figura 2:** Quantidade de artigos técnicos-científicos publicados por periódico, entre 2015 a 2019, que citam a utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM). ..... 12
- Figura 3:** Quantidade de citações dos artigos técnicos-científicos publicados em periódicos científicos, entre 2015 a 2019, que citam a utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM). ..... 13
- Figura 4:** Quantidade de artigos técnicos-científicos publicados em periódicos científicos por países, entre 2015 a 2019, que citam a utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM). ..... 14
- Figura 5:** Quantidade de artigos técnicos-científicos publicados por natureza dos estudos em periódicos científicos, entre 2015 a 2019, que citam a utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM). ..... 16
- Figura 6:** Quantidade de citações por palavras-chave nos artigos publicados em periódicos científicos, entre 2015 a 2019, que citam a utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM). ..... 17

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida, pelos obstáculos superados ao decorrer do curso, pela caminhada ao longo deste curso ter sido emergida em grandes processos e experiências valiosas permitindo a ampliação da minha visão sobre tudo e além dos livros acadêmicos o conhecimento da vida e a unicidade do ser. Aos meus pais e amigos que me apoiaram, me cobriram de força, amor e acreditaram que este sonho seria possível. Aos meus orientadores que conduziram o trabalho compartilhando seus conhecimentos, com dedicação e disponibilidade para a obtenção do melhor resultado. A todos os professores, com seus ensinamentos que permitiram desempenhar o meu processo de formação profissional ao longo do curso. Aos meus colegas de turma que convivi intensamente durante os dois primeiros anos de curso. A todos do setor de Controle de Qualidade TDOQ da Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A (Embasa) pelo fornecimento de dados e compartilhamento de conhecimento de toda a equipe, que foram fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa. Agradeço as pessoas que contribuíram direta e indiretamente para que este trabalho fosse concluído.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2. METODOLOGIA.....</b>	<b>8</b>
2.1 Análise Cienciométrica .....	8
2.2 Análise do Estudo de Caso – Represa do Sistema Joanes I.....	9
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>10</b>
3.1 Análises cienciométricas da utilização do phoslock® para o manejo do estado trófico em ecossistemas aquáticos.....	10
3.2 Análise Cienciométrica do Estudo de Caso: Utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM) na Represa do Sistema Joanes I. ....	18
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>23</b>
<b>5. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>24</b>



## 1. INTRODUÇÃO

Os sistemas aquáticos são imprescindíveis à vida de muitos organismos, ao equilíbrio ecológico dos ecossistemas, a saúde e a segurança (SILVA, 2009). A composição química de um rio depende da quantidade de materiais orgânicos e inorgânicos que são escoados na área de drenagem de uma bacia hidrográfica (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008). A alta demanda de nutrientes provindos de fontes de resíduos urbanos, industriais e agrícolas que são lançados nos sistemas aquáticos, aumentam a disponibilidade de nutrientes, como por exemplo, o nitrogênio e fósforo, proporcionando um ambiente formidável para a proliferação exacerbada de cianobactérias, responsáveis por produzir toxinas, odores, morte de animais e efeitos adversos à saúde (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Os organismos aquáticos utilizam o fósforo disponível principalmente para funções metabólicas, como o armazenamento de energia e a estruturação da membrana celular, a forma mais utilizada do fósforo pelos fitoplâncton e macrófitas é o ortofosfato, também denominado fosfato inorgânico dissolvido ou fosfato reativo, podendo se destacar, que a concentração de ortofosfato num sistema lótico está relacionada com a densidade e a demanda bioquímica destes organismos (TUNDISI, MATSUMURA-TUNDISI 2008). De acordo com Esteves (1998) a precipitação do fosfato pode ser ocasionada pela adsorção de determinados fatores físico-químico, como o ferro e alumínio, e pela adsorção por meio de argilas.

Ao longo do tempo muitos cientistas vêm estudando tecnologias que possam diminuir os processos de eutrofização de sistemas lóticos. Rosa *et al* (2011) apresentou evidências claras da relação entre a quantidade de fósforo solúvel reativo (FSR) com a densidade da biomassa de cianobactérias. O manejo do estado trófico no controle da floração de cianobactérias por agentes não contaminantes tem sido uma das técnicas mais utilizadas no mundo para o controle e recuperação de mananciais eutrofizados. (COPETTI *et al* 2015). O fósforo tem sido o principal foco para o desenvolvimento da técnica de remediação, através da Argila de Bentonita Ionicamente Modificada com Lantânio (LBM) comercialmente conhecido por Phoslock®, desenvolvida pela CSIRO Comissão de Água e Rios da Austrália Ocidental na Austrália (FINKLER & MOTTA, 2009).

O remediador químico atua adsorvendo o fósforo solúvel reativo (FSR) da coluna d'água e do sedimento ao se incorporar ao lodo, atuando diretamente na diminuição da floração de cianobactérias, proporcionando uma mudança na composição das comunidades e melhoria nos parâmetros de qualidade da água, sem efeitos adversos tóxicos a saúde dos ecossistemas e sua diversidade biológica (ROSA *et al*/2011). De acordo com Rosa *et al*/2011 em estudos com a aplicação do remediador químico Phoslock® em um lago no Rio Grande do Sul, no município de Imbé registrou a redução de 84% do FSR, os resultados mostraram uma redução significativa da biomassa de cianobactérias e o aumento da produção de algas verdes e pardas, demonstrando assim características de um sistema menos eutrofizados.

Não foram apresentados efeitos colaterais aos organismos que compõem a diversidade dos ecossistemas aquáticos, tão pouco impactos nas interações ecológicas com as estruturas que formam o ambiente (ROSA *et al* 2011). Cabe reforçar, em contraponto, que os meios para a recuperação dos rios dependem temporalmente das características naturais destes sistemas, além da reabilitação de suas estruturas funcionais (SPEARS *et al* 2016). Essas etapas possibilitam o controle dos fluxos principais que estabelecem a dinâmica ecológica e proporciona os diferentes papéis ecossistêmicos, contribuindo para um aumento da qualidade ambiental e uma melhor oferta de água para Estações de Tratamento promoverem o abastecimento público da população.

Nesse contexto, desde o início de 2016, a Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA-BA) vêm aplicando a Argila de Bentonita Modificada com Lantânio - Remediador Químico Phoslock® (LBM), com a finalidade de manejar o estado trófico e promover a recuperação da qualidade da água em um trecho do rio Joanes, localizado na área da represa do Sistema Joanes I. A aplicação do remediador tem como finalidade reduzir os níveis de eutrofização nesse trecho do rio, fornecendo para os gestores de recursos hídricos uma importante ferramenta de recuperação da qualidade da água, considerando que esse sistema é um importante manancial que contribui para o abastecimento da cidade do Salvador e sua Região Metropolitana.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo analisar os estudos científicos publicados sobre o Remediador Químico Phoslock® (LBM), entre os anos 2015 à 2019, através de uma análise cienciométrica, visando identificar padrões de uso eficazes para melhor aplicabilidade do produto e eficácia de seus resultados em sistemas

aquáticos tropicais e subtropicais. Em tempo, considerando os dados disponibilizados pela EMBASA (BA), o trabalho também irá avaliar a eficácia e eficiência da aplicação do remediador na represa do Sistema Joanes I, utilizado para abastecimento público de água na Região Metropolitana de Salvador, visando contribuir com a consolidação de estratégias para o gerenciamento de recursos hídricos eutrofizados.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 Análise Cienciométrica

Para realização da análise quantitativa da utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM), como fermenta para manejo de estado trófico em ecossistemas aquáticos lóticos (rios) e lênticos (reservatórios), foi utilizada a produção bibliográfica como indicador dos resultados obtidos nesse campo da ecologia aquática nos últimos 05 anos (2015 até 2019). O levantamento dos estudos foi realizado por meio de pesquisas estruturadas em banco de dados e repositórios de periódicos técnico-científicos qualificados e confiáveis em diferentes sítios.

Desta forma, utilizar diferentes bancos de dados e repositórios de periódicos, se justifica pela necessidade alcançar uma abrangência significativa quanto ao número de publicações e qualidade das revistas científicas analisadas, para sustentar as discussões sobre um tema relativamente novo no contexto técnico-científico. Os artigos foram selecionados primeiramente pelo ano de publicação, respeitando o universo temporal compreendido entre 2015 à 2019, na sequência foram extraídos os seguintes elementos de cada artigo: autor, ano de publicação, título, região geográfica da área de estudo, objetivo, corpos d'água, organismos estudados, metodologia, resultados e conclusão.

