

Estudo dos efluentes gerados no processo de beneficiamento de rochas ornamentais em Santo Antônio de Pádua/RJ

Study of Effluents Generated in the Processing of Ornamental Rocks in Santo Antônio de Pádua/RJ

Ramiris Petrilho Silveira*
Sérgio Luis Vieira do Carmo**
Vicente de Paulo Santos de Oliveira***

A região noroeste fluminense conta com um importante arranjo produtivo local no setor de beneficiamento de rochas ornamentais e de revestimento. Essa atividade é responsável por boa parte da renda local, empregando muitas pessoas. O principal produtor da região é o município de Santo Antônio de Pádua/RJ, que possui 154 empresas (78 pedreiras e 76 serrarias). A grande atividade de extração e beneficiamento das rochas vem causando na região problemas ambientais, pois durante as etapas de produção muito se perde devido a técnicas rudimentares e a deficiência no tratamento dos efluentes, o que acaba gerando impactos ao Rio Pomba, onde estes são lançados. O objetivo deste trabalho de pesquisa foi realizar um diagnóstico do uso da água no processo produtivo e a partir daí avaliar as diferentes alternativas para se ter um consumo otimizado e um tratamento dos efluentes a fim de minimizar os danos ambientais. Foram realizados alguns estudos de casos de caráter exploratório, pesquisas bibliográficas, entrevistas com proprietários, funcionários e profissionais ligadas ao setor de rochas e visitas técnicas a empresas da região. Os resultados apontam para uma falta de preparo e conhecimento técnico dos empresários e funcionários ao uso de novas tecnologias aliadas às questões ambientais no que se refere ao tratamento e consumo de água, principalmente para as pequenas empresas.

Palavras-chave: Rochas ornamentais. Tratamento de efluentes. Reúso.

The northwestern region of Rio de Janeiro has an important local productive arrangement for processing ornamental and cladding rocks. This activity is responsible for much of the local income, employing a large number of people. The main producer in the region is the municipality of Santo Antônio de Pádua - RJ, with 154 companies (78 quarries and 76 sawmills). The extensive rock extraction and processing activity has caused environmental problems in the region, since during the production stages much is lost due to rudimentary techniques and failing in the treatment of effluents, which ends up generating impacts on the Pomba River, where they are launched. The objective of this investigation was to make a diagnosis of the use of water in the production process, and then evaluate the different alternatives for optimum consumption and treatment of effluents in order to minimize environmental damages. Some exploratory case studies, literature review, interviews with owners, employees, professionals related to the rock sector, and technical visits to companies in the region were carried out. The results point to a lack of preparation and technical knowledge of the entrepreneurs

* Mestrando em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) – campus Macaé, Macaé/RJ - Brasil. E-mail: ramirispetrilho@gmail.com.

** Mestrando em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) – campus Macaé, Macaé/RJ - Brasil. E-mail: sergio.carmo@iff.edu.br.

*** Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Professor Titular do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) – campus Rio Paraíba do Sul, Campos dos Goytacazes/RJ - Brasil. E-mail: vsantos@iff.edu.br.

and employees regarding the use of new technologies to help with environmental issues, with regard to the treatment and consumption of water, especially for small companies.

Keywords: ornamental rocks, wastewater treatment, reuse.

1 Introdução

A partir da Revolução Industrial do século XVIII, estabeleceu-se uma nova fase na história do desenvolvimento da humanidade. Desde essa época, as atividades industriais receberam grande evidência no desenvolvimento econômico e social. Nesse panorama o objetivo fundamental era a geração de riqueza utilizando os recursos naturais disponíveis no planeta, sem qualquer preocupação com o destino final dos resíduos gerados nos processos produtivos. Agora com o aquecimento global comprovado, tem advindo um crescente interesse na prevenção ambiental e no desenvolvimento sustentável. Dessa forma, a atenção tem sido dada para o destino dos resíduos sólidos oriundos de atividades industriais e urbanas. Isso devido ao fato de que a reutilização ou reciclagem de resíduos se constitui numa importante metodologia para utilização de resíduos como matérias-primas alternativas nos diversos setores industriais, além de preservar o meio ambiente.

O ramo da mineração e beneficiamento de rochas ornamentais no Brasil tem exposto nos últimos anos grande crescimento, gerando empregos e muita riqueza. As principais atividades do setor são a extração e beneficiamento de rochas, tais como granito, mármore, gnaiss, ardósia, entre outras. Rochas ornamentais são materiais notadamente usados em construções, monumentos, escultura e em várias outras possibilidades advindas da criatividade. O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de rochas ornamentais do mundo. A região noroeste fluminense do Estado do Rio de Janeiro é rica em rochas ornamentais, com destaque para o município de Santo Antônio de Pádua. Nessa região está instalado um importante arranjo produtivo local (APL) que é representado pelo polo de rochas ornamentais, principalmente de rochas do tipo pedra Miracema e pedra Madeira.

Os desperdícios ocorridos na lavra e no beneficiamento das rochas são estimados em cerca de 80% de todo o material que é extraído, e isso vem gerando sérios problemas ambientais na região de Santo Antônio de Pádua/RJ. Outro problema enfrentado é o lançamento de parte desses efluentes produzidos no Rio Pomba e o consumo indiscriminado de água.

Durante o processo de corte e beneficiamento das rochas ornamentais, em geral, é produzido um resíduo abrasivo na forma de uma lama. No Brasil a disposição desses resíduos tem ocorrido, na maioria das vezes, de forma inadequada no meio ambiente, mediante depósitos irregulares, resultando em impactos ambientais que podem comprometer a fauna e 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 elevar os níveis de contaminação de reservatórios naturais. Além do mais, os resíduos quando secos se transformam num pó fino não biodegradável que gera danos à saúde humana.

