

Utilização do Mapeamento Sistemático para a realização de uma revisão de literatura sobre métodos e tratamentos de água contaminada por rejeito de minério de ferro e petróleo utilizando floculação por taninos vegetais.

Use of Systematic Mapping to carry out a literature review on methods and treatments of water contaminated by iron ore and petroleum waste using vegetable tannin flocculation.

RAGGI, Fernanda Grossi, doutoranda em Modelagem e Tecnologia para Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Instituto Federal Fluminense

fernanda.grossi@gsuite.iff.edu.br

ARAÚJO, Thiago Moreira de Rezende, doutor em Ciências Naturais, Instituto Federal Fluminense

Thiago_uenf@yahoo.com.br

DUARTE, Neimar de Freitas, doutor em Biologia Vegetal, Instituto Federal de Minas Gerais

neimar@ifmg.edu.br

RESUMO

As inúmeras variantes de remoção de rejeitos provenientes de atividades minerárias e petrolíferas que contaminam cursos d'água são apresentadas na literatura utilizando floculantes naturais e artificiais, que incluem remoção de metais pesados dissolvidos e quelatos de óleos e graxas. A importância deste artigo foi pautada na busca de trabalhos já publicados utilizando taninos vegetais em processos de floculação de resíduos oleosos e contendo minério de ferro, e na realização de um mapeamento sistemático para responder às questões de pesquisa direcionadas ao estado da arte do tema proposto. Trata-se de uma forma de pesquisa secundária que categoriza uma grande quantidade de estudos existentes na literatura com base em seus resultados, contabilizando as contribuições. Foram definidas questões de pesquisa que nortearam o mapeamento (Quais taninos vegetais são mais utilizados em estudos de remoção de metais e compostos oleosos por floculação presentes em água provenientes de rejeitos? Quais métodos são mais utilizados em estudos de remoção de metais e compostos oleosos por floculação presentes em água provenientes de rejeitos?); os critérios de seleção, inclusão e exclusão dos trabalhos investigados; as palavras-chave (ou thesaurus) definidas a partir do método PICOC; e as bases utilizadas para as buscas - Scopus e Web of Science, por meio da interconexão da plataforma Parsifal. Como resultado final, foram obtidos dez artigos com estudos realizados entre os anos de 2015 e 2021, sendo a maior concentração de publicações em 2021, o que ressalta a importância do tema e, ao mesmo tempo, a necessidade de realização de estudos de forma a atualizar o banco de dados.

Palavras-chave: biorremediação; taninos vegetais; tecnologias de despoluição; rejeito de minério de ferro; hidrocarbonetos de petróleo.

ABSTRACT

The numerous variants of removing waste from mining and oil activities that contaminate waterways are presented in the literature using natural and artificial flocculants, which include removal of dissolved heavy metals and chelates from oils and greases. The importance of this article was based on the search for already published works using vegetable tannins in oily waste flocculation processes and those containing iron ore, and on carrying out a systematic mapping to answer research questions directed to the state of the art of the proposed topic. This is a form of secondary research that categorizes a large number of existing studies in the literature based on their results, accounting for contributions. Research questions were defined that guided the mapping (Which vegetable tannins are most used in studies on the removal of metals and oily compounds by flocculation present in water from waste? Which methods are most used in studies on the removal of metals and oily compounds by flocculation present in water from waste?); the selection, inclusion and exclusion criteria for the works investigated; the key words (or thesaurus) defined using the PICOC method; and the bases used for searches - Scopus and Web of Science, through the interconnection of the Parsifal platform. As a result, ten articles were obtained with studies carried out between 2015 and 2021, with the largest concentration of publications in 2021, which highlights the importance of the topic and, at the same time, the need to carry out studies in order to update database.

Key-words: *biorremediation; vegetaltannin; depolution technology; iron ore tailings; petroleum hydrocarbon.*

1 Introdução

As atividades que estão relacionadas à mineração e exploração petrolífera representam importância econômica de grande relevância para o país, de tal forma que apresentaram crescimento exponencial nas últimas décadas (IBRAM, 2022 [1]; ANP, 2022 [2]). Em especial, a contaminação de cursos d'água desperta maior atenção quando se trata dos impactos ambientais relacionados a estas atividades, uma vez que tanto a polpa de rejeitos de minério (MUNIZ & OLIVEIRA-FILHO, 2006) [3] quanto compostos oleosos formados por hidrocarbonetos (SILVA *et al.* 2008) [4], podem prejudicar o equilíbrio dos ciclos biogeoquímicos e ecológicos locais e globais.

