

Uso e reúso de efluentes gerados pelas indústrias de beneficiamento de rochas ornamentais de Santo Antônio de Pádua, RJ

Use and reuse of effluents generated by ornamental stones processing industries in Santo Antônio de Pádua, RJ

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

A água é um bem que a cada dia se torna mais escasso tanto em qualidade quanto em quantidade. Buscou-se com esta pesquisa fazer uma avaliação da qualidade da água do Rio Pomba utilizada para captação, do uso e lançamento no corpo hídrico por indústria de beneficiamento de rochas ornamentais. Usaram-se os métodos de Análises Físico-química e microbiológica da água coletada in loco e concluiu-se que a forma mais eficiente de se reduzir a captação é o reúso por meio da recirculação do efluente líquido gerado na produção e captação de águas pluviais.

Palavras-chave: Reúso. Efluentes. Beneficiamento de rochas.

Water is a commodity that has increasingly become scarce in both quality and quantity. This research aimed at evaluating the water quality of the River Pomba used in the collection, use and disposal by the ornamental rock processing industry. The investigation was done by physical-chemical and microbiological analysis of the water collected in loco. Results show that the most efficient way to reduce water abstraction is reutilization through the recirculation of the liquid effluent generated in the production and collection of rainwater.

Key words: Reuse. Effluents. Treatment of rocks.

1 Introdução

A água é responsável pela manutenção da vida de todos os seres vivos do planeta Terra. Diante do agravo na redução da oferta de um produto com qualidade viável ao consumo humano, tornou-se um dos principais temas de discussão entre as pessoas. Vista a magnitude do problema, é crescente o interesse por formas inovadoras que possibilitem minimizar a escassez, otimizar sua conservação, seu uso e reúso.

A Lei das Águas (Lei nº 9.433/1997) trata a água como um bem de domínio público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e prevê ainda que a gestão dos recursos hídricos deva proporcionar os usos múltiplos das águas, de forma descentralizada e participativa, contando com a participação do Poder Público, das comunidades e dos usuários finais. Essa lei determina que, em situações de escassez, o uso prioritário da água seja para consumo humano e

* Mestre em Engenharia Ambiental (IFFluminense). Professor do Instituto Federal Fluminense (IFFluminense). E-mail: sergio.carmo@ifff.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@ifff.edu.br.

*** Mestre em Engenharia Ambiental (IFFluminense). E-mail: ramirispetrilho@gmail.com.

dessedentação de animais. Outro fundamento define que a bacia hidrográfica é a unidade de atuação do SINGREH e de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. O segundo artigo da Lei das Águas explica que um dos objetivos da PNRH é assegurar a disponibilidade de água de qualidade às gerações presentes e futuras, promover uma utilização racional e integrada dos recursos hídricos e a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos (chuvas, secas e enchentes), sejam eles naturais ou decorrentes do mau uso dos recursos naturais.

O acesso à água não é igual para todos. As características geográficas de cada região e as mudanças na vazão dos rios, que ocorrem devido às variações climáticas ao longo do ano, vêm preocupando quanto à distribuição e utilização de água.

Um problema relevante à conservação dos recursos hídricos é o pó resultante do corte das rochas proveniente de atividades de beneficiamento. Esse pó pode causar danos ao ambiente, como assoreamento de cursos d'água e impermeabilização do solo, entre outros (SILVA, 2011).

Na indústria foco deste estudo, a mistura do efluente líquido com o pó é tratada por meio da decantação, porém a lama resultante dessa decantação torna-se um problema a ser resolvido pelos empresários. Outro problema a ser minimizado é o desperdício da água utilizada na produção e beneficiamento de rochas, que ocorre devido à grande oferta e ao baixo custo, fazendo com que não haja preocupação com o elevado consumo da água. Esse desperdício ocorre em todas as etapas de produção gerando, assim, um aumento nos gastos com o tratamento dos efluentes.

Os efluentes têm como destino tanques de decantação onde se efetua a separação sólido/líquido. A parte líquida, após tratamento com floculantes químicos, retorna ao corpo hídrico. Segundo o Art. 3º da Resolução CONAMA nº 430, efluentes líquidos somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições padrões e exigências dispostas nessa Resolução e em outras normas aplicáveis, que são: a) pH entre 5 e 9; b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura; c) materiais sedimentáveis: até 1 mg/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes; d) Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO 5 dias, 20°C: máximo de 120 mg/L, sendo que esse limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

Foram feitas análises prévias das águas geradas no processo de produção, desde sua captação até o retorno para o corpo hídrico, quanto aos parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

Busca-se com a pesquisa fazer uma avaliação da qualidade da água do rio Pomba e da água utilizada em uma indústria de beneficiamento de rochas de Santo Antônio de Pádua/RJ, com vistas à avaliação de possíveis impactos ambientais e desperdício de água dentro de uma visão mais holística.

Realizando um detalhado monitoramento do uso e reúso da água e dos efluentes gerados, além de levantamento de dados para determinar o volume de água gasto no processo produtivo, estabelece-se a relação entre a produção e m² de pedra ornamental beneficiada por m³ de água utilizado.

2 Revisão de literatura

2.1 Área de estudo

Este trabalho será realizado na Empresa Comércio de Pedras Paraíso, indústria produtora de pedras decorativas, que atua no mercado desde 1988, comercializando pedras decorativas para o mercado nacional e internacional. Localizada no Município de Santo Antônio de Pádua, RJ, na Rodovia Pádua-Monte Alegre, Km 02, sob as coordenadas UTM 24 K 793873.47 m E e 7615338.26 m S (Figura 3), o empreendimento ocupa uma área de aproximadamente 3.980 m², além de possuir jazida própria para extração de pedras que dista aproximadamente 7 km do local. A área ocupada pela empresa é delimitada aos fundos pelo Rio Pomba, principal fonte de água utilizada pela indústria.