O setor industrial de um modo geral tem se deparado nos últimos anos com questões ambientais delicadas, principalmente relacionadas com o gerenciamento de resíduos, no ramo

de beneficiamento de rochas, o que representa um sério problema, devido ao volume constante de resíduos que é produzido. Isso tem motivado a busca de estratégias viáveis para o destino final apropriado dos resíduos gerados. A construção civil representa uma opção de grande potencial para a utilização dos resíduos industriais e urbanos gerados, devido ao fato de ser a maior consumidora de recursos naturais. Vários trabalhos têm sido expostos na literatura sobre a inclusão de resíduos de rochas ornamentais em materiais cerâmicos para a construção civil. Geralmente tais resíduos possuem composições química e mineralógica e, quando acrescentados às formulações cerâmicas em quantidades adequadas, favorecem o processamento cerâmico. Os resíduos de rochas ornamentais são ricos em compostos fundentes (K_2O e Na_2O) que ajudam na formação de uma fase vítrea durante o processo de sinterização. A fase vítrea é responsável pela inertização/encapsulamento de resíduos tóxicos e metais pesados.

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

Este trabalho é direcionado para o estudo e avaliação ambiental no descarte dos efluentes provenientes do corte e beneficiamento de rochas na região de Santo Antônio de Pádua/RJ. Seu objetivo geral é descrever os fatores que interferem na diminuição ou ineficiência do tratamento dos efluentes gerados.

Quanto aos objetivos específicos, este trabalho realiza um diagnóstico do uso da água nos processos utilizados atualmente pelo setor de corte e beneficiamento de rochas; identificou e descreve os principais problemas ambientais ocorridos nas etapas de beneficiamento; e aponta soluções para aumentar a eficiência do uso de água e alternativas para o tratamento dos efluentes.

2 Revisão de 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 retirados em blocos ou placas, cortados em formas variadas e beneficiados por meio de esquadreamento, 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.

Geologicamente, as rochas são alocadas em três grandes grupos genéticos: ígneas, sedimentares e metamórficas. As rochas ígneas ou magmáticas são resultados da solidificação de material fundido (magma), em diferentes profundidades da crosta terrestre. As rochas sedimentares se formam pela deposição química ou sedimentar dos produtos da desagregação e erosão de rochas preexistentes, carregados e acumulados em bacias de deposição em ambientes subaquáticos (fluviais, lacustres e marinhos) e eólicos (subaéreos). Rochas metamórficas são formadas pela transformação (metamorfismo) de outras preexistentes, normalmente como resultado do aumento da pressão e temperatura no ambiente geológico.

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.

Os produtos, que são comercializados e utilizados como superfícies naturais em peças não calibradas, extraídos diretamente por desdobramento mecânico de chapas na pedra, são designados rochas processadas simples. Para elucidação refere-se que, no Brasil, tal é o caso dos quartzitos foliados (pedra São Tomé, pedra Mineira, pedra Goiana, etc.), pedra Cariri, basaltos gaúchos, pedra Paduana ou Miracema, pedra Madeira (Figuras 1a e 1b) pedra Macapá, pedra Morisca, dentre outras.

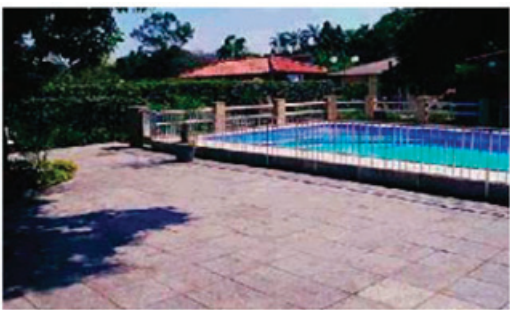


Figura 1: Rochas ornamentais e de revestimento de Santo Antônio de Pádua
a) Exemplo de uso da pedra Miracema b) Exemplo de uso da pedra Madeira

Fonte: Extraído de Peiter et al. (2003)

2.2 Área de estudo

O município de Santo Antônio de Pádua/RJ (Figura 2) é rasgado pelo Rio Pomba, que vai formando suntuosas cachoeiras em todo o seu trajeto, onde muitas pessoas costumam praticar canoagem. De acordo com dados da CEIVAP, o Rio Pomba nasce na Serra Conceição/MG, pertencente à cadeia da Mantiqueira, em Barbacena, a 1.100m de altitude. O rio apresenta uma declividade relevante, uma vez que a cerca de 90km da nascente atinge a altitude de 200m. Em Cataguases/MG, está na altitude de 165m e em Santo Antônio de Pádua/RJ, a 90m. Depois de percorrer 265km, atinge a foz no Paraíba do Sul. Os seus principais afluentes são os rios Novo, Piau, Xopotó, Formoso e Pardo.

Santo Antônio de Pádua é conhecida como a cidade das águas e das pedras (Figura 3) por haver no município múltiplas fontes de águas minerais, que são procuradas para terapias de problemas renais, cardiovasculares, tratamento de pele e terapia de rejuvenescimento, e também por ser um dos grandes produtores e exportadores de rochas ornamentais do Brasil. O nome que a cidade recebeu é uma homenagem a seu santo padroeiro, Santo Antônio de Pádua.



Figura 2 – Vista aérea da parte central de Santo Antônio de Pádua

Fonte: Extraído de Costa (2011)



Figura 3 – O símbolo da cidade que representa a pedra e a água
Fonte: Extraído de Costa (2011)

| 46 | O município de Santo Antônio de Pádua está localizado na região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro (Figura 4), a uma distância cerca de 260 km da capital.