Nesse contexto, visando estabelecer uma forma estruturada de analisar os periódicos pesquisados, foram adotados os seguintes critérios para categorizar os trabalhos que apresentaram alinhamentos significativos com o tema da pesquisa: **(i)** ano de publicação do artigo; **(ii)** periódico em que o artigo foi publicado; **(iii)** tipo de documento publicado; **(iv)** número de citações do artigo; **(v)** nacionalidade do primeiro autor (local de trabalho), no caso de artigos com mais de um autor; **(vi)** área geográfica de enfoque do estudo; **(vii)** tipo de estudo (teórico, empírico ou descritivo); **(viii)** tipo de ambiente (lêntico ou lótico) e **(ix)** palavras-chave.

## 2.2 Análise do Estudo de Caso – Represa do Sistema Joanes I

Para avaliar a eficácia da aplicação do Remediador Químico Phoslock® (LBM) na represa do Sistema Joanes I, realizou-se uma análise dos resultados obtidos na execução do programa de monitoramento entre os anos de 2016 até 2019. Nesse contexto, cabe reforçar que a Empresa Baiana de Água e Saneamento da Bahia (EMBASA-BA) implantou uma rede de pontos de monitoramento para acompanhar o comportamento do Sistema Joanes I nas três etapas da aplicação do remediador químico, sendo que em cada etapa, foi realizada coleta antes, durante e depois da aplicação (EMBASA, NT nº012– 2019 TSAB-TDOQ).

A rede de monitoramento é composta por três pontos de amostragem (JOI PREM 01, JOI PREM 02 e JOI PREM 03) (Tabela 01), de forma que seja permitido acompanhar a redução das concentrações de fósforo e ortofosfato gradualmente ao longo do fluxo hidrológico da bacia de drenagem e na coluna de água. Esses pontos foram selecionados com o intuito de avaliar as áreas localizadas a montante e a jusante dos locais da aplicação do remediador químico, possibilitando também avaliar toda a coluna d'água (superfície, meio e fundo). O monitoramento atende à frequência e aos parâmetros definidos pela Autorização Ambiental – Portaria INEMA nº 10.818 de 26 de novembro de 2015 e Portaria INEMA nº 13.998 de 12 de maio de 2017.

**Tabela 1:** Localização geográfica dos pontos de monitoramento na represa do Sistema Joanes I, utilizados para avaliar a eficiência do processo de remediação utilizando Remediador Químico Phoslock® (LBM).

<b>PONTO</b>	<b>COORDENADAS GEOGRÁFICAS</b>	<b>DATUM</b>
<b>JOI – PREM 3</b>	572259 / 8586776	WGS 84
<b>JOI – PREM 2</b>	572440 / 8583128	WGS 84
<b>JOI – PREM 1</b>	573200 / 8580901	WGS 84

Os parâmetros analisados, durante a execução do programa de monitoramento, foram: Alumínio Total, Alumínio Dissolvido, Ferro Total, Lantânio Total, *Escherichia coli*, Alcalinidade Total, Condutividade Elétrica, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo Total, Oxigênio Dissolvido, Ortofosfato

Solúvel, Potencial Hidrogeniônico (pH), Sólidos Dissolvidos, Sulfato Total, Turbidez, Densidade de Cianobactérias, Clorofila-a, Microcistinas e Saxitoxinas. Dentro da relação dos parâmetros existem os que sofrem influência direta da ação do remediador (fósforo total, ortofosfato solúvel e lantânio), e os que sofrem influência indireta (demais parâmetros).

As coletas e análises foram realizadas pela equipe técnica da Gerência de Controle da Qualidade da Água e dos Efluentes (Embasa – TDOQ), seguindo métodos analíticos atualizados e normatizados pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW), 23ª edição, publicada em 2017. As análises têm como finalidade técnica fornecer evidências das ações diretas e indiretas do remediador sobre o estado trófico do sistema e controle de substâncias que alteram as características de qualidade da água, possibilitando uma melhoria na qualidade da água captada para as estações de tratamento da EMBASA-BA.

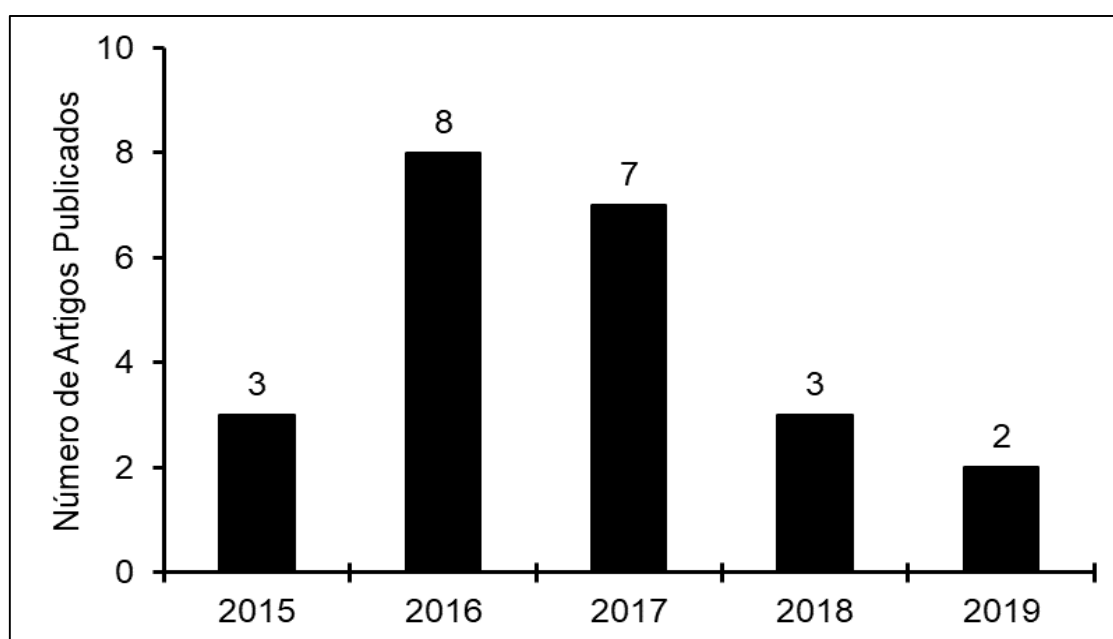
### **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **3.1 Análises cienciométricas da utilização do phoslock® para o manejo do estado trófico em ecossistemas aquáticos**

Os artigos foram selecionados primeiramente pelo ano de publicação, respeitando o universo temporal compreendido entre 2015 a 2019, totalizando 23 artigos selecionados para aplicar as ferramentas de análises cienciométricas. Desta forma, foi possível encontrar uma diversidade de temas que estejam vinculados ao uso Remediador Químico Phoslock® (LBM) para recuperação e manejo de sistemas e ecossistemas aquáticos. Como exemplo, pode-se citar estudos que avaliam a mudança na densidade de florações de algas, (NOYMA *et al* 2016), e a análise de organismos que podem acumular o lantânio na restauração de lagos (WAAJEN, VAN OOSTERHOUT, LÜRLING, 2017).

Os estudos de Bishop e Willis (2017), buscaram avaliar o uso do Phoslock® (LBM) combinado diferentes métodos de gerenciamento de lagos. Claramente existe uma produção latente no meio científico sobre estratégias de manejo de estado trófico em sistemas e ecossistemas aquáticos, a utilização de remediadores vêm se tornando uma técnica bastante promissora para essa finalidade.

Nesse contexto, observa-se nos resultados que os anos de 2016 e 2017 concentraram o maior número de publicações sobre o Remediador Químico Phoslock® (LBM), representando um número maior de pesquisadores interessados em desenvolver conhecimento técnico-científico sobre esse tema, nos anos subsequentes observa-se uma redução no número de publicações que pode estar representando um hiato no conhecimento científico sobre o tema ou uma necessidade de refinar os delineamentos das pesquisas para alcançar resultados diferentes dos já publicados. Nesse contexto, quantificar o número de publicações tem sido uma das ferramentas utilizadas para medir a propagação do avanço de determinada ciência e/ou tema de interesse para comunidade científica (RIBEIRO *et al* 2007).



