

ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE PURIFICAÇÃO DE ARGILA BENTONITA

BIBLIOMETRIC ANALYSIS OF SCIENTIFIC PRODUCTION ON BENTONITE CLAY
PURIFICATION

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA SOBRE LA
PURIFICACIÓN DE ARCILLA BENTONITA

DATA DE SUBMISSÃO: 30/10/2024 | DATA DE ACEITE: 02/12/2024 | DATA DE PUBLICAÇÃO: 05/12/2024

ADEILSON PEREIRA DA SILVA¹

LUIZ HENRIQUE CHAVES DE MACEDO²

AMANDA BARBOSA FORMIGA²

VINÍCIUS SOARES DE ARAÚJO¹

¹Farmacêutico pela Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, Paraíba

²Graduando (a) em Farmácia pela Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, Paraíba

A



10.70073/prod.edt.978-65-984030-5-8/01

RESUMO

Objetivo: Analisar a produção científica relacionada à purificação de argila bentonita. **Métodos:** Estudo bibliométrico de abordagem quantitativa. A pesquisa foi realizada no mês de Junho de 2023. A coleta dos dados foi realizada na base de dados Web of Science, através dos descritores “bentonite” OR “bentonites” AND “purification” OR “method purification” OR “removal of contaminants”, no período de 1945 a 2023. Os critérios de inclusão: artigos científicos em inglês que abordassem o tema do estudo, e como critério de exclusão: artigos de revisão e de conferência. Para a análise dos dados, utilizou-se o *software* R Studio (pacote bibliometrix). **Resultados e Discussão:** A amostra foi composta por 417 artigos científicos. A China foi o país mais produtivo na área da purificação de bentonitas, seguida pela Turquia e pelo Irã, com índices variados de colaboração internacional. As revistas mais influentes incluíram: Separation and Purification Technology e Applied Clay Science, que se destacam por suas contribuições à literatura acadêmica. Entre as instituições, a Qatar University liderou em publicações, com a Universidade Federal de Campina Grande se destacando no Brasil. **Conclusão:** É crescente importância da bentonita na ciência e na indústria, na qual reflete o aumento das colaborações e citações, o que aponta para campo promissor para pesquisas futuras nessa área.

Palavras-Chave: Argila. Purificação. Impurezas. Aplicação.

ABSTRACT

Objective: To analyze the scientific production related to the purification of bentonite clay. **Methods:** Bibliometric study with a quantitative approach. The research was carried out in June 2023. Data collection was carried out in the Web of Science database, using the descriptors “bentonite” OR “bentonites” AND “purification” OR “method purification” OR “removal of contaminants”, from 1945 to 2023. Inclusion criteria: scientific articles in English that addressed the topic of the study, and exclusion criteria: review and conference articles. For data analysis, the R Studio software (bibliometrix package) was used. **Results and Discussion:** The sample consisted of 417 scientific articles. China was the most productive country in the area of bentonite purification, followed by Türkiye and Iran, with varying levels of international collaboration. The most influential journals included: Separation and Purification Technology and Applied Clay Science, which are notable for their contributions to academic literature. Among institutions, Qatar University led in publications, with the Federal University of Campina Grande standing out in Brazil. **Conclusion:** The importance of bentonite in science and industry is growing, which reflects the increase in collaborations and citations, which points to a promising field for future research in this area.

Keywords: Clay. Purification. Impurities. Application.

RESUMEN

Objetivo: Analizar la producción científica relacionada con la purificación de arcilla bentonítica. **Métodos:** Estudio bibliométrico con enfoque cuantitativo. La investigación se llevó a cabo en junio de 2023. La recolección de datos se realizó en la base de datos Web of Science, utilizando los descriptores “bentonita” OR “bentonitas” AND “purificación” OR “método purificación” OR “eliminación of contaminants”, de 1945 a 2023. Criterios de inclusión: artículos científicos en inglés que abordaron el tema de estudio, y criterios de exclusión: artículos de revisión y congresos. Para el análisis de los datos se utilizó el software R Studio (paquete bibliometrix). **Resultados y Discusión:** La muestra estuvo compuesta por 417 artículos científicos. China fue el país más productivo en el ámbito de la purificación de bentonita, seguido de Turquía e Irán, con distintos niveles de colaboración internacional. Las revistas más influyentes incluyeron: Separation and Purification Technology y Applied Clay Science, que se destacan por sus contribuciones a la literatura académica. Entre las instituciones, la Universidad de Qatar lideró en publicaciones, destacándose en Brasil la Universidad Federal de Campina Grande. **Conclusión:** La importancia de la bentonita en la ciencia y la industria está creciendo, lo que refleja el aumento de colaboraciones y citas, lo que apunta a un campo prometedor para futuras investigaciones en esta área.

Palabras Clave: Arcilla. Purificación. Impurezas. Solicitud.

1. INTRODUÇÃO

As argilas são recursos que vêm sendo explorados desde o início das civilizações. Originadas na crosta terrestre, as argilas são constituídas por metais e minerais como ferro, alumínio, magnésio, quartzo, cálcio e sódio (Machado *et al.*, 2021). A bentonita é uma argila originada da alteração química das cinzas vulcânicas, apresentando uma granulação muito fina. É composta principalmente pelo argilomineral montmorilonita, que faz parte do grupo das esmectitas (Araújo, 2024). Este argilomineral é um filossilicato, formado por duas folhas tetraédricas e uma octaédrica, e a bentonita também contém uma variedade de minerais como quartzo, feldspato, mica e carbonatos (Silva; Monte, 2022).

A argila bentonita pode variar em relação à sua composição física, química e mineralógica, uma vez que pode ser influenciada pela sua formação geológica (Nogueira *et al.*, 2022). Ela pode existir nas formas sódica e cálcica, com predomínio da forma cálcica entre os maiores produtores mundiais (Dantas, 2018). Nas últimas décadas, a aplicação da bentonita tem despertado interesse em áreas ambientais, industriais e médicas devido à sua disponibilidade, baixo custo e propriedades vantajosas, como grande área superficial, alta capacidade de troca catiônica e pequenos tamanhos de partículas (Cavalcanti, 2016).

Entretanto, a presença de alguns elementos pode reduzir o valor da bentonita, pois a maior parte da bentonita de baixo teor não é adequada para aplicações industriais. Assim, para que a bentonita seja utilizada nos distintos segmentos industriais, é necessário realizar a remoção de impurezas, tornando imprescindível a purificação dessa argila (Daré, 2015). Embora a bentonita bruta seja empregada como matéria-prima para lama de perfuração, cimento e cerâmica, a versão purificada é utilizada na indústria cosmética, alimentícia e farmacêutica. Para garantir a qualidade do material e evitar danos à saúde, diversos métodos têm sido utilizados em inúmeros estudos de purificação da argila bentonita (Fernandes *et al.*, 2023).

Existem várias metodologias de purificação na literatura. O "Handbook of Clay Science" retrata o método de purificação de minerais de argila. A purificação pode ser dividida em duas classes principais: purificação física e química, e dependendo do método, o rendimento e o grau de purificação podem variar (Gong *et al.*, 2016). Levando em consideração que o uso e a aplicação da bentonita estão presentes em uma variedade de produtos de diversas áreas, bem como são realizados diferentes métodos de purificação dessa argila, o presente artigo teve como objetivo analisar a produção científica relacionada à purificação de argila bentonita.

2. MÉTODOS

O presente estudo trata-se de uma revisão bibliométrica acerca das publicações científicas sobre a purificação de bentonitas. A bibliometria consiste em um método de análise quantitativa para a pesquisa científica, utilizando-se indicadores bibliométricos baseados em análise de rede (Soares *et al.*, 2016). Este tipo de análise apresenta um cenário mais abrangente da literatura, oferecendo uma visão geral e perspectiva quantitativa sobre o desenvolvimento e a evolução do tema que é abordado (Romano; Taco, 2021).

A busca de artigos foi realizada na base de dados internacional Web of Science. Optou-se por escolher a Web of Science pelo fato desta conter uma das maiores fontes de publicações de alta relevância e qualidade. A coleta de dados foi feita no mês de Junho de 2023, utilizando-se como estratégia de busca os operadores Booleanos OR e AND. Posto isso, foram utilizados os seguintes descritores: “bentonite” OR “bentonites” AND “purification” OR “method purification” OR “removal of contaminants”.

Foram selecionados apenas artigos científicos em inglês que abordassem o tema do estudo, sendo estes publicados no período de 1945 a 2023. O recorte temporal a partir de 1945 foi escolhido porque o primeiro estudo disponível sobre a temática foi publicado nesse ano, oferecendo uma base adequada para analisar a evolução da pesquisa em purificação de bentonitas ao longo do tempo. Excluíram-se artigos de revisão e de conferência. Foram encontrados inicialmente 465 documentos e mediante os critérios de inclusão e exclusão utilizados, 417 artigos foram selecionados para compor esta revisão bibliométrica.

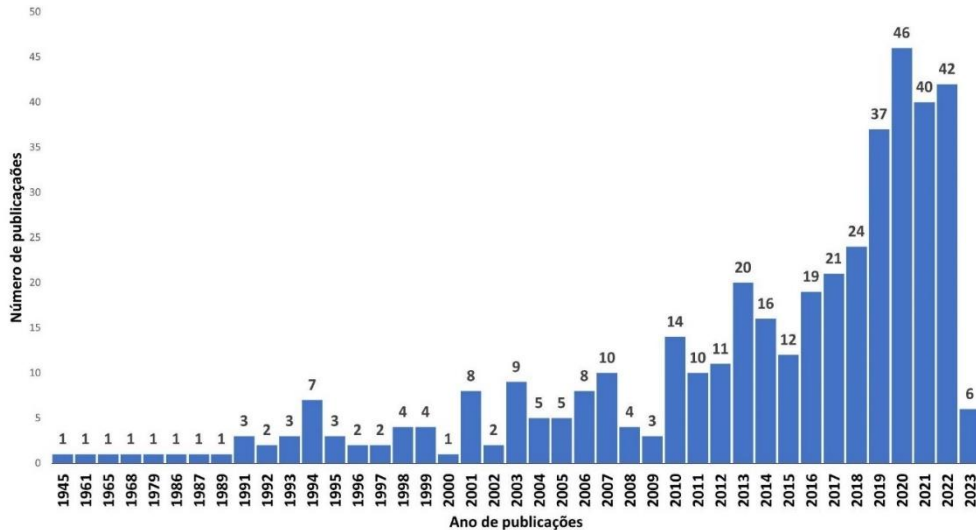
Após selecionar os artigos foi feita a análise de diversos aspectos, como autores, publicações, países, periódicos, palavras-chaves e citações. Portanto, para estas análises foram utilizadas ferramentas analíticas, como o programa R Studio (pacote *bibliometrix*) para a investigação quantitativa da amostra e para a elaboração de elementos gráficos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A princípio cabe ressaltar que são amplas as publicações científicas acerca dos métodos de purificação de bentonitas. Nesse sentido, levando em consideração os filtros usados na metodologia deste estudo, foram incluídos 417 artigos, os quais foram analisados os seus aspectos bibliométricos. Ao analisar a produção anual de artigos, constatou-se que houve uma tendência de crescimento expressivo de publicações ao longo dos últimos anos (2020, 2021 e 2022), evidenciando um crescente interesse pela temática em questão. Assim,

para melhor visualização, a quantidade de publicações por ano está representada na Figura 1, a qual só está exibindo os anos que tinham no mínimo um artigo.

Figura 1: Quantidade de publicações por ano dos artigos no período de 1945-2023.



Fonte: Os autores, 2023.

Vale pontuar que, no intervalo de 1945 a 2000, pode-se perceber que os estudos ainda eram escassos sobre a temática, encontrando-se em estágio incipiente, visto que o número de publicações variava de 1 a 4 artigos por ano, com exceção do ano de 1994 que obteve 7 publicações. Em 2001, o número de publicações atinge o pico, com 8 publicações - o maior até então. Em 2002, ocorreu uma queda nas publicações, totalizando 2 estudos, mas em 2003, 9 artigos são publicados. Nesse sentido, a partir daí, o fluxo de publicações vai aumentando e caindo constantemente.

Apesar do aumento e declínio no número de artigos no decorrer dos anos, só a partir de 2010 que a quantidade de estudos se mantém em um número considerável mais estável e vai crescendo consideravelmente as publicações nos últimos anos. Dessa forma, os anos de 2020 e 2022 foram os que mais se destacaram com publicações sobre a temática, contabilizando 46 e 42 artigos, respectivamente.

Esse aumento nas publicações ao longo do tempo pode ser justificado pelo amplo leque de aplicações da bentonita em diversas áreas, como biomédica, farmacêutica e cosmética, bem como em indústria de alimentos, petróleo e tratamento de água. A versatilidade da argila e suas propriedades, como capacidade de adsorção, expansão e troca iônica, fazem com que ela seja amplamente pesquisada e aplicada (Fernandes *et al.*, 2023).

Um total de 1528 autores contribuíram na produção dos artigos. Em primeiro lugar aparece Borja, R. com 8 artigos, em segundo se destaca Martin, A. com 7 e em seguida Djordjevic, M. e Zhang, X., ambos com 6 publicações. Em relação aos anos de produções dos autores mais relevantes, Borja e Martin foram os primeiros autores que produziram artigos sobre a temática, com publicações no ano de 1992. Já os autores que contém publicações mais recentes, se destacam Wang, X. e Wang, Y., com publicações no ano de 2023.

Ademais, cabe pontuar que ao analisar as contribuições desses autores, observa-se que grande parte teve mais publicações como colaborador, destacando-se nesse sentido Martin e Guria, os quais em nenhum dos artigos analisados estes foram primeiro autor. Em contrapartida, os autores que se destacaram com o maior número de publicações como primeiro autor, Borja (6 artigos) e Shah (5 artigos) lideram o ranking. Apesar de Martin ser o segundo autor com mais publicações, é o primeiro autor mais citado, totalizando 196 citações.

Tabela 1: 10 países mais produtivos.

Ranking	Países	Artigos	SCP	MCP	Citações
1	China	50	43	7	977
2	Turquia	27	27	0	277
3	Irã	26	20	6	372
4	Índia	24	19	5	723
5	Espanha	20	16	4	570
6	Brasil	19	9	10	205
7	Estados Unidos	19	17	2	243
8	Egito	16	12	4	266
9	Itália	14	14	0	331
10	Rússia	12	9	3	36

Fonte: Os autores, 2023.

Conforme a Tabela 1, observou-se que, dentre todos os países produtores dos artigos, o que permanece com maior destaque é a China, liderando com a produção de um total de 50 artigos, sendo 43 deles sem colaboração com outros países/instituições internacionais e 7 em colaboração com estas, o que o garante uma taxa de apenas 14% de colaboração. A Turquia também está entre os países que mais produziram, ocupando o segundo lugar com 27 artigos e não realizando nenhum em parceria com outras instituições/países. Esses resultados podem

ser justificados pelo fato da China e a Turquia estarem entre as maiores produtoras de bentonitas do mundo (Silva, 2022).

Apesar disto, alguns países como o Brasil, que ocupa o sexto lugar de produção com 19 artigos, apresentou uma maior proporção de colaboração, visto que, 10 dos seus artigos produzidos foram de forma colaborativa, sobrepondo-se aos artigos feitos sem colaboração que foram 9 produzidos, o que assegura a este país uma proporção de 52,63% de produção para artigos colaborativos. Dessa forma, a classificação do Brasil pode ser explicada pelo fato do país possuir uma das principais jazidas de bentonita do mundo, com destaque no estado da Paraíba (Silva, 2021).

Ao decorrer da observação de todas as produções científicas abordadas ao longo desta revisão observou-se que os artigos mais citados foram os que foram produzidos na China, contabilizando no seu total 977 citações a artigos produzidos nesta região. O segundo país mais citado foi a Índia com um total de 723 citações em artigos científicos.