Há um consenso intuitivo sobre os impactos ambientais gerados pela indústria do petróleo, onde a percepção se concentra geralmente nos vazamentos ocorridos em plataformas, navios e terminais (LIMMER, 2018) [5]. Em relação ao minério, Andrade *et al.* (2004) [6] discorre que diversas substâncias químicas são utilizadas no beneficiamento do minério como depressores, floculantes, dispersantes, coletores, espumantes, auxiliares de filtração, entre outros, resultando no concentrado de rejeito, que não possui utilização econômica após a exploração, e que é disposto em barragens (rejeitos finos) ou em diques de alteamento (rejeitos granulares) (IBRAM, 2022) [1].

Sabendo dos impactos gerados pelos empreendimentos minerários e petrolíferos, Santos (2014) [7] ressaltou a importância de estudos sobre o tratamento de efluentes advindos destes setores, com a finalidade de reduzir a concentração de contaminantes e do volume acumulado. Diversas tecnologias de tratamento, tradicionais e avançadas, são aplicadas em efluentes de águas oleosas e de rejeitos minerários, para remoção de partículas coloidais, como coagulação, floculação e métodos biológicos e eletrolíticos (LEE; ROBINSON; CHONG, 2014) [8]. Desta forma, o desenvolvimento de tecnologias para a separação destes da água se faz relevante, assim como a utilização de compostos orgânicos em substituição aos compostos inorgânicos tradicionais (LEE; ROBINSON; CHONG, 2014) [8].

As inúmeras variantes de remoção de rejeitos da água, principalmente provenientes de atividades petrolíferas e de mineração, são apresentadas na literatura utilizando, por exemplo, floculantes naturais e artificiais (SANTOS, 2009) [9]. Rubio, Oliveira & Silva (2010) [10] explicam que as pesquisas acerca do tratamento de efluentes líquidos são direcionadas para muitas áreas, incluindo remoção de metais pesados, de sólidos suspensos, de complexos e quelatos, de óleos e graxas, águas de minas contaminadas com baixas concentrações de metais pesados dissolvidos; separação de óleos emulsificados ou não, coloides e ultrafinos depositados em bacias de contenção ou na forma de suspensão.

O sistema de tratamento físico-químico de coagulação, floculação e sedimentação utilizado para efluentes com coagulantes naturais vem sendo estudado no tratamento de diferentes tipos de efluentes. O grande apelo para a utilização de taninos está no fato de que sua capacidade de se combinar com proteínas e metais é preservada após as reações químicas, além de ser um produto obtido de fontes renováveis e de composição orgânica, podendo ser biologicamente degradado ou eliminado termicamente (SILVA *et al*, 2004) [11].

Dessa forma, a importância deste artigo foi pautada na busca de trabalhos já publicados utilizando taninos vegetais em processos de floculação de resíduos oleosos e minerários.

2 Objetivos

O objetivo deste trabalho foi realizar um mapeamento sistemático, de forma a obter uma revisão por meio da busca de ensaios já realizados com taninos e metodologias de descontaminação e floculação, para responder às questões de pesquisa direcionadas ao estado da arte do tema proposto.

3 Justificativa

Os taninos vegetais são compostos orgânicos polifenólicos com hidroxilas livres, solúveis em água, de baixo peso molecular, possuindo a habilidade de combinar-se com macromoléculas e formar complexos insolúveis com celulose, proteínas, pectinas e alcaloides (MELLO e SANTOS, 2010) [12]. As plantas que os possuem em sua constituição são denominadas taníferas ou tanantes, e em alguns casos o teor é alto o suficiente para permitir aplicação industrial (RIZZINI & MORS, 1976) [13].

Segundo a estrutura química, podem ser classificados em taninos hidrolisáveis e condensados. Os hidrolisáveis são comumente encontrados nas folhas, sementes, brotos, frutos, madeiras, e cujas ligações ésteres são passíveis de sofrer hidrólise por ácidos ou enzimas. Em solução, desenvolvem coloração azul no contato com cloreto férrico. Os taninos condensados - encontrados na matéria seca de cascas de angiospermas e gimnospermas lenhosas -, são proantocianidinas, responsáveis pela adstringência e, sob tratamento com ácidos ou enzimas, se polimerizam em substâncias vermelhas insolúveis. No caso de compostos oleosos, apresentam cor variando entre azul e vermelho, de acordo com o pH (MELLO & SANTOS, 2010) [12].

Aplicados como polímeros aniônicos biodegradáveis, têm se mostrado coagulantes naturais efetivos numa ampla faixa de pH, atuando nas etapas de coagulação e floculação, e como depressor na flotação de minério de ferro (SILVA, 2016) [14] e de petróleo (PAULO *et.al*, 2013) [15]. Dessa forma, podem substituir componentes químicos inorgânicos e serem degradados biologicamente, reduzindo os impactos por contaminação de poluentes.