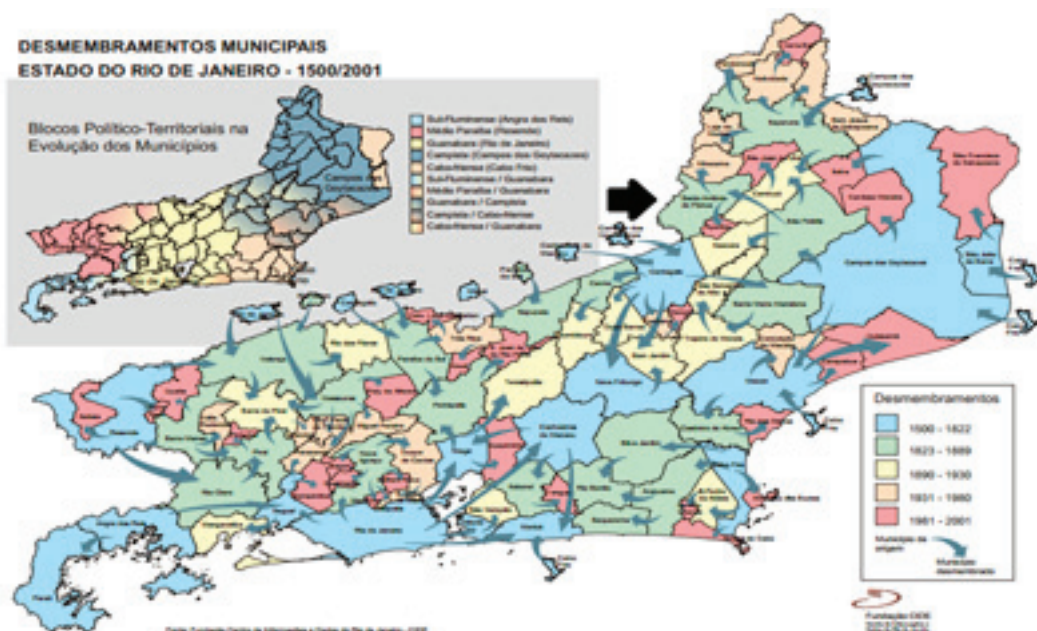


Figura 4 – Localização do município de Santo Antônio de Pádua no estado do Rio de Janeiro
Fonte: Adaptado da FESP (2001)

Sua área de abrangência territorial é de 603,357 km², e sua sede apresenta coordenadas geográficas 21°30'30"S e 42°11'00"W. Sua altitude média é de 86m e sua população, estimada pelo IBGE para o ano de 2015, é de aproximadamente 41.178 habitantes, distribuída em seus 7 distritos.

A economia da região é voltada para a pecuária de leite e de corte, alugueis, indústrias de papéis, indústrias de pedras decorativas e de revestimentos, comércio varejista e atacadista, serralherias, hortigranjeiros, produtos alimentícios e bebidas, construção civil e serviços (este representa o ramo que mais emprega na região).

A região apresenta uma economia aquecida que pode ser ilustrada devido ao seu expressivo PIB e ao saldo positivo de receitas, conforme mostram as Figuras 5 e 6.



Figura 5 - Receitas e despesas de Sto. Antônio de Pádua, Rio de Janeiro e Brasil

Fonte: IBGE (2015)

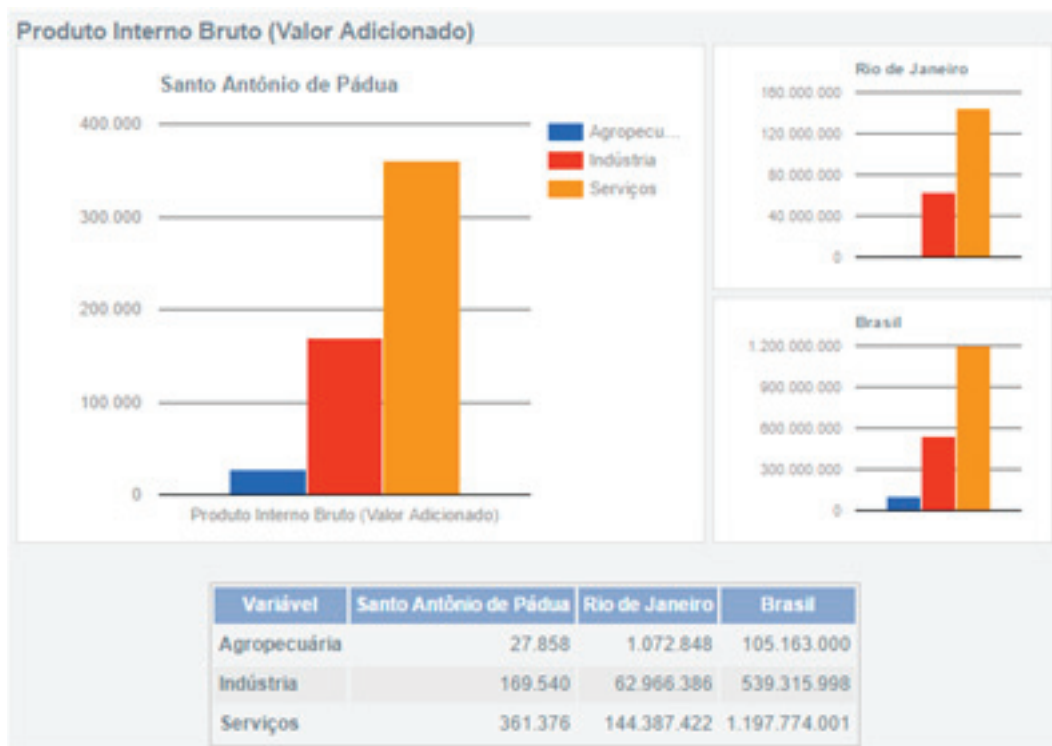


Figura 6 - PIB de Sto. Antônio de Pádua, Rio de Janeiro e Brasil

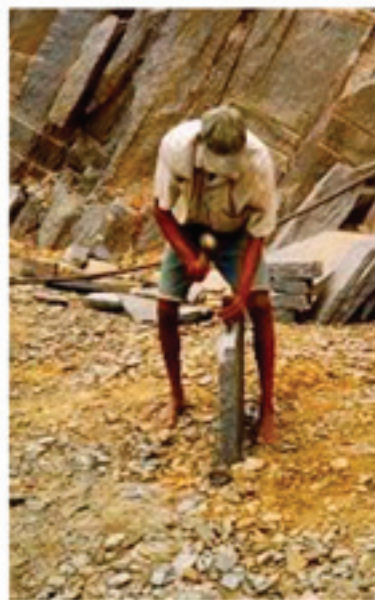
Fonte: IBGE (2015)

