

Tratamento de efluentes da indústria de rochas ornamentais: uma abordagem bibliométrica

Ramiris Petrilho Silveira

Especialização em Pós-Graduação Lato Sensu em Educação Ambiental -FINOM,
Docente da Prefeitura de Cachoeiro de Itapemirim - ES e do Estado do Rio de Janeiro.

Sérgio Luis Viera do Carmo

Pós Graduado em Educação Ambiental, mestrando em Engenharia Ambiental
Docente no IFF Campus Bom Jesus do Itabapoana

Marcella Moraes de Paula

Discente Engenharia Ambiental – IFF

Lís Simões da Purificação

Discente Técnico de edificações – IFF

Henrique Rego Monteiro da Hora

Doutor em Engenharia de Produção - UFF.
Docente do IFF

Vicente de Paulo Santos Oliveira

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa e Atualmente é o Pró-Reitor de
Pesquisa, Extensão e Inovação do IFFluminense

Resumo: A pesquisa científica é aliada dos que buscam novos conhecimentos através de uma metodologia organizada e sistemática, pois oferece suporte à produção de material científico de qualidade. O setor de beneficiamento de rochas ornamentais é combustível da economia, gerando empregos e capital no mercado. Um dos problemas enfrentados pelo setor é o descarte dos efluentes produzidos, que possuem grande quantidade de material sólido oriundo do corte das rochas. Esse efluente deve ser tratado para que a parte sólida seja descartada de forma inerte e a água reaproveitada no beneficiamento de rochas. A pesquisa realizada encontrou os principais artigos relacionados ao tema, no período entre 2012 e 2016, que estão indexados no portal Scopus e disponíveis para leitura via portal. Os artigos foram filtrados por áreas de interesse e lidos pelo autor do trabalho, que produziu um resumo de cada, atendendo ao objetivo da análise sistemática. Nesta etapa, verificou-se que alguns artigos não atendem ao tema abordado. Ao final, constatou-se que existem poucas publicações sobre o tratamento do efluente gerado no beneficiamento de rochas. O Brasil destaca-se nas produções de artigos sobre o setor de rochas, interesse do mercado brasileiro que produz muito para o comércio interno e para exportação.

Palavras-chave: tratamento de efluentes, rochas ornamentais, reciclagem, indústria e análise bibliométrica.

Effluent treatment of the ornamental rock industry: a bibliometric approach

Abstract: Scientific research is allied to those who seek new knowledge through an organized and systematic methodology, as it supports the production of quality scientific material. The sector of ornamental stone processing is fuel of the economy, generating jobs and capital in the market. One of the problems faced by the industry is the disposal of the effluents produced that have a large amount

of solid material coming from the cut of the rocks. This effluent must be treated so that the solid part is disposed in an inert way and the water reused in the treatment of rocks. The research found the main articles related to the theme, in the period between 2012 and 2016, which are indexed in the portal Scopus and available for reading via portal. The articles were filtered by areas of interest and read by the author of the work that produced a summary of each, meeting the objective of the systematic analysis. At this stage, it was verified that some articles do not meet the topic addressed. At the end, it was verified that there are few publications on the treatment of the effluent generated in the treatment of rocks. Brazil stands out in the productions of articles on the rock sector, interest of the Brazilian market that produces much for the domestic trade and for export.

Keywords: Treatment of effluents, ornamental rocks, recycling, industry and bibliometric analysis.

1. INTRODUÇÃO

A pesquisa científica vem crescendo muito nos últimos anos no meio acadêmico e profissional. Os estudantes são desafiados o tempo todo nas universidades a estarem se superando e também a surpreenderem seus professores e colegas com trabalhos de qualidade. No meio profissional, a competitividade acaba exigindo amplas pesquisas aos profissionais para conseguirem alcançar metas e superar expectativas de superiores, e a metodologia da pesquisa científica pode ser um norte aos profissionais do setor.

De acordo com Fonte (2004), um dos objetivos da pesquisa científica é contribuir com a evolução dos saberes humanos em diversos setores, ocorrendo de forma sistemática, planejada e sendo executada com a orientação de rigorosos critérios para o processamento das informações. Os trabalhos científicos difundem conhecimentos superficiais ou aprofundados de diversos campos de pesquisa.

Devido ao seu uso pela construção civil, o setor de rochas ornamentais aumenta sua produção e também o faturamento com o aquecimento da construção no país. De acordo com dados SETEC (2007), as atividades de mineração e beneficiamento de rochas ornamentais no Brasil têm crescido muito nos últimos anos, gerando empregos e muita riqueza. As principais atividades do setor são a extração e o beneficiamento de rochas, tais como granito, mármore, gnaise, ardósia, entre outras. Rochas ornamentais são materiais notadamente usados em construções, monumentos, esculturas e várias outras possibilidades advindas da criatividade. O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de rochas ornamentais do mundo.

Um problema em questão é a disposição dos efluentes que são gerados durante o beneficiamento das rochas ornamentais. Durante o processo de corte e

beneficiamento das rochas ornamentais, em geral, são produzidas grandes quantidades de resíduos abrasivos na forma de uma lama.

O descarte dos efluentes oriundos de atividades industriais é regulamentado pela Resolução nº 430 do CONAMA, que traz todas as instruções e padrões a serem atendidos no tratamento dos efluentes antes de se fazer o descarte em corpos d'água receptores.

No Brasil, a disposição destes resíduos tem ocorrido, na maioria das vezes, de forma inadequada no meio ambiente, através de depósitos irregulares, resultando em impactos ambientais que podem comprometer a fauna e a flora em ambientes aquáticos e terrestres. Os resíduos do corte e beneficiamento das rochas ornamentais (lamas) podem provocar a contaminação do solo, de lagos, rios, córregos e até mesmo os reservatórios naturais de água a elevados níveis de contaminação. Além do mais, os resíduos quando secos, transformam-se em um pó fino não biodegradável que gera danos à saúde humana.

Os resíduos produzidos no beneficiamento de rochas podem ser empregados na construção civil, como matéria-prima na fabricação de massa e cimento (PONTES; STELLIN JÚNIOR, 2005) e também podem ser utilizados na fabricação de produtos oriundos de cerâmica vermelha, como tijolos, telhas e outros (MOTHÉ FILHO; POLIVANOV; MOTHÉ, 2005; MENEZES; NEVES; FERREIRA, 2002).

A reutilização e a reciclagem desses rejeitos podem diminuir a poluição causada por estes aos corpos hídricos, a diminuição dos materiais destinados aos aterros sanitários e também pode contribuir para um desenvolvimento sustentável. Entende-se o desenvolvimento sustentável, de acordo com documento produzido na ECO-92, como sendo aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras de atenderem as suas próprias necessidades. Pode ainda ser definido como um desenvolvimento que assegura uma melhor qualidade de vida para todos, tanto hoje quanto para as gerações futuras.

O presente trabalho busca, através de uma pesquisa bibliográfica, identificar os artigos de periódicos mais relevantes sobre o tratamento dos efluentes produzidos por indústrias de beneficiamento de rochas, publicados e indexados no período entre 2012 e 2016.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Rochas ornamentais

Segundo Chiodi Filho e Rodrigues (2009), as rochas são genericamente deliberadas como corpos sólidos naturais, formados por agregados de um ou mais minerais cristalinos. As rochas ornamentais e de revestimento, também instituídas como pedras naturais, rochas lapídeas, rochas dimensionais e materiais de cantaria, abrangem os materiais geológicos naturais que podem ser retiradas em blocos ou placas, cortados em formas variadas e beneficiados por meio de esquadrejamento, polimento, lustro, etc. Seus principais aproveitamentos incluem tanto peças isoladas, como esculturas, tampos e pés de mesa, balcões, lápides e arte funerária em geral, quanto edificações, destacando-se, nesse caso, os revestimentos internos e externos de paredes, pisos, pilares, colunas, soleiras, etc.

De acordo com Costa et al. (2002), pode-se entender o conceito de rocha ornamental e de revestimento como sendo qualquer tipo litológico extraído em chapas ou blocos, que podem ser moldados e cortados em qualquer tipo de forma e beneficiada através de polimento, lustro e esquadrejamento.

Quando se faz referência às rochas destinadas à ornamentação civil, a primeira coisa que vem à mente são os mármore e granitos, isso porque são as rochas mais empregadas atualmente e de maior importância econômica. Contudo, qualquer tipo litológico que seja utilizado para ser empregado como revestimento de paredes, colunas, pilares, pisos e outros utensílios de adorno ou decoração pode ser entendido no conceito de rocha ornamental (REIS; SOUSA, 2003).

A partir de uma análise mercadológica, os produtos do setor têm atributos das manufaturas, e não das *commodities*. Até mesmo para as rochas brutas, comercializadas em blocos, a cotação não é fixada em bolsas de mercadorias, dependendo da percepção de valor estabelecida pelos seus consumidores a partir de vantagens funcionais e/ou atributos estéticos diferenciados acrescidos ao produto (CHIODI FILHO; RODRIGUES, 2009).

Os produtos que geralmente são obtidos para o comércio a partir da extração de blocos e serragem de chapas, que passam por algum tipo de tratamento de superfície (sobretudo polimento e lustro), são definidos como rochas processadas

especiais. Caso dos materiais que em geral aceitam polimento e recebem calibração, abrangendo os mármore, granitos, quartzitos maciços e serpentinitos.

2.2. Políticas sobre lançamento de efluentes

A legislação estabelece alguns padrões que devem ser observados para fazer o lançamento de efluentes líquidos nos corpos d'água a fim de garantir a integridade dos mesmos diante de qualquer tipo de processo industrial ou atividade poluidora no estado do Rio de Janeiro. Esses critérios e padrões constam na norma técnica – NT – 202.R-10.

A norma técnica estabelece importantes critérios, como, por exemplo: pH entre 5,0 e 9,0; temperatura inferior a 40° C; materiais sedimentáveis até 1,0ml/L, em teste de 1 hora em “*Cone Imhoff*” para lançamentos em lagos, lagoas, lagoas, reservatórios e cor virtualmente ausentes.

O CONAMA, durante o processo de licenciamento, estabelece padrões para que as fontes poluidoras se adequem a fim de cumprir com as normas, de forma que suas ações não causem nenhum tipo de dano aos corpos hídricos. O capítulo II, Seção I, a partir do parágrafo 5º até o 15º da Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, deixa claro as condições e padrões de lançamento de efluentes.

De acordo com a norma, os efluentes lançados não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desavença com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e finais do seu enquadramento. Em casos excepcionais e de forma temporária, o órgão ambiental competente poderá, mediante avaliação técnica fundamentada, autorizar o lançamento de efluentes em desacordo com as condições e padrões estabelecidos, desde que observados os seguintes requisitos: a comprovação de acentuado interesse público, devidamente fundamentado; resguardo ao ajuste do corpo receptor e às metas intermediárias e finais, progressivas e obrigatórias; realização de avaliação ambiental tecnicamente adequada, à custa do empreendedor responsável pelo lançamento; promoção de tratamento e exigências para este lançamento; amarração de prazo máximo para o lançamento, prorrogável a critério do órgão de gerenciamento ambiental competente, enquanto durar a situação que justificou a excepcionalidade aos limites estabelecidos nesta norma; e o estabelecimento de ações que busquem neutralizar os eventuais efeitos do lançamento excepcional.

O órgão ambiental competente deverá, através de norma específica no licenciamento da atividade ou empreendimento, apontar a carga poluidora máxima para o lançamento de substâncias passíveis de estarem presentes ou serem formadas nos processos produtivos. A fiscalização pode ainda requerer no ato do licenciamento ou em sua renovação a apresentação de estudo detalhado indicando a capacidade de suporte do corpo receptor.

No licenciamento, o empreendedor deverá informar ao órgão ambiental as substâncias que podem estar presentes no efluente produzido, e para isso deverá observar a Resolução CONAMA nº 357, de 2005, que estabelece padrões para a qualidade da água de acordo com o seu tipo, sob pena de perder a licença caso as exigências mínimas não sejam atendidas.

Os efluentes lançados não podem conter poluentes orgânicos persistentes - POP's, dioxinas, furanos, óleos, graxas e corantes. Se um destes for detectado, o empreendedor fica obrigado a utilizar tecnologias adequadas para promover sua redução ou completa eliminação.

O lançamento de efluentes diluídos com águas de melhor qualidade é expressamente proibido, pois caracteriza uma forma de fraudar a real situação do material gerado.

2.3. Tratamento de efluente industrial

Os tratamentos de efluentes indústrias são determinados de acordo com a caracterização do efluente gerado durante o processo industrial. Existem três tipos de tratamentos: primário, secundário e terciário.

2.3.1. Tratamento de efluentes na indústria de rochas ornamentais

O gerenciamento dos resíduos produzidos nas etapas de beneficiamento de rochas ornamentais deve ocorrer de forma a minimizar os impactos ambientais, procurando aproveitar o máximo dos resíduos produzidos. Os resíduos grossos podem ser britados ou moídos e empregados na produção de concreto, britas, tintas, areia artificial, argamassas e outras finalidades.

De acordo com Campos et al. (2009), os resíduos que possuem uma granulometria menor estão presentes no efluente produzido pelo corte das rochas e

devem receber um tratamento adequado devido à grande presença de material particulado em sua composição.

Atualmente, o tratamento desse material é feito pela separação da água/sólido. As metodologias mais comuns para realizar essa separação são através da utilização de tanques de decantação feitos de alvenaria, onde o material passa por diferentes estágios e nesse percurso vai recebendo doses de coagulante para que o sólido se precipite no fundo; outra forma é a utilização de decantador vertical construído com chapas metálicas com formato cônico. Geralmente esse tipo de decantador possui um filtro tipo prensa acoplado na sua extremidade inferior, onde a lama gerada é prensada para uma melhor separação do sólido/líquido; o filtro de discos e o tanque decantador com meios filtrantes também podem ser utilizados.

Algumas empresas do estado do Espírito Santo vêm conseguindo bons resultados na utilização do decantador vertical acoplado ao filtro prensa, porém o material extraído desse filtro ainda apresenta certa quantidade de umidade e acaba sendo depositado em leitos de secagem de lama.

2.4. Reciclagem e reaproveitamento

A reciclagem e o reaproveitamento dos rejeitos produzidos no beneficiamento de rochas ornamentais se mostram importantes, pois além de gerar uma nova fonte de renda, podem ainda representar uma grande contribuição ambiental, já que a reciclagem diminui a extração de matéria-prima e reduz o volume de resíduos que vai parar nos lixões, aterros e descartes clandestinos. Em muitos casos, a falta de fiscalização por parte do poder público acaba sendo cúmplice de crimes ambientais e favorece a clandestinidade.

Na Lei nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010, no capítulo II, artigo 3º e incisos XIV e XVIII, ficam claros os conceitos de reciclagem e reutilização. A reciclagem pode ser compreendida como a transformação de resíduos sólidos em insumos para a construção de novos produtos, enquanto a reutilização é o aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação total, apenas a função é alterada para atender a uma nova necessidade.

Como medida para incentivar a reciclagem, tramita no Senado o Projeto de Lei nº 187, de 2012, que dispõe sobre a dedução no imposto de renda dos valores

doados a projetos e atividades relacionados à reciclagem. O projeto foi aprovado por comissão em decisão terminativa e aguarda publicação para entrar em vigor.

2.5. Reúso de água

É importante destacar que as alternativas para o reúso só devem ser ponderadas após a implantação de técnicas que promovam a redução do consumo de água. Para a prática correta do reúso, deve ser identificada a qualidade mínima da água adequada para determinado processo ou operação industrial.

Comumente, não se tem conhecimento sobre o nível mínimo de qualidade de água para ser utilizada em atividades industriais, o que pode atrapalhar a identificação de opções de reúso. É imprescindível, assim, um estudo mais apurado do processo industrial para a caracterização da qualidade de água. Concomitantemente, é necessário realizar uma avaliação do tratamento que o efluente receberá, para que seja estabelecido um sistema de tratamento que produza água de forma satisfatória e com qualidade ajustada para o processo industrial considerado.

Em algumas situações, a qualidade da água de reúso pode ser decidida com base nos critérios exigidos por processos industriais já bem conhecidos (como as torres de resfriamento), onde a qualidade mínima necessária é conhecida, devido à sua vasta utilização nas atividades industriais.

2.5.1. Utilização de efluentes como água de reúso

Na realização da prática do reúso de água em indústrias, temos duas alternativas a serem ponderadas. Uma delas é o reúso macro externo, que pode ser compreendido como a utilização dos efluentes tratados derivados das estações administradas por concessionárias ou outras indústrias especializadas na prestação deste serviço. Outra opção, a ser detalhada, é a reutilização macro interna definida como o uso interno dos efluentes, tratados ou não, originários de atividades realizadas na própria indústria.

Na adoção do reúso macro interno, o mesmo pode ocorrer de duas maneiras distintas: reúso em cascata e de efluentes tratados.

2.5.2. Reúso em cascata

Neste sistema, o efluente produzido em um determinado processo industrial é diretamente utilizado, sem nenhum tipo de tratamento, em outro subsequente, pois o efluente gerado atende aos critérios de qualidade da água determinados pelo processo subsequente.

Em muitos casos, os efluentes originados nas atividades industriais são colhidos em tubulações ou sistemas centralizados de drenagem, atrapalhando a implantação da prática de reúso em cascata. Por este motivo, para garantir a possibilidade do reúso, devem ser feitas alterações para que o efluente não seja misturado com os demais produzidos em outros setores.

Uma alteração do reúso em cascata é o reúso parcial de efluentes, que incide na utilização de uma parte do efluente gerado. Esse processo é indicado quando ocorre a alteração da concentração dos contaminantes no efluente com o tempo. Essa situação é normal em operações de lavagem com alimentação de água e descarte do efluente de forma ininterrupta.

De acordo com Hespanhol et al. (2006), a mistura do efluente com água de algum outro sistema de coleta convencional pode ser considerada como outra forma do reúso em cascata. Este caso ocorre quando o efluente produzido oferece características de qualidade próximas das necessárias para uma determinada utilização, não sendo, entretanto, suficiente para possibilitar o reúso, ou quando a vazão desse efluente não atende à demanda total.

A qualidade da água de reúso é um fator preocupante para quaisquer tipos de reúso em cascata, principalmente quando as características do efluente podem sofrer variações significativas. Nestes casos, recomenda-se a utilização de sistemas automatizados de controle da qualidade, com uma linha auxiliar de alimentação do sistema convencional de abastecimento da empresa.

2.5.3. Reúso de efluentes tratados

Forma de reúso que tem sido mais adequada e utilizada na indústria. Consiste na utilização de efluentes produzidos localmente, após tratamento apropriado para a obtenção da qualidade suficiente aos usos pré-estabelecidos.

De acordo Hespanhol et al. (2006), na avaliação do potencial de reúso de efluentes tratados deve ser analisada a alta concentração de contaminantes que não são eliminados pelas técnicas de tratamento empregadas.

Na maior parte das indústrias, as técnicas usadas de tratamento de efluentes não permitem a remoção de compostos inorgânicos solúveis. Para aferir o aumento da concentração desses compostos nos circuitos de reúso, adota-se uma variável conservativa, que seja representativa da maioria dos processos industriais. Comumente, o parâmetro sólidos dissolvidos totais (SDT) é o mais aproveitado nos balanços de massa para originar as porcentagens máximas de reúso possíveis.

Em determinados casos, para que haja a possibilidade do reúso de um certo efluente, é imprescindível um tratamento preliminar suplementar, para permitir que a concentração de um poluente específico seja ajustada com o processo que o utiliza.

O tratamento suplementar, muitas vezes, permite a eliminação dos contaminantes de interesse. Dessa forma, pode-se obter um efluente tratado com propriedades de qualidade equivalentes à água que alimenta toda a indústria.

A análise do potencial de reúso deve ser executada posteriormente à fase de gerenciamento da demanda e de reúso em cascata, uma vez que estes atos irão afetar, de forma significativa, tanto a quantidade quanto a qualidade dos efluentes gerados, podendo afetar toda a estrutura de reúso que tenha sido praticada anteriormente ao programa de redução do consumo (HESPANHOL et al., 2006).

3. METODOLOGIA

A pesquisa realizada tem caráter exploratório, buscando propiciar uma maior familiaridade com o tema e procurando deixá-lo mais claro e compreensível para que possam ser formuladas hipóteses justificando os resultados encontrados. Ainda de acordo com Gil (2002), pode-se identificar um traço de pesquisa explicativa, pois a mesma busca identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência do fenômeno observado no que diz respeito às publicações encontradas.

A metodologia utilizada foi uma análise sistemática sobre o tratamento de efluentes industriais no setor de rochas ornamentais. Para sua realização, foi utilizada a base de dados Scopus. Foram definidos os seguintes tesouros de comandos:

```

(
  TITLE-ABS-KEY(dimension* OR ornamental*) AND #Tesauros de A
  TITLE-ABS-KEY(stone* OR rock*) AND #Tesauros de B
  TITLE-ABS-KEY(efluent* OR ("waste* AND water**")) #Tesauros de C
) AND (
  PUBYEAR > 2012 AND PUBYEAR < 2016) #Corte Temporal
) AND (
  LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar") #Tipos de documento – Artigos de periódico
) AND (
  LIMIT-TO(SUBJAREA, "EARTH") OR #Corte de área – Ciências da Terra
  LIMIT-TO(SUBJAREA, "ENVI") OR #Corte de área – Ciências do ambiente
  LIMIT-TO(SUBJAREA, "ENGI") OR #Corte de área – Engenharias
  LIMIT-TO(SUBJAREA, "AGRI") OR #Corte de área – Agricultura
  LIMIT-TO(SUBJAREA, "MATE") #Corte de área – Materiais
)

```

Consulta realizada em 18 de novembro de 2016

O uso do asterisco (*) nas palavras pesquisadas é importante, pois ele identifica variações na escrita a partir de um mesmo radical.

O período que serviu de limítrofe para a pesquisa foram os materiais produzidos entre os anos de 2012 e 2016, tendo como base os artigos produzidos nas áreas de: ciências ambientais, ciências planetárias e da terra, engenharia, medicina, química, ciência dos materiais e matemática.

Os resultados encontrados nas buscas referentes aos tesauros escolhidos são listados na Tabela 1, e podem também ser identificados no diagrama de Venn, na Figura 1.

Tabela 1: Tesauros para busca no Scopus

| Id. | Termo | Tesauros |
|-----|-------------|------------------------------|
| A | Ornamentais | <i>Dimension, Ornamental</i> |
| B | Rocha | <i>Stone, Rock</i> |
| C | Efluente | <i>Efluent, wast water.</i> |

Fonte: Elaborada pelos autores

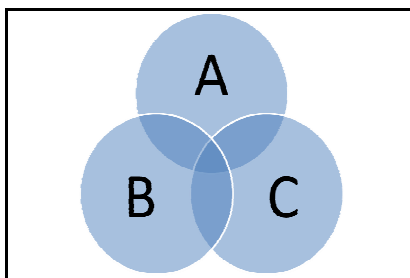


Figura 1: Diagrama de Venn ilustrando a intercessão dos tesouros.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Depois de identificar e buscar os artigos disponíveis no portal, a etapa seguinte foi a leitura dos artigos a fim de verificar a relação dos mesmos com o tema pesquisado. Essa atividade foi desenvolvida pelos autores.