Estudos realizados com espécies vegetais ricas em taninos revelam alto poder de coagulação em tratamentos primários de efluentes. A extração aquosa e purificação prévia das proteínas ativas já demonstrou ser responsável por sua ação coagulante, através de mecanismo de adsorção, e consequente neutralização das cargas coloidais, seguido de sedimentação. Assim, contribuem para a redução do volume contido em barragem, por ser facilitador da decantação do material sólido. Ainda, alguns ensaios já comprovaram que o ácido tânico (tanino) mostrou ser mais seletivo para metais e compostos oleosos em floculação como depressor, apresentando concentrados mais puros em sua recuperação (SOUSA, 2015) [16].

4 Metodologia

O Mapeamento Sistemático (MS) é definido por Cooper (2016) [17] como uma forma de pesquisa de estudos secundários. Enquanto estudos primários são investigações originais (e.g., estudos de caso), os estudos secundários são aqueles que estabelecem conclusões a partir dos resultados dos estudos primários (e.g., metanálises) (CAMPANA, 1999) [18]. Os mapeamentos sistemáticos são um método que consiste em categorizar uma grande quantidade de estudos existentes na literatura com base em seus resultados, contabilizando as contribuições a partir desta categorização (PETERSEN *et al.*, 2015) [19]. Este método destina-se a identificar lacunas e oportunidades de pesquisa, apresentando objetivos genéricos e abrangentes, cujo foco é expandir os conhecimentos do pesquisador sobre um determinado tema (BUDGEN *et al.*, 2008) [20].

As Revisões Sistemáticas (RS) são ao um meio de avaliar e interpretar toda a pesquisa relevante sobre uma pergunta, tópico ou interesse específico (KITCHENHAM and CHARTERS, 2007) [21]. Desta forma, as revisões analisam um conjunto menor de estudos, pois têm objetivos específicos e focam em aprofundar os conhecimentos já existentes em um determinado tema, como a comparação entre a eficácia de diferentes métodos. Ambos estudos sistemáticos são rigorosamente conduzidos para que possam ser reprodutíveis, geralmente possuindo uma forma muito similar entre si (BUDGEN *et al.*, 2008) [20], com leves adaptações conforme suas variações. Uma breve diferenciação entre os dois métodos é explicitada no Quadro 01.

A partir de evidências, é possível criar argumentos e conexões para a geração de novas hipóteses ou confirmação de outrem. Desta forma, o mapeamento constitui-se em uma metodologia que frequentemente é empregada nas investigações, resultando em estudos que fornecem uma estrutura de classificação de resultados sobre o que foi publicado. Tal classificação permite ligações visuais, ou seja, o mapa dos resultados (PETERSEN *et al.*, 2015) [19], constituindo um conjunto concreto de dados e conhecimentos sobre um determinado assunto.

Quadro 01 - Principais variações entre mapeamentos e revisões sistemáticos.

Característica	Mapeamento	Revisão
Objetivo Principal	Abrangencia	Profundidade
Questões de Pesquisa	Genéricas	Específicas
Escopo	Ampla quantidade de estudos	Pequena quantidade de estudos
Estilo de Revisão	Categorização	Análise

Fonte: adaptado de Klock (2020).

Ainda, é um meio de avaliar de maneira confiável os trabalhos relevantes existentes em torno de uma determinada questão de pesquisa (KITCHENHAM and CHARTERS, 2007)

[21]. O método objetiva encontrar respostas, evidências e lacunas analisando, identificando, avaliando e interpretando os estudos relevantes em um dado tema ou fenômeno de interesse. A análise da literatura científica identifica a quantidade e qualidade das evidências, além de mostrar a abrangência do tema e onde são publicados, permitindo assim uma visão geral sobre o assunto pesquisado (PETERSEN *et al.*, 2015)[19].

Como resultado, o mapeamento sistemático gera uma Revisão Sistemática de literatura, que é definida por um método de busca secundário que tem por objetivo reunir estudos semelhantes ao tema proposto ao trabalho realizado, avaliando-os criticamente em sua metodologia e reunindo-os numa análise estatística, a metanálise, quando possível. Agregar evidências de pesquisa para guiar a prática proposta é uma das principais razões para se desenvolverem estudos que sintetizam a literatura, mas não é a única. As revisões sistemáticas são desenhadas para serem metódicas, explícitas e passíveis de reprodução. Esse tipo de estudo serve para nortear o desenvolvimento de projetos, indicando novos rumos para futuras investigações e identificando quais métodos de pesquisa foram utilizados em uma área. Boas revisões sistemáticas, como resultados de bons mapeamentos, são recursos importantes ante o crescimento acelerado da informação científica. Esses estudos ajudam a sintetizar a evidência disponível na literatura sobre uma intervenção (KITCHENHAM and CHARTERS, 2007) [21].

Um mapeamento sistemático se inicia com uma pergunta clara, passando pela definição de uma estratégia de busca, pelo estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão dos artigos, além de uma análise criteriosa da qualidade da literatura selecionada. De acordo com KITCHENHAM *et al.* (2009) [22] *apud* Luz e Zuffo (2019) [23], as etapas básicas de elaboração de um mapeamento sistemático de literatura são detalhadas no fluxograma da Figura 01 a seguir.

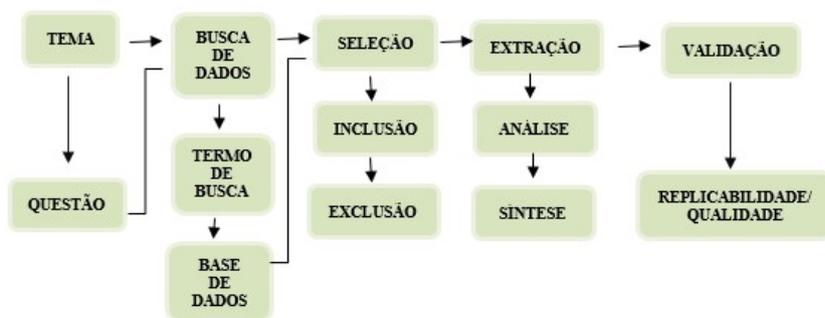


Figura 01 – Fluxograma com as etapas de aplicação do Mapeamento Sistemático da Literatura. Fonte: adaptado de Luz e Zuffo (2019).

De acordo com Eco e Sebeok (2008) [24], o mapeamento sistemático inicia-se pela criação de um protocolo, tendo como base a ideia de criação de “regras” da abdução em três etapas, constituídas com respostas às seguintes questões:

- a) Qual é o objetivo e a questão que norteia o mapeamento?
- b) Quais os critérios de seleção, inclusão e exclusão dos trabalhos investigados?
- c) Quais palavras chaves serão utilizadas?

4.1 Questões de pesquisa

As questões de pesquisa levantadas para execução do mapeamento têm como objetivo indicar tendências e atualizações do tema abordado (PETERSEN *et al.*, 2015) [19]. Sendo

o objetivo deste mapeamento sistemático de literatura o estado da arte sobre a temática de tratamento de água contaminada por rejeitos de minério de ferro e compostos oleosos provenientes de hidrocarbonetos, foram estabelecidas as seguintes questões (Qs):

Q1: quais taninos são mais utilizados em estudos de remoção de metais e compostos oleosos por floculação presentes em água provenientes de rejeitos?

Q2: quais métodos são mais utilizados em estudos de remoção de metais e compostos oleosos por floculação presentes em água provenientes de rejeitos?

4.2 Termos de busca

A definição das palavras-chave mais adequadas auxilia na formação dos argumentos de busca e filtros em plataformas específicas. Mais conhecidos como thesaurus, estas palavras chave formam uma lista de termos com significados semelhantes, dentro de um domínio específico de conhecimento em relação à questão de pesquisa. Por definição, um thesaurus é restrito e não deve ser considerado simplesmente como uma lista de sinônimos, pois os objetivos dos thesaurus são justamente mostrar as diferenças mínimas entre as palavras, ajudar o autor a escolher a palavra exata, eliminar as ambiguidades dos termos e facilitar o acesso tanto do profissional da informação quanto do usuário, evitando uma desorganização e uma possível insatisfação de quem necessita se informar. Segundo Moreiro & José (2011) [25] essa linguagem documentária também tem como objetivo ajudar o usuário na indexação e na consulta dos registros, fornecendo a ele o termo que procura e os termos relacionados, devido ao controle do vocabulário com a representação do conteúdo dos documentos de forma singular.

Desta forma, na construção de um thesaurus conceitual são necessários princípios para estabelecimento do termo e das relações entre eles. Projetando estes princípios, foram definidas palavras – chave que foram agrupadas pelo método **PICOC** (KITCHENHAM & CHARTERS, 2007) [21], onde o pesquisador deve definir a população (P), a intervenção (I), a comparação (C) os outcomes (resultados) (O), e o contexto (C). Para o presente trabalho, foram utilizados os seguintes thesauri ou palavras chave, de acordo com o PICOC:

População: tanino vegetal, minério de ferro, petróleo;

Intervenção: separação por floculação;

Comparação: tanino condensado; tanino hidrolisável;

Outcome (resultados): floculação de minério por tanino vegetal; floculação de petróleo por tanino vegetal;

Contexto: estudos de tratamento de água utilizando tanino vegetal como floculante de minério de ferro e petróleo.