Figura 1 - Imagem aérea da Pedras Paraíso, Santo Antônio de Pádua, RJ

Fonte: Google Earth. Data da imagem: 27/05/2014

O Município de Santo Antônio de Pádua é um dos 184 municípios que fazem parte da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, estando mais especificamente na bacia do rio Pomba, um dos afluentes do Paraíba do Sul, que nasce na Serra da Bocaina, no Estado de São Paulo, e tem sua foz em São João da Barra, no estado do Rio de Janeiro, percorrendo um total de 1.120 km (Figura 2) (ANA, 2016). O rio Paraíba do Sul é de suma importância para o país, pois drena uma das regiões mais desenvolvidas do país, abrangendo regiões importantes como a Zona da Mata Mineira e o Vale do Paraíba Paulista.

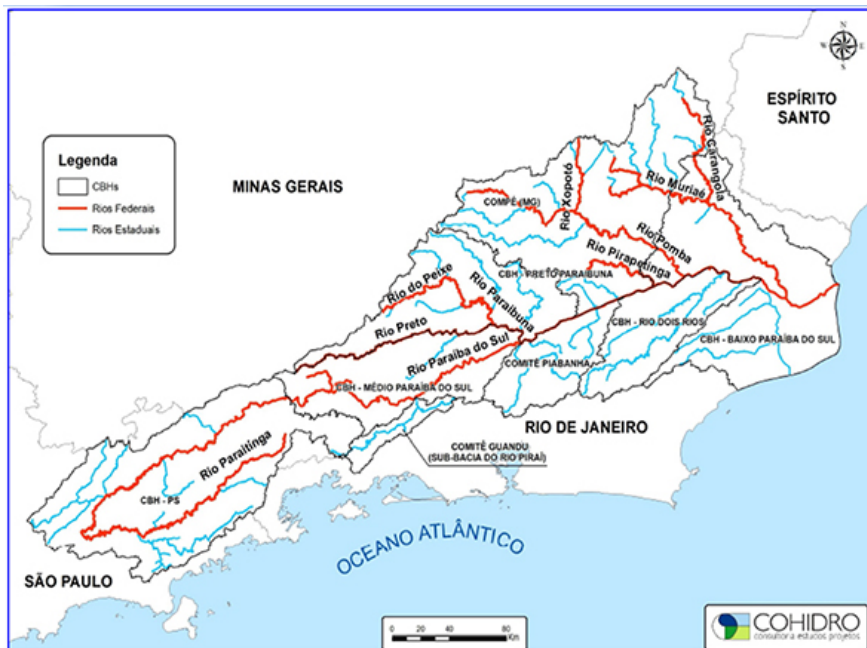


Figura 2 - Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
 Fonte: COHIDRO Consultoria Estudos Projetos, 2014

10 |

O rio Pomba, por sua vez, nasce na Serra da Conceição, no Município de Barbacena, estado de Minas Gerais, e percorre 265 km até chegar à foz do rio Paraíba do Sul (Figura 3). Sua bacia hidrográfica possui uma área de drenagem de 8.616 km², abrangendo 35 municípios mineiros e três fluminenses que juntos possuem uma população de aproximadamente 450 mil habitantes. Duas características marcantes encontradas nessa bacia são a falta de saneamento básico e a degradação ambiental das suas margens (GUEDES et al, 2012).

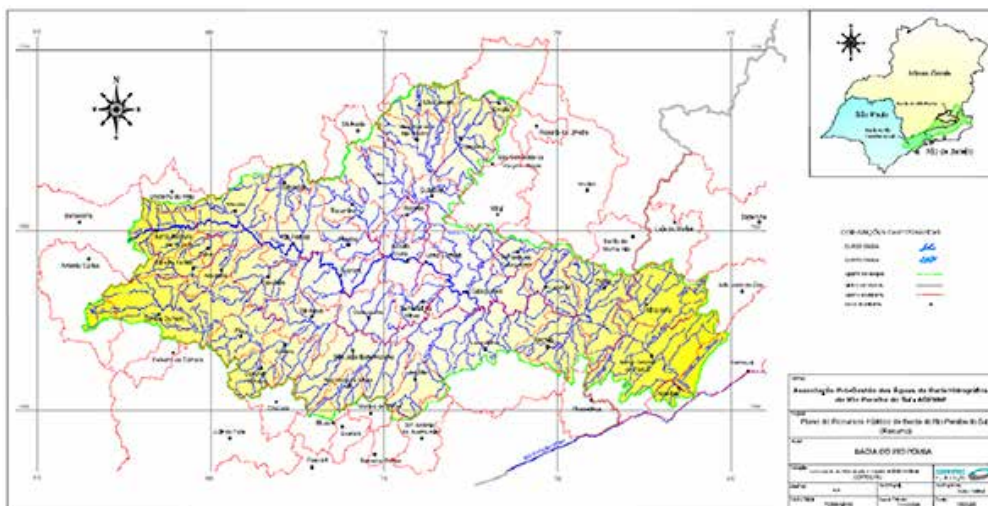


Figura 3 - Bacia Hidrográfica do Rio Pomba
 Fonte: Laboratório de Hidrologia/COPPE/UFRJ, 2006

Para o seu funcionamento, a indústria conta com escritórios, dois galpões, pátio aberto e vestiário para os funcionários, contando também com um estacionamento para clientes em sua parte frontal.

2.2 *Extração de rocha ornamental em Santo Antônio de Pádua*

Conforme Sá (2015), a água é um recurso natural essencial, seja como componente bioquímico de seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais e até como fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário. Na indústria de beneficiamento de rochas ornamentais, a água é utilizada em várias etapas do processo de transformação de blocos em chapas, o que leva a uma busca econômica e socioambiental para a reutilização de parte da água utilizada no beneficiamento, armazenando a água em um reservatório.

De acordo com o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM, 2014), a extração e o beneficiamento de rochas ornamentais começaram em Santo Antônio de Pádua na década de 70, desenvolvendo-se informalmente até a década de 90, quando não mais se podiam ignorar os impactos ambientais gerados pelas empresas existentes naquele período. Santo Antônio de Pádua localiza-se no noroeste do estado do Rio de Janeiro, abastecido pelo rio Pomba e é, atualmente, o principal polo de produção de rochas ornamentais do estado, concentrando ao seu redor cerca de 150 empresas de extração e beneficiamento. Trata-se de rochas gnáissicas, que são desdobradas em “lajinhas e lajotas” não polidas. O processo de deslocamento é feito manualmente, e o corte final, em serras de disco diamantado, refrigeradas à água.

O principal problema ambiental era a disposição desordenada dos resíduos, os grossos ocupando grandes áreas de armazenamento e os finos lançados em rios e córregos da região, acarretando seu assoreamento e a contaminação dos cursos de água, inutilizando-a para o consumo humano, dessedentação animal e irrigação agrícola. Devido à grande importância social dessa atividade para a região, o Departamento de Recursos Minerais do estado do Rio de Janeiro — DRM começou um trabalho multi-institucional, buscando a formalização e legalização da produção de rochas.

De acordo com Silva Neto e Silvestre (2009), os proprietários das indústrias de beneficiamento de rochas ornamentais se organizaram, fazendo um Arranjo Produtivo Local (APLs), visando ao crescimento da atividade na região noroeste fluminense. No entanto, continuaram a fazer uso de técnicas rudimentares em seus processos produtivos, causando sérios problemas ambientais, reduzindo a competitividade com concorrentes mais especializados tecnicamente. O governo, universidades e organizações da sociedade civil vêm tentando desenvolver novas tecnologias a fim de minimizar as dificuldades enfrentadas por essa indústria.

2.3 Política Nacional de Resíduos Sólidos

Desde 2007 vem sendo discutido na esfera Federal o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos através da Lei Federal 11.445, que estabelece a Política Nacional de Saneamento Básico e, recentemente, através do Decreto Federal 7.217/2010, que regulamenta a Lei 11.445/2007, e da Lei Federal 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. A Lei 12.305/2010, em seu Art. 4º, reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelo governo federal, isoladamente ou em regime de cooperação com estados, Distrito Federal, municípios ou particulares, com vistas a implementar a gestão integrada e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. Em seu Art. 6º, apresenta os princípios de gestão dos resíduos sólidos, considerando as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública; o desenvolvimento sustentável; a cooperação entre o poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade; o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico gerador de trabalho, renda, promotor de cidadania e de valor social; gestão integrada de resíduos sólidos; a articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos e a capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos.

Em seu Art. 7º, destaca-se como objetivos a garantia da saúde pública e da qualidade ambiental; o ato de repensar quanto à produção, minimização, reaproveitamento, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, a destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos; incentivo à utilização de métodos de produção e consumo sustentáveis de bens e serviços; adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais. Quanto aos resíduos perigosos, destaca a necessidade de reduzir o volume e a periculosidade; regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira, observada a Lei nº 11.445, de 2007. No Art. 8º destaca como instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos a coleta seletiva, os sistemas de logística reversa, a implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; a participação dos setores público e privado para se fazer pesquisas de novos produtos, métodos, processos e tecnologias de gestão, reutilização, reciclagem, tratamento de resíduos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos.

2.4 Resíduos Sólidos

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 10.004 (2004) Resíduos Sólidos — classificação que substitui a ABNT NBR 10004 (1987), resíduos sólidos são os resíduos no estado sólido e semissólido, resultantes de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, resíduo sólido é definido como:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

O desenvolvimento das atividades humanas proporciona uma grande variedade de tipos de resíduos, portanto, houve a necessidade de classificação e, para tal, utilizaram-se critérios como o risco potencial de contaminação do meio ambiente, a natureza e a origem do resíduo.

De acordo com a NBR 10.004 da ABNT, quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente, os resíduos sólidos podem ser classificados em:

- Classe I ou Perigosos
- Classe II ou Não inertes
- Classe III ou Inertes

O aumento na produção de resíduos teve como fator determinante o acelerado crescimento demográfico da população aliado à maior capacidade de aquisição e consumo do ser humano. Observa-se que a produção é crescente, fato constatado com um grave problema, não só pela estética mas também, como descrito por Fellenberg (1980), pela diminuição do espaço útil disponível, ameaça direta à saúde, por agentes patogênicos e danos indiretos à saúde pelo comprometimento do ar e águas subterrâneas.

Verifica-se então o quanto é importante uma correta gestão dos resíduos sólidos, que deve ser iniciada ao final do processo de produção e encerrada em sua destinação final adequada. Nesse percurso, é indispensável utilizar técnicas e priorizar ações para seu acondicionamento, transporte, sua triagem, reciclagem, valoração e reutilização.

2.5 Desaguamento de finos gerados na forma de efluentes

Os efluentes gerados no processo de beneficiamento são constituídos principalmente de pó fino de rochas e água, e são produzidos durante o processo de desdobramento dos blocos em chapas nas serrarias. Esses efluentes podem conter, dependendo do tipo de corte realizado nas serrarias, partículas finas de ferro ou aço, originadas da granalha usada no corte da rocha, nos teares. Chama-se de desaguamento a separação sólido/líquido, isto é, a separação entre o material sólido fino e a água. A separação sólido/líquido normalmente é feita por etapas, quais sejam: espessamento, filtragem e secagem. Os processos de separação têm por objetivos a obtenção de um sólido desaguado, isto é, com baixo teor de umidade, e a produção de um líquido clarificado. Esse líquido clarificado, a água, pode ser reaproveitada e recirculada por quantas vezes se julgar necessário, na própria instalação, ficando os resíduos sólidos desaguados prontos para uma destinação industrial ou para serem estocados de maneira adequada.

2.6 Caracterização e classificação das LBRO

Conforme Braga (2010), as lamas de beneficiamento de rochas ornamentais (LBRO) são resíduos que apresentam composição química variada (Tabela 1) em função da composição das rochas, do processo de beneficiamento, dos processos de reaproveitamento de águas e lamas, das propriedades dos insumos, entre outros fatores.

Tabela 1 - Composição química média dos resíduos de rochas ornamentais

Tipos de resíduos	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O
Exclusivo do corte de granitos com granalha	5	2	62	12	7	4	3
Exclusivo do corte de mármore	50	15	5	1	1	0,2	0,1
Mistura de granitos e mármore	21	4	36	9	5	4	2
Exclusivo do corte de calcários	50	5	5	0,5	0,2	0,2	0,2
Exclusivo do corte de quartzitos	0,6	--	80	9	1	--	--
Exclusivo do corte de ardósias	2	3	57	6	7	4	2

Fonte: Centro de Tecnologia Mineral – CETEM (2012)

Segundo o Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, para transformar um bloco de volume médio 10 m³ em chapas, gera-se 1,5 m³ de resíduo nos casqueiros e aparas e 2,6 m³ em finos do corte. Ainda são gerados nas serrarias resíduos que variam muito em termos de granulometria: grossos (>2 mm) dos casqueiros e aparas, finos (2 ≤ 0,075 mm) e ultrafinos (<0,075mm) do corte e polimento das chapas. Esses resíduos são ainda de composição mineralógica diversa, dependendo dos tipos de rochas beneficiadas. Os resíduos finos e ultrafinos são gerados como efluentes, em forma de lama, já que o processo de beneficiamento é realizado a úmido, motivo pelo qual as unidades de beneficiamento de rochas ornamentais contam com sistemas de separação sólido-líquido, recirculando entre 70 e 95% da água utilizada no processo.

De acordo com Freitas et al. (2012), mesmo apresentando uma relativa uniformidade do volume consumido nos processos de serragem de rochas pelas empresas de médio e pequeno porte, a água ainda é utilizada de forma pouco sustentável. O elevado custo de novas tecnologias, como o filtro prensa (Figura 4), e o fato da redução notável da alcalinidade do resíduo, devido à formação de carbonatos (CO₃²⁻), quando este é armazenado em grandes superfícies e em elevadas temperaturas, podem levar as empresas a adotar meios mais econômicos e satisfatórios, procurando efetivar uma gestão mais sustentável do recurso hídrico.



Figura 4 - Filtro prensa
Fonte: CETEM/MCTI (2012)

2.7 Lançamento de efluentes em corpos hídricos

De acordo com o Art. 1º da Resolução CONAMA 430, que dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente — CONAMA, o lançamento indireto de efluentes no corpo receptor deverá observar o disposto nessa Resolução, quando verificada a inexistência de legislação ou normas específicas, disposições do órgão ambiental competente, bem como diretrizes da operadora dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário.

O Art. 2º da Resolução CONAMA n.º 430 afirma que a disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não está sujeita aos parâmetros e padrões de lançamento dispostos nessa Resolução, não podendo, todavia, causar poluição ou contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

Os efluentes de qualquer fonte poluidora, segundo o Art. 3º da Resolução CONAMA n.º 430, somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

Condições de lançamento de efluentes: a) pH entre 5 e 9; b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura; c) materiais sedimentáveis: até 1 mg/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes; d) Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO 5 dias, 20°C: máximo de 120 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no

caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.

No Art. 18 da Resolução CONAMA nº 430, fica claro que, para que a água possua condições de qualidade, deve-se fazer ensaio ecotoxicológico padronizado, verificando a possibilidade de ocorrer efeitos crônicos a organismos presentes no corpo hídrico.

Para o Art. 27 da Resolução CONAMA nº 430, as fontes potencial ou efetivamente poluidoras dos recursos hídricos deverão buscar práticas de gestão de efluentes com vistas ao uso eficiente da água, à aplicação de técnicas para redução da geração e melhoria da qualidade de efluentes gerados e, sempre que possível e adequado, proceder à reutilização.

O Art. 28 Resolução CONAMA nº 430 define que o responsável por fonte potencial ou efetivamente poluidora dos recursos hídricos deve apresentar ao órgão ambiental competente, até o dia 31 de março de cada ano, Declaração de Carga Poluidora, referente ao ano anterior.

2.8 Conservação e reúso de água na indústria

Segundo estudos feitos pela Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN, 2015), para que as indústrias tornem-se mais competitivas no mercado tanto nacional quanto internacional, devem implantar sistemas e procedimentos de gestão da demanda de água minimizando a geração de efluentes, se possível tratando seus efluentes para reúso interno ou adquirindo água de reúso produzida por companhias de saneamento. Essa prática consiste basicamente na gestão da demanda, ou seja, na utilização de fontes alternativas de água (águas pluviais de telhados ou pátios internos) e na redução dos volumes de água captados por meio da otimização do uso com efluentes industriais controlados e adequadamente tratados, proporcionando benefícios ambientais relevantes permitindo que um volume maior de água fique disponível para outras atividades, redução nas descargas de efluentes contaminados nos corpos hídricos, redução com gastos na captação e uso da água.

É importante lembrar que as opções de reúso só devem ser consideradas após o estudo de redução do consumo, sendo de grande importância conhecer a qualidade mínima necessária para atender o processo ou operação industrial em que se deseja utilizá-la. A água de reúso foi classificada em quatro tipos conforme Tabela 2:

Tabela 2 – Classes de água de reúso pela NBR-13.969 e padrões de qualidade

Água de Reuso	Aplicações	Padrões de Qualidade
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos com contato direto com o usuário	Turbidez < 5 uT Coliformes Termotolerantes < 200 NMP/100 mL Sólidos Dissolvidos Totais < 200 mg/L pH entre 6 e 8 Cloro residual entre 0,5 mg/L a 1,5 mg/L
Classe 2	Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais paisagísticos, exceto chafarizes.	Turbidez < 5 uT Coliformes Termotolerantes < 500 NMP/100 mL Cloro residual superior a 0,5 mg/L
Classe 3	Descargas em vasos sanitários.	Turbidez < 10 uT Coliformes Termotolerantes < 500 NMP/100 mL
Classe 3	Irrigação de pomares, cereais, forragens, pastagem para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.	Coliformes Termotolerantes < 5000 NMP/100 mL Oxigênio dissolvido > 2,0 mg/L

Fonte: Manual de Conservação e Reúso de Água na Indústria (FIRJAN, 2015)

2.8.1 Plano de conservação e reúso de água (PCRA)

Para a indústria é uma importante ferramenta na promoção do uso racional da água visando a uma caracterização qualitativa e quantitativa da água consumida e dos efluentes gerados em cada setor onde é operacionalizada. Para elaboração do PCRA é necessário um levantamento de dados que consiste em uma análise documental, um levantamento de dados no campo e uma compilação e apresentação de dados. A obtenção de êxito no programa de conservação e reúso de água depende da participação de equipes devidamente capacitadas.

Para a obtenção dos melhores resultados, é recomendada a contratação de profissionais ou empresas habilitadas para desenvolvimento e implementação de PCRA's.

2.8.2 Utilização de efluentes como água de reúso

Existem duas alternativas, sendo a primeira o reúso macro externo e, a segunda o reúso macro interno, que consiste em reúso de cascata e de efluentes tratados. Os efluentes gerados na indústria, devido à forma de coleta, dificilmente são usados na forma de cascata, sendo, então, o reúso de efluentes tratados a forma mais utilizada pelas indústrias, pois consiste na utilização dos efluentes gerados no local, os quais, após tratamento adequado, voltam a ser utilizados na linha de produção.

2.8.3 Aproveitamento de águas pluviais

Alternativa importante na captação de água devido aos grandes telhados e pátios das indústrias. Por ter a qualidade superior à dos efluentes gerados no processo de produção, essa água deve ser utilizada como complementar às fontes convencionais.

2.9 Monitoramento dos processos na indústria, automação

Com o objetivo de reduzir o consumo e os custos financeiros com a compra de produtos químicos usados na floculação e controle de pH, bem como de evitar o gasto excessivo de água no processo de beneficiamento, tornam-se necessárias melhorias no monitoramento, o qual atualmente é feito com peixes e aves, e com a ausência total de um controle automatizado.

Para a melhoria do monitoramento do processo de reúso da água, recomenda-se a instalação de sensores de pH no primeiro tanque, para acompanhar o valor de pH da água que é utilizada para resfriar as lâminas de corte e conter a expansão do pó da pedra ornamental, e no último tanque de decantação, tendo assim o objetivo de acompanhar o valor de pH que vai ser lançado no leito do rio. O monitoramento da vazão da água que é utilizada para refrigerar as máquinas de corte é útil para mensurar o gasto de água por m³ de pedra. O projeto de automação pode ser uma alternativa para maior controle e precisão das variáveis envolvidas no processo, o que tende a justificar um sistema de reúso de água mais eficiente, barato e sustentável.

3 Material e Métodos

3.1 Material

- Durante o desenvolvimento das atividades propostas no trabalho foram necessários:
- Veículo disponível para coleta de amostras;
- Materiais de laboratório para análise físico-química, tais como: frascos esterilizados usados na coleta de amostras, reagente colilert IDXX, estufa ethik, molde para

selagem, cartela para cultura, leitor de UV Boitton, papel fino secante, erlenmeyers com várias medidas de volume, barra magnética, agitador magnético, suportes e garras, oxímetro instrutherm MO 890, incubadora BOD digital Cienlab, placa de agitação, aparelho de medição de DBO com suporte/rack para garrafas integrado, sensores, garras, suporte de borracha, frascos para medição de amostras (157 a 428 mL), inibidor de nitrificação ATH, solução de hidróxido de potássio 45%, Beckers de vários volumes, funil, bureta, pHmetro Thermo Scientific, pissete com água destilada ou deionizada, soluções tampão com pH 4,01, pH 7 e pH 10,01, turbidímetro MS Tecnonon Instrumentação, cubeta para amostras, Pocket Colorimeter II Hach, cronômetro, reagentes para cloro total DPD, conta-gotas, refratômetro portátil de alta resolução para salinidade UNITY;

- Sonda multiparamétrica;
- Cromatógrafo de íons;
- Hidrômetros;
- Sensores de medição de vazão – arduíno mega 2560;
- Sensor de distância ultrassônico HC-SR04;
- Sensor de vazão de água 1/2”;
- pH *sensor kit*.

3.2 Métodos

3.2.1 Análises Físico-química e microbiológica da água coletada *in loco*.

Serão feitas cinco coletas para análise nos pontos já especificados na Figura 11, sendo a primeira em maio de 2016, a segunda em setembro de 2016, a terceira em dezembro de 2016, a quarta em março de 2017 e a quinta em junho de 2017.

3.2.1.1 Colilert para contagem de *E. coli* e bactérias coliformes em água

O método Colilert é um ensaio criado especificamente para contagem NMP de *E. Coli* e bactérias coliformes em água, potável ou não, com ou sem tratamento, o ensaio mede simultaneamente o total de Coliformes e de *E. Coli* em amostras de água. A base do ensaio é a tecnologia do substrato definido (DST – *Defined Substrate Technology*). O reagente DST é misturado em 100 mL de amostra e esta é incubada. As bactérias coliformes produzem a coloração amarela da amostra por meio da ação da β -galactosidade sobre ONPG (ortonitrofenil- β -D-galactopiranosídeo). A *E. Coli* é a bactéria termotolerante que apresenta fluorescência azul sob luz UV devido à ação da β -glicocuronidase sobre o MUG (4-metilumbeliferil- β -D-glicuronídeo (Ministério do Meio Ambiente – Resolução CONAMA nº 357).

3.2.1.2 Determinação de Oxigênio Dissolvido (OD) e Temperatura

Representa a quantidade de oxigênio molecular (O_2) dissolvido na água, expresso,

geralmente em mg L^{-1} em uma dada temperatura e pressão. Provém naturalmente de processo de dissolução/aeração das águas e como produto da reação de fotossíntese, variando em função da temperatura e salinidade da água e da pressão atmosférica. Reduções significativas nos teores de OD podem ser provocadas por despejos de origem orgânica (esgotos e alguns efluentes industriais) e/ou por elevação da temperatura, que pode diminuir a solubilidade do oxigênio na água. O OD é essencial à manutenção da biota aquática (FIORUCI & FILHO, 2005). O valor mínimo de OD, segundo Resolução CONAMA nº 357 para águas doces classe I, é de 6 mg L^{-1} , classe II é de 5 mg L^{-1} , classe III é de 4 mg L^{-1} , classe IV é de 2 mg L^{-1} (Ministério do meio Ambiente – Resolução CONAMA nº 357).

3.2.1.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Parâmetro mais usual de indicação de poluição por matéria orgânica, a determinação envolve a medida do oxigênio dissolvido utilizado pelos microrganismos na oxidação bioquímica de matéria orgânica. A DBO é avaliada experimentalmente determinando a concentração de OD antes e após um período (5 dias) durante o qual a amostra é mantida no escuro, à temperatura de 20°C e sob leve agitação. A DBO é expressa em mg L^{-1} , sendo empregada na determinação da quantidade aproximada de oxigênio que será necessário para oxidar biologicamente a matéria orgânica presente na água (FIORUCI; FILHO, 2005). Os valores máximos de DBO, segundo Resolução CONAMA nº 357 para águas doces classe I, é de 3 mg L^{-1} , classe II é de 5 mg L^{-1} , classe III é de 10 mg L^{-1} (Ministério do Meio Ambiente – Resolução CONAMA nº 357).

| 20 |

3.2.1.4 Potencial Hidrogeniônico (pH), com leitura direta no pHmetro

Refere-se à concentração relativa dos íons hidrogênio em uma solução, sendo calculado como logaritmo negativo de base 10 de concentração de H^+ em mols por litro, indicando alcalinidade ou acidez da solução. O pH tem influência indireta no que diz respeito à precipitação de compostos químicos tóxicos e na solubilidade de nutrientes em ecossistemas aquáticos. O pH também influi nos processos de tratamento em uma ETA (www.cetesb.sp.gov.br). Valores esperados de pH, segundo Resolução CONAMA nº 357 para águas doces classe I, II e III, variam de 6 a 9 (Ministério do Meio Ambiente – Resolução CONAMA nº 357).

3.2.1.5 Turbidez, utilizando o método do turbidímetro digital

Refere-se ao grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma amostra de água devido à presença de sólidos em suspensão, como partículas inorgânicas e detritos orgânicos. Os valores máximos de acordo com a Resolução CONAMA nº 357 para águas doces de classe I – 40 UNT, classe II – 100 UNT, classe III – 100 UNT (Ministério do Meio Ambiente – Resolução CONAMA nº 357).

3.2.1.6 Condutividade elétrica

Para avaliar a condutividade elétrica, será utilizado um condutivímetro digital. Refere-se à capacidade da água em conduzir corrente elétrica, e de concentrações iônicas e da temperatura

indicando as quantidades de sais existentes na coluna d'água. Níveis acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados (www.cetesb.sp.gov.br) (Ministério do Meio Ambiente – Resolução CONAMA nº 357).

3.2.1.7 Cloro total e cloro livre

O cloro total é a soma do cloro livre e do cloro combinado. Chama-se cloro residual livre o cloro presente na água na forma de ácido hipocloroso (HClO) ou íon hipoclorito (ClO^-), e cloro residual combinado o cloro presente na água nas formas de mono, di ou tricloroaminas. O valor máximo de cloro total de acordo com a Resolução CONAMA nº 357 para água doces classe I – 0,01 mg L^{-1} e classe II – 0,01 mg L^{-1} .

3.2.1.8 Salinidade

Mede a quantidade de sais dissolvidos na água. A salinidade das águas doces é dada em ppb ou ppt, ou seja, é normalmente muito baixa. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357, são adotadas as seguintes definições:

- a) águas doces – salinidade igual ou inferior a 0,5 por mil;
- b) águas salobras – salinidade entre 0,5 e 30 por mil;
- c) águas salinas – salinidade superior a 30 por mil.

3.2.1.9 Metais em ambientes aquáticos pela técnica de espectrometria de absorção atômica em chama (AAS)

Átomos no estado fundamental são capazes de absorver energia luminosa de um comprimento de onda específico, alcançando um estado excitado. Aumentando-se o número de átomos presentes no caminho óptico pode-se aumentar a quantidade de radiação absorvida. Medindo-se a variação da quantidade de luz transmitida, pode-se realizar uma determinação quantitativa do analítico presente (SILVA JUNIOR; BIDART; CASELLA, 2016).

3.2.2 Monitoramento de quantidade e qualidade de água

3.2.2.1 pH sensor kit

O pH sensor kit é um sistema de monitoramento de pH altamente compacto. O kit inclui soluções para calibração, sonda de pH e uma placa para se conectar diretamente ao microcontrolador. Essa configuração permite que o usuário monitore o pH de forma precisa, sem ter que adicionar qualquer circuito ou componentes adicionais ao seu sistema. A comunicação com o Circuito pH é feito usando apenas 11 comandos simples. O circuito de pH fornece médias de leituras científicas para qualquer sistema integrado que tem uma interface de conexão RS232 (oscilação de tensão 0-VCC, não + / - 12 volts).