4. RESULTADOS

A Tabela 2 e a Figura 2 ilustram os resultados encontrados no Scopus antes da filtragem por área.

Tabela 2: Resultados encontrados nas buscas realizadas no Scopus.

| Item | Quantidade de resultados |
|-------------------|--------------------------|
| A | 2.372.399 |
| B | 630.974 |
| C | 117.736 |
| $A \cap B$ | 32.077 |
| $A \cap C$ | 2.447 |
| $B \cap C$ | 1,645 |
| $A \cap B \cap C$ | 61 |

Fonte: Elaborada pelos autores.

Conforme mostrado anteriormente, muitos resultados foram encontrados na pesquisa, porém, para efeito de estudo destes valores encontrados, foram filtrados os artigos segundo as áreas de interesse já mencionadas, e retirados apenas 12 artigos, publicados entre 2012 e 2016. Dos 12 artigos publicados, apenas 9 puderam ser acessados via portal do Scopus; 3 artigos não puderam ser acessados pois não estavam disponíveis no portal de periódicos da CAPES.

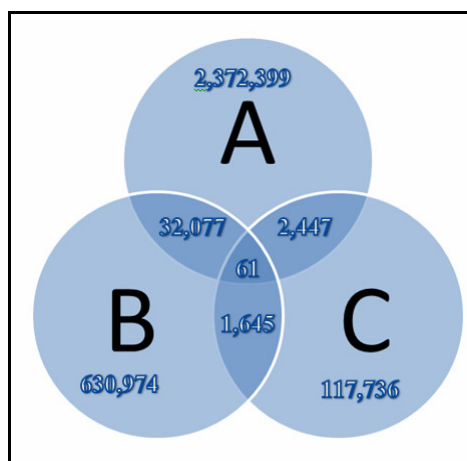


Figura 2: Diagrama de Venn ilustrando a intercessão dos resultados encontrados.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Como o tema abordado apresenta certa interdisciplinaridade, encontraram-se publicações em diversas áreas de conhecimento, sendo a com maior número de artigos a ciência ambiental, seguida pela ciência planetária e da terra, engenharia, medicina, química, ciência dos materiais e matemática.

Por se tratar um tema importante para o meio ambiente, é natural que sua ocorrência maior seja nas ciências ambientais, com contribuições importantes para auxiliar no descarte dos efluentes gerados. Como o Brasil é um grande produtor e exportador de rochas ornamentais, é natural que a produção de efluentes seja elevada e necessite de tratamento eficiente para que seus efeitos danosos possam ser anulados. Esse fato explica a posição ocupada pelo país entre os países que mais publicaram sobre o tema, conforme mostra a Figura 3.

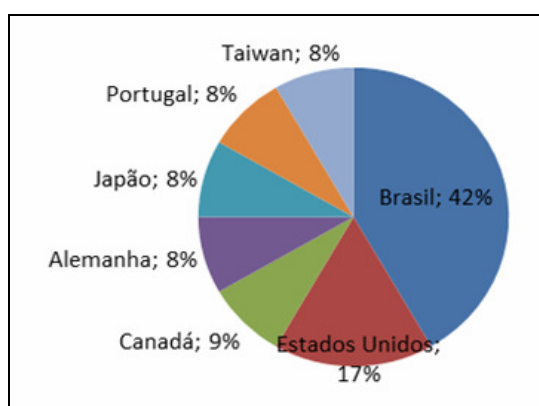


Figura 3: Países que mais publicaram sobre o tema entre 2012 e 2016.
Fonte: Elaborado pelo autores.

No Brasil, os centros de pesquisa que publicaram sobre o tema foram a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), a Universidade Vila Velha (UVV) e o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES).

Após a leitura completa dos artigos encontrados na base de dados do Scopus, foi possível verificar que apenas dois artigos abordavam um assunto parecido com o tema da pesquisa. Dos artigos encontrados, sete continham algum assunto relacionado aos tesouros utilizados nas buscas.

Quadro 1: Artigos compilados para serem descritos.

| Título do trabalho | Veículo | Autores | Ano |
|--|------------------------------------|---|------------|
| Mutagenic potential of fine wastes from dimension stone industry | Ecotoxicol Environ Saf | Aguiar LL, Tonon CB, Nunes ET, Braga AC, Neves MA, de Oliveira David JA | 2016 |
| Genotoxicity and Anatomical Root Changes in <i>Allium cepa</i> L.(Amaryllidaceae) Caused by the Effluent of the Processing of Ornamental Rocks | Water Air and Soil Pollution | Teixeira MB, Fernandes IA, Castro EM, Techio VH | 2016 |
| Removal Of Plant Pathogen Propagules Fromirrigation Runoff Using Slow Filtration Systems: Quantifying Physical And Biological Components | Water, Air, & Soil Pollution | Nyberg ET, White SA, Jeffers SN, Bridges WC | 2014 |
| Water-Rock Interaction And Reactive-Transport Modeling Using Elemental Mass-Balance Approach | American Journal of Science | Park AJ | 2014 |
| Implementation Of The Adsorbent Iron-Oxide-Coated Natural Rock (Iocnr) On Synthetic As(II) And On Real Arsenic-Bearing Sample With Filter | Applied Surface Science | Maji SK, Kao YH, Liao PY, Lin YJ, Liu CW | 2013 |
| Geoflow: A Novel Model Simulator For Prediction Of The 3-D Channeling Flow In A Rock Fracture Network | Water Resources Research | Ishibashi T, Watanabe N, Hirano N, Okamoto A, Tsuchiya N | 2012 |
| Colloid Transport In Dolomite Rock Fractures: Effects Of Fracture Characteristics, Specific Discharge, And Ionic Strength | Environ. Sci. Technol. | Mondal PK, Sleep BE | 2012 |
| An Integrative Assessment Of Environmental Degradation Of Caveira Abandoned Mine Area (Southern Portugal) | Journal of Geochemical Exploration | Ferreira ES, Durães N, Reis P, Patinha C, Matos J, Costa MR | 2015 |
| An Analytic Model For Dispersion Of Rocket Exhaust Clouds: Specifications And Analysis In Different Atmospheric Stability Conditions | J. Aerosp. Technol. Manag. | Bainy BK, Buske D, Quadros RS | 2015 |

4.1. Mutagenic potential of fine wastes from dimension stone industry

Produzido na Universidade Federal do Espírito Santo, o artigo trata sobre o problema causado pelo atual tratamento que os efluentes recebem. Segundo o artigo, esse efluente, mesmo após receber o tratamento, possui grande quantidade de compostos fenólicos. Quando submetidos a ensaios com raízes de cebola e com peixes, pode-se constatar um potencial mutagênico, com aumento significativo de anormalidades nucleares sofridas nas amostras em relação ao controle.

4.2. Genotoxicity and Anatomical Root Changes in *Allium cepa* L.(Amaryllidaceae) Caused by the Effluent of the Processing of Ornamental Rocks

Este material foi produzido pelo Instituto Federal do Espírito Santo, *campus* Nova Venécia. O material descreve sobre o potencial mutagênico deste efluente, que apresenta alto valor de pH. Também foram realizados ensaios com cebola da espécie *Allium cepa*, e foi constatada a alteração no crescimento e morte de células radiculares provocadas pela presença de partículas oriundas dos efluentes gerados pelas indústrias de beneficiamento de rochas ornamentais.

4.3. Removal Of Plant Pathogen Propagules From Irrigation Runoff Using Slow Filtration Systems: Quantifying Physical And Biological Components

Trata sobre a reciclagem de água em viveiros de plantas ornamentais, prática muito comum para filtragem da água e retirada de patógenos. O processo de filtragem em areia é muito lento e isso limita a reutilização da água. Alguns materiais foram testados como alternativas para substituir a areia, e observou-se que o tijolo esmagado se mostrou eficiente para filtração da água.

4.4. Water-Rock Interaction And Reactive-Transport Modeling Using Elemental Mass-Balance Approach

Este artigo aborda a utilização de modelagem como ferramenta para compreender a interação água-rocha e o transporte reativo para decifrar as reações químicas e físicas que ocorrem em sedimentos e em rochas, com a utilização de equações de conservação para interação entre processos de transferência de massa.

4.5. Implementation Of The Adsorbent Iron-Oxide-Coated Natural Rock (locnr) On Synthetic As(III) And On Real Arsenic-Bearing Sample With Filter

Este trabalho versa sobre a eficiência da adsorção de As (III) em um adsorvente à base de óxido de ferro, e propõe um mecanismo *in situ* de duas etapas para a oxidação do As (III) em As (V) e a subsequente adsorção do óxido de ferro.

4.6. Geoflow: A Novel Model Simulator For Prediction Of The 3-D Channeling Flow In A Rock Fracture Network

O artigo aborda a realização de uma experiência para verificação do fluxo de um fluido conduzido em uma amostra de granito contendo duas fraturas. Foi fornecida uma pressão de confinamento constante à água para avaliar a sua passagem pelas fraturas e sua posterior coleta em quatro portas de saída isoladas. Ao final, verificou-se que a saída caudal variou amplamente, indicando a formação de caminhos de fluxo preferencial 3-D (fluxo de canalização).