Quando pertencentes a um mesmo grupo, as palavras são agrupadas por um operador lógico OU (OR) e, quando em grupos distintos, agrupadas com um operador lógico E (AND). Desta forma, foram utilizadas as strings de pesquisa (“TANINO VEGETAL”); (“TANINO VEGETAL”) E (“FLOCULAÇÃO”); (“TANINO VEGETAL”) E (“FLOCULAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO”); (“TANINO VEGETAL”) E (“FLOCULAÇÃO DE PETRÓLEO”).

4.3 Bases de dados e plataformas de busca

Após a definição das *strings* de busca estas foram rodadas, por meio da plataforma *online* PARSIFAL, nas bases de dados das bibliotecas virtuais *Web of Science* e *Scopus*. Estas bases formam selecionadas por serem muito utilizadas no meio científico acadêmico e

apresentarem, em uma busca inicial informal, maior número de periódicos indexados relacionados aos thesauri e ao tema proposto. Em ambas as bases foi possível baixar os títulos e resumos dos resultados da busca em arquivo BibTex, necessário para importação na plataforma Parsival. Ainda, foi possível definir e eliminar, dentro da plataforma Parsival, os artigos em duplicata, ou seja, identificados em ambas as bases de dados, evitando assim seu duplo registro.

5 Resultados e Discussão

A String da busca utilizada em cada base é apresentada na Tabela 1 a seguir, bem como a quantidade de resultados. A busca foi realizada por título, resumo e palavras-chaves (title-abstract-keywords) na Web of Science e Scopus, não havendo restrição para o ano das publicações nas duas Bases de Dados. Como critérios de inclusão foram considerados trabalhos relacionados e taninos vegetais e floculação de minério de ferro; e taninos vegetais e floculação de petróleo. Como critérios de exclusão foram considerados trabalhos relacionados à utilização de polímeros floculantes; e utilização de taninos em ensaios experimentais fora de tratamento de água ou com linhas de pesquisa não aderentes.

Para auxiliar nesta seleção, foi utilizado o método PRISMA (Principais Ítens para Relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises), que objetiva melhorar o relato de revisões sistemáticas e meta-análises, além de contribuir para uma avaliação crítica de revisões sistemáticas publicadas (PRISMA, 2024) [26] (Fuxogramas das Figuras 02 e 03).

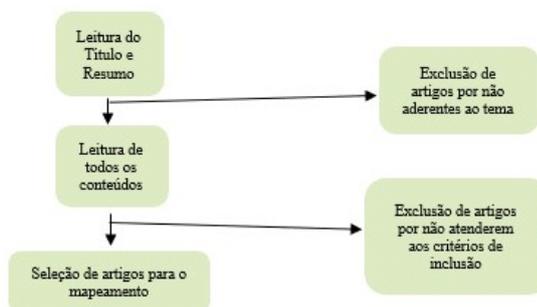


Figura 02 - Fluxograma com etapas iniciais do método PRISMA utilizadas. Fonte: elaborado pela autora.

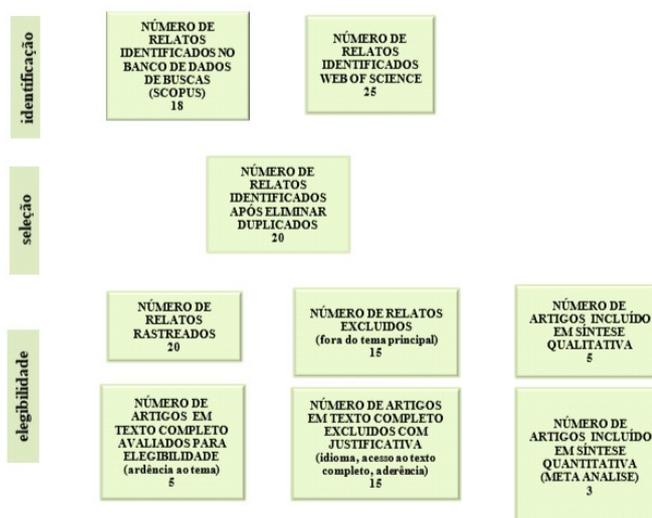


Figura 03 – fluxograma com as especificidades das etapas do PRISMA utilizadas no trabalho. Fonte: elaborado pela autora.

Os resultados, demonstrados na Tabela 01 a seguir, foram filtrados e selecionados a partir do título e do resumo, chegando a um total de 127 artigos para utilização de taninos vegetais em floculação de minério de ferro e 58 para utilização de taninos vegetais em floculação de petróleo. Entretanto, foram selecionados 14 elegíveis para o primeiro *spring* e 11 para o segundo, de acordo com os critérios de inclusão já descritos. Ainda, foram considerados para exclusão, além dos critérios estabelecidos, 10 duplicados para o primeiro *spring* e 6 para o segundo.

Tabela 01 – resultados obtidos a partir do método PRISMA.

Base: Scopus x Web of Science	Thesaurus	Resultados	Elegíveis Scopus
Última data de busca: 02/02/22	"tanino vegetal"	501.000	50
	"tanino vegetal" E "floculação"	326.000	10
	"tanino vegetal" E "floculação de minério de ferro"	127	14
	"tanino vegetal" E "floculação de petróleo"	58	11

Fonte: elaborado pela autora.

A Tabela 02 a seguir apresenta a localização dos artigos completos selecionados pelo critério de elegibilidade.

Tabela 02 – localização dos artigos completo selecionados pelo critério de elegibilidade. Fonte: elaborado pela autora, adaptado de Parsifal, 2022.

	TÍTULO	AUTOR	MÊS/ANO	Periódico	QUARTIL
1	Uma revisão dos metabólitos vegetais com capacidade de interação com metais: uma abordagem verde para aplicações industriais	Nobahar A.	Ago/2021	BioMetals	Q1
2	Coagulantes naturais para o tratamento de água e esgoto: uma opção futurística para clarificação sustentável da água	Karnena M.K.	Abr/2021	Recent Innovations in Chemical Engineering	Q2
3	Uso de coagulantes naturais para tratamento de águas residuais industriais	Gautam S.	Out/2020	Global Journal of Environmental Science and Management	Q2
4	Produtos naturais usados como coagulantes e floculantes para abastecimento público de água: uma revisão dos benefícios e potencialidades	Lima RN	Jun/2018	Revista Virtual de Quimica	Q3
5	Avanço em coagulantes poliméricos naturais em operações de tratamento de água e esgoto	Oladoja N.A.	Jun/2015	Journal of Water Process Engineering	Q2

Fonte: elaborado pela autora.

A partir dos dados compilados na Tabela 02, foi possível gerar o Gráfico 01 da Figura 03 a seguir, contendo o número de estudos obtidos por ano de publicação.



Figura 04 – gráfico contendo o número de estudos selecionados por ano. Fonte: elaborado pela autora.

A partir dos 10 artigos selecionados, foi gerada a Tabela 03, de intervenção, com o número de artigos por Método/técnica/procedimento utilizados.

Tabela 03 Intervenções dos artigos completos selecionados.

Autores (Ano)	Descrição	Tipo de tanino/método utilizado
Nobahar A. Ago/2021	Identificação de taninos com boa capacidade quelante com metais, com potencial de utilização como descontaminante em atividades industriais	Tanino hidrolisável; floculação com metais;
Karnena M.K. Abr/2021	A presente revisão se concentra principalmente nas questões relacionadas aos coagulantes naturais para esclarecer as incertezas e, simultaneamente, mover as indústrias a utilizarem, quando houver dificuldades ou maior intensidade poluente, de mesclas entre coagulantes artificiais e naturais.	Tanino hidrolisável; floculação com metais;
Gautam S. Out/2021	Aplicação dos coagulantes naturais no tratamento de efluentes industriais, vantagens e desvantagens relativas em relação aos coagulantes químicos; potenciais aplicações comerciais em larga escala de coagulantes naturais no lugar dos sintéticos.	Tanino hidrolisável; floculação com metais;
Lima, RN Jun/2021	Compilação de diversos estudos desenvolvidos nos últimos anos que relatam a obtenção e eficiência de materiais naturais, limitações e malefícios dos coagulantes tradicionais à base de sais inorgânicos e polímeros sintéticos, mecanismos de ação, em contraste com os principais parâmetros físico-químicos utilizados no controle de qualidade de águas naturais e tratadas.	Tanino hidrolisável; floculação com metais;
Pontes, T., R. Set/2020	Neste projeto foram desenvolvidos aditivos emulsificantes a partir da hidrofobização parcial dos taninos. Os resultados mostraram que os produtos sintetizados atuaram tanto como agentes emulsificantes como modificadores reológicos para emulsões de óleo em água, entanto, os naturais também apresentam bons resultados.	Tanino condensado, petróleo;
Souza <i>et.al.</i> Fev, 2020	O tanino extraído de espécies vegetais presentes em fazendas produtoras de couro, na clarificação de águas residuárias, também pode ser utilizada no tratamento de óleos a base de hidrocarbonetos.	Tanino condensado; floculação com petróleo;
Pontes, 2020.	Os taninos vegetais são importantes na produção de resinas e dispersantes para controlar a viscosidade dos poços na indústria petrolífera. Essas resinas apresentam características de ligação interna,	Tanino condensado; floculação com petróleo;

	tempo de formação de géis e viscosidade semelhantes às das resinas de uso comercial, sendo o mais eficiente o condensado.	
Azevedo <i>et.al.</i> , 2018.	A jurema-preta (<i>Mimosa tenuiflora</i>), espécie típica do semiárido brasileiro, possui potencial para a produção de taninos vegetais. Observou-se que a fenologia das plantas influenciou no teor de taninos condensados, pois quando as árvores tinham frutos e flores apresentaram menor teor de taninos. Já na presença de folhas verdes foi observado maior teor de taninos condensados nas plantas.	Tanino condensado; floculação com petróleo;
Oladoja N.A. Jun/2015	Apesar da ampla aplicabilidade de coagulantes para tratamento de efluentes, os desafios associados ao uso têm gerado esforços de pesquisa para o desenvolvimento de coagulantes de base biológica verde, cujas aplicações são capazes de contornar os desafios sinônimos do uso desses coagulantes convencionais.	Tanino hidrolisável; floculação com metais;

Fonte: Elaborado pela autora.

O primeiro critério utilizado para a seleção das referências foi o período de cinco anos de publicação, ou seja, entre os anos de 2019 e 2024. Entretanto, aquelas que estavam fora deste período mas eram aderentes ao tema, principalmente no que se referiu às strings relacionadas à presença de taninos de alta concentração em espécies vegetais; eficiência da utilização dos taninos vegetais na purificação de águas residuárias de origem industrial; eficiência da utilização de taninos vegetais no processo de floculação de partículas de minério; eficiência da floculação de partículas de hidrocarbonetos utilizando taninos vegetais também foram priorizadas.

Analisando as publicações por ano, foi possível perceber que entre 2018 e 2021 houve um número constante de publicações sobre as strings utilizadas, o que não ocorreu de 2015 a 2018, uma vez que o tema apresentou avanço nas pesquisas somente a partir de 2018. O mesmo não pode ser previsto para taninos e relação com hidrocarbonetos e águas oleosas, uma vez que há escassez de trabalhos publicados, sendo necessário o desenvolvimento desta linha de pesquisa. Assim, as poucas referências que foram encontradas por meio das strings foram selecionadas, independente do ano de publicação.

6 Considerações Finais

Foi possível concluir que a utilização de taninos no tratamento de metais presentes em efluentes líquidos industriais apresentou eficácia e resultados promissores de acordo com as bibliografias encontradas, o que também indicou a mesma linha de pesquisa bem sucedida para a utilização em se tratando de minério de ferro. Entretanto, a variabilidade de espécies vegetais tanínicas utilizadas identificadas na revisão sistemática foi baixa, o que corroborou a presente pesquisa no que diz respeito à utilização de espécies ainda não testadas.

Além disso, as referências identificadas apresentaram pesquisas que utilizaram taninos vegetais para o tratamento de efluentes industriais com resíduos de compostos oleosos, mas a utilização dos mesmos em água contaminada diretamente por hidrocarbonetos é escassa, indicando a necessidade de realização de novos estudos.