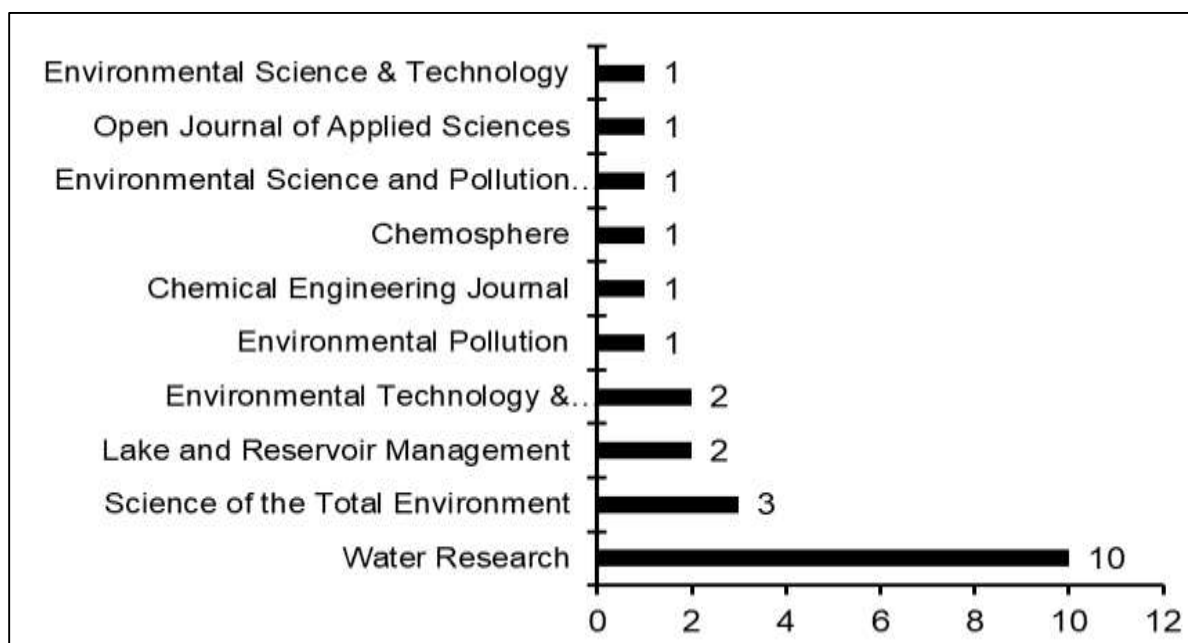
**Figura 1:** Quantidade de artigos técnicos-científicos publicados por ano, entre 2015 a 2019, que citam a utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM).

Em tempo, avaliar o perfil dos periódicos onde foram publicados os artigos sobre a utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM) se torna uma ferramenta necessária, considerando a necessidade de identificar a amplitude e o impacto do tema no meio científico (Figura 2). Desta forma, o periódico científico que obteve o maior número de publicações foi o “Water Research” (Fator de impacto: 7.913) com 10 publicações sobre a utilização do remediador LBM, sendo 06 artigos publicados somente no ano de 2016.

O “Water Research” tem por característica atuar como uma confiável fonte de periódicos científicos com vinculação mundial voltada ao desenvolvimento da

tecnologia, da ciência e da qualidade da gestão da água. As publicações são rigorosamente selecionadas e analisadas através de revisão por pares, englobando temas como processos de tratamento de água, gerenciamento de recursos hídricos, análises, aplicações, modelagem, limnologia de lagos e reservatórios (SCIENCEDIRECT® 2020). Desta forma, pode-se considerar que existe uma atenção especial da comunidade técnica-científica sobre estudos que visam avaliar a eficiência da utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM) em sistemas e ecossistemas aquáticos.

O periódico “Science of the Total Environment” (Fator de impacto: 5.589), ficou em segundo lugar com 03 publicações sobre a utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM), sendo 01 artigo em 2016 e 02 artigos no ano de 2018. A revista “Science of the Total Environment” é uma revista de alto padrão de exatidão para a seleção das pesquisas, possui um impacto e uma penetração técnica significativa na ciência ambiental mundial (JOURNALS ELSEVIER, 2020), reforçando a importância do tema para comunidade científica. Os demais periódicos apresentam 02 ou 01 artigo publicado, e sinalizam positivo para o interesse sobre a temática abordada.

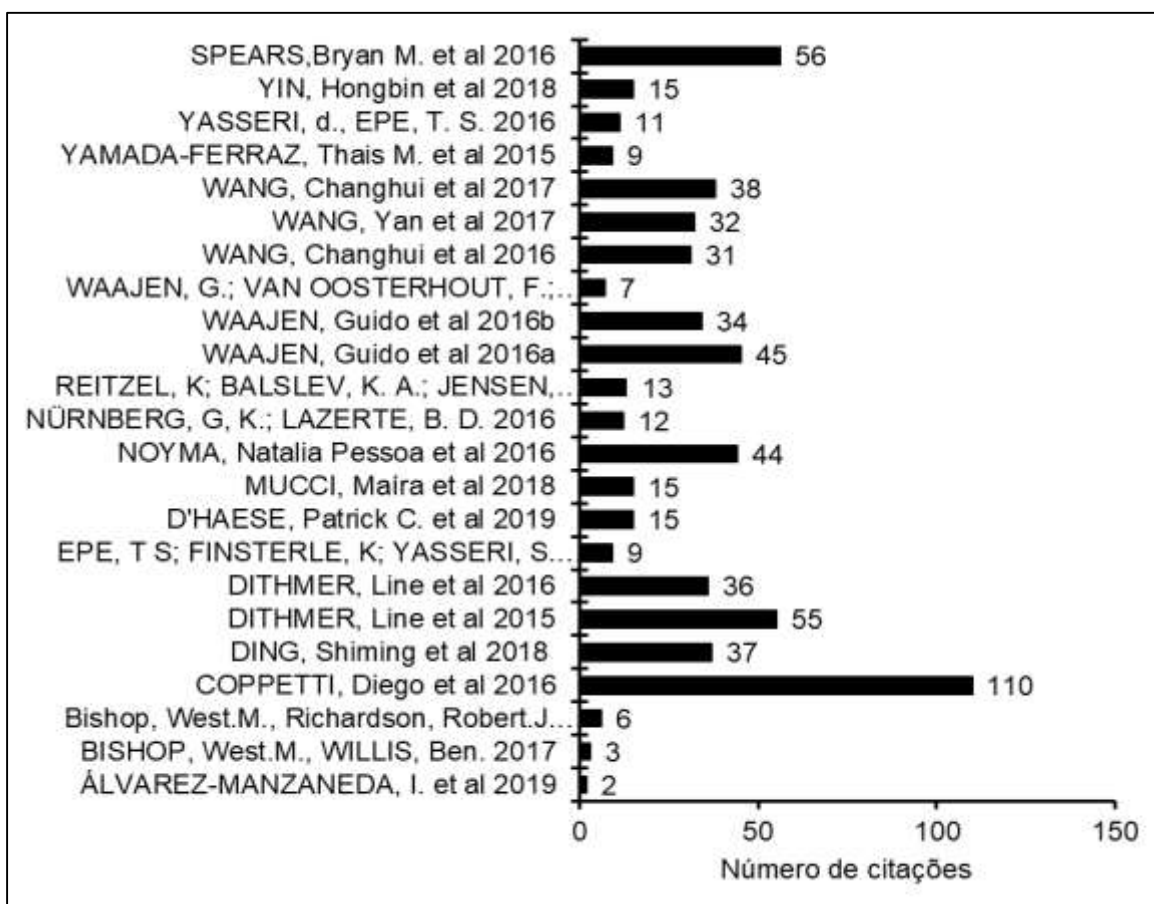


**Figura 2:** Quantidade de artigos técnicos-científicos publicados por periódico, entre 2015 a 2019, que citam a utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM).

Cabe destacar que todos artigos científicos analisados, são frutos de pesquisas realizadas instituições universitárias de pesquisa, e publicados em revistas de alta

rotatividade internacional. O artigo publicado por Copetti, *et al*, (2016), por exemplo, realizou uma revisão na literatura técnico-científica englobando 40 artigos publicados e 10 relatórios técnicos, onde ficou demonstrado a alta eficiência do Remediador Químico Phoslock® (LBM) no controle do fósforo. Contudo, de acordo com o autor, essa eficiência pode diminuir na presença de substâncias húmicas, e na presença de oxiânions.