4.7. Colloid Transport In Dolomite Rock Fractures: Effects Of Fracture Characteristics, Specific Discharge, And Ionic Strength

Trata sobre os efeitos do transporte de microesferas e descargas de forças iônicas em rochas dolomíticas com aberturas variáveis estudadas em laboratório. O trabalho objetivou investigar os efeitos da rugosidade da superfície e da heterogeneidade carga na retenção e passagem das microesferas pelas fraturas.

4.8. An Integrative Assessment Of Environmental Degradation Of Caveira Abandoned Mine Area (Southern Portugal)

Aborda as consequências da mineração no final da década de 1990 no cinturão de pirita Ibérico (IPB), uma região típica europeia que sofreu, no período pós-mineração, devido à drenagem acidêmica (AMD), problemas de infraestrutura das minas e contaminação por metais. Estudos realizados mostram que, mesmo apresentando algumas melhoras, os índices ainda se mostram preocupantes, e isso ainda gera preocupações por seu potencial de toxicidade.

4.9. An Analytic Model For Dispersion Of Rocket Exhaust Clouds: Specifications And Analysis In Different Atmospheric Stability Conditions

Mostra resultados de um modelo analítico para avaliar a dispersão atmosférica no lançamento de foguetes de três módulos.

5. CONCLUSÃO

As pesquisas apontaram uma carência de material produzido sobre o tratamento de efluentes produzidos pelas indústrias de rochas ornamentais, fato que aponta para a necessidade da realização de mais pesquisas sobre o assunto, principalmente no Brasil, onde temos um dos maiores polos produtores e beneficiadores de rochas ornamentais.

Foi constatado também que poucos centros de pesquisas desenvolvem trabalhos relacionados ao tema, e isso precisa ser revisto para que incentivos possam difundir a abordagem do assunto, pois o tratamento de efluentes desse tipo de setor pode beneficiar outros setores que lidam com efluentes na presença de materiais particulados.

Os artigos consultados apontam para a necessidade da realização de outros ensaios de toxicidade para se avaliar o real potencial nocivo deste efluente, para que uma solução mais adequada ao seu tratamento seja providenciada.

REFERÊNCIAS

BETZDEARBORN. *Tratamento de águas industriais*. Apostila. São Paulo: [s.n.], 1999.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. *Resolução n° 357, de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 22 dez. 2016.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. *Resolução n° 430, de 13 de maio de 2011*. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/res43011.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2016.

CAMPOS, A. R. de et al. *Tratamento e aproveitamento de resíduos de rochas ornamentais e de revestimento, visando mitigação de impactos ambientais*. 2009. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/handle/cetem/1474/23simpgeol200916-25.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 02 dez. 2016.

CHIODI FILHO, C.; RODRIGUES, E. DE P. *Guia de Aplicação de Rochas em Revestimentos: Projeto Bula*. São Paulo: Abirochas, 2009.

FONTE, N. N. da. *Pesquisa científica: o que é e como se faz*. [S.L.:s.ed,s.d], 2004.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 2002.

GIORDANO, G. Tratamento e controle de efluentes industriais. *Revista ABES*, v. 4, n. 76, 2004.

HESPANHOL, I. et al. *Manual de conservação e reúso da água na indústria*. Rio de Janeiro: [s.n.], 2006.

MENEZES, R. R.; NEVES, G. de A.; FERREIRA, H. C. O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativa como matérias-primas cerâmicas alternativas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 6, n. 2, p. 303–313, 2002.

MOTHÉ FILHO, H. F.; POLIVANOV, H.; MOTHÉ, C. G. Reciclagem dos resíduos sólidos de rochas ornamentais: the case of waste of the dimension stones. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 28, n. 2, p. 139–151, 2005.

PONTES, I. F.; STELLIN JÚNIOR, A. Aproveitamento de Resíduos de Serrarias na Indústria de Construção Civil. VII Jornadas Argentinas de Ingeniería de Minas. *Anais*. Buenos Aires/Argentina: 2005. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/images/congressos/2005/CAC01010005.pdf>>. Acesso em: 09 jan. 2017.

REIS, R. C.; SOUSA, W. T. de. Métodos de lavra de rochas ornamentais. *Rem: Revista Escola de Minas*, v. 56, n. 3, p. 207–209, 2003.

SETEC, M. *Rochas Ornamentais*. 2007. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf3/publica_setec_rochas.pdf>. Acesso em: 09 jan. 2017.

VIDAL, F. W. H. III Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste. *Anais*. Recife (PE): Francisco Wilson Hollanda Vidal, 2002.