Referências Bibliográficas

- [1] INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). **Gestão para a sustentabilidade na mineração: 20 anos de história**. 1.ed. Brasília: IBRAM, 2013. 168 p. Disponível em: <www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00004089.pdf>. Acesso em 27 jan. 2022.
- [2] AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GAS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Crescimento das atividades petrolíferas na Bacia de Campos**. Disponível em <<https://www.gov.br/anp/pt-br>>. Acesso em fevereiro de 2022.
- [3] MUNIZ, D.H.F, OLIVEIRA-FILHO, E.C. Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente. *Universitas: Ciências da Saúde*, v. 4, n. 1 / 2, p. 83-100, 2006.
- [4] SILVA, P.K.L, DANTAS NETO, A.A., MELO, J. **Remoção de óleo de água de produção por flotação em coluna utilizando tensoativos de origem vegetal**. Natal: UFRN, 2008. Dissertação de Mestrado.
- [5] LIMMER, F.C. O licenciamento ambiental da indústria petrolífera. *Revista Brasileira de Direito do Petróleo, Gás e Energia*. v.5, n.1, p.225-242, 2018.
- [6] ANDRADE, M. C., BARBATO, C. N., FRANÇA, S. C., LUZ, A. B. **Adsorção e quantificação de aminas em efluentes de mineração**. Série Anais da XII Jornada de Iniciação Científica – CETEM, 2004.
- [7] SANTOS, M.A. **A flotação por ar dissolvido como alternativa ao tratamento de efluente mineral visando ao reuso da água e à melhoria do processo de flotação de apatia**. Uberlândia: UFU, 2014. Dissertação de mestrado.
- [8] LEE, C.S, ROBINSON, J., CHONG, M.F. A review on application of flocculants in wastewater treatment. *Process Safety and Environmental Protection*: v.92, Iss.6, nov.2014, p.489-508.
- [9] SANTOS, C.T. **Influência do tamanho molecular aparente de substâncias húmicas aquáticas na eficiência da coagulação por hidróxido de alumínio**. São Carlos: UFSCAR, 2009. Dissertação de mestrado.
- [10] RUBIO, J.; OLIVEIRA, C.; SILVA, R. Aspectos ambientais nos setores mineiro e metalúrgico. In: SILVA, A.A. Reavaliação de Circuito de Flotação Convencional de Minério de Ferro. Dissertação (mestrado em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p.98, 2016. Disponível em <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUBDAEAG9N/disserta_o_de_mestra_do_airton_final.pdf?sequence=1>. Acesso em março de 2024.
- [11] SILVA, J.; GOMES, L.P.; DECUSATI, O.; LAMB, L.H. Aplicação de flocculante vegetal no tratamento de águas – A experiência da TANAC S.A. e a proposta de pesquisa com a UNISINOS. In: **IV Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, Porto Alegre, RS**. CD ROM... Porto Alegre, ABES-RS, 2004..
- [12] MELLO, J. P. C.; SANTOS, S. C. **Em Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Simões, C. M. O.; Schenckel, E. P., orgs. Porto Alegre: Editora UFSC. 2010. 3.ed.
- [13] RIZZINI, C. T.; MORS, W. B. **Botânica econômica brasileira**. São Paulo: EPU/ Editora da Universidade de São Paulo, 1976. 207 p.
- [14] SILVA, A.A. Reavaliação de Circuito de Flotação Convencional de Minério de Ferro. Dissertação (mestrado em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p.98, 2016. Disponível em <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUBDAEAG9N/disserta_o_de_mestra_do_airton_final.pdf?sequence=1>. Acesso em março de 2024.

- [15] PAULO, P.L.; AZEVEDO C.; BEGOSSO, L.; GALBIATI A.F.; BONCZ M.A. Natural systems treating greywater and blackwater on-site: Integrating treatment, reuse and landscaping. Federal University of Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS. **Brazil Ecological Engineering** 50 ,95– 100, 2013.
- [16] SOUSA, Thais Brito. **Uso de taninos de espécies florestais no tratamento de água para abastecimento**. Lavras: UFLA, 2015. Dissertação de mestrado.
- [17] COOPER, I. Diane. What is a “mappingstudy?” **Journal of the Medical Library Association: JMLA**, v. 104, n. 1, p. 76, 2016.
- [18] CAMPANA, A.O. Metodologia da investigação científica aplicada à área biomédica. **J Pneumol** 25(2) – mar-abr de 1999.
- [19] PETERSEN, K., VAKKALANKA, S., AND KUZNIARZ, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. **Information and Software Technology**, 64:1 – 18.
- [20] BUDGEN, D., TURNER, M., BRERETON, P., AND KITCHENHAM, B. A. (2008). Using mapping studies in software engineering. *In* **PPIG**, volume 8, pages 195–204. BUDGEN, D., TURNER, M., BRERETON, P., AND KITCHENHAM, B. A. (2008). Using mapping studies in software engineering. *In* **PPIG**, volume 8, pages 195–204
- [21] KITCHENHAM, B. AND CHARTERS, S. (2007). **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**.
- [22] KITCHENHAM, B., BRERETON, O. P., BUDGEN, D., TURNER, M., BAILEY, J., AND LINKMAN, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review. **Information and software technology**, 51(1):7–15.
- [23] LUZ, D.L., ZUFO, A.C. o fenômeno de hurst nos estudos de séries temporais de chuva: um mapeamento sistemático da literatura. **In.**: XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (anais). . Foz do Iguaçu, nov.2019.
- [24] ECO, Umberto; SEBEOK, Thomaz A. **O signo de três**. 2. Reimpressão. São Paulo: Perspectiva, 2008.
- [25] MOREIRO, A., JOSÉ, G. (2011). *Linguagens documentárias e vocabulários semânticos para a web: elementos conceituais*. Salvador: EDUFBA.
- [26] PREFERRED REPORTING ITEMS FOR SYSTEMATIC REVIEWS AND META-ANALYSES (PRISMA). Métodos de mapeamento sistemático e revisão sistemática. Disponível em < <http://www.prisma-statement.org/>>. Acesso em fevereiro de 2024.