De acordo com Ribeiro *et al* (2007) o número de citação pode estar relacionado com a qualidade da pesquisa e referencial bibliográfico. Neste contexto, a análise apontou que o artigo com o maior número de citações foi por publicado por Copetti *et al* (2016), com 110 citações entre os anos de 2015 até 2019 (Figura 3). Na sequencia observa-se os trabalhos publicados por Spears *et al* (2016), com 56 citações; Dithmer, *et al* (2016), com 55 citações; Waajen, *et al* (2016), com 45 citações; e Noyma, *et al* (2016), com 44 citações. Os demais artigos, também, onde a média de citação foi de 27,6, onde 11 dos 23 artigos analisados tiveram número de citação acima da média.

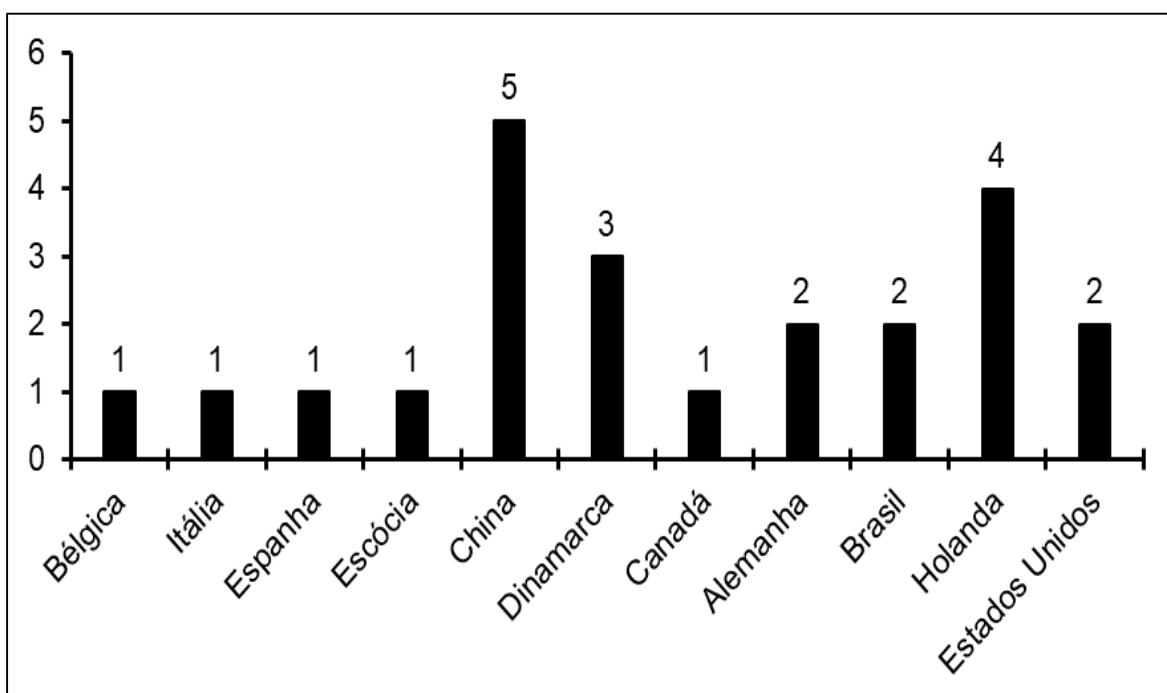


**Figura 3:** Quantidade de citações dos artigos técnico-científicos publicados em periódicos científicos, entre 2015 a 2019, que citam a utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM).



Desta forma, foi possível observar que o número de citação está diretamente veiculado ao periódico de publicação, onde quanto maior o fator de impacto e a abrangência observa-se uma tendência de o artigo publicado ser mais citado no meio técnico-científico. Contudo, é importante reforçar que pesquisas boas podem ter sido publicadas em revistas com baixo fator de impacto e abrangência, sendo este um dos motivos que podem influenciar em número de citação. Na revista “Water Research”, por exemplo, foram publicados os artigos com o maior número de citação, podendo este número pode estar associado ao fato de a revista acumular o maior número de publicações ligadas ao uso do Remediador Químico Phoslock® (LBM).

Um aspecto relevante de ser abordado refere-se à nacionalidade do primeiro autor e a área de estudo do trabalho, com a finalidade de avaliar a importância que os países e/ou regiões estão dando sobre as ferramentas de manejo do estado trófico como estratégias de gestão dos seus recursos hídricos. Contudo, observa-se que os artigos estão associados as instituições que os pesquisadores desenvolveram pesquisa, e não necessariamente ao país e/ou região de origem do pesquisador. Nesse contexto, a análise do número de publicações por países torna-se necessária para identificar os polos de produção técnica-científica sobre uso do Remediador Químico Phoslock® (LBM) (Figura 4).



**Figura 4:** Quantidade de artigos técnicos-científicos publicados em periódicos científicos por países, entre 2015 a 2019, que citam a utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM).

Os resultados demonstram que a Europa concentrou o maior número de países com publicações entre os anos de 2015 e 2019 sobre a utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM) em sistemas e ecossistemas aquáticos, destacando-se a Holanda e Dinamarca. Contudo, cabe destacar que a China concentrou o maior número de publicações entre os países com artigos publicados. É importante reforçar que existe um número significativo de objetivos distintos nos artigos analisados, todos baseado no uso do remediador LBM, com resultados significativos para comunidade científica internacional.

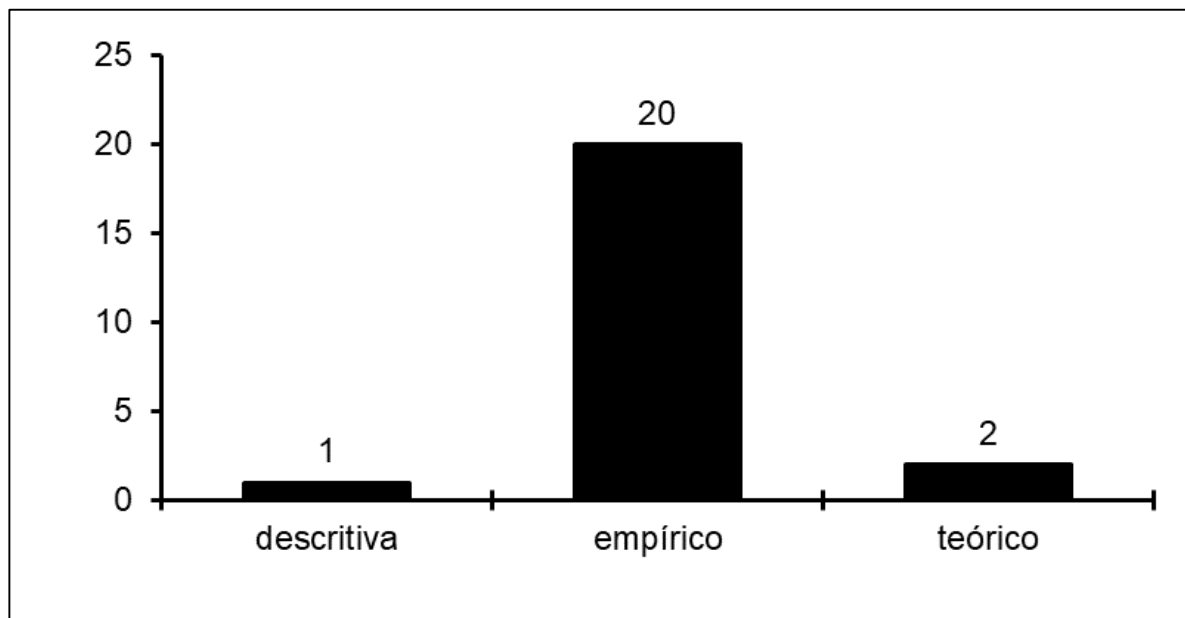
Os estudos realizados por Waajen, *et al* (2016a), no Lago Kuil na Holanda, por exemplo, teve como finalidade avaliar uso combinado do remediador LBM com floculantes a base de cloreto de ferro para melhoria de lagos eutrofizados. Os resultados foram positivos para a interceptação do fósforo e ortofosfato liberado do sedimento, promovendo como efeito secundário uma diminuição na biomassa de cianobactérias. O estudo publicado por Mucci, *et al* (2018), comparando diversas técnicas de adsorção de fósforo e ortofosfato, incluindo o remediador LBM, realizado num laboratório em Wageningen na Holanda, demonstrou que a melhor taxa de adsorção do remediador LBM ocorre em pH 6,0, com uma diminuição da sua capacidade de adsorção em condições anóxicas.

