



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL**

RODOLFO FELIX DE SÁ

**ANÁLISE DA ÁGUA UTILIZADA NO PROCESSO DE DESDOBRAMENTO DAS
ROCHAS ORNAMENTAIS DE UMA EMPRESA DE CAMPINA GRANDE - PB**

**CAMPINA GRANDE-PB
2014**

RODOLFO FELIX DE SÁ

**ANÁLISE DA ÁGUA UTILIZADA NO PROCESSO DE DESDOBRAMENTO DAS
ROCHAS ORNAMENTAIS DE UMA EMPRESA DE CAMPINA GRANDE - PB**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à banca examinadora da
graduação do Curso de Química Industrial
como requisito para obtenção do título de
Químico Industrial, pela Universidade
Estadual da Paraíba.

ORIENTADORA: Profa. Dra. LÍGIA MARIA RIBEIRO LIMA

**CAMPINA GRANDE-PB
2014**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

S111a Sá, Rodolfo Felix de.
Análise da água utilizada no processo de desdobramento das rochas ornamentais de uma empresa de Campina Grande - PB [manuscrito] / Rodolfo Felix de Sá . - 2014.
34 p. : il. color.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.

"Orientação: Prof. Dr. Lígia Maria Ribeiro Lima, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".

1. Análise de água. 2. Rochas ornamentais. 3. Parâmetros físico-químicos. I. Título.

21. ed. CDD 628.3

RODOLFO FELIX DE SÁ

ANÁLISE DA ÁGUA UTILIZADA NO PROCESSO DE DESDOBRAMENTO DAS
ROCHAS ORNAMENTAIS DE UMA EMPRESA DE CAMPINA GRANDE - PB

Aprovado em: 04 / 12 / 2014

Nota: 10,0 (Dez noz. zero)

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Lúcia Maria Ribeiro Lima
(Orientadora – DESA/ UEPB)



Profa. Dra. Vera Lúcia Meira de Moraes Silva
(Examinadora – DQ/ UEPB)



Prof. Dr. Antônio Augusto Pereira de Souza
(Examinador – DQ/ UEPB)

CAMPINA GRANDE-PB
2014

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida.

A minha família, meu pai José Francisco Vieira de Sá, meus irmãos Rafael Felix de Sá e Rodrigo Felix de Sá, por sempre me apoiarem, incentivarem e estarem presentes em todos os momentos. E em especial a minha mãe Maria Lúcia Felix de Sá (*in memoriam*), que foi uma grande professora de química.

Ao meu tio Gonçalo Aniceto Vieira de Sá, minha tia Maