



INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Fluminense

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA FLUMINENSE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MODALIDADE PROFISSIONAL

**ESTUDO DA CADEIA PRODUTIVA DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM
SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA – RJ E CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM – ES**

RAMIRIS PETRILHO SILVEIRA

CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ
2017

RAMIRIS PETRILHO SILVEIRA

**ESTUDO DA CADEIA PRODUTIVA DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM
SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA – RJ E CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM – ES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, na área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Avaliação e Gestão Ambiental.

Orientador: Professor D. Sc. Vicente de Paulo Santos de Oliveira (Engenharia Agrícola).

Coorientador: Prof. D.Sc Manildo Marcião de Oliveira.

**CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ
2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S587e Silveira, Ramiris Petrilho, 1986-
Estudo da cadeia produtiva de rochas ornamentais em Santo Antônio de Pádua - RJ e Cachoeiro de Itapemirim - ES / Ramiris Petrilho Silveira. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2017.
83 f.: il. color.

Orientador: Vicente de Paulo Santos de Oliveira.
Coorientador: Manildo Marcião Oliveira.

Dissertação (Mestrado). - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Macaé, RJ, 2017.
Inclui bibliografia.

1. Rochas ornamentais - Indústria - Eliminação de resíduos. 2. Resíduos industriais - Aspectos ambientais. 3. Rochas ornamentais - Indústria - Reaproveitamento. 4. Rochas ornamentais - Indústria - Abastecimento de água. I. Oliveira, Vicente de Paulo Santos de, 1965-, orient. II. Oliveira, Manildo Marcião, 1969, - coorient. III. Título.

CDD 691.2098153 23.ed.

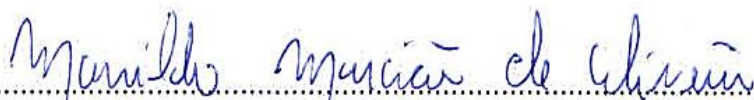
Dissertação intitulada “Estudo da cadeia produtiva de rochas ornamentais em Santo Antônio de Pádua – RJ e Cachoeiro de Itapemirim – ES” elaborada por Ramiris Petrilho Silveira e apresentada publicamente perante a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, na área de avaliação e gestão ambiental, área de atuação Desenvolvimento Local e Regional, área de atuação Gestão e Planejamento de Recursos Hídricos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense.

Aprovada em 24 de agosto de 2017.

Banca Examinadora:



.....
Vicente de Paulo Santos de Oliveira - Orientador
Doutor em Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Viçosa
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense



.....
Manildo Marcião de Oliveira – Coorientador
Doutor em Biologia – Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense



.....
Rodrigo Martins Fernandes – Examinador Interno
Doutor em Engenharia Elétrica - Universidade Federal do Rio de Janeiro
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense



.....
Geórgia Amaral Mothé – Examinadora Externa
Doutora em Ciências Naturais – Universidade Estadual do Norte Fluminense
Institutos superiores de ensino do CENSA

DEDICATÓRIA

A Deus, por tudo que tenho e sou.

Aos meus pais João Batista e Luci, por todo o amor, carinho e atenção.

Ao meu irmão Ramon, pelo apoio e companheirismo.

A todos os meus familiares, especialmente aos meus avôs maternos José Petrilho (*in memoriam*), que, infelizmente, partiu para o céu no último dia cinco de Agosto, e Geralda, pelo amor, carinho e a atenção de sempre.

A minha esposa Anice Caroline, pela paciência, companheirismo, compreensão e amor.

A todos os amigos que de alguma forma contribuíram nessa minha jornada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me dar forças em todos os momentos de minha vida e não me deixar desistir dos meus objetivos, principalmente nos momentos de dificuldade.

Ao meu professor e orientador Vicente de Paulo Santos de Oliveira, pelo conhecimento compartilhado, pelas horas de dedicação e pela amizade partilhada na realização desse trabalho.

Ao Instituto Federal Fluminense, pela oportunidade de realização do Curso de Mestrado em Engenharia Ambiental e por todo o auxílio disponibilizado na realização dessa pesquisa.

A todos os funcionários da Unidade de Pesquisa e Extensão Agro-Ambiental (UPEA), por tratarem tão bem os alunos de pesquisa do Instituto Federal Fluminense (IFF).

Aos professores do Mestrado em Engenharia Ambiental do IFF/PPEA, pela atenção, pelo conhecimento dividido nas aulas e pelas boas conversas.

Aos professores Manildo Marcião de Oliveira (IFF), Rodrigo Martins Fernandes (IFF) e Geórgia Amaral Mothé (ISECENSA), pela participação e contribuição na banca de dissertação.

Aos meus colegas de turma, que direta ou indiretamente, auxiliaram na realização deste trabalho.

Em especial a turma de GRH, pelos momentos vividos, pela parceria nas aulas e pela amizade.

Em especial, ao meu amigo Sérgio Luís Vieira do Carmo, parceiro presente em todas as empreitadas desta jornada.

As minhas amigas e colaboradoras Lís Simões da Purificação e Marcella Moraes de Paula, que tanto auxiliaram na realização deste projeto.

Aos amigos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em especial, a Jocemar Junior, por todo apoio logístico.

Aos amigos da AAMOL, CETEM e das empresas colaboradoras deste projeto.

A todos os meus familiares, e de modo especial, ao meu irmão Ramon, meu pai João Batista e minha mãe Luci, mulher guerreira e exemplo em minha vida, pelos inúmeros conselhos, pela cumplicidade, preocupação, amor e atenção.

A minha esposa Anice Caroline, por toda a compreensão, pelo incentivo nas horas de desânimo, pelo companheirismo, atenção e cumplicidade.

A todos, os meus sinceros agradecimentos, Ramiris Petrilho Silveira.

“A natureza pode suprir todas as necessidades do homem,
menos a sua ganância.”

Mahatma Gandhi

RESUMO

A água é um recurso natural e essencial para a vida, visto que, todos os sistemas biológicos são dependentes de água. Extensivamente explorada, a água é um importante componente do organismo humano, tem relevância social, econômica e ambiental, é matéria-prima para inúmeros processos industriais, gera energia, faz parte do ciclo produtivo vegetal e é via de transporte, entre outras funções. Porém, os acelerados processos de crescimento e desenvolvimento da sociedade têm gerado uma constante e intensa degradação do meio ambiente, em especial dos recursos hídricos. Um fato preocupante é que segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), os recursos hídricos disponíveis para o consumo humano, não passa de um por cento das águas totais do planeta. Ou seja, se este recurso natural não for conservado as gerações futuras sofrerão com as consequências da sua falta. Dados do MMA mostram que a ameaça da falta de água pode inviabilizar a nossa existência, podendo parecer exagero, mas não é. Os efeitos na quantidade e na qualidade da água disponível estão relacionados com o rápido crescimento da população mundial e com a concentração dessa população em megalópoles. As atividades industriais e o consumo humano vêm contribuindo para a diminuição de sua qualidade. Desde a data de 3 milênios antes de Cristo, as rochas vêm sendo empregadas com finalidades ornamentais na região da Mesopotâmia e no Egito. Elas eram utilizadas em monumentos, esculturas e todo o tipo de construção possível a época (ALENCAR, 2013). O Brasil é um grande produtor de rochas ornamentais e o setor vem se mantendo competitivo mesmo diante da crise que assola o país. Os seus principais produtores são os estados do Espírito Santo, Minas Gerais, São Paulo, Bahia e Rio de Janeiro. O grande volume de perdas na lavra e no beneficiamento das rochas, estimado em cerca de 80% do material extraído, vem ocasionando graves problemas ambientais na região de Santo Antônio de Pádua – RJ, que é o foco deste estudo. Um dos problemas é a liberação no Rio Pomba e seus afluentes dos resíduos finos, em forma de efluentes, derivados do corte das rochas em serras de disco diamantado e o consumo de água que não possui nenhum tipo de dosagem. O tratamento desse efluente produz um resíduo sólido que, após as etapas de decantação e secagem, pode ser utilizado na formulação de argamassas, em cerâmica vermelha. Com intuito de avaliar os processos da cadeia produtiva de rochas ornamentais em Santo Antônio de Pádua – RJ, comparamos os processos produtivos e de tratamento dos efluentes, com os praticados em Cachoeiro de Itapemirim – ES que é um importante polo produtor de rochas no Brasil.

Palavras-chave: água, efluentes, rochas ornamentais, indústrias, beneficiamento.

ABSTRACT

Water is a natural and essential resource for life, since all biological systems are water dependent. Extensively explored, water is an important component of the human organism, has social, economic and environmental relevance, is raw material for numerous industrial processes, generates energy, is part of the vegetable production cycle and is a transportation route, among other functions. However, the accelerated processes of growth and development of society have generated a constant and intense degradation of the environment, especially of water resources. A worrying fact is that according to the United Nations (UN), the water resources available for human consumption is only one percent of the total water of the planet. That is, if this natural resource is not conserved the future generations will suffer with the consequences of their lack. MMA data show that the threat of lack of water can make our existence unfeasible, which may seem exaggerated, but it is not. The effects on the quantity and quality of available water are related to the rapid growth of the world population and the concentration of this population in megalopolis. Industrial activities and human consumption have contributed to the reduction of its quality. Since 3 millennia BC, rocks have been used for ornamental purposes in Mesopotamia and Egypt. They were used in monuments, sculptures and all kinds of construction possible at that time (ALENCAR, 2013). Brazil is a major producer of ornamental rocks and the sector has been competitive even in the face of the crisis that plagues the country. Its main producers are the states of Espírito Santo, Minas Gerais, São Paulo, Bahia and Rio de Janeiro. The great volume of losses in the mining and processing of the rocks, estimated at about 80% of the extracted material, has been causing serious environmental problems in the region of Santo Antônio de Pádua - RJ, which is the focus of this study. One of the problems is the liberation in the Pomba River and its tributaries of the fine residues, in the form of effluents, derived from the cut of the rocks in diamond disc saws and the consumption of water that does not have any type of dosage. The treatment of this effluent produces a solid residue that, after the decanting and drying stages, can be used in the formulation of mortars, in red ceramics. In order to evaluate the processes of the ornamental rock production chain in Santo Antônio de Pádua - RJ, we compare the processes and treatment of effluents, with those practiced in Cachoeiro de Itapemirim - ES, which is an important pole producing rock in Brazil.

Key words: water, effluents, ornamental rocks, industries, processing.