2.3 Cadeia produtiva de rochas em Santo Antônio de Pádua/RJ

Segundo estudos de Peiter et al., (2003), o setor de rochas da região é responsável por gerar muitos empregos, empregando atualmente cerca de 4000 funcionários em empresas legalizadas e não legalizadas. A produção é feita com pouca mecanização e muitas técnicas ainda são artesanais, como por exemplo, a extração dos blocos, conforme mostram as Figuras 7a e 7b.



a) Extração dos blocos



b) Fatiamento manual das rochas

Figura 7 – Extração e fatiamento de rochas

Fonte: Extraído de Silva Neto e Silvestre (2013)

Na parte de beneficiamento, as tecnologias também são básicas. Isso acarreta perda de produtividade, desperdício de água (Figura 8), energia e agravamento de problemas ambientais, como por exemplo, a liberação de pó de pedra, que é resultado do corte da pedra na serra circular (Figura 9). Esse pó possui uma granulometria muito fina e acaba sendo descartado junto com a água utilizada no resfriamento das serras durante o corte das rochas, gerando uma espécie de lama abrasiva (Figura 10).



Figura 8 – Desperdício de água e energia

Fonte: Arquivo do autor

Conforme Ribeiro, Correia e Seidl (2005), a lama é composta basicamente de água, granalha, cal e rocha moída, que são depositadas em tanques de decantação dentro da própria empresa. Nos tanques, a lama recebe uma solução de sulfato de alumínio $Al_2(SO_4)_3$ de forma desregada, tratando-se de um tonel com capacidade para 200l que possui uma torneira que pinga a solução nos tanques (Figura 11).



Figura 9 – Processo de corte de chapas na serra circular

Fonte: Arquivo do autor



Figura 10 – Lama abrasiva, resultado do corte das rochas

Fonte: Arquivo do autor



Figura 11 – Tratamento da lama aplicado na empresa

Fonte: Arquivo do autor

Uma análise do pó da rocha foi feita por Manhães e Holanda (2008), constatando a composição presente na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição química do resíduo de rocha granítica

Composição	% em Peso
SiO ₂	72,17
Al ₂ O ₃	10,80
Fe ₂ O ₃	5,04
CaO	2,33
MgO	0,94
MnO	0,08
TiO ₂	1,07
Na ₂ O	2,34
K ₂ O	3,87
P ₂ O ₅	0,27
Perda ao fogo (1000°C)	1,08

Fonte: Extraído de Manhães e Holanda (2008)

A lama gerada no processo, depois de receber esse tratamento precário, é lançada no Rio Pomba.

2.4 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 garantirem sua integridade 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 Imnhoff” para lançamentos em lagos, lagoas, lagunas, 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, do parágrafo 5º até o 15 da resolução N° 430, de 13 de Maio de 2011, deixa claras 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, conforme o enquadramento desse corpo receptor. 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 técnica 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 detalhada 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 430, de 2011, 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 POPs, dioxinas, furanos, óleos, graxas e corantes; se um desses for detectado o empreendedor fica obrigado a utilizar de 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.

2.5 Política de resíduos sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos é estabelecida pela Lei Nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010, que, em seu artigo 4º, reúne um conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelo Governo Federal, isolado ou em regime de cooperação com os Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.

Podemos extrair dessa lei em seu capítulo II, artigo 3º, alguns conceitos importantes, como por exemplo, o de geradores de resíduos, que pode ser qualquer pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que gere resíduos de suas atividades, incluindo entre elas o seu consumo.

O gerenciamento dos resíduos sólidos transcorre por meio de práticas e ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com o plano municipal de gestão integrada de resíduos ou com o plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma dessa Lei.

A gestão integrada mencionada anteriormente consiste em ações que busquem soluções para os resíduos sólidos considerando as dimensões políticas, econômicas, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento ambiental.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos consiste em um conjunto de ações para se prevenir e precaver contra possíveis tragédias que possam afetar o meio ambiente.

2.6 Resíduos sólidos

De acordo com a Lei Nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010, em seu capítulo II, artigo 3º, incisos XV e XVI, os rejeitos são resíduos sólidos que não podem ser mais reaproveitados; esses materiais não possuem um valor comercial e a eles cabe apenas a disposição final adequada de acordo com o seu tipo.

Os resíduos sólidos por sua vez são produzidos por atividades humanas e podem ser representados no estado sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos com particularidades que tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpo d'água, a menos que se tenha um tratamento eficiente.

Os resíduos sólidos podem ser classificados, de acordo com seu potencial de contaminação ao meio ambiente e à saúde pública, como sendo resíduos de Classe I (perigosos) e Classe II (não perigosos). Os resíduos de Classe II por sua vez podem ser de Classe II A (não inertes) e Classe II B (inertes). Esses padrões são estabelecidos pela NBR 10004:2004 (CAMPOS et al., 2009).

Os resíduos produzidos no beneficiamento de rochas são classificados como resíduos de Classe II A - não inertes, de acordo com norma estabelecida pela NBR 10004. A classificação dessa forma ocorreu devido à presença de chumbo, cromo total, ferro e manganês acima dos limites tolerados para o teste de solubilização (Tabela 2). Dessa forma torna-se importante a elaboração de um estudo para avaliação dos impactos ambientais que podem ocorrer pelo descarte inadequado dos rejeitos de acordo com (MANHÃES; HOLANDA, 2008).