3.2.2.2 Sensor de fluxo de água

O sensor de fluxo de água é constituído por um corpo de válvula plástica conforme a um rotor de água, e um sensor de efeito Hall. Segundo Moraes (2012), um dispositivo Hall constitui-se tipicamente de uma placa de metal ou semicondutor de comprimento l , espessura t e largura w . Quando uma corrente I_x passa pela placa, estando sujeita a uma densidade de fluxo magnético B_z perpendicular ao plano da placa, uma tensão Hall aparecerá nos contatos laterais. Quando a água flui através do rotor, ela representa uma corrente, desta forma haverá uma tensão Hall variando no sensor de acordo com a vazão de água.

3.2.2.3 Sensor ultrassônico

O sensor ultrassônico é dividido em duas partes, um receptor e um emissor, em que o circuito emissor gera uma onda senoidal de 40 KHz, já o receptor terá um filtro amplificador e a saída é ligada no pino Echo. Quando o pino de Trigger é acionado, o oscilador gera um sinal de curta duração que se propaga no ar a uma velocidade aproximada de 340 m/s. Após o pino de Trigger ser desligado, se o sinal enviado for refletido e captado pelo receptor haverá um sinal em Echo. O cálculo da distância não é feito pelo sensor (KEMPER, 2011).

3.2.2.4 Modelo de Arduíno Mega 2560

Entre os modelos de Arduíno no mercado, o modelo MEGA 2560 possui a maior quantidade de portas de entradas e saídas. Dessa forma, consegue-se implementar projetos mais complexos e com um baixo custo. O Atmega2560 tem 256 KB de memória flash para armazenamento de código (dos quais 8KB são usados pelo bootloader), 8 KB de SRAM e 4 KB de EEPROM.

Para uma análise prévia da água foram realizadas coletas em 5 pontos (Figuras 5, 6, 7, 8, 9 e 10), utilizando um béquer (volume 1L) para coleta no corpo receptor e recipientes de vidro (100 mL) devidamente esterilizados com a finalidade de acondicionar a amostra para análise microbiológica e frascos de plástico (500mL) com a finalidade de acondicionar a amostra para análises físico-químicas. Todos os recipientes contendo amostras foram armazenados em caixa térmica para lhes assegurar as características.



Figura 5 - Ponto 1, coleta direta no rio, no local onde a água é captada

Fonte: Arquivo dos autores (2016)



Figura 6 - Ponto 2: calha de saída de água para o descarte no rio (água residual final)

Fonte: Arquivo dos autores (2016)



Figura 7 - Ponto 3: saída de água da serra maior e entrada no primeiro tanque de decantação

Fonte: Arquivo dos autores (2016)



Figura 8 - Ponto 4: último tanque de decantação

Fonte: Arquivo dos autores (2016)



Figura 9 - Ponto 5: tanque com dosador com valas igual aos outros dois

Fonte: Arquivo dos autores (2016)



Figura 10 - Pontos de coleta de água para análise na Pedras Paraíso, Santo Antônio de Pádua, RJ

Fonte: Google Earth. Data da imagem: 30/10/2012

4 Resultados e Discussão

| 24 | A água utilizada na produção da indústria vem da captação de água no rio Pomba, sem nenhum tipo de controle do volume consumido, e da concessionária pública de abastecimento de água com um consumo médio de 20m³ mensais de água. Não há aproveitamento de água da chuva.

Uma vez captada, a água que vem do rio segue por dois caminhos:

a) **Pedra menor:**

- Segue para as três serras circulares com um consumo aproximado de 30 l/min;

b) **Pedra maior:**

- Segue para a serra grande circular com um consumo aproximado de 80 l/min;
- Após passar pelas serras, a água segue para ser tratada em três tanques de decantação. Esses tanques estão conectados e possuem 10,5 m³, 128 m³ e 41 m³ de volume respectivamente sendo que o primeiro deles não recebe o floculante (sulfato de alumínio Al₂(SO₄)₃). Após passar pelos tanques, a água residual segue para uma cisterna com volume aproximado de 6,8 m³. Foi informado por funcionários que, após chegar à cisterna, essa água residual ou é reaproveitada (o que não foi observado) ou é direcionada para o rio Pomba, sem sofrer nenhum tipo de análise antes. A limpeza do primeiro tanque de decantação (que acumula mais sedimentos) é realizada durante feriados prolongados, e foi informado que, a cada três meses, saem aproximadamente cinco caminhões carregando 75 m³ de pó residual. O proprietário está negociando com uma olaria localizada no Município de Campos dos Goytacazes que pretende usar o pó residual para melhorar a qualidade da argila, porém o custo com o transporte vem dificultando a negociação.

Ao serem questionados sobre a existência de alguma forma de monitoramento das águas, foi informado por um dos funcionários que há peixes nos tanques de decantação com esse intuito, pois a mortandade detectada desses peixes significa que o pH da água está alterado. Quando o pH não está alto a água é reutilizada.

A água que vem da concessionária pública de abastecimento de água é direcionada para seis caixas-d'água, distribuídas da seguinte maneira:

- duas caixas nos vestiários (2 chuveiros, 2 vasos);
- uma caixa no refeitório (1 filtro, 1 torneira);
- duas caixas no prédio de escritórios (1 copa – 1 torneira e 1 banheiro, 1 chuveiro, 1 torneira e 1 vaso);
- uma na caixa para a lavagem de equipamentos.

Essas águas (exceto a de lavagem) vão para duas fossas: uma atrás do prédio principal com 25 m³ e outra abaixo do vestiário com 100 m³.