LISTA DE FIGURAS

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

FIGURA 1:	
Rochas ornamentais e de revestimento de Santo Antônio de Pádua.....	24
FIGURA 2:	
Vista aérea da parte central de Santo Antônio de Pádua.....	25
FIGURA 3:	
O símbolo da cidade que representa a pedra e a água.....	25
FIGURA 4:	
Localização do município de Santo Antônio de Pádua no estado do Rio de Janeiro.....	26
FIGURA 5:	
Receitas e despesas de Sto. Antônio de Pádua, Rio de Janeiro e Brasil.....	27
FIGURA 6:	
PIB de Sto. Antônio de Pádua, Rio de Janeiro e Brasil.....	27
FIGURA 7:	
Extração e fatiamento de rochas.....	28
FIGURA 8:	
Desperdício de água e energia.....	28
FIGURA 9:	
Processo de corte de chapas na serra circular.....	29
FIGURA 10:	
Lama abrasiva, resultado do corte das rochas.....	29
FIGURA 11:	
Tratamento da lama aplicado na empresa.....	30
FIGURA 12:	
Floculação.....	34
FIGURA 13:	
Decantador vertical acoplado ao filtro prensa.....	36
FIGURA 14:	
Apresenta uma foto do equipamento Jar Test semelhante ao que será utilizado no trabalho.....	42

ARTIGO II – Tratamento de efluentes da indústria de rochas ornamentais: uma abordagem bibliométrica.

FIGURA 1:	
Diagrama de Venn ilustrando a intercessão dos tesouros.....	56
FIGURA 2:	
Diagrama de Venn ilustrando a intercessão dos resultados encontrados.....	57
FIGURA 3:	
Países que mais publicaram sobre o tema entre 2012 e 2016.....	58

ARTIGO III – Análise comparativa do uso da água por empresas de beneficiamento de rochas ornamentais via estudo de caso.

FIGURA 1: Estrutura dos tetraedros de SiO ₄	68
FIGURA 2: Tanque de decantação	73
FIGURA 3: Floculante sendo incorporado a LBRO.....	74
FIGURA 4: Tanque de decantação vertical.....	74
FIGURA 5: Filtro prensa.....	75
FIGURA 6: Aterro para depósito da lama.....	75
FIGURA 7: Casqueiros produzidos no processo de corte de blocos e chapas.....	76
FIGURA 8: Esquema de geração de resíduos na indústria de rochas.....	77
FIGURA 9: Mapa ilustrando a localização dos municípios estudados.....	79

LISTA DE TABELAS**ARTIGO I – Estudo dos efluentes gerados no processo de beneficiamento de rochas ornamentais em Santo Antônio de Pádua/RJ.**

TABELA 1:	
Composição química do resíduo de rocha granítica.....	30
TABELA 2:	
Concentração de elementos químicos no extrato do teste de solubilização da amostra de resíduos de rocha ornamental.....	33
TABELA 3:	
Tempo de decantação por tamanho da partícula.....	34

ARTIGO II – Tratamento de efluentes da indústria de rochas ornamentais: uma abordagem bibliométrica.

TABELA 1:	
Tesouros para busca no Scopus.....	56
TABELA 2:	
Resultados encontrados nas buscas realizadas no Scopus.....	57

ARTIGO III – Análise comparativa do uso da água por empresas de beneficiamento de rochas ornamentais via estudo de caso.

TABELA 1:	
Comparação entre os resultados encontrados durante a pesquisa.....	80

LISTA DE QUADROS**ARTIGO II – Tratamento de efluentes da indústria de rochas ornamentais: uma abordagem bibliométrica.**

Quadro 1:

Artigos compilados para serem descritos..... 59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnica

ASTM – *American Society for Testing and Materials*

CEIVAP – Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul

CEN – *European Committee for Standartization*

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral

EUA – Estados Unidos da América

LBRO – Lama de beneficiamento de rochas ornamentais

TDS – sólidos totais dissolvidos

NT- norma técnica

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente

POPs- poluentes orgânicos persistentes

NBR- norma brasileira

DBO- demanda bioquímica de oxigênio

PIB – produto interno bruto

LISTA DE SÍMBOLOS

°C – Grau Celsius

OD – oxigênio disponível

pH – potencial de hidrogênio

Km – Quilômetro

m³ – metro cúbico

m² – metro quadrado

m- metro

Km²- quilômetro quadrado

S- Sul

W- Oeste

L- litro

L/min – litro por minuto

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE QUADROS.....	xii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xiii
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xiv
APRESENTAÇÃO.....	18
ARTIGOS CIENTÍFICO 01 – TÍTULO “ Estudo dos efluentes gerados no processo de beneficiamento de rochas ornamentais em Santo Antônio de Pádua/RJ ”	20
RESUMO.....	20
ABSTRACT.....	20
1. INTRODUÇÃO.....	21
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	23
2.1 ROCHAS ORNAMENTAIS.....	23
2.2 ÁREA DE ESTUDO.....	24
2.3 CADEIA PRODUTIVA DE ROCHAS EM SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA – RJ.....	27
2.4 POLÍTICA SOBRE LANÇAMENTO DE EFLUENTES.....	30
2.5 POLÍTICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	32
2.5.1 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	32
2.6 TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL.....	33
2.6.1 TRATAMENTO PRIMÁRIO.....	34
2.6.2 TRATAMENTO SECUNDÁRIO.....	34
2.6.3 TRATAMENTO TERCIÁRIO.....	35
2.6.4 TRATAMENTO DE EFLUENTES NA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS.....	35
2.7 RECICLAGEM E REAPROVEITAMENTO.....	36
2.8 REUSO DA ÁGUA.....	36
2.8.1 UTILIZAÇÃO DE EFLUENTES COMO ÁGUA DE REUSO.....	37
2.8.2 REUSO EM CASCATA.....	37
2.8.3 REUSO DE EFLUENTES TRATADOS.....	38
2.9 PROBLEMAS AMBIENTAIS.....	39
3. MATERIAL E MÉTODO.....	40
4. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	43
5. CONCLUSÃO.....	43
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

ARTIGOS CIENTÍFICO 02 – TÍTULO “Tratamento de efluentes da indústria de rochas ornamentais: uma abordagem bibliométrica”	47
RESUMO.....	47
ABSTRACT.....	47
1. INTRODUÇÃO.....	48
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	49
2.1 ROCHAS ORNAMENTAIS.....	49
2.2 POLÍTICAS SOBRE LANÇAMENTO DE EFLUENTES.....	50
2.3 TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL.....	51
2.3.1 TRATAMENTO DE EFLUENTES NA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS.....	52
2.4 RECICLAGEM E REAPROVEITAMENTO.....	52
2.5 REÚSO DE ÁGUA.....	53
2.5.1 UTILIZAÇÃO DE EFLUENTES COMO ÁGUA DE REÚSO.....	53
2.5.2 REÚSO EM CASCATA.....	54
2.5.3 REÚSO DE EFLUENTES TRATADOS.....	54
3. METODOLOGIA.....	55
4. RESULTADOS.....	57
4.1 MUTAGENIC POTENTIAL OF FINE WASTES FROM DIMENSION STONE INDUSTRY.....	59
4.2 GENOTOXICITY AND ANATOMICAL ROOT CHANGES IN ALLIUM CEPA L. (AMARYLLIDACEAE) CAUSED BY THE EFFLUENT OF THE PROCESSING OF ORNAMENTAL ROCKS.....	60
4.3 REMOVAL OF PLANT PATHOGEN PROPAGULES FROM IRRIGATION RUNOFF USING SLOW FILTRATION SYSTEMS: QUANTIFYING PHYSICAL AND BIOLOGICAL COMPONENTS.....	60
4.4 WATER-ROCK INTERACTION AND REACTIVE-TRANSPORT MODELING USING ELEMENTAL MASS-BALANCE APPROACH.....	60
4.5 IMPLEMENTATION OF THE ADSORBENT IRON-OXIDE-COATED NATURAL ROCK (IOCNR) ON SYNTHETIC AS(III) AND ON REAL ARSENIC-BEARING SAMPLE WITH FILTER.....	60
4.6 GEOWFLOW: A NOVEL MODEL SIMULATOR FOR PREDICTION OF THE 3-D CHANNELING FLOW IN A ROCK FRACTURE NETWORK.....	61
4.7 COLLOID TRANSPORT IN DOLOMITE ROCK FRACTURES: EFFECTS OF FRACTURE CHARACTERISTICS, SPECIFIC DISCHARGE, AND IONIC STRENGTH.....	61
4.8 AN INTEGRATIVE ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL DEGRADATION OF CAVEIRA ABANDONED MINE AREA (SOUTHERN PORTUGAL).....	61
4.9 AN ANALYTIC MODEL FOR DISPERSION OF ROCKET EXHAUST CLOUDS: SPECIFICATIONS AND ANALYSIS IN DIFFERENT ATMOSPHERIC STABILITY CONDITIONS.....	61
5. CONCLUSÃO.....	62
6. REFERÊNCIAS.....	63

ARTIGOS CIENTÍFICO 03 – TÍTULO “Análise comparativa do uso da água por empresas de beneficiamento de rochas ornamentais via estudo de caso”	65
RESUMO.....	65
ABSTRACT.....	65
1.INTRODUÇÃO.....	66
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	67
2.1. ROCHAS ORNAMENTAIS NA HISTÓRIA.....	67
2.1.1 TIPOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS.....	68
2.1.2 CARACTERÍSTICAS ESTÉTICAS.....	69
2.1.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	69
2.1.4 CARACTERÍSTICAS COMERCIAIS.....	70
2.1.5 MERCADO DE ROCHAS ORNAMENTAIS NO BRASIL.....	70
2.2 CADEIA PRODUTIVA DE ROCHAS EM SANTO ANTÔNIO DE PÁDUA – RJ E CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM – ES	71
2.3 POLÍTICAS SOBRE O LANÇAMENTO DE EFLUENTES.....	72
2.4 TRATAMENTO DE EFLUENTES NA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS.....	73
2.4.1 RESÍDUOS DA CADEIA PRODUTIVA.....	76
2.5 O IMPACTO AMBIENTAL DO SETOR DE ROCHAS.....	76
2.6 A BUSCA DA SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS.....	77
2.7 OBJETIVO.....	78
3. MATERIAL E MÉTODO.....	78
3.1 ÁREAS DE ESTUDO.....	78
4. RESULTADOS.....	79
4.1 COMPARAÇÃO ENTRE PÁDUA E CACHOEIRO.....	79
5. CONCLUSÃO.....	81
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82

APRESENTAÇÃO

A água que é responsável pela manutenção da vida de todos os seres vivos do planeta terra, devido à crescente redução na oferta de um produto de qualidade ao consumo humano, tornou-se um dos principais temas de discussão entre as pessoas. Diante dessa problemática enfrentada por todos, formas inovadoras para minimizar o problema de escassez, sua conservação, seu uso e reuso surgiram com o objetivo de evitar o desperdício em qualquer atividade.

Trabalhando em conjunto a um grupo de empresários do ramo de beneficiamento de pedras ornamentais de Santo Antônio de Pádua, cientes das questões sociais e ambientais presentes, pois trata-se de qualidade de vida e fonte de renda de muitas famílias do município e seu entorno, este trabalho tem o objetivo de diagnosticar a quantidade e a qualidade da água utilizada e os efluentes gerados nas indústrias de rochas ornamentais - Gnaisse em Santo Antônio de Pádua – RJ. O entendimento do desenvolvimento sustentável está associado a cinco dimensões: a social, a econômica, a ecológica ou ambiental, a espacial e a cultural. A literatura afirma que a mudança desses paradigmas é uma condição necessária para a implantação exitosa do desenvolvimento sustentável (SACHS, 1986).

Um problema relevante que foi encontrado em relação à conservação dos recursos hídricos é o pó proveniente do corte das rochas oriundo de atividades de beneficiamento de rochas. Este pó pode causar danos ao ambiente como assoreamento de cursos d'água, impermeabilização do solo, dentre outros (SILVA, 2011). Na indústria, foco desse estudo, os efluentes líquidos com o pó que deriva do corte das pedras são tratados através de um sistema simples de decantação, porém, a lama resultante após o término do processo, torna-se um problema para os empresários. Outro problema identificado é o desperdício de água na produção.

Este trabalho visa a apontar metodologias para diminuir o consumo de água através do uso de sistemas automatizados de controle e estabelecer um processo eficiente para separação da mistura de líquido/sólido, bem como a reutilização da água tratada e o sólido disponível.

O primeiro artigo mostra uma visão geral dos processos de beneficiamento de rochas que é praticado em Santo Antônio de Pádua – RJ, apontando a realidade do panorama vivido pelo setor no Noroeste Fluminense.

No segundo artigo foi realizada uma pesquisa na base de dados do Scopus sobre o tratamento de efluentes na indústria de rochas ornamentais, identificando os principais artigos produzidos e anexados na base nos anos de 2012 a 2016.

O terceiro artigo faz um comparativo entre os sistemas de produção e tratamento de efluentes empregados em Santo Antônio de Pádua – RJ e Cachoeiro de Itapemirim – ES, identificando pontos in comuns e pontos deficientes do município Fluminense.

ARTIGO CIENTÍFICO 01

Publicado na Revista do Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego,
Campos dos Goytacazes/RJ, v.10, n.2, p. 41-66, jul/dez. 2016.

DOI: 10.19180/2177-4560.v10n22016p41-66

Estudo dos Efluentes Gerados no Processo de Beneficiamento de Rochas Ornamentais em Santo Antônio de Pádua/RJ

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

Ramiris Petrilho Silveira *

Sérgio Luis Vieira do Carmo **

Vicente de Paulo Santos de Oliveira ***

RESUMO

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.

ABSTRACT

The northwest region of Rio de Janeiro counts on an important local productive arrangement in the sector of processing of ornamental and cladding rocks. This activity is responsible for much of the local income, employing many people. The main producer in the region is the municipality of Santo Antônio de Pádua - RJ, which has 154 companies (78 quarries and 76 sawmills). The great activity of extraction and processing of the rocks has been causing environmental problems in the region, because during the production stages much is lost due to rudimentary techniques and the deficiency in the treatment of the effluents, which end up generating impacts to the Pomba River, where they are launched. The objective of this research was to make a diagnosis of the use of water in the production process and from there to evaluate the different alternatives for optimum consumption and treatment of effluents in order to minimize environmental damages. Some exploratory case studies, bibliographic researches, 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 and employees to the use of new technologies allied to the environmental issues with regard to the treatment and consumption of water, especially for small companies.

Keywords: rocks-ornamental, wastewater treatment, reuse.

* 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

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, gnaise, 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 vêm 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

e 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 assegura 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 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.

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 pedreira, 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.

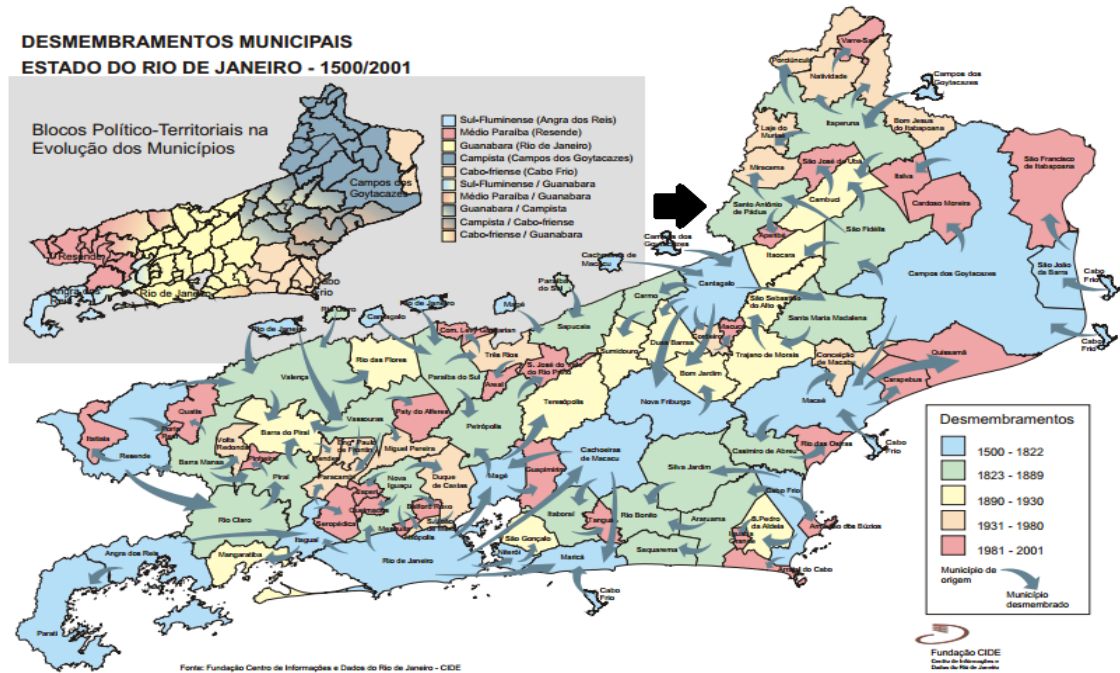
Figura 3 – O símbolo da cidade que representa a pedra e a água.



Fonte: Extraído de COSTA, 2011.

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.



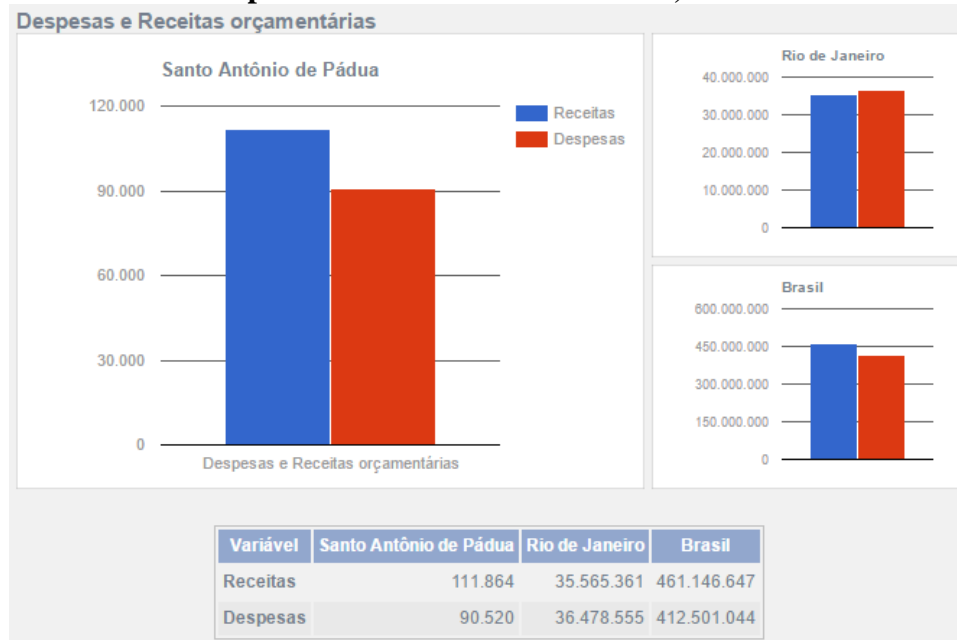
Fonte: Adaptado da FESP, 2001.

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, aluguéis, 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).

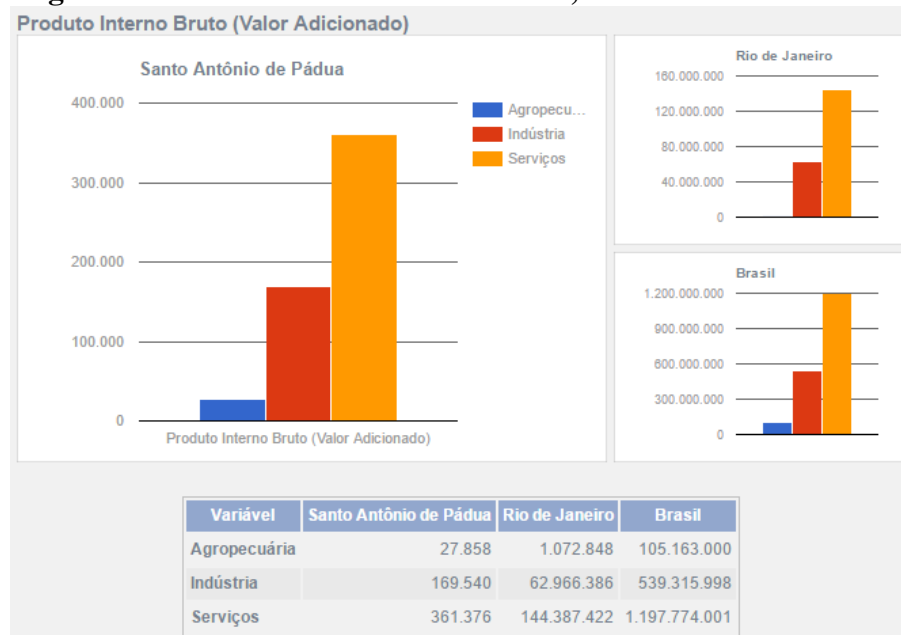
A região apresenta uma economia aquecida que pode ser ilustrada devido ao seu expressivo PIB e ao saldo positivo de receitas, conforme mostram as Figuras 5 e 6.

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.

Figura 7 – Extração e fatiamento de rochas.



a) Extração dos blocos.



b) Fatiamento manual das 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

desregrada, 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 Nº 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.

2.5.1 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.

2.6 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.

2.6.1 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.

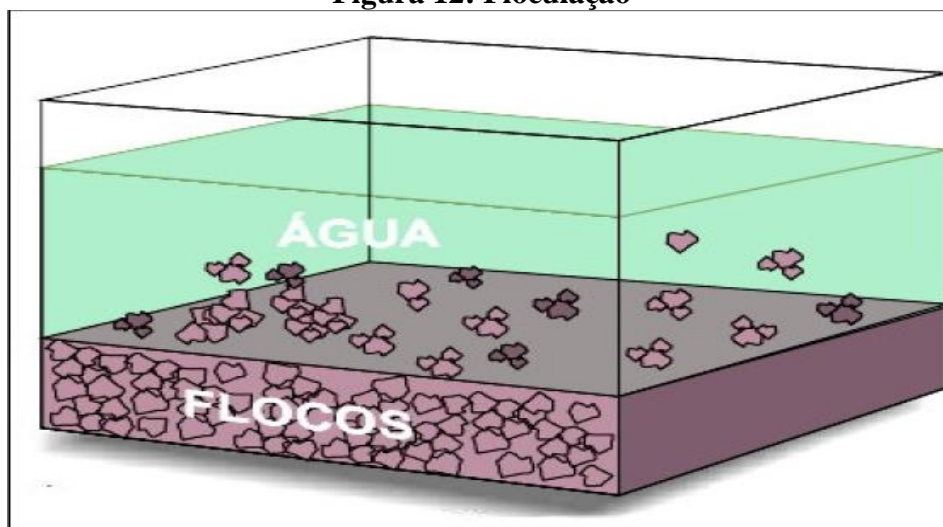
Diâmetro da partícula (mm)	Ordem de tamanho	Tempo necessário para decantar 30cm
10	Pedregulho	0,3 segundos
1	Areia grossa	3 segundos
0,1	Areia fina	38 segundos
0,01	Limo	33 minutos
0,001	Bactérias	55 horas
0,0001	Partículas coloidais	230 dias
0,00001	Partículas coloidais	6,3 anos
0,000001	Partículas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

Fonte: Extraído de BETZDEARBORN, 1999.

2.6.2 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: Floculação



Fonte: Extraído de SANTOS, 2014.

2.6.3 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.

2.6.4 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.

2.7 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.

2.8 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.

2.8.1 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 se trata do reúso macro externo, que pode ser compreendidos 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.

2.8.2 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 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.

2.8.3 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 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).

2.9 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.

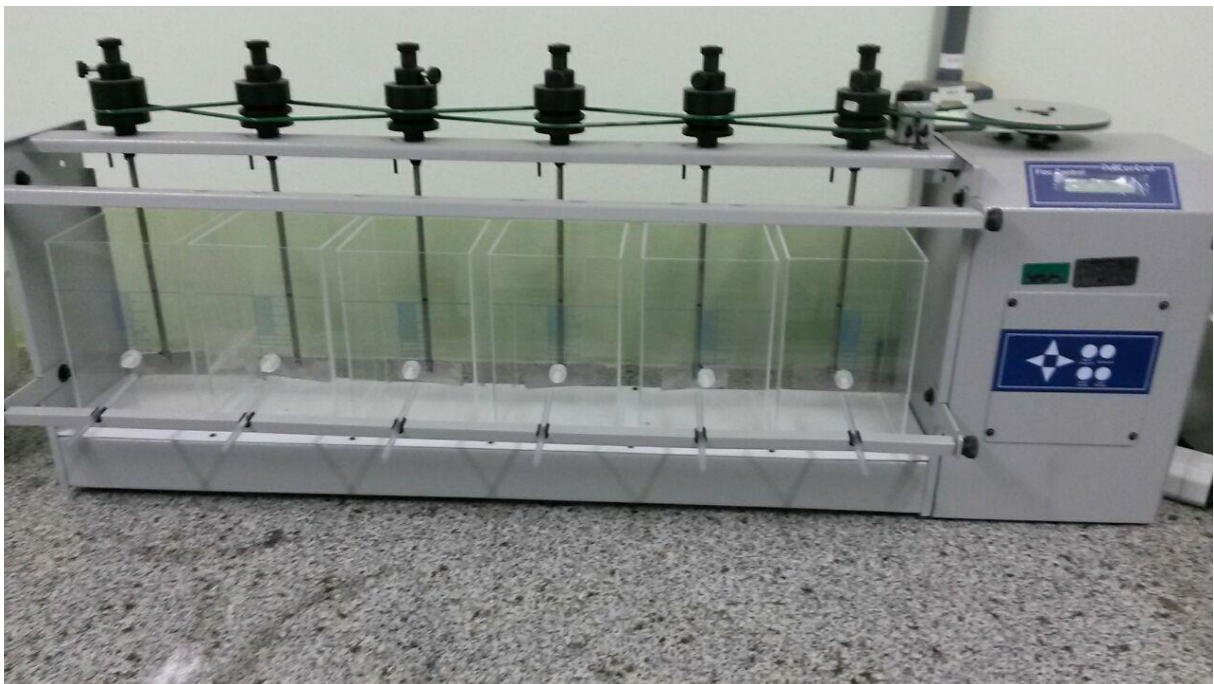
A análise físico-química do efluente avaliará as seguintes propriedades: pH, temperatura, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos totais, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e turbidez. De posse dos resultados, um gráfico será traçado para comparar os valores encontrados nas amostras com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

6. REFERÊNCIAS

ALENCAR, Carlos Rubens Araujo, INSTITUTO EUVALDO LODI, 1969- I59m Manual de caracterização, aplicação, uso e manutenção das principais rochas comerciais no Espírito Santo: rochas ornamentais / Instituto Euvaldo Lodi - Regional do Espírito Santo. Cachoeiro de Itapemirim/ES: IEL, 2013. 242 p. disponível em: <<http://innovare.ind.br/innovare3/assets/userfiles/files/manual-rochas.pdf>> Acesso em: 08/10/15.

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/112305.htm> Acesso em: 09/10/15.

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: 08/10/15.

CHIODI FILHO, Cid; RODRIGUES, Eleno de Paula. 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: 15/07/2016.

CONAMA. Resolução N° 357, de 17 de Março de 2005. Publicada no DOU n° 053, de 18/03/2005, págs. 58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: 10/10/15.

CONAMA. Resolução N° 430, de 13 de Maio de 2011. Publicada no DOU n° 092, de 16/05/2011, pág. 89. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> Acesso em: 10/10/15.

COSTA, Rosilene da Silva. Estudo dos impactos ambientais causados pela extração de rochas ornamentais em Santo Antônio de Pádua, a partir dos anos 80. 2011. Monografia apresentada ao Instituto Federal Fluminense como requisito parcial para conclusão do Curso de Licenciatura em Geografia.

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: 10/10/15.

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: 27/07/16.

FRANCISCO, Amanda Alcaide; POHLMAM, Paulo Henrique Mazieiro; FERREIRA, Marco Antônio. Tratamento convencional de águas para abastecimento humano: uma abordagem teórica dos processos envolvidos e dos indicadores de referência. II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental 2011. Acessado em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/IX-005.pdf>>. Acesso em: 14/07/16.

GIL, Antônio Carlos. 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: 20/07/16

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

HESPANHOL, Ivanildo; MIERZWA, José Carlos; RODRIGUES, Luana di Beo; SILVA, Maurício Costa Cabral da. Manual de Conservação e Reúso de água na Indústria. IBGE. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/1UWQ>>. Acesso em: 26/07/16.

Rio de Janeiro: DIM, 2006. Disponível em: <<https://www2.cead.ufv.br/sgal/files/apoio/saibaMais/saibaMais4.pdf>>. Acesso em: 19/07/16.

MANHÃES, J. P. V. T; HOLANDA, J. N. F. de. 2008. 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: 05/10/15.

PADILHA, Diana Janice; CERUTI, Fabiane Cristina; VIDAL, Carlos Magno de Sousa; MARTINS, Humberto. Análise da utilização de três diferentes coagulantes na remoção da turbidez de água de manancial de abastecimento. VII Encontro Internacional de Produção Científica, 2011. Disponível em: <http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2011/anais/diana_janice_padilha2.pdf>. Acesso em: 25/07/16.

PEITER, Carlos Cesar; CARVALHO, Eduardo Augusto de; CAMPOS, Antônio Rodrigues de; ROCHA, José Carlos da. Aproveitamento dos resíduos finos das serrarias de Santo Antônio de Pádua. I Seminário da Sustentabilidade Ambiental da Mineração, Salvador (BA) 24-25 de novembro de 2003. Disponível em: <http://www.redeaplmineral.org.br/biblioteca/rochas-ornamentais/Aproveita_Finos_Padua2.pdf> Acesso em: 15/06/16.

REIS, Alessandra Savazzini dos; ALVAREZ, Cristina Engel de. A sustentabilidade e o resíduo gerado no beneficiamento das rochas ornamentais. IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis - 2007. Disponível em: <http://lpp.ufes.br/sites/lpp.ufes.br/files/field/anexo/2007_artigo_009.pdf>. Acesso em: 20/06/16.

RIBEIRO, R. C. C.; CORREIA, J. C. G.; SEIDL, P. R. Utilização de Rejeitos Mineraiis em Misturas Asfálticas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, 21., Natal, 2005. Disponível em : <<http://www.cetem.gov.br/images/congressos/2005/CAC01280005.pdf>>. Acesso em: 22/08/15.

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

SILVA, André Araujo Alves da. Gestão de resíduos na indústria de rochas ornamentais, com enfoque para a lama abrasiva. VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão - 2011. Disponível em: < <http://www.ramosaraujo.com.br/artigos/44307ef376.PDF>>. Acesso em: 15/09/16.

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: 20/08/15.

SANTOS, Anderson Baptista dos. 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: 20/07/16.

ARTIGO CIENTÍFICO 02
Publicado na Revista ScientiaTec: Revista de Educação, Ciência e Tecnológico IFRS,
Porto Alegre, v.4, n.1, p. 3-21, jan/jun 2017.

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

Effluent treatment of the ornamental rock industry: a bibliometric approach

Ramiris Petrilho Silveira¹, Sérgio Luis Vieira do Carmo², Marcella Moraes de Paula³, Lís Simões da Purificação⁴, Henrique Rego Monteiro da Hora⁵, Vicente de Paulo Santos Oliveira⁶

Resumo: A pesquisa científica é aliada aos 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.

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 Especialização em Educação Ambiental (FINOM). Docente da Prefeitura de Cachoeiro de Itapemirim (ES) e do Estado do Rio de Janeiro.

² Mestrando em Engenharia Ambiental. Docente IFF - Campus Bom Jesus do Itabapoana.

³ Discente Engenharia Ambiental – IFF.

⁴ Discente Técnico de edificações – IFF.

⁵ Doutor em Engenharia de Produção (UFF). Docente IFF.

⁶ Doutor em Engenharia Agrícola (UFV). Pró-Reitor de Pesquisa, Extensão e Inovação do IFF.

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, gnaiss, 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 acrescentados 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, 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, a partir do parágrafo 5° 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 reuso

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, "ENVT") 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.

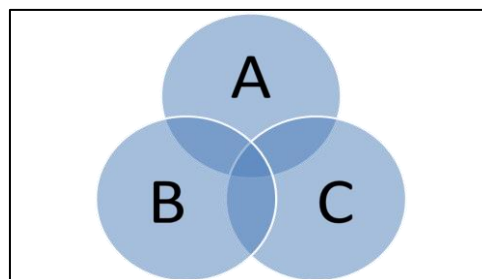


Figura 1 – Diagrama de Venn ilustrando a intercessão dos tesauros.

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.

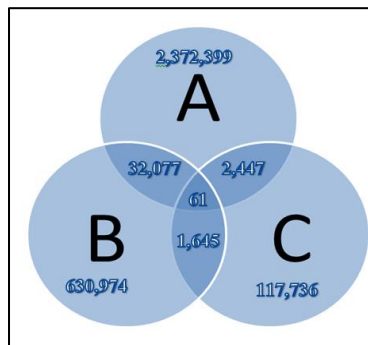


Figura 2 – Diagrama de Venn ilustrando a intercessão dos resultados encontrados.

Fonte: Elaborado 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.

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.

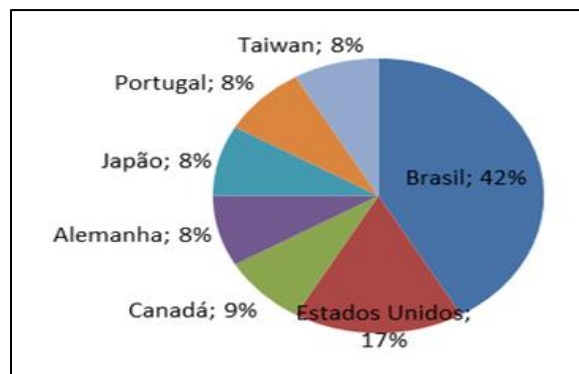


Figura 3 - Países que mais publicaram sobre o tema entre 2012 e 2016.
Fonte: Elaborado pelo autores.

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 tesauros utilizados nas buscas.

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 W/C	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(Iii) 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

Quadro 1 - Artigos compilados para serem descritos

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 (Iocnr) 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 Bibliográficas

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

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. *Resolução n° 357, de 17 mar. 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.

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.

CAMPOS, A. R. DE *et al. Tratamento e aproveitamento de resíduos de rochas ornamentais e de revestimento, visando mitigação de impactos ambientais*. p. 10, 2009.

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

FONTE, N. N. DA. *Pesquisa científica: o que é e como se faz.*, 2004.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo (SP): 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 INGENIERIA DE MINAS. Anais...BUENOS AIRES/ARGENTINA: 2005Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/images/congressos/2005/CAC01010005.pdf>>. Acesso em: 9 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.

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

ARTIGO CIENTÍFICO 03

Esse artigo será submetido à REGA - Revista de Gestão de Água da América Latina -
ISSN 2359-1919

**Análise comparativa do uso da água por empresas de beneficiamento de rochas
ornamentais via estudo de caso**

Comparative analysis of water use by ornamental rural benefit companies via case study

Ramiris Petrilho Silveira⁷, Vicente de Paulo Santos Oliveira⁸

RESUMO

As indústrias de beneficiamento de rochas ornamentais representam uma porção muito importante da economia mundial e nacional. O Brasil vem se destacando diariamente no mercado de rochas pela variedade de produtos e também a qualidade dos mesmos, a alta produtividade nacional possui um elevado custo ao meio ambiente. Durante a extração e beneficiamento blocos, e acabamento das chapas são produzidos resíduos que se apresentam na forma sólida como os casqueiros e o pó da rocha e também na forma líquida, que é exemplificado pela lama gerada no processo. Verificou-se neste trabalho a diferença tecnológica existente entre os diferentes mercados produtores de rochas do estado do Rio de Janeiro e do Espírito Santo, e ficou evidenciado a diferença entre a produção otimizada que vêm sendo praticada no Espírito Santo. A implantação de um centro de pesquisa mineral no interior do Rio de Janeiro e de empresas especializadas prestação de serviços como, por exemplo, o tratamento de efluentes representaria um grande avanço para o setor de rochas.

Palavras-chave: Rochas ornamentais, indústria de rochas, beneficiamento de rochas, extração de blocos.

ABSTRACT

The ornamental stone processing industries represent a very important part of the world and national economy. Brazil has been highlighting daily in the market of rocks for the variety of products and also the quality of the same, the high national productivity has a high cost to the environment. During the extraction and processing of blocks and finishing of the plates are produced residues that are presented in solid form as the casqueiros and the powder of the rock and also in the liquid form, which is exemplified by the mud generated in the process. The present technological difference between the different rock-producing markets of the state of Rio de Janeiro and Espírito Santo State was evidenced, and the difference between the optimized production that has been practiced in Espírito Santo was evidenced. The implementation of a mineral research center in the interior of Rio de Janeiro and specialized companies providing services such as effluent treatment would represent a major advance for the rock sector.

Key words: Ornamental rocks, rock industry, rock processing, extraction of blocks. Keywords: Ornamental rocks, rock industry, rock processing, block extraction.

⁷ Mestrando em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) – campus Macaé, Macaé/RJ - Brasil. E-mail: ramirispetrilho@gmail.com.

⁸ 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.

1- Introdução

A problemática ambiental vem ganhando mais espaço a cada dia, principalmente no que diz respeito ao consumo de água e a disposição de resíduos e efluentes. As leis ambientais estão endurecendo gradativamente e obrigando as empresas e empresários a buscarem alternativas mais amigáveis ao meio ambiente durante os seus processos produtivos e no descarte de seus rejeitos (ROCHA; SOUSA, 2010).

As perdas durante os processos de extração, beneficiamento e acabamento das rochas ornamentais gera preocupação, pois, a quantidade de rejeitos e de lama gerados é muito elevada. Alguns autores defendem que o desdobramento de blocos para a produção de chapas produz cerca de 20 a 25% do peso do bloco em lama, essa é formada de rocha moída, gralha, água e cal (SANTOS; DESTEFANI; HOLANDA, 2013).

O setor brasileiro de rochas ornamentais vem ganhando mercado a cada dia, o Brasil foi classificado como o sexto maior produtor a nível mundial no ano de 2011(SANTOS; DESTEFANI; HOLANDA, 2013), e o estado do Espírito Santo se destaca na produção nacional como o principal polo de beneficiamento de rochas da América Latina, o principal centro de beneficiamento de rochas do estado é localizado no município de Cachoeiro de Itapemirim/ES que detêm mais de 1000 empresas ligadas ao setor.

O município de Santo Antônio de Pádua/RJ é um importante produtor de rochas ornamentais, localizado no interior do estado do Rio de Janeiro o município comercializa variedades de rochas como a pedra Miracema e pedra Paduana (MEDINA; PEITER; DE DEUS, 2003). Atualmente existem mais de 200 pedreiras em atividade nos arredores de Santo Antônio de Pádua, Miracema e Itaperuna (MEDINA; PEITER; DE DEUS, 2003); e cerca de 46 serrarias com mais de 138 serras em operação na região (DE CARVALHO et al., 2003).

Este trabalho é voltado para os processos de beneficiamento de rochas ornamentais, fazendo uma comparação entre os processos produtivos de Santo Antônio de Pádua/RJ e Cachoeiro de Itapemirim/ES. Tendo como objetivo geral identificar pontos positivos e negativos pela comparação dos processos industriais, buscando levar inovações ao município Fluminense que apresenta uma produtividade mais artesanal.

Quanto aos objetivos específicos, foram realizadas visitas técnicas a empresas variadas de beneficiamento de rochas nos dois municípios, visitas a empresas de tratamento de efluentes das indústrias produtoras de rochas ornamentais e também ao Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) que realiza pesquisas buscando aprimorar e melhorar o processamento das rochas ornamentais.

2- Revisão de literatura

2.1- Rochas ornamentais na história

Rochas ornamentais constituem-se os vários materiais rochosos extraídos e processados, em maior ou menor grau, com a finalidade de serem utilizados em trabalhos de revestimento, decoração ou mesmo em funções estruturais. O termo contempla pedras naturais, rochas dimensionadas, materiais lapídeos e rochas de cantaria (VIDAL; CASTRO; FRASCA, 2014).

De acordo com especificação da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) as rochas ornamentais podem ser definidas como, uma substância rochosa natural, que ao ser submetida a variados graus de transformação e modelagem, podem ser utilizadas com a finalidade estética em diversas situações.

A utilização destes materiais tem acompanhado a evolução da humanidade e, devido a sua grande durabilidade, serve de registro dessa evolução, da cultura e dos hábitos ao longo da história. As rochas são eternas, para escala de tempo humana, visto que, começaram a se formar há 4,5 bilhões de anos, esse fato da longa durabilidade das rochas nos permite compreender e entender a sua utilização ao longo da história.

Registros mostram a utilização das rochas por hominídeos do Paleolítico, cobrir os mortos era um costume praticado pelo Homem de Atapuerca (*Homo heidelbergensis*), registros mais antigos ainda mostram nossos antepassados utilizando o sílex e o quartzito para confecção de utensílios (VIDAL; CASTRO; FRASCA, 2014).

As rochas foram utilizadas na fabricação de objetos, armas e também na construção de abrigos, dando origem a sua utilização na construção de moradias.

Em quase toda América e no Brasil, o uso da pedra como moradia se deu durante o período colonial, as primeiras construções brasileiras eram bem simples, feitas em madeira e cobertas por fibras vegetais como folhas e galhos. Com a colonização portuguesa e a necessidade de se construírem fortificações, o uso da pedra nas edificações começou a ganhar destaque. Um exemplo de sua utilização como edificação, é observado na substituição dos muros e paredes no Forte de São Tiago, em Bertioga, São Paulo, uma das construções mais antigas que era feita de madeira (CORDEIRO CUSTODIO, 2011).

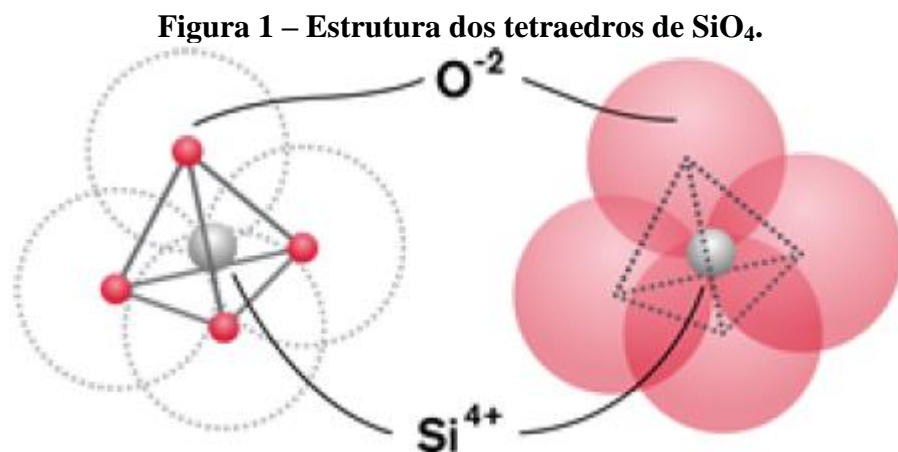
Atualmente as rochas estão presentes de alguma forma em quase todas as moradias, praças, prédios e outros. Como mencionado, a sua longa durabilidade fez com que caíssem no gosto de todos.

2.1.1- Tipos de rochas ornamentais

A qualificação comercial das rochas ornamentais não segue uma regulação ou normalização. Com finalidade de se constituir uma padronização mínima, de acordo com a tradição orientava-se aos produtores, classificar seu material utilizando-se da cor, seguida pela região onde a rocha foi encontrada, como, por exemplo: Vermelho Capão Bonito, Bege Bahia, Branco Paraná, Branco Ceará, entre outras.

Devido a grande diversidade de variedades atualmente existentes no mercado, essa padronização ficou desatualizada; contudo é importante ressaltar que, mesmo com toda preocupação em se inventarem nomes específicos e exclusivos para todos os tipos ou variedades de rochas existentes, é comum encontrar no mercado diferentes rochas com a mesma denominação, e também rochas idênticas com denominações distintas.

De acordo com Vidal (2002), como exemplo de rochas que mais são comercializadas atualmente, podemos citar os granitos que correspondem às rochas silicáticas, formadas por tetraedros de SiO_4 (Figura 1), e os mármore que incluem-se o grupo das rochas carbonáticas.



Fonte: Extraído de Manual de Menirales Silicatos – Ecofos.

Vários autores, assim como Mello et al.(2011), subdividem as rochas ornamentais em silicáticas (grupo que abrange os gnaisses, granitos e similares), silicosas (cherts, quartzitos e outros), carbonáticas (travertinos, , calcários e mármore), siltico-argilosas foliadas

(ardósias), e ultramáficas (pedra-sabão e serpentinitos). As “rochas exóticas” abarcam representantes de todos os grupos rochosos.

As rochas são utilizadas em larga escala na pavimentação de calçadas, ruas onde geralmente são utilizadas em seu estado natural, sem beneficiamento, na forma de blocos, lajotas e paralelepípedos. Encontramos ainda as rochas sendo amplamente utilizadas em bancadas de banheiro, cozinhas, tampos de mesa e no revestimento de pisos, esses materiais de grande longevidade são muito procurados por arquitetos, pois conferem beleza, elegância e originalidade em alguns casos.

2.1.2- Características estéticas

Em muitos casos o uso das rochas é influenciado de acordo com as suas características estéticas, ressaltando a cor, brilho, textura e a granulometria.

As cores são as mais variadas possíveis, a composição mineralógica da rocha influencia diretamente na sua cor, o grau de alteração que essa rocha sofre também pode influenciar em sua coloração.

O brilho é influenciado pela cor do granito e principalmente pelo tipo de polimento que este recebe durante o seu beneficiamento.

A textura é caracterizada pela distribuição dos minerais ao longo da chapa, quanto mais uniforme e homogêneo for essa distribuição, mais valiosa será a chapa. O tipo de uso da rocha, também pode influenciar muito na escolha da textura mais adequada.

O tamanho dos grãos que forma a rocha define a sua granulometria, encontramos rochas com granulometria grossa, média ou fina.

De modo geral, as características mais decisivas para o emprego das rochas ornamentais provêm do seu aspecto estético-decorativo, onde se destacam as características cromáticas, a beleza do desenho e a qualidade da rocha. As opções de utilização são bastante amplas e historicamente observa-se a aplicação distribuída em: 75% em obras civis, 15% em arte funerária e 10% em aplicações diversas (ALENCAR, 2013).

2.1.3- Características técnicas

Os distintos tipos de rochas ornamentais e de revestimento podem diferenciar-se através de propriedades tecnológicas, e esta diferenciação envolve a realização de análises petrográficas, definição dos indicadores físicos, com destaque para os índices de porosidade e

de absorção, verificação da resistência à compressão, verificação da resistência à flexão, determinação da resistência ao desgaste, verificação do grau de alterabilidade e a oposição a impactos (COSTA; CAMPELLO; PIMENTA, 2000).

No Brasil, a normalização das características a serem definidas nos testes das rochas ornamentais e de revestimento fica a cargo da ABNT, porém existem ainda as normas definidas pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM EUA) e pela *European Committee for Standardization* (CEN Comunidade Europeia) (VIDAL; CASTRO; FRASCA, 2014).

Os testes normalizados são importantes para a definição do melhor uso dos materiais de acordo com suas propriedades.

2.1.4- Características comerciais

As características comerciais são fortemente influenciadas pela moda. Encontramos uma vasta gama de variedades, em torno de 1200 tipos de rochas comercializadas no Brasil. Os granitos classificados como exóticos, possuem um valor comercial muito alto devido a sua exclusividade. O tipo de projeto na qual a rocha será aplicada ou sua finalidade são decisivos nas influências de mercado.

A mineração vem se mantendo aquecida nos últimos anos e com destaque o setor de extração e beneficiamento de rochas (MANHÃES; HOLANDA, 2008). De acordo com Vidal et al. (2014) o setor de rochas ornamentais exporta mais de um bilhão de dólares por ano, e desde 2010 esse valor cresce a cada ano.

2.1.5- Mercado de rochas ornamentais no Brasil

As indústrias de rochas ornamentais do Brasil vêm apresentando um importante destaque no setor de extração de blocos e na fabricação de produtos acabados desde o início do século XXI (MOTOKI et al., 2007).

No Brasil, existe cerca de 12.000 empresas agregadas a cadeia produtiva de rochas, estas geram aproximadamente 125.000 empregos distribuídos em 10 estados, com cerca de 80 municípios (CHIDOI FILHO, 2005).

De acordo com Manhães e Holanda (2008), o Brasil tem apresentado um grande crescimento comercial, gerando riqueza e empregos. O setor baseia-se principalmente na

extração e beneficiamento de rochas, tais como mármore, granito, ardósia, gnaisse, entre outras.

No ano de 2011, o Brasil teve um grande destaque no cenário mundial sendo classificado como o sexto maior produtor de rochas ornamentais, e também classificado como o sétimo maior exportador em volume total e o terceiro maior exportador de blocos de granito e ardósia em todo o mundo (SANTOS; DESTEFANI; HOLANDA, 2013).

O Espírito Santo é um dos principais produtores e exportadores de rochas do Brasil, no ano de 2011 a produção do estado foi na casa de 3,6 milhões de toneladas com destaque especial para as rochas graníticas. Essa produção expressiva tem um impacto positivo social e econômico, visto que o setor abriga somente no Espírito Santo aproximadamente 1300 empresas com grande potencial de exploração e comercialização de produtos acabados para o mercado interno e externo (BRAGA et al., 2010).

De acordo com Chiodi Filho e Chiodi (2013), no ano de 2012, as exportações de rochas ornamentais e de revestimento no Brasil totalizaram US\$ 1.060,42 milhões, isso corresponde a um volume físico de rochas de 2.237.150,44 toneladas, em comparação com o ano de 2011 o faturamento aumentou 6,08% e 2,27% no aumento do volume de rochas exportadas.

2.2- Cadeia produtiva de rochas em Santo Antônio de Pádua-RJ e Cachoeiro de Itapemirim-ES.

Conforme mencionado anteriormente, o Brasil é um grande produtor e exportador de rochas ornamentais, no estado do Rio de Janeiro, o destaque na produção de rochas ornamentais fica com a região noroeste fluminense no município de Santo Antônio de Pádua/RJ. O início da extração de rochas na região se deu na década de 50, porém, começou a crescer mesmo a partir de 1980.

Na região são comercializados dois tipos de rochas: a pedra madeira e a pedra Miracema (conhecida também por pedra paduana). Geologicamente a rocha existente na região é classificada como gnaisse milonitizado, sendo proveniente de metamorfismo de rochas de origem ígneas assemelhadas ao gnaisse. Podem ser encontradas na região algumas variações de rochas: pedra madeira, granito fino, olho de pombo e pinta rosa (DE CARVALHO et al., 2003).

A cadeia produtiva de rochas ornamentais de Santo Antônio de Pádua/RJ compõe-se de duas atividades produtivas: a extração mineral que é atividade desenvolvida nas pedreiras

com a retirada dos blocos e o beneficiamento dos blocos que é feito nas serrarias (MEDINA; PEITER; DE DEUS, 2003).

No Brasil, o maior destaque na produção de rochas ornamentais é o do estado do Espírito Santo, mas especificamente o município de Cachoeiro de Itapemirim (MOREIRA; MANHÃES; HOLANDA, 2005).

De acordo com Neto e Melo (2013) o estado do Espírito Santo sozinho é responsável por 65% do volume total das exportações de rochas ornamentais do Brasil e exporta 94% das placas polidas. Encontra-se no Espírito Santo 69% dos teares do país e 80% das fábricas de máquinas para abastecer o setor. Aproximadamente 1000 empresas e 32 mil pessoas atuam diretamente na produção capixaba de rochas ornamentais.

A cadeia produtiva capixaba envolve atividades de grande impacto ao meio ambiente, sendo as principais atividades a extração, o beneficiamento primário e secundário e o comércio das rochas (NETO; MELO, 2013).

2.3- Políticas sobre lançamento de efluente

A produção de rochas ornamentais no Brasil é bem intensa, e a geração de resíduos também. Os resíduos produzidos em alguns casos são descartados sem os cuidados adequados, afetando paisagens no caso dos casqueiros e a poluição ambiental no caso do pó e da lama.

De acordo com Moura e Leite (2011), se o descarte da lama abrasiva ocorrer pelo seu lançamento em corpos hídricos isso acarretará o assoreamento destes, a poluição da água e impactos severos a vida animal e vegetal que dependam do corpo hídrico onde o material foi descartado.

O setor de rochas apresenta muitos avanços tecnológicos relacionados à extração, corte e beneficiamento de rochas, porém, a parte ambiental deixa um pouco a desejar, os processos ineficientes acabam por gerar compostos com especificações fora das normas estabelecidas e com alto potencial de causar danos (DE FREITAS; RAYMUNDO; DE JESUS, 2012).

A Lei Nº 9.605, de 12 Fevereiro de 1998 estabelece em seu 54º artigo que causar poluição de qualquer natureza onde esta possa causar danos a saúde humana ou provoque a mortandade de fauna e flora é configurado crime ambiental, e o seu causador pode pegar uma punição de reclusão de um a quatro anos e multa.

A resolução CONAMA N° 430/2011 traz as informações referentes ao descarte dos efluentes, nela pode-se observar todas as características físico-químicas e padrões para se proceder com o descarte do efluente, este não pode conferir características de qualidade em desacordo com as estabelecidas na própria norma de acordo com a classificação de cada corpo receptor.

2.4- Tratamento de efluentes na indústria de rochas ornamentais

Em alguns casos os resíduos produzidos durante o corte de rochas ornamentais é descarado em tanques de decantação (Figura 2) que costumam ficar próximos as serrarias (DE FREITAS; RAYMUNDO; DE JESUS, 2012).

Um fator importante para se definir o tipo de tratamento é a caracterização do resíduo, o efluente líquido gerado recebe o nome de lama de beneficiamento de rochas ornamentais (LBRO).

Figura 2- Tanque de decantação.



Fonte: Arquivo pessoal.

Essa lama pode causar poluição visual ao ambiente e sério dano a natureza, a composição desta varia um pouco de acordo com a composição química das rochas, mas basicamente é composta de rocha moída, granalha (aço), cal e água (JUNCA et al., 2011); (MOURA; LEITE, 2011).

De acordo com Braga et al. (2010), o tratamento mais comum aplicado a LBRO, consiste no desague da lama em tanques de decantação, processo muito lento que requer o uso

de flocculante (Figura 3) para aumentar sua eficiência, após a desidratação da LBRO o pó oriundo fica armazenado em algum local da empresa ou de outro lugar por ela estabelecido.

Figura 3- Flocculante sendo incorporado a LBRO.



Fonte: Arquivo pessoal.

Muitos produtores de rochas ornamentais contratam empresas especializadas no tratamento desse tipo de efluente para descartar corretamente de forma a não causar impactos ambientais.

As empresas de tratamento costumam possuir tratamentos mais eficazes e rápidos, um exemplo encontrado é a utilização de tanque de decantação vertical (Figura 4) acoplado ao filtro prensa (Figura 5) para retirar o excesso de água de LBRO.

Figura 4- Tanque de decantação vertical.



Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 5- Filtro prensa.



Fonte: Arquivo pessoal.

Ao sair do filtro prensa a lama deve possuir não mais que 30% de humidade para que possa ser depositada em um aterro (Figura 6). No aterro esta lama acaba de secar e o que sobra é um fino pó de rocha.

Uma alternativa é o reaproveitamento da água na própria empresa após o tratamento de decantação e do filtro prensa, a granalha e o pó podem ser reaproveitados através de briquetagem, neste processo as partículas são aglomeradas por meio da pressão ou de aglomerantes para que possam ter uma forma definida, facilitando o seu transporte e armazenamento para uso posterior (JUNCA et al., 2011).

Figura 6- Aterro para depósito da lama.



Fonte: Arquivo pessoal.

2.4.1- Resíduos da cadeia produtiva

Durante as etapas de extração, corte e beneficiamento das rochas, ocorre à geração de um grande volume de resíduos (Figura 7) que podem mostrar-se sob a forma de matacões, casqueiros, sobras de chapas recortadas e danificadas, materiais particulados, lamas entre outros (NETO; MELO, 2013).

Figura-7: Casqueiros produzidos no processo de corte de blocos e chapas.



Fonte: Arquivo pessoal.

A produção de resíduos durante o desdobramento dos blocos é uma grande preocupação para o setor, essa produção gira em torno de 1/3 em peso seco ou 2/3 em peso úmido (BRAGA et al., 2010).

2.5- O impacto ambiental do setor de rochas

O setor de rochas produz grande quantidade de resíduos em sua cadeia produtiva, conforme mencionado anteriormente o Brasil ocupa um lugar de destaque entre os países que mais produzem rochas ornamentais. Analisando o estado do Espírito Santo, por exemplo, que produziu cerca de 3,6 milhões de toneladas de rochas no ano de 2011, a geração de resíduos também foi grande.

Alguns autores defendem um perda por bloco serrado da ordem de 30% como (BRAGA et al., 2010), e outros acreditam que a perda gira em torno de 20%(MOURA; LEITE, 2011). Neto e Melo (2013), apontam valores mais preocupantes, segundo os autores as rochas de processamento especial, que as extraídas em blocos e serradas em teares ou talha-blocos e posterior acabamento essa perda fica entre 35-40%, e as rochas de procedimento simples a perdas podem atingir até 70% de perda.

Uma alta produção também significa uma alta geração de resíduos, daí a necessidade da criação de processos produtivos mais eficientes.

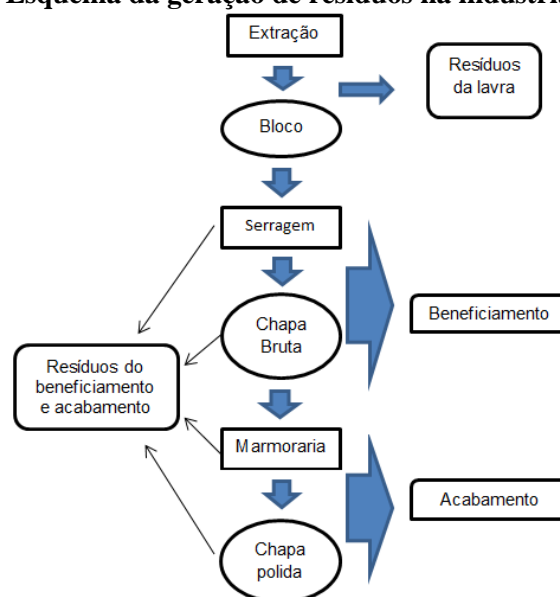
2.6- A busca da sustentabilidade na produção de rochas ornamentais

A sustentabilidade deve ser um dos objetivos de todos os ramos industriais, já visto que, os recursos ambientais disponíveis são finitos. Uma alternativa seria a reciclagem e a reutilização dos resíduos produzidos ou parte deles.

No Brasil os resíduos produzidos são descartados em aterros, porém, em países mais desenvolvidos como os membros da União Europeia essa prática já é vetada desde 2000, isso em função das preocupações ambientais que nestes países assumiu um papel prioritário buscando meios para o reaproveitamento dos resíduos e assim contribuindo para a diminuição da extração de matéria-prima que se estima ser de 15 bilhões de toneladas anuais em todo o planeta (PEREIRA, 2006).

Existem diversos estudos tratando o reaproveitamento dos resíduos produzidos durante o beneficiamento de rochas, porém, os incentivos públicos e privados são poucos e muitas vezes esses projetos nem saem do papel ou saem e duram pouco tempo pela falta de investimento. Abaixo (Figura 8) pode-se observar um esquema da geração de resíduos nas etapas de extração, beneficiamento e acabamento das rochas.

Figura-8: Esquema da geração de resíduos na indústria de rochas.



Fonte: Adaptado de (VIDAL; CASTRO; FRASCA, 2014).

2.7- Objetivo

O estudo proposto buscou relacionar as cadeias produtivas de Santo Antônio de Pádua-RJ com Cachoeiro de Itapemirim-ES, para que se identifiquem pontos de possíveis melhoras na produção de rochas ornamentais no município Fluminense, haja vista que este apresenta uma produtividade bem inferior ao município capixaba.

A identificação de soluções para diminuição do consumo de água e uma metodologia mais eficiente ao tratamento dos efluentes também representam pontos importantes.

3- Material e método

O trabalho realizado se baseou na pesquisa bibliográfica como sendo a base de conhecimento teórico e pesquisas de campo, com visitas a empresas produtoras de rochas ornamentais nos municípios de Santo Antônio de Pádua-RJ e Cachoeiro de Itapemirim-ES, uma empresa de tratamento de efluentes e ao Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) ambos no município capixaba.

Durante as pesquisas de campo foram ouvidos empresários, funcionários e pesquisadores do setor de rochas. Foi avaliado os processos produtivos procurando semelhanças e diferenças entre os municípios mencionados anteriormente, as tecnologias empregadas e a forma de tratamento aplicado aos efluentes e resíduos produzidos.

3.1- Áreas de estudo

Para realização deste trabalho, foram verificados os processos produtivos em duas cidades produtoras de rochas ornamentais. A primeira cidade foi Santo Antônio de Pádua, município localizado no interior do estado do Rio de Janeiro, à distância até capital Rio de Janeiro é de 260 km, a cidade conta com uma população de 40.586 de acordo com o IBGE (Censo de 2010), e sua economia representa aproximadamente 0,29% do PIB do estado. Os setores em destaques para economia local são os de: serviços, indústria e agropecuária.

Cachoeiro de Itapemirim não se destaca apenas por ser a “Terra do rei Roberto Carlos”, mas também possui o reconhecimento nacional e internacional por abrigar o maior parque industrial de rochas ornamentais, a região abriga a maior concentração de empresas de beneficiamento de rochas da América Latina.

O município fica a 136 km da capital Vitória, conta com uma população de cerca de 189.889 de acordo com o IBGE (Censo de 2010), sua economia é responsável por aproximadamente 9,37% de todo o PIB do estado. Os setores em destaques para economia local são os de: serviços, indústria e agropecuária. Os dois municípios estudados apresentam uma localização geográfica (Figura 9) que favorece o acesso as capitais da região Sudeste.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4- Resultado e discussão

4.1- Comparação entre Pádua e Cachoeiro

Um dos problemas enfrentados na produção de rochas ornamentais é o alto consumo de água, produtores de rochas de Cachoeiro de Itapemirim – ES costumam gastar 15.000L de água por bloco (bloco de 11m³) serrado.

Muitas empresas visitadas costumam reaproveitar parte da água que utilizam, porém, se o tratamento fosse mais eficiente, um volume maior de água poderia ser reaproveitado.

Nas visitas a empresa do município fluminense, a memsa não possui um controle do volume de água utilizado no corte das rochas, foi observado a ausência de automação em seus processos produtivos, a produção é muito dependente de mão de obra humana e também da experiência e atenção de seus operadores, sendo esta indispensável para o bom funcionamento de todo o processo.

Os processos de movimentação dos blocos, posicionamento e regulagem da serra, administração de flocculante e abertura das lajinhas e todo realizado mediante a utilização de mão de obra de um funcionário. O consumo de água para resfriamento das serras não é dosado ou medido, tubulações de água precárias e danificadas, tratamento de efluente sem padronização operacional.

No município capixaba, a realidade encontrada é bem diferente, os maquinários são mais sofisticados, a mão de obra humana é mais para o trabalho de supervisão, sistemas automatizados (possui um robô) para movimentação e posicionamento das chapas no processo de polimento, teares de lâminas e fios, sistema de tratamento de efluente mais sofisticados, tanque de decantação vertical para tratamento da água, presença de filtro prensa para desidratação da lama.

Cachoeiro de Itapemirim-ES conta com empresas especializadas no tratamento de efluentes que orientam e prestam serviços ao setor.

A tabela 1 mostra os resultados obtidos fazendo uma comparação entre os municípios de Santo Antônio de Pádua-RJ e Cachoeiro de Itapemirim-ES.

Tabela 1- Comparação entre os resultados encontrados durante a pesquisa.

Categorias	Santo Antônio de Pádua-RJ	Cachoeiro de Itapemirim-ES
Controle do volume de água consumida no desdobramento de chapas	AUSENTE	PRESENTE
Reutilização da água ou parte dela	PRESENTE	PRESENTE
Dependência da mão de obra humana para trabalhos pesados	PRESENTE	AUSENTE
Controle da água para resfriamento das lâminas	AUSENTE	PRESENTE
Automatização dos processos de produção.	AUSENTE	PRESENTE
Presença de empresas prestadoras de serviços para o tratamento dos efluentes	AUSENTE	PRESENTE
Tratamento dos efluentes produzidos	PRESENTE	PRESENTE
Investimento constante na busca de novas tecnologias para aumento da produtividade	AUSENTE	PRESENTE

Fonte: Elaborado pelos autores.

5- Conclusão

As pesquisas apontaram uma diferença entre os processos produtivos, o município capixaba possui uma produtividade maior devido ao favorecimento geológico da região e isso levou ao desenvolvimento e aprimoramento das etapas de processamento dos blocos e chapas. A produção é bem diferenciada, pois, a inovação tecnológica é presente em todas as etapas da cadeia produtiva, e isso leva a maior produtividade e menor perda se compararmos ao município Fluminense.

O município de Santo Antônio de Pádua-RJ possui um sistema de produção artesanal, com dependência da mão-de-obra humana na maior parte dos processos, sendo esta, indispensável.

O tratamento dos efluentes apresenta uma disparidade, no estado do Espírito Santo a fiscalização pelos órgãos competentes obrigam as empresas a zelarem pelo meio ambiente, isso foi reconhecido pelos próprios empresários das empresas visitadas. No estado do Rio de Janeiro a forma de fiscalização permite brechas para que os produtores se preocupem menos com as questões ambientais.

A presença de empresas especializadas no tratamento de resíduos e efluentes é uma grande aliada do município capixaba, pois elas prestam consultorias e até mesmo fazem o serviço pelas próprias empresas.

O CETEM instalado em Cachoeiro de Itapemirim-ES presta serviços relevantes às empresas, que sempre buscam parcerias para solução de problemas e otimização dos processos produtivos.

A instalação de um centro de pesquisas especializado e de empresas competentes para fazer a gestão dos resíduos e efluentes gerados em Santo Antônio de Pádua-RJ, seria uma alternativa com potencial de agregar e ajudar a desenvolver mais a produção local de rochas.

6- Referências bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15012/13. Rochas para revestimento de edificações – Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT. 2013.
- ALENCAR, C. R. A. Manual de Caracterização, Aplicação, Uso e Manutenção das Principais Rochas Comerciais no Espírito Santo: rochas ornamentais. 1^o ed. Cachoeiro de Itapemirim - ES: [s.n.].
- BRAGA, F. DOS S. et al. Caracterização ambiental de lamas de beneficiamento de rochas ornamentais. Eng Sanit Ambient, v. 15, n. 3, p. 237–244, 2010.
- BRASIL. Lei nº. 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/112305.htm>
- CHIODI FILHO, C. Situação do setor de rochas ornamentais e de revestimento no Brasil – mercados interno e externo. IN: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 5. Anais... Recife: Deminas, DAU, PPGEMinas, SBG, SINDIPEDRAS, 2005. 28p.
- CHIODI FILHO, C.; CHIODI, D. K. O setor de rochas ornamentais no Brasil. In: [s.l.] CETEM/MCTI, 2013.
- 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>>
- CORDEIRO CUSTODIO, J. A arquitetura de defesa no Brasil Colonial. Discursos Fotográficos, v. 7, n. 10, p. 173–194, 3 jul. 2011.
- COSTA, A. G.; CAMPELLO, M. S.; PIMENTA, V. B. Rochas ornamentais e de revestimento de Minas Gerais: Principais ocorrências, caracterização e aplicações na indústria da construção civil. Revista Geonomos, v. 8, n. 1, 2000.
- DE CARVALHO, E. A. et al. Aproveitamento dos Resíduos Finos das Serrarias de Santo Antonio de Pádua. 2003.
- DE FREITAS, J. J. G.; RAYMUNDO, V.; DE JESUS, H. C. Características químicas dos resíduos de serragem segregados de rochas ornamentais do estado do Espírito Santo. Revista Brasileira de Geociências, v. 42, n. 3, p. 615–624, 2012.
- JUNCA, E. et al. Briquetagem da granalha de aço recuperada do resíduo de rochas ornamentais. Rem: Revista Escola de Minas, v. 64, n. 2, p. 175–179, 2011.
- MANHÃES, J. P. V. T.; HOLANDA, J. N. F. DE. Characterization and classification of granitic rock powder solid waste produced by ornamental rock industry. Química Nova, v. 31, n. 6, p. 1301–1304, 2008.
- MEDINA, H.; PEITER, C. C.; DE DEUS, L. A. B. A cadeia produtiva de rochas ornamentais em Santo Antônio de Pádua. 2003.
- MELLO, I. S. C.; CHIODI FILHO, C.; CHIODI, D. K. Atlas de rochas ornamentais da Amazônia brasileira. São Paulo: CPRM: [s.n.].

MOREIRA, J. M. S.; MANHÃES, J.; HOLANDA, J. N. F. Reaproveitamento de resíduo de rocha ornamental proveniente do Noroeste Fluminense em cerâmica vermelha.(Utilization of ornamental rock waste from Northwest Fluminense in red ceramic). *Revista Cerâmica*, v. 51, n. 319, p. 180–186, 2005.

MOTOKI, A. et al. Desenvolvimento da técnica para especificação digital de cores e a nova nomenclatura para classificação de rochas ornamentais com base nas cores medidas. *Geociências (São Paulo)*, v. 25, n. 4, p. 403–415, 2007.

MOURA, W. A.; LEITE, M. B. Estudo da viabilidade da produção de blocos com utilização de resíduo de serragem de rochas ornamentais para alvenaria de vedação. *Revista Escola de Minas*, v. 64, n. 2, 2011.

NETO, A. A. B.; MELO, A. M. V. DE. Desenvolvimento de projetos de produtos utilizando resíduos pétreos de rochas ornamentais.pdf. Desenvolvimento de projetos de produtos utilizando resíduos pétreos de rochas ornamentais, v. 18, n. 4, p. 6, 2013.

PEREIRA, F. R. Valorização de resíduos industriais como fonte alternativa mineral - composições cerâmicas e cimentícias.pdf. Portugal: Universidade de Aveiro, 2006.

ROCHA, C. H. B.; SOUSA, J. G. Análise ambiental do processo de extração e beneficiamento de rochas ornamentais com vistas a uma produção mais limpa: aplicação Cachoeiro do Itapemirim-ES. *Enciclopédia Biosfera*, 2010.

SANTOS, M. M. A.; DESTEFANI, A. Z.; HOLANDA, J. N. F. Characterization of ornamental rock wastes from different cutting and beneficiation processes. *Matéria (Rio de Janeiro)*, v. 18, n. 4, p. 1442–1450, 2013.

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

VIDAL, F. W. H.; CASTRO, N. F.; FRASCA, M. H. B. DE O. Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento. Rio de Janeiro - RJ: CETEM/MCTI, 2014.