Tabela 2: 10 principais periódicos.

Ranking	Periódicos	Artigos	Citações
1	Separation And Purification Technology	67	265
2	Applied Clay Science	23	862
3	Chemical Engineering Journal	8	479
4	Journal Of Environmental Chemical Engineering	7	92
5	Journal Of Chemical Technology And Biotechnology	6	54
6	Clays And Clay Minerals	5	6
7	Desalination And Water Treatment	5	111
8	Environmental Science And Pollution Research	5	63
9	Journal Of Applied Polymer Science	5	96
10	Water Research	5	287

Fonte: Os autores, 2023.

Dando prosseguimento, levando em consideração as revistas/periódicos de maior relevância, conforme mostrado na Tabela 2, foi observado através do pacote bibliometrix que as de maior importância em relação publicação de artigos, foi a revista “*Separation and*

purification Technology”, que consiste numa revista que busca relatar e divulgar novos métodos de purificação e separação de algumas misturas, englobando também argilas em suas temáticas, esta apresentou 67 artigos.

Em segundo lugar, com 23 publicações, temos a revista “*Applied Clay Science*”, que também aborda artigos de alta qualidade sobre a temática de argilas e seus argilominerais no geral em diversas áreas de atuação. Em seguida, foram citadas também diversas revistas e periódicos como exemplo da “*Chemical engineering journal*” que está em terceiro lugar com 8 artigos, porém todas com uma quantidade de menos de 10 publicações.

De acordo com os dados extraídos a partir do bibliometrix foi observado que curiosamente, a revista que publicou mais artigos não foi a mais citada, diferentemente da revista “*Applied Clay Science*” que ficou em segundo lugar na produção mas classificada como líder no ranking de fonte mais citada com um total de 862 citações, conforme elucidado na Tabela 2, o que remete que os artigos publicados por esta apresentam maior qualidade e utilidade para as diversas temáticas abordadas a respeito das argilas e seus argilominerais. Apresentando, de certa forma, um valor discrepante se comparado com as outras revistas do ranking, visto que, o número de citações foi quase o dobro da segunda revista mais citada do ranking “*Chemical Engineering Journal*” que apresentou um total de 479 citações.

Tabela 3: 10 instituições mais produtivas.

Ranking	Instituição	Publicações
1	Qatar University	21
2	University of Peshawar	14
3	Beni-Suef University	13
4	Universidade Federal de Campina Grande	13
5	University of Novi Sad	12
6	Ferdowski University of Mashhad	11
7	Istanbul Technical University	10
8	Sivas Cumhuriyet University	8
9	Hebrew University of Jerusalem	8
10	Indian School of Mines	8

Fonte: Os autores, 2023.

De acordo com o programa utilizado foi relatado que um total de 609 instituições colaboraram para o desenvolvimento de artigos sobre esta temática. As 10 instituições mais produtivas podem ser visualizadas na Tabela 3. A *Qatar University* lidera o ranking com 21 publicações, seguido no ranking a *University of Peshawar* com 14 publicações. Entre essas 10 instituições, a universidade brasileira que se destaca na produção científica sobre o assunto aparece a Universidade Federal de Campina Grande com 13 publicações.

Ao todo, foram identificadas 1365 palavras-chaves utilizadas pelos autores. Dessa forma, a Tabela 4 demonstra as 10 palavras chaves que mais apareceram, as palavras “bentonite” e “adsorption” foram as que mais se destacam.

Tabela 4: Principais palavras-chave usadas pelos autores.

Ranking	Palavras-chave	Ocorrências
1	Bentonite	113
2	Adsorption	75
3	Purification	39
4	Montmorillonite	28
5	Water Purification	20
6	Sorption	17
7	Clay	15
8	Bentonite Clay	13
9	Coagulation	11
10	Organoclay	10

Fonte: Os autores, 2023.

4. CONCLUSÃO

Com base em 417 publicações analisadas, este estudo bibliométrico fornece uma visão geral das produções científicas sobre os métodos de purificação de bentonitas e identifica alguns pontos relevantes durante todo o período investigado. O R-bibliometrix foi essencial para a avaliação quantitativa dos estudos sobre a purificação de bentonitas e, dessa forma, forneceram uma análise completa dos parâmetros bibliométricos acerca das áreas temáticas definidas.

Levando em consideração que o número de publicações sofreu um aumento durante os últimos anos. Assim, percebeu-se que a adesão aos estudos sobre os métodos de

purificação de bentonitas é assunto que vem cada vez mais despertando interesse entre os pesquisadores. Dessa forma, espera-se que as pesquisas sobre a temática mantenham um crescimento constante ao longo dos anos, de modo a ampliar e manter atualizado o acervo científico sobre o assunto.

Portanto, os dados apresentados podem ser úteis, sobretudo para auxiliar pesquisadores que tenham interesse na realização de parcerias para pesquisas sobre a temática com diversos autores e universidades. Ademais, as palavras-chave são bastante relevantes para verificar quais os assuntos são mais e menos explorados, sendo uma ferramenta essencial para os pesquisadores observarem quais aspectos da área ainda são escassos e, com isso, ampliar as pesquisas sobre o assunto em questão. Para futuras pesquisas, sugere-se replicar o estudo utilizando outras bases de dados, possibilitando obter resultados mais abrangentes.

DECLARAÇÃO DE INTERESSES

Nós, autores deste artigo, declaramos que não possuímos conflitos de interesses de ordem financeira, comercial, político, acadêmico e pessoal.

REFERÊNCIAS

- CAVALCANTI, R. K. B. C. **Potencialidades de argilas bentoníticas naturais e organofílicas da paraíba para aplicação cosmética**. 2016. 140f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.
- DANTAS, F. G. **Ativação de bentonita para aplicação em fluidos de perfuração**. 2018. 28 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Petróleo, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.
- DARÉ, R. G. *et al.* Significância dos argilominerais em produtos cosméticos. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 36, n. 1, 2015.
- FERNANDES, E. F. S *et al.* Argila bentonita: uma breve revisão das propriedades e aplicações. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 2, p. e7912239917-e7912239917, 2023.
- GONG, Z.; LIAO, L.; LV, G.; WANG, X. A simple method for physical purification of bentonite. **Applied Clay Science**, v. 119, p. 294-300, 2016.
- MACHADO, A. B. F. *et al.* Avaliação estrutural e térmica de compósitos de polímero pós-consumo e argila nacional. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 13935-13953, 2021.
- NOGUEIRA, H. C. N. *et al.* Bentonita incorporada com rejeito de granito aplicada na pelletização de minério de ferro. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. e16211427183-e16211427183, 2022.

ARAÚJO, L. O. **Produção de filmes compósitos à base de Gelatina, Bentonita e Sulfanilamida para aplicação como cobertura para feridas.** 2024. 114f. Tese (Doutorado em Química) - Centro de Ciências Exatas e da Terra. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2024.

ROMANO, A. B.; TACO, P. W. G. Revisão bibliométrica dos estudos referentes a veículos autônomos em revistas indexadas das bases de dados Web of Science e Scopus. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 17, n. 49, p. 172–187, 2021.

SILVA, A. R. **Água aditivada com diferentes concentrações de argilas.** 2022. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) - Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar. Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2022.

SILVA, L. M. M. **Influência da qualidade e proporção de diferentes tipos de bentonita nas propriedades das pelotas cruas e queimadas de minério de ferro: estado da arte.** 2021. 109 f. Monografia (Graduação em Engenharia Metalúrgica) - Escola de Minas. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

SILVA, M. C.; MONTE, C. N. Aplicabilidade de argilas bentoníticas para a mitigação da contaminação ambiental em áreas de aterros sanitários: uma revisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 3, p. 16968-16988, 2022.

SOARES, P. B. *et al.* Análise bibliométrica da produção científica brasileira sobre Tecnologia de Construção e Edificações na base de dados Web of Science. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 1, p. 175–185, 2016.