Pelas análises feitas no laboratório LABFOZ IFFluminense – Polo de Inovação Campos dos Goytacazes, (Tabela 3) de acordo com a Resolução nº 357 do CONAMA, verificou-se que:

- o parâmetro OD enquadra como classe III para o ponto 3 e classe II para os demais pontos;
- para o parâmetro pH, todas as amostras estão dentro do padrão para retorno ao corpo hídrico;
- para o padrão da condutividade, trata-se de um ambiente impactado nos pontos 2 a 5;
- para sólidos totais dissolvidos, o ponto 1 apresentou um valor muito menor que os pontos 2 a 5;
- para turbidez, o ponto de coleta 1 está dentro do padrão de classe I e os demais pontos 2, 3 e 4 estão fora dos padrões para classificação II e III e, por isso, estão impróprios para lançamento em corpos hídricos;
- para os sólidos totais dissolvidos, a amostra coletada no corpo hídrico apresenta um valor muito inferior, cerca de 50% dos outros pontos de coleta, caracterizando assim uma grande presença de sólidos nos outros pontos de coleta.
- como a condutividade está diretamente relacionada aos sólidos dissolvidos, ocorreu a mesma variação do ponto de coleta 1 para os demais pontos, o que representou um aumento de aproximadamente 50%.

Tabela 3 - Análises físico-químicas

Ponto	pH	Temperatura (°C)	OD (ppm DO)	Condutividade (µS/cm)	TDS (ppm Tds)	Turbidez (NTU)
1	6,97	25,15	3,77	65	33	5,7
2	6,92	25,1	3,71	107	53	432
3	8,38	25,34	4,22	99	50	879
4	6,85	25,3	3,65	133	67	777
5	7,11	25,25	2,4	127	63	1350

Fonte: arquivo dos autores (2015)

Para as análises microbiológicas (Tabela 4) verificou-se que todas as amostras exceto a do ponto 5 estão dentro dos padrões exigidos pela resolução 357 do CONAMA para águas doce de classe 3, o valor apresentado pelo ponto 5 será reavaliado devido a discrepância com os demais pontos analisados.

Tabela 4 – Resultados da análise microbiológica (NMP: número mais provável)

Ponto	Colif. Termotolerantes (NMP)	Colif. Totais (NMP)
1	2419,6	2419,6
2	2419,6	2419,6
3	2419,6	2419,6
4	2419,6	2419,6
5	207,7	2419,6

Fonte: arquivo dos autores (2015)

5 Conclusões

- Constatou-se haver a necessidade de várias coletas de material a ser analisado em períodos distintos; pois, apesar de contaminada com pó de pedra, a maior parte da água utilizada na análise prévia está em conformidade com a CONAMA 357/2005.
- Há desperdício de água devido à falta de controle na utilização da mesma linha de produção, gerando uma grande necessidade de controle automatizado.
- Conclui-se que a forma mais eficiente de se reduzir a capacitação de água diretamente do corpo hídrico seria o reúso de água na indústria por meio da reutilização do efluente líquido gerado na produção e a captação de águas pluviais.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. ANA. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/>>. Acesso em: dez. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. ANA. *Bacia do rio Paraíba do Sul*. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/outorgaefiscalizacao/RioParaibadoSul.aspx>> Acesso em: 27 jun. 2016.

ANVISA. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal/anvisa/home>> Acesso em: dez. 2015.

ARDUÍNO Mega. Disponível em: <<http://multilogica-shop.com/Arduino-mega>>. Acesso em: jul. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. *NBR 15527: água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos*. Rio de Janeiro, 2007.

_____. *NBR 10.004: Resíduos sólidos: classificação*. 2004. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/abnt/conheca-a-abnt>>. Acesso em: 2016.

_____. *NBR 10.006: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro, 2004b.

_____. *NBR 10.007: Amostragem de resíduos sólidos* Rio de Janeiro, 2004c.

BRAGA, F. S. et al. Estudo e classificação e quantificação das lamas geradas no processo de beneficiamento de rochas ornamentais. *Revista de Engenharia Sanitária Ambiental*, v.15, n.3, p.237-244, 2010.

BRASIL. Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a Lei nº. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, 23 dez. 2010.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. FIRJAN. *Manual de Conservação e Reúso de Água na Indústria: DIM*. 1ª. Ed. 2006.

GUEDES, H.A.S.; SILVA, D.D. da; ELESBON, A.A.A. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pombo, MG. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB*, v. 16, n. 5, p.558-563, 2012.

FELLENBERG, G. *Introdução aos problemas da poluição ambiental*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, EDUSP, 1980.

| 27 |

FIORUCI, A. R.; FILHO, E. B., A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. *Química Nova na Escola*, n.22, nov. 2005.

FREITAS J. J. G. de. 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.

Instituto Estadual Ambiental INEA Disponível em <<http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown>> Acesso em dezembro de 2015.

INTRODUÇÃO ao Arduino. UFMS, Mato Grosso do Sul, 2012. Disponível em: <http://destacom.ufms.br/mediawiki/images/9/9f/Arduino_Destacom.pdf>. Acesso em: abr. 2016.

KEMPER. *HC-SR04: Sensor de Ultrassom*. Disponível em: <<http://www.kemper.com.br/wordpress/2011/08/30/hc-sr04-um-sensor-de-ultra-som-barato/>>. Acesso em: abr. 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CONAMA. *Resolução 357*. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/portconama/legiabre.cfm?codleg=459>>. Acesso em: dez. 2015.

_____. *Resolução 430 de 2011*. Disponível em <<http://www.mma.gov.br>>.

_____. *Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/politica-de-residuossolidos>>. Acesso em: abr. 2016.

pH Sensor kit. Disponível em: <<https://www.sparkfun.com/products/10972>>. Acesso em: abr. 2016.

SÁ, R. F. *Análise da água utilizada no processo de desdobramento das rochas ornamentais de uma empresa de Campina Grande, PB*. Disponível em: <<http://dspace.bc.uepb.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/6829>>. Acesso em: 25 out. 2015.

SILVA JUNIOR, A.I.; BIDART, A.M.; CASELLA, R.J. *Absorção atômica*. Disponível em: <www.ifrj.edu.br/webfm_send/545>. Acesso em: 2016.

SILVA NETO, R.; SILVESTRE, B. S. Inovação tecnológica como agente de redução de impactos ambientais da indústria de rochas ornamentais no estado do Rio de Janeiro. *Ambiente Construído [Online]*, v. 13, p. 235, 2013.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. *Introdução à química ambiental*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 256 p.