Estudos em lagos dinamarqueses, publicados por Reitzel, *et al* (2017), após tratamento com argila modificada por lantânio, demonstrou que a dissociação do lantânio pode ocorrer na presença de carbono orgânico dissolvido (COD), e ácidos húmicos para lagos e/ou reservatórios que apresentam baixas concentrações de íons de cálcio e de magnésio (águas macias). Segundo Wang, Y. *et al* (2017), em seus estudos laboratoriais, existe a necessidade de formar uma camada estática do Remediador Químico Phoslock® (LBM) no sedimento dos lagos e reservatórios, para aumentar a eficiência na interceptação do fósforo e reduzir os influxos para coluna d'água.

O Lago cisne, localizado em Ontário-Canadá, obteve uma diminuição da floração de cianobactérias com o tratamento utilizando Remediador Químico Phoslock® (LBM) durante 2 anos, em virtude da diminuição dos nutrientes biologicamente disponível (NÜRNBERG e LAZERTE 2016). Nesse contexto, observa-se que existe uma diversidade significativa de pesquisas publicadas em periódicos

importantes que devem auxiliar um desenvolvimento da área de restauração e recuperação de ecossistemas aquáticos e recursos hídricos nos próximos anos.

Os resultados, também, demonstraram que a maioria dos artigos analisados apresentam estudos de natureza empírica, trazendo resultados mais eficientes na comprovação da eficiência do Remediador Químico Phoslock® (LBM), corroborando com a constatação de sua eficácia no gerenciamento de recursos hídricos. Os artigos publicados por Copetti *et al* (2016) e pelo D'HAESE *et al* (2019), destacando-se por serem um dos raros artigos de revisão bibliográfica que trazem uma ampla abordagem sobre o uso do remediador LBM. Todos as publicações analisadas contribuem com a geração de informações e conhecimentos sobre o assunto, fornecendo um banco de dados técnicos e científicos para os pesquisadores dos ecossistemas aquáticos e gestores dos recursos hídricos.

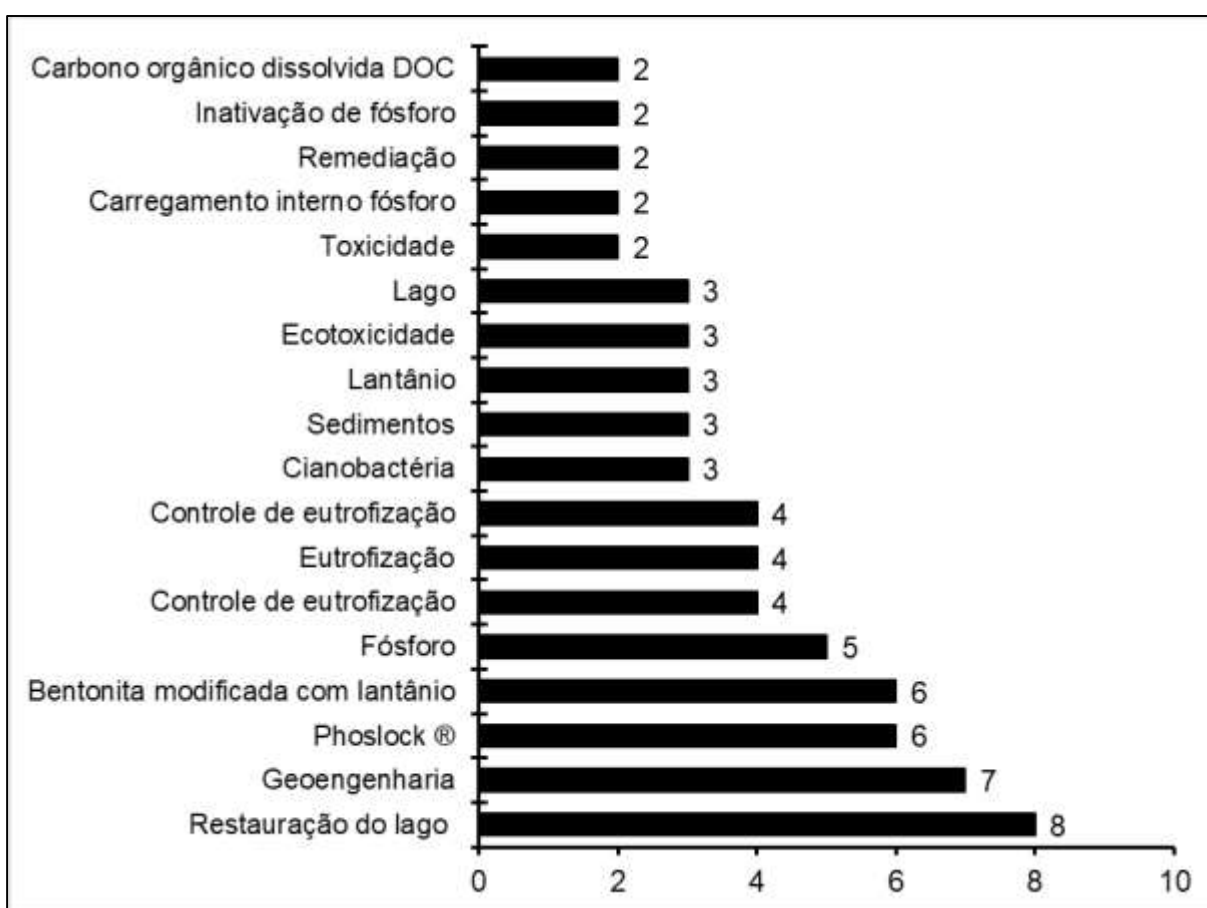


**Figura 5:** Quantidade de artigos técnicos-científicos publicados por natureza dos estudos em periódicos científicos, entre 2015 a 2019, que citam a utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM).

Em tempo, cabe destacar, uma concentração dos artigos que basearam suas pesquisas em ambientes lênticos, não sendo identificado durante a análise cienciométrica estudos realizados em ambiente lótico. Este fato deve estar diretamente relacionado com a influência da hidrodinâmica sobre a eficiência do Remediador Químico Phoslock® (LBM). Nesse sentido, existe uma lacuna de conhecimento

técnico-científico sobre o manejo de estado trófico em sistemas, ambientes e ecossistemas aquáticos lóticos.

Nos artigos analisados observou-se que a palavra-chave com o maior número de citação foi “Restauração do lago”, seguida em sequência por “Geoengenharia”, “Phoslock®” e “Bentonita modificada com lantânio” (Figura 6). Os resultados obtidos apontam para uma tendência de palavras-chaves similares, como por exemplo, Restauração; Geoengenharia em lagos; Controle trófico; Floração de cianobactérias; Floração de Algas; Gerenciamento de Recursos Hídricos e Gerenciamento de Lagos. Nesse contexto, observa-se uma consolidação do conhecimento técnico-científico para utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM) como uma ferramenta de manejo.



**Figura 6:** Quantidade de citações por palavras-chave nos artigos publicados em periódicos científicos, entre 2015 a 2019, que citam a utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM).

Em tempo, a análise cienciométrica utilizada como ferramenta para esta pesquisa, reuniu os principais resultados apresentados nos artigos analisados, proporcionando uma determinada sincronicidade de informações técnicas e científicas. A Tabela 2, a seguir, representa uma síntese dos principais resultados relacionados a

aplicação do Remediador Químico Phoslock® (LBM) como uma ferramenta de manejo de sistemas e ecossistemas aquáticos.

**Tabela 2:** Síntese dos principais resultados observados nos artigos publicados em periódicos científicos, entre 2015 a 2019, que citam a utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM).