Tabela 2: Concentração de elementos químicos no extrato do teste de solubilização da amostra de resíduos de rocha ornamental

Parâmetros Analisados	Concentração no Solubilizado (mg/L)	NBR 10004 – Anexo G Limite Máximo (mg/L)	Limite de Detecção (mg/L)
Alumínio	0,02	0,2	0,01
Arsênio	<0,01	0,01	0,01
Bário	0,09	0,7	0,01
Cádmio	<0,01	0,005	0,001
Chumbo	0,10	0,01	0,01
Cobre	0,04	2,0	0,01
Cromo total	0,07	0,05	0,01
Dureza (mg CaCO ₃ /L)	101	500	0,1
Ferro	5,01	0,3	0,01
Manganês	0,13	0,1	0,01
Nitratos	<0,01	10,0	0,01
Prata	<0,01	0,05	0,01
Sulfatos	53	250,0	1,0
Surfactantes	<0,2	0,5	0,2
Zinco	0,03	5,0	0,01

Fonte: Extraído de Manhães e Holanda (2008)

2.7 Tratamento de efluente industrial

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

2.8 Tratamento Primário

Este tratamento consiste em remover as partículas maiores que estão em suspensão para evitar o desgaste dos equipamentos ou obstruções; nesta etapa a redução da DBO_{5,20} pode chegar a 30%. A Tabela 3 mostra o tempo de decantação de acordo com o tamanho da partícula.

Tabela 3: Tempo de decantação por tamanho da partícula

Diâmetro da partícula (mm)	Ordem de tamanho	Tempo necessário para decantar 30cm
10	Pedregulho	0,3 segundos
1	Areia grossa	3 segundos
0,1	Areia fina	38 segundos
0,01	Limo	33 minutos
0,001	Bactérias	55 horas
0,0001	Partículas coloidais	230 dias
0,00001	Partículas coloidais	6,3 anos
0,000001	Partículas coloidais	63 anos

Fonte: Extraído de Betzdearborn, 1999

2.9 Tratamento Secundário

Após o tratamento primário é adicionado floculante ao efluente líquido para que as partículas se decantem (Figura 12). Neste processo ocorre a oxidação e suspensão da matéria orgânica, diminuindo a DBO_{5,20} para cerca de 10%, o que reduz os sólidos suspensos totais. Assim, todo o material decantado é chamado de lodo, podendo ser separado e enviado para os aterros sanitários ou incineradores.

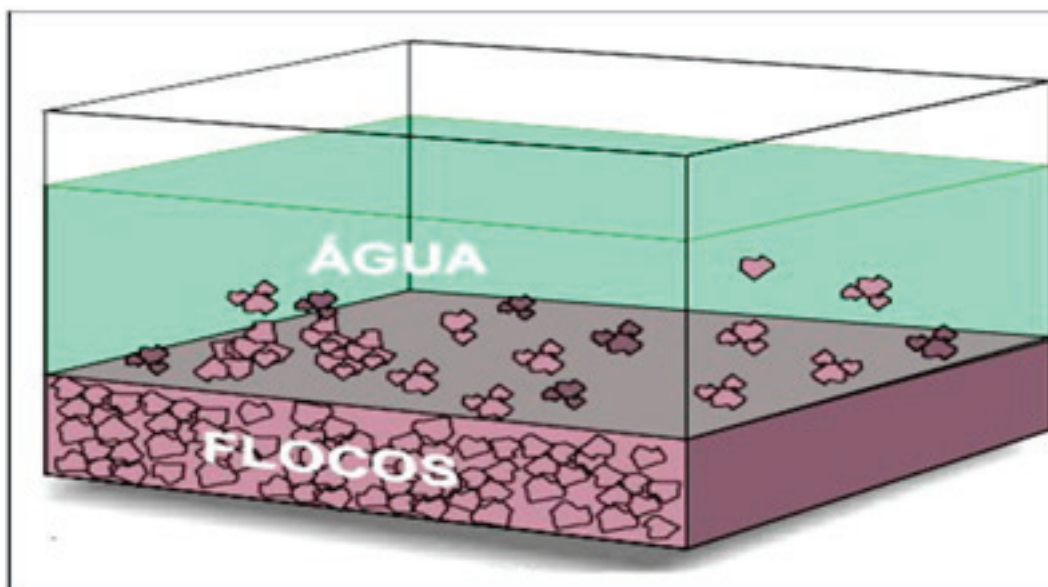


Figura 12: Flocculação

Fonte: Extraído de Santos (2014)

2.10 Tratamento Terciário

Este processo remove os contaminantes não removidos pelos processos anteriores, como metais fosfatos e outros. As tecnologias utilizadas para este tratamento podem ser osmose reversa, filtros de carvão ativado ou vegetal.

De acordo com Giordano (2004), o tratamento terciário se destina a melhorar a qualidade do efluente tratado pela remoção da cor residual, turbidez e desinfecção do efluente.

2.11 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 separando-se a água do sólido. As metodologias mais comuns para realizar essa separação são: (a) 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; (b) 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 (Figura 13); (c) filtro de discos; e (d) tanque decantador com meios filtrantes.

Algumas empresas 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.

Figura 13- Decantador vertical acoplado ao filtro prensa



Fonte: Extraído de Campos et al. (2009)

2.12 Reciclagem e reaproveitamento

A reciclagem e o reaproveitamento dos rejeitos produzidos no beneficiamento de rochas ornamentais mostram-se importantes, pois, além de gerarem 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 12.305 de 02 de Agosto de 2010, no capítulo II, artigo 3º, 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, do Senador Paulo Bauer, que dispõe sobre a dedução de impostos de renda de 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.

2.13 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. Dessa forma é imprescindível 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) em que a qualidade mínima necessária é conhecida, devido à sua vasta utilização nas atividades industriais.

2.14 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 se trata do 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.

2.15 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 esse 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. Esse 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. Nesses 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.

2.16 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 com Hespanhol et al. (2006), sobre a 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 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 esses 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).

2.17 Problemas ambientais encontrados

As empresas de beneficiamento de rochas consomem grandes quantidades de água para auxiliar os processos de corte e polimento das rochas, boa parte dos efluentes produzidos no processo acaba parando nos corpos hídricos sem qualquer tipo de tratamento. A geração de resíduos é da ordem de 200.000 toneladas de resíduos sólidos por ano. Os rejeitos produzidos acabam parando em lagoas de decantação ou aterros sanitários (FILHO et al., 2005).

O desenvolvimento sustentável acaba sendo um lema defendido por muitos, e a utilização com sapiência dos recursos naturais ofertados gratuitamente a todos os seres vivos é uma grande prova de que o objetivo está sendo alcançado.

De acordo com Reis et al., (2007), “a eliminação ou o reaproveitamento dos resíduos industriais gerados por empresas de beneficiamento de rochas é um dos grandes desafios para mitigar os impactos ambientais, o que leva pesquisadores ligados ao setor a estudarem o uso deste resíduo em aplicações, principalmente na indústria da construção civil”.

Conforme comentado por Silva Neto & Silvestre (2013), ainda no beneficiamento, além do desperdício de matéria-prima, nota-se a liberação do pó de pedra, resultado do corte da pedra nas serras. Esse pó de pedra, de granulometria muito fina, tem sido descartado de forma errada junto com a água utilizada no processo, em forma de uma lama.

De acordo com Ribeiro, Correia e Seidl (2005), essa lama é geralmente formada de água, de granalha, de cal e de rocha moída (aluminossilicatos, feldspato e quartzo), que, depois do processo de corte, são lançadas no meio ambiente. Após a evaporação da água, o pó resultante se espalha com o vento, contaminando o ar e os recursos hídricos. Em muitos casos, essa lama chega a ser canalizada diretamente para os rios e lagos, caracterizando-se como um grave problema ambiental.

Importante salientar, de acordo com Silva (2011), que a lama abrasiva por si só, mesmo que não apresente nenhum constituinte perigoso em sua composição, não pode ser lançada em qualquer lugar, pois, se derramada diretamente em um córrego ou rio, poderá acarretar o seu assoreamento e aumento da turbidez de forma a afetar diretamente a biota local.

3 Material e método

Quanto a sua abordagem, a pesquisa teve uma metodologia de caráter qualitativo, visando compreender melhor os processos envolvidos no beneficiamento de rochas em empresas de Santo Antônio de Pádua.

De acordo com a natureza da pesquisa, podemos classificá-la como sendo uma pesquisa aplicada, pois tem como objetivo gerar conhecimentos para a aplicação prática, em problemas específicos com soluções dirigidas e eficientes.

A pesquisa caracteriza-se por uma análise exploratória que proporciona uma maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais claro e compreensível, fornecendo assim meios para formular hipóteses para sua melhor interpretação e tratamento. Mostra-se fundamental para essa etapa um amplo levantamento bibliográfico de pesquisas relacionadas ao assunto e entrevistas com empresários, funcionários e pessoas ligadas ao setor produtivo de rochas ornamentais (GIL, 2007).

A pesquisa também teve um viés mais descritivo no momento em que passou a buscar descrever os processos produtivos da empresa e seus problemas, bem como as tecnologias utilizadas e seus impactos sobre o setor.

O trabalho teve como delineamento a pesquisa bibliográfica de artigos técnicos, anais de congressos e periódicos especializados, bem como a pesquisa documental nas instituições de apoio ao setor, como o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE).

A área de estudo foi direcionada para empresas de Santo Antônio de Pádua, um município do interior do estado do Rio de Janeiro que faz divisa com o estado de Minas Gerais e fica próximo à divisa com o Espírito Santo.

Foram realizadas duas visitas técnicas na empresa para avaliação das técnicas adotadas e para o levantamento de dados. O proprietário e funcionários se mostraram interessados com o trabalho, pois viram o potencial na redução do consumo de água e no tratamento dos efluentes produzidos.

Verificou-se durante as entrevistas que as serras maiores consomem cerca de 80 l/min e as serras menores 30 l/min. Constatou-se também, mesmo sem estar em processo de corte, a água é bombeada continuamente, as máquinas não possuem um sistema que corta o fluxo de água durante o período de descanso individual dessas máquinas.

A água utilizada nos processos de corte das rochas é bombeada para todas as serras (05 equipamentos) a partir de uma única bomba. A bomba utilizada é superdimensionada, o que gera em um fluxo desnecessário de água para os equipamentos, e conta ainda com duas mangueiras para aliviar o excesso de pressão da água que é bombeada.

A falta de um mecanismo para controlar a vazão da água nas serras gera um desperdício de água de forma que até mesmo desligadas algumas delas liberam água, o que contribui para o aumento no volume do efluente produzido.

Todo efluente produzido na empresa passa por três tanques de decantação para receber tratamento. No tratamento praticado na empresa, o efluente recebe doses de floculante (hidróxido de alumínio $Al_2(OH)_3$) sem qualquer tipo de controle. O floculante não tem uma medida exata para ser diluído e nem mesmo é dosado durante sua aplicação. O sistema da empresa consiste em um tonel que recebe a mistura de floculante e água, e a dosagem é controlada por meio de uma torneira na extremidade do tonel que pinga a mistura no efluente.

Após a passagem por esse tratamento o efluente recebe uma quantidade de água proveniente das mangueiras que aliviam a pressão da bomba e vai parar no rio Pomba. De acordo com a resolução

CONAMA 430 de 2011, no artigo 12, a diluição do efluente não é uma prática permitida por lei.

A coloração esbranquiçada da água lançada no corpo hídrico é um indicativo de que possivelmente a presença de sólidos pode estar acima do permitido por lei. Ao desaguar no rio, o efluente gera uma faixa esbranquiçada em sua margem.

Essa fase será avaliada posteriormente mediante uma análise físico-química do efluente, gerada em cada etapa de uso da água e também em cada tanque, para que se possa traçar um gráfico com a qualidade da água em cada etapa e a verificação da eficiência no tratamento adotado pela empresa. Serão feitos estudos sobre o pó de rocha para avaliar uma melhor forma de separá-lo da água e uma posterior utilização, de modo a aproveitar suas propriedades.

A análise físico-química do efluente avaliará as seguintes propriedades: pH, temperatura, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos totais, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e turbidez. De posse dos resultados, um gráfico será traçado para comparar os valores encontrados nas amostras com os valores permitidos por lei específica.

A metodologia que será aplicada para avaliação da melhor forma para se proceder a separação do sólido/líquido, através da decantação, é a técnica do “Jar-Test” ou “Teste de jarros”, equipamento disponível no Polo de Inovação do IFFluminense (PICG).

De acordo com Padilha et al. (2011), o JarTest ou turb-floc é um equipamento que possui seis jarros (Figura 14) com capacidade de dois litros cada; estes contêm pás ou agitadores em seu interior que são ativados através de mecanismos magnéticos e que servem para otimizar a mistura dentro de cada jarro. A rotação de cada agitador está relacionada com o controle de ajuste em “rpm” (rotações por minuto) e a mistura do coagulante é feita por tubos de ensaio interligados por uma alavanca, o que proporciona o contato simultâneo do coagulante nos tubos de ensaio com os jarros em questão.

Cada jarro recebe uma concentração diferente de sulfato de alumínio. O objetivo é avaliar qual a maior remoção de sólidos com o menor consumo de coagulante e assim identificar a dosagem ótima com menor custo-benefício e maior eficiência na separação da mistura.

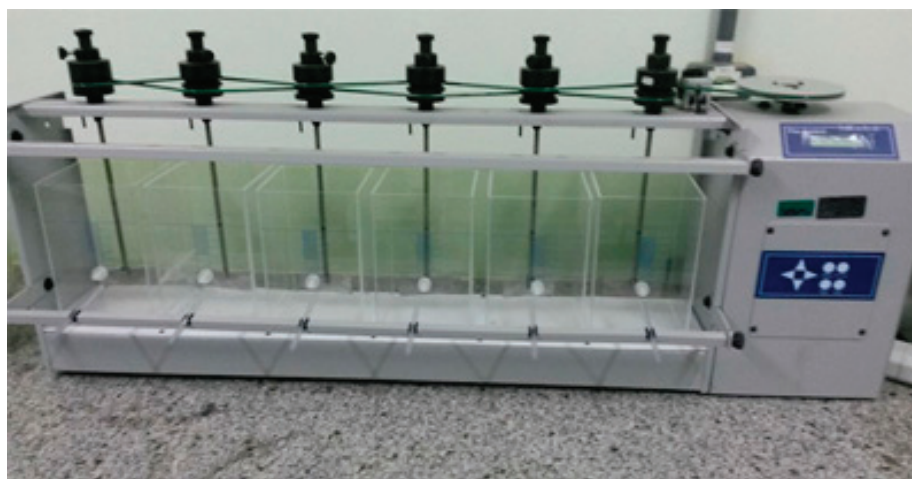


Figura 14- Apresenta uma foto do equipamento Jar Test semelhante ao que será utilizado no trabalho

Fonte: Arquivo do autor

4 Resultado e discussão

A falta de incentivo e de conhecimento técnico acaba por gerar impactos ambientais e hábitos ineficazes para uma indústria. Isso é refletido em toda a sua cadeia produtiva e ressalta a importância de sanar as deficiências do setor industrial.

O uso desmedido de água causa um consumo dispensável, visto que boa parte da água que é captada do rio acaba sendo desperdiçada sem sequer ser utilizada na produção. A adequação correta das bombas que captam a água para uma potência menor pode reduzir a perda de água, panorama vivenciado na empresa com o desperdício de água captada.

As tubulações antigas apresentam alguns problemas de vazamentos e a falta de controle no uso da água acaba gerando o seu desperdício.

A falta de metodologia adequada para o tratamento do efluente acaba promovendo sua ineficiência, desperdício de coagulante e lança no rio um efluente parcialmente tratado com grande carga de material particulado que pode ser observado no momento de deságue no rio, o que pode influir na dinâmica local do corpo hídrico e impactar em sua biota.

5 Conclusão

As empresas avaliadas para o trabalho mostram interesse para melhorar as questões ambientais, porém a falta de conhecimento técnico acaba representando um grande desafio a ser superado. Parcerias com instituições de ensino e pesquisa podem representar uma solução viável e interessante para os empresários na busca de práticas mais eficientes no sentido econômico e ambiental.

A inovação tecnológica com a instituição de sistemas automatizados de controle de uso de água representa um avanço considerável e significativo na sua economia, e a adoção de um sistema de tratamento de efluentes com dosagem correta de floculante contribuirá bastante na questão ambiental.

O tratamento do efluente produzido e a reutilização da água apontam para uma direção favorável à sustentabilidade, e a separação do material particulado na etapa do tratamento representa a possibilidade da utilização e comercialização do pó de rocha em outros setores industriais, tais como na produção de telhas, tijolos e na produção de argamassa.

Referências

- ALENCAR, C.R.A. *Manual de caracterização, aplicação, uso e manutenção das principais rochas comerciais no Espírito Santo: rochas ornamentais*. Cachoeiro de Itapemirim/ES: IEL, 2013. 242 p. Disponível em: <<http://innovare.ind.br/innovare3/assets/userfiles/files/manual-rochas.pdf>> Acesso em: 8 out. 2015.
- BETZDEARBORN. *Tratamento de águas industriais*. Apostila. [São Paulo]: [s.n.], 1999.
- BRASIL. *Lei n.º 12.305, de 02 de agosto de 2010*. Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 9 out. 2015.
- CAMPOS, A. R. de; CASTRO, N. F; VIDAL, F. W. H; BORLINI, M. C. *Tratamento e aproveitamento de resíduos de rochas ornamentais e de revestimento, visando mitigação de impacto ambiental*. 2009. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/handle/cetem/1474/23simpgeol200916-25.pdf?sequence=1>> Acesso em: 08 out. 2015.
- CHIODI FILHO, C.; RODRIGUES, E. P. *Guia de aplicação de rochas em revestimentos*. Projeto Bula 2009. ABI Rochas. Disponível em: <<http://www.sigmadobrasil.com.br/content/pdf/abirochas-Guia-de-Aplicacao-de-Rochas-em-Revestimentos.pdf>> Acesso em: 15 jul. 2016.
- CONAMA. Resolução Nº 357, de 17 de Março de 2005. *DOU nº 053, de 18 mar. 2005*, p. 58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: 10 out. 2015.
- CONAMA. Resolução Nº 430, de 13 de Maio de 2011. *DOU nº 092, de 16 maio 2011*, p. 89. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> Acesso em: 10 out. 2015.
- COSTA, R. S. *Estudo dos impactos ambientais causados pela extração de rochas ornamentais em Santo Antônio de Pádua, a partir dos anos 80*. 2011. Monografia (Licenciatura em Geografia) - Instituto Federal Fluminense, 2011.
- FEEMA. Fundação Estadual de Engenharia e Meio Ambiente. *NT- 202. R. 10: Critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos*. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mde0/~edisp/inea0014058.pdf>> Acesso em: 10 out. 2015.
- FESP. *Desmembramentos municipais do estado do Rio de Janeiro: 1500/2001*. Disponível em: <http://www.fesp.rj.gov.br/ceep/info_territorios/div_poli/Desmembramentos_Municipais.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2016.
- FRANCISCO, A. A.; POHLMAM, P. H. M.; FERREIRA, M. A. Tratamento convencional de águas para abastecimento humano: uma abordagem teórica dos processos envolvidos e dos indicadores de referência. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2., 2011. Acesso em: <<http://www.ibears.org.br/congresso/Trabalhos2011/IX-005.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2016.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. Disponível em:

<https://professores.faccat.br/moodle/pluginfile.php/13410/mod_resource/content/1/como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2016.

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

HESPANHOL, I.; MIERZWA, J. C.; RODRIGUES, L.B.; SILVA, M. C. C. *Manual de Conservação e Reúso de água na Indústria*.

IBGE. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/1UWQ>>. Acesso em: 26 jul. 2016.

RIO de Janeiro. DIM. 2006. Disponível em: <<https://www2.cead.ufv.br/sgal/files/apoio/saibaMais/saibaMais4.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2016.

MANHÃES, J. P. V. T; HOLANDA, J. N. F. *Caracterização e classificação de resíduo sólido "pó de rocha granítica" gerado na indústria de rochas ornamentais*. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v31n6/a05v31n6.pdf>> Acesso em: 05 out. 2015.

PADILHA, D. J.; CERUTI, F. C.; VIDAL, C. M. S.; MARTINS, H. Análise da utilização de três diferentes coagulantes na remoção da turbidez de água de manancial de abastecimento. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA, 7., 2011. Disponível em: <http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2011/anais/diana_janice_padilha2.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2016.

PEITER, C.C.; CARVALHO, E.A.; CAMPOS, A.R.; ROCHA, J.C. Aproveitamento dos resíduos finos das serrarias de Santo Antônio de Pádua. In: Seminário da Sustentabilidade Ambiental da Mineração, 1., 24-25 de novembro de 2003, Salvador, BA. Disponível em: <http://www.redeaplmineral.org.br/biblioteca/rochas-ornamentais/Aproveita_Finos_Padua2.pdf> Acesso em: 15 jun. 2016.

REIS, A.S.; ALVAREZ, C.E. A sustentabilidade e o resíduo gerado no beneficiamento das rochas ornamentais. In: ENCONTRO NACIONAL, 4., ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2., 2007. Disponível em: <http://lpp.ufes.br/sites/lpp.ufes.br/files/field/anexo/2007_artigo_009.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2016.

RIBEIRO, R. C. C.; CORREIA, J. C. G.; SEIDL, P. R. Utilização de Rejeitos Minerais em Misturas Asfálticas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, 21., 2005, Natal. Disponível em : <<http://www.cetem.gov.br/images/congressos/2005/CAC01280005.pdf>>. Acesso em: 22 jun, 2015.

SACHS, I. *Desenvolvimento*: incluyente, sustentável, sustentado. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

SILVA, A. A. A. Gestão de resíduos na indústria de rochas ornamentais, com enfoque para a lama abrasiva. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 7., 2011. Disponível em: <<http://www.ramosaraujo.com.br/artigos/44307ef376.PDF>>. Acesso em: 15 set. 2016.

SILVA NETO, R.; SILVESTRE, B. dos S. Inovação tecnológica como agente de redução de impactos ambientais da indústria de rochas ornamentais no estado do Rio de Janeiro. *Ambiente*

Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 235-252, jul./set. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v13n3/v13n3a14.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

SANTOS, A. B. *Reúso de efluentes no processo de siderurgia*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/108573/000755517.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 20 jul. 2016.