SÍNTese DE PRINCIPAIS RESULTADOS	CITAÇÃO
Redução significativa da biomassa de cianobactérias	(ROSA et al 2011)
Mudanças na concentração e densidade nas florações de algas	(NOYMA et al 2016)
Análise de organismos que podem acumular o lantânio na restauração de lagos e reservatórios	(WAAJEN, VAN OOSTERHOUT, LÜRLING, 2017)
Não apresenta riscos toxicológicos para a saúde humana	(D'HAESE et al 2019)
Imobilização do fósforo e ortofosfato	(LÜRLING e TOLMAN, 2010)
Acúmulo de lantânio em espécies de Macrófitas e no fígado de peixes (nenhum caso agudo ou crônico)	(WAAJEN et al 2016b)
Integração de tecnologias de manejo da qualidade de água em conjunto com Remediador Químico Phoslock® (LBM)	(BISHOP e WILLIS, 2017)
Diminuição da interceptação do fósforo e ortofosfato em condições anóxicas	(MUCCI et al 2018)
Dissociação do lantânio na presença de Carbono Orgânico Dissolvido COD e ácidos húmicos	(REITZEL, BALSLEV, JENSEN, 2017).

### 3.2 Estudo de Caso: Utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM) na Represa do Sistema Joanes I.

O processo de remediação da represa do Sistema Joanes I, utilizando o Remediador Químico Phoslock® (LBM), foi dividido em duas fases de tratamento: a primeira iniciada em 2016 e a segunda iniciada em 2017 e finalizada em 2018. No âmbito do tratamento, verificou-se a necessidade de realizar aplicações para manutenção dos resultados obtidos durante as fases de tratamento, tendo em vista que o aporte de nutrientes oriundo da bacia hidrográfica e os influxos do sedimento são fontes significativas para alteração do estado trófico. Desta forma, em 2019 foi

iniciada a fase de manutenção do processo de remediação da represa do Sistema Joanes I.

A primeira fase de tratamento ocorreu no ano de 2016, contemplando três aplicações do remediador. Nesta fase, foram aplicadas 125 toneladas de LBM em diferentes áreas da represa do Sistema Joanes I. O objetivo do tratamento consistiu em controlar as cargas de nutrientes oriundas da bacia de drenagem e os influxos de fósforo e ortofosfato do sedimento, promovendo o manejo e a reestruturação do estado trófico na represa do Sistema Joanes I.

A segunda fase do tratamento da qualidade da água da represa do Sistema Joanes I, contemplou também três aplicações nas mesmas áreas selecionadas na primeira fase. O tratamento foi mantido, tendo em vista que as análises dos dados, antes e após as aplicações realizadas na primeira fase, demonstraram claramente que a abertura das comportas do Sistema Joanes II, localizado a montante da represa no Sistema Joanes I, incrementou as concentrações de fósforo e ortofosfato logo após o término da 3ª aplicação do produto, finalizada em 16/12/2016.

Após as duas etapas de tratamento, foi iniciada em novembro de 2019 a fase de manutenção. A etapa de manutenção visou controlar os influxos de fósforo e ortofosfato do sedimento para coluna d'água e as cargas de nutrientes oriundas da bacia de contribuição. Com isso, considerando que a fase de manutenção se encerrará no verão de 2021, espera-se promover a reestruturação trófica da represa do Sistema Joanes I, melhorando a qualidade da água captada e minimizando os riscos à saúde da população abastecida por esse sistema. Nesse sentido, foi previsto para essa fase, quatro aplicações de 21 toneladas, perfazendo um total de 84 toneladas do Remediador Químico Phoslock® (LBM).

Cabe destacar que foi elaborado pela Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA-BA) um plano de monitoramento para avaliar a eficiência do Remediador Químico Phoslock® (LBM) na remoção do fósforo e ortofosfato solúvel na represa do Sistema Joanes I. Desta forma, o plano contempla coletas e análises em três pontos da represa (JOI PREM 1, JOI PREM 2 e JOI PREM 3), em três profundidades distintas da coluna de água (Superfície, Meio e Fundo). As campanhas ocorrem com frequência mensal, inserindo uma coleta extra durante o processo de aplicação do remediador.

Desta forma, para análise deste estudo de caso, serão analisados apenas os resultados do monitoramento realizado no ponto JOI PREM 1, além disso serão

analisados apenas os parâmetros: Fósforo total e Ortofosfato Solúvel. O ponto selecionado está localizado na parte mais baixa da bacia de drenagem na captação da represa do Sistema Joanes I, e considerando que os parâmetros citados estão diretamente associados as alterações do estado trófico em sistemas e ecossistemas aquáticos, a restrição das análises a esses critérios será significativa para avaliar a eficiência do Remediador Químico Phoslock® (LBM) como ferramenta de manejo do sistema em estudo.

Cabe destacar que para a análise dos resultados considerou-se a superfície e meio como zona de produção na coluna da d'água, e o fundo como zona de consumo. A análise dos resultados consistiu, primeiramente, em uma comparação entre a média do período anterior as aplicações durante as fases de tratamento e o resultado da amostragem realizada durante à aplicação do produto. Nesse sentido, obteve-se um percentual indicativo de aumento ou redução das concentrações dos nutrientes avaliados. Em seguida, a mesma metodologia é realizada para avaliar o antes das aplicações durante as fases de tratamento, com os resultados médios dos meses seguintes a cada aplicação. Salienta-se que o resultado do anterior da primeira fase de aplicação (etapa 1) refere-se a média anual de 2015.

Diante do exposto, e considerando as comparações entre as concentrações médias de fósforo nos estratos da coluna d'água (superfície/meio e fundo) em diferentes fases e etapas do processo de tratamento (antes, durante e depois de cada aplicação), a Tabela 3 demonstra os principais resultados observados para a represa do Sistema Joanes I. Cabe reforçar que o processo de remediação planejado está dividindo a dosagem calculada para eficiência do remediador em 03 aplicações em cada fase de tratamento, nos estudos analisados.

**Tabela 3:** Resultados observados nas concentrações de fósforo total ao longo das fases de tratamento e manutenção da represa do Sistema Joanes I utilizando o Remediador Químico Phoslock® (LBM).

ETAPA	APLICAÇÃO	RESULTADOS (FÓSFORO TOTAL)			
		ANTES /COM O DURANTE		ANTES / COM A CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE MESES POSTERIORES A APLICAÇÃO	
FASE 01 – TRATAMENTO		SUPERFÍCIE/ MEIO	FUNDO DA COLUNA D'ÁGUA	SUPERFÍCIE/ MEIO	FUNDO DA COLUNA D'ÁGUA

	1ª aplicação	Redução de 43%	Redução de 76%	(7 meses) Aumento de 20%.	(7 meses) Redução de 45%
	2ª aplicação	Redução de 28% na de no fundo.	Redução de 87%	(7 meses) Redução de 58%	(7 meses) Redução de 58%
	3ª aplicação	Aumento de 41%	Aumento de 17%	(9 meses) Aumento de 43%	(9 meses) Aumento 99%
<b>FASE 02 – TRATAMENTO</b>	1ª aplicação	Aumento de 17%	Redução de 23%	(4 meses) Redução de 3%	(4 meses) Aumento de 11% no fundo.
	2ª aplicação	Redução de 24%	Redução de 62%	Redução de 11%	Aumento de 18%
	3ª aplicação	Aumento de 109%	Aumento de 294%	Aumento de 133%	Redução de 37%
<b>FASE 03 – MANUTENÇÃO</b>	1ª aplicação	Redução de 25%	141% no fundo	(3 meses posteriores) redução de 1%	Aumento de 26%

Em tempo, a Tabela 4 demonstra os principais resultados observados nas concentrações de ortofosfato solúvel na represa do Sistema Joanes I, durante as aplicações das fases de tratamento e manutenção. É importante reforçar que o ortofosfato solúvel representa a fração de nutrientes biologicamente disponível para fotossíntese, e aumento em suas concentrações estão diretamente associados a florações de algas nocivas (FAN) e mudanças significativas no estado trófico dos ecossistemas aquáticos.

**Tabela 4:** Resultados observados nas concentrações de ortofosfato solúvel ao longo das fases de tratamento e manutenção da represa do Sistema Joanes I utilizando o Remediador Químico Phoslock® (LBM).

ETAPA	APLICAÇÃO	RESULTADOS (ORTOFOSFATO SOLÚVEL)
-------	-----------	----------------------------------



		ANTES /COM O DURANTE		ANTES / COM A CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE MESES POSTERIORES A APLICAÇÃO	
		SUPERFÍCIE / MEIO	FUNDO DA COLUNA D'ÁGUA	SUPERFÍCIE/ MEIO	FUNDO DA COLUNA D'ÁGUA
<b>FASE 01 – TRATAMENTO</b>	1ª aplicação	Redução de 69%	Redução de 53%	Redução de 58%	Redução de 59%
	2ª aplicação	Aumento de 8%	Aumento de 58%	Redução de 50%	Redução de 42%
	3ª aplicação	Redução de 4%	Redução de 27%	Aumento de 40%	Aumento de 205%
<b>FASE 02 – TRATAMENTO</b>	1ª aplicação	Redução de 32%	Redução de 76%	Aumento de 7%	Aumento de 28%
	2ª aplicação	Aumento de 219%	Aumento de 66%	Aumento 219%	Aumento de 185%
	3ª aplicação	Não ocorreu alteração	Aumento de 260%	Aumento de 14%	Aumento de 25%
<b>FASE 03 DE MANUTENÇÃO</b>	1ª aplicação	Redução de 12 %	Aumento de 119%	Redução de 59%	Redução de 60%

A análise dos resultados de fósforo e ortofosfato solúvel ao longo das aplicações realizadas nas fases de tratamento e manutenção, indicam reduções significativas nas concentrações dos nutrientes na captação da represa do Sistema Joanes I, corroborando com a literatura técnica-científica analisada e demonstrando a eficiência do Remediador Químico Phoslock® (LBM) no manejo do estado trófico do sistema em estudo. Contudo, observa-se também que as contribuições de nutrientes através do fluxo hidrodinâmico das bacias contribuintes e os influxos do sedimento promovem um aumento nas concentrações dos nutrientes, demonstrando que as reduções observadas são temporárias.

Desta forma, e considerando que a dosagem calculada está sendo aplicada de forma fracionada, pode-se atribuir o aumento nas concentrações de nutrientes a uma baixa autonomia na adsorção em decorrência do fracionamento da dosagem indicada como necessária para o tratamento. Cabe reforçar que as fontes antrópicas contribuintes de nutrientes para bacia hidrográfica são difusas e continuam ativas, e esse fato promove um aporte contínuo de nutrientes para represa do Sistema Joanes I. Nesse contexto, considerando que a represa funciona como um termômetro da bacia hidrográfica por localizar-se em seu baixo curso, o manejo do estado trófico através da utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM) deve ser uma atividade planejada de forma sistêmica.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O trabalho obteve evidências claras, baseadas em análise cientométrica, que o ano de 2016 foi de grande desenvolvimento científico para os estudos da utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM), tendo um alto alcance de publicações divulgadas em diversos países em larga escala geográfica mundial. As publicações diminuíram após o ano de 2017. Observou-se uma ampla necessidade de estudos voltados ao controle de eutrofização em sistemas lóticos, demonstrando um hiato de conhecimento técnico-científico sobre a eficiência da remediação neste tipo de sistema.

O estudo considerou, através das palavras-chaves, que há vários campos das ciências ambientais apontam para uso do Remediador Químico Phoslock® (LBM) como ferramenta para a restauração de lagos, o gerenciamento de recursos hídricos, Geoengenharia e o controle da eutrofização, reafirmando a eficácia do uso do remediador para gestão dos recursos hídricos. Muitos dos artigos analisados demonstraram resultados baseados em estudos empíricos, trazendo uma grande base de informações através das evidências experimentais, que geram a comprovação de métodos científicos.

Desta forma, considera-se que as revistas de alta veiculação internacional geram um maior número de publicações sobre a utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM) em sistemas e ecossistemas aquáticos, e conseqüentemente um maior número de citações dos autores responsáveis pela publicação dos artigos. Um aspecto relevante da análise refere-se ao fato de que artigos pouco citados podem

também apresentar resultados eficientes, porém estão circulando em periódicos de baixo impacto e abrangência. Em todos os estudos foram obtidos resultados positivos sobre a utilização do Remediador Químico Phoslock® (LBM) para manejo de águas eutrofizadas.

O estudo de caso na represa do Sistema Joanes I, conduzido pela Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA-BA), demonstrou, com base nos resultados das concentrações de fósforo e ortofosfato solúvel ao longo das aplicações realizadas nas fases de tratamento e manutenção, reduções significativas de nutrientes, corroborando com a literatura técnica-científica analisada e demonstrando a eficiência do Remediador Químico Phoslock® (LBM) no manejo do estado trófico do sistema em estudo. Porém, os resultados também demonstraram um aumento nas concentrações dos nutrientes em decorrência das contribuições de nutrientes através do fluxo hidrodinâmico das bacias contribuintes e os influxos do sedimento, intensificada pelo regime pluviométrico regional e pelo regime operacional da represa localizada no Sistemas Joanes II.

Desta forma, observando que dosagem calculada é aplicada de forma fracionada, o aumento nas concentrações de nutrientes, está associada a baixa autonomia em decorrência do fracionamento da dosagem indicada como necessária para o tratamento. Em tempo, destaca-se que as fontes antrópicas contribuintes de nutrientes para o Sistema Joanes I são difusas e continuam ativas, promovendo um aporte contínuo de nutrientes para represa. Diante do exposto, considerando que a represa funciona como um termômetro da bacia hidrográfica, o manejo do estado trófico deve ser uma atividade planejada sistematicamente até a eliminação das fontes antrópicas de contribuição de nutrientes, visando garantir a segurança hídrica no ponto de captação utilizado para abastecimento da população de Salvador e Região Metropolitana.

## 5. REFERÊNCIAS

ÁLVAREZ-MANZANEDA, I. *et al.* Ecotoxicity screening of novel phosphorus adsorbents used for lake restoration. **Chemosphere**, v. 222, p. 469-478, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.01.103>. Acesso em 23 de abril de 2020.

ABOUT the journal, ScienceDirect ® 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/water-research/about/aims-and-scope>.

BISHOP, WEST.M., RICHARDSON, ROBERT.J. Influência do Phoslock® no fósforo herdado, na proporção de nutrientes e na composição das assembléias de algas nos recursos hídricos hipereutróficos. **Environmental Science and Pollution Research** 25, 4544-4557, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0832-2>. Acesso em: 27 de abril de 2020.

BISHOP, West.M., WILLIS, Ben. Comparação de programas de gerenciamento de recursos hídricos: uma abordagem de nível de limiar de ação de algas. **Open Journal of Applied Sciences**, v. 7, p. 31-41, 2017. Disponível em: <http://doi.org/10.4236/ojapps.2017.72003>. Acesso em: 25 de abril de 2020.

COPPETTI, Diego *et al.* Eutrofização gestão em águas superficiais usando bentonita modificada com lantânio: uma revisão. **Water Research** v. 97, p. 162-174, 2016. Disponível em: doi: 10.1016 / j.watres.2015.11.056 Acesso em: 25 de fevereiro de 2020.

DE SOUZA LIMA-RIBEIRO, Matheus *et al.* Análise cienciométrica em ecologia de populações: importância e tendências dos últimos 60 anos. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 29, n. 1, p. 39-47, 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1871/187115768006.pdf>. Acesso em: 30 de maio de 2020.

D'HAESE, Patrick C. *et al.* Risco para a saúde humana associado ao manejo de fósforo em águas doces usando lantânio e alumínio. **Chemosphere**, v. 220, p. 286-299, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.12.093>. Acesso em: 30 de maio de 2020.

DING, Shiming *et al.* Adsorção sinérgica de fósforo por ferro em bentonita modificada com lantânio (Phoslock ®): nova visão sobre a imobilização de fósforo em sedimentos.v. 134 p. 32-43, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.01.055>. Acesso em: 23 de maio de 2020.

DITHMER, Line *et al.* Caracterização do seqüestro de fosfato por uma argila de bentonita modificada por lantânio: um estudo de RMN de estado sólido, EXAFS e PXRD. **Environmental science & technology**, v. 49, n. 7, p. 4559-4566, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/es506182s>. Acesso em: 24 de maio de 2020.

DITHMER, Line *et al.* Influência do carbono orgânico dissolvido na eficiência do seqüestro de P por uma argila modificada por lantânio. **Water research**, v. 97, p. 39-46, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.07.003>. Acesso em: 24 de maio de 2020.

EMPRESA BAIANA DE ÁGUA E SANEAMENTO, NOTA TÉCNICA n °012 - 2019. Avaliação acerca da eficácia da aplicação do remediador químico Phoslock. Salvador, 22 de abril de 2019.

EPE, Tim Sebastian; FINSTERLE, Karin; YASSERI, Said. Nove anos de manejo de fósforo com bentonita modificada por lantânio (Phoslock) em um lago raso eutrófico na Alemanha. **Lake and reservoir management**, v. 33, n. 2, p. 119-129, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10402381.2016.1263693>. Acesso em: 23 de maio de 2020.

ESTEVEES, Francisco de Assis.; Fundamentos **de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 2<sup>a</sup> Ed,1998. p96 Ebook- disponível em : [http://professor.ufop.br/sites/default/files/roberthfagundes/files/fundamentos\\_de\\_limnologia\\_-\\_francisco\\_de\\_assis\\_esteves.pdf](http://professor.ufop.br/sites/default/files/roberthfagundes/files/fundamentos_de_limnologia_-_francisco_de_assis_esteves.pdf). Acesso em: 16 de abril de 2020.

FERREIRA, Thiago Finkler. Recuperação da Qualidade da Água e controle de Cianobactérias com o Remediador ambiental. **PHOSLOCK. HYDROSCIENCE**, 2019 Disponível em: [http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/08/03\\_PHOSLOCK.pdf](http://www.prosustentavel.niteroi.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/08/03_PHOSLOCK.pdf). Acesso em: 25 de abril de 2020.

FERREIRA, Tiago Finkler; DA MOTTA MARQUES, David M.L. Aplicação de Phoslock® para remoção de fósforo e controle de cianobactérias tóxicas. **Diretoria da ABRH**, p. 73, 2009. Disponível em: <http://hydroscience.com.br/wp-content/uploads/2014/09/Finkler-Ferreira-Motta-Marques-2009.pdf> Acesso em: 24 de março de 2020.

LÜRLING, Miquel; TOLMAN, Yora. Efeitos do lantânio e argila modificada pelo lantânio no crescimento, sobrevivência e reprodução de *Daphnia magna*. **Water Research**, v. 44, n. 1, p. 309-319, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.09.034>. Acesso em: 30 de maio de 2020.

MAIA, Luiz Henrique Delgado *et al.* IV-143- Remediação com argila de lantânio no manancial Joanes I e suas implicações no abastecimento de Salvador, Bahia. **Congresso ABES Fenasan 2017**. Disponível em: <https://www.saneamentobasico.com.br/wp-content/uploads/2019/05/18.pdf> Acesso em: 15 de abril de 2020.

MUCCI, Maíra *et al.* Avaliação de possíveis sorventes de fosfato em fase sólida para mitigar a eutrofização: influência do pH e da anóxia. **Science of the total environment**, V. 619-620 p. 1431 – 1440, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.198> Acesso em: 30 de maio de 2020.

NOYMA, Natalia Pessoa *et al.* Controle de florações de cianobactérias por floculação e sedimentação eficazes com o uso combinado de floculantes e fósforo adsorvendo o solo natural e argila modificada. **Water Research** , v. 97, p. 26-38, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2015.11.057>. Acesso em: 22 de abril de 2020.

NÜRNBERG, Gertrud K.; LAZERTE, Bruce D. Diminuição do estado trófico após aplicação de bentonita modificada por lantânio (Phoslock®) em um lago urbano polimítico hiper-eutrófico frequentado por gansos do Canadá (*Branta canadensis*). **Lake and Reservoir Management**, v. 32, n. 1, p. 74-88, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/10402381.2015.1133739>. Acesso em: 30 de maio de 2020.

REITZEL, Kasper; BALSLEV, Kristiane Astrid; JENSEN, Henning S; Influência da alcalinidade da água do lago e de substâncias húmicas na dispersão de partículas e dessorção de lantânio de uma bentonita modificada de lantânio. **Water research** v. 125, p. 191-200, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2017.08.044>. Acesso em: 27 de maio de 2020.

RIBEIRO, Matheus de Souza Lima *et al.* Análise cienciométrica em ecologia de populações: importância e tendências dos últimos 60 anos. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 29, n. 1, p. 39-47, 2007 Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/view/125>. Acesso em: 30 de abril de 2020.

ROSA, Roberto *et al.* Controle de florações de cianobactérias através do uso de uma argila ionicamente modificada para restauração de sistemas aquáticos rasos subtropicais. **26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária**, Porto Alegre, 2011. Disponível em: [http://phoslock.com.br/wp-content/uploads/2014/02/Rosa\\_el\\_al\\_2011\\_phoslock.pdf](http://phoslock.com.br/wp-content/uploads/2014/02/Rosa_el_al_2011_phoslock.pdf). Acesso em: 27 de Março de 2020.

SCIENCE of the enviroment. Journals.elsevier, 2020. Disponível em: <https://www.journals.elsevier.com/science-of-the-total-environment>. Acesso em: 15 de Junho de 2020.

SILVA, Gildete Clarinda das Virgens. **Avaliação crítica da qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Joanes**. Tese (Doutorado em Química Analítica) – Instituto de Química - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/20285/1/Tese%20-%20Gildete.pdf>. Acesso em: 13 de abril de 2020.

SPEARS, Bryan M. *et al.* Meta-análise da qualidade da água e respostas de macrófitas aquáticas em 18 lagos tratados com bentonita modificada por lantânio (Phoslock ®) **Water Research**, V. 97, p. 111-121, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.08.020>. Acesso em: 30 de maio de 2020.

TUNDISI, Jose Galisa.; TUNDISI, Takako Matsumura. **Limnologia**. 1.Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

WAAJEN, Guido *et al.* Gestão da eutrofização no lago De Kuil (Holanda), utilizando tratamento combinado de floculante - bentonita modificada por lantânio. **Water Research**. V 97, páginas 83-95, 2016a. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2015.11.034>. Acesso em: 3 de abril de 2020.

WAAJEN, Guido *et al.* Experimentos de geoengenharia em duas lagoas urbanas para controlar a eutrofização. **Water Research**. V. 97 p. 69-82, 2016b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.11.070>. Acesso em: 3 de abril de 2020.

WAAJEN, G.; VAN OOSTERHOUT, F.; LÜRLING, M. Bioacumulação de lantânio a partir de tratamentos de bentonita modificada com lantânio na restauração de lagos. **Environmental Pollution**, v. 230, p. 911-918, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2017.07.046>. Acesso em: 22 de abril de 2020.

WANG, Changhui *et al.* A redução de fósforo (P) biodisponível é menor que a imobilização móvel de P em sedimentos de lago para controle da eutrofização por agentes inativadores. **Water research**, v. 109, p. 196-206, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.11.045>. Acesso em: 30 de maio de 2020.

WANG, Changhui *et al.* Sedimentação de algas induz controle variável da eutrofização do lago por agentes inativadores de fósforo. **Science of the Total Environment**, v. 557, p. 479-488, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2016.11.045>. Acesso em: 25 de abril de 2020.

YAMADA-FERRAZ, Thais M. *et al* Avaliação da aplicação de Phoslock® em um reservatório eutrófico tropical: uma avaliação integrada de laboratório a experimentos de campo. **Environmental technology & innovation**, v. 4, p. 194-205, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2015.07.002>. Acesso em: 23 de maio de 2020.

WANG, Yan *et al* Camada estática: chave para imobilização do fósforo em sedimentos modificados com bentonita modificada por lantânio (Phoslock®). **Chemical Engineering Journal**, v. 325, p. 49-58, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.05.039>. Acesso em: 30 de maio de 2020.

YASSERI, disse; EPE, Tim S. Análise da razão La: P em sedimentos de lago - distribuição vertical e espacial avaliada por uma pesquisa de múltiplos núcleos. **Water research**, v. 97, p. 96-100, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.07.037>. Acesso em 2 de abril de 2020.

YIN, Hongbin *et al.* Remediação de cargas internas de fósforo com argilas modificadas, influência do material particulado em suspensão fluvial e resposta da comunidade de macroinvertebrados bentônicos. **Science of the total environment**, v. 610, p. 101-110, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.07.243>. Acesso em 24 de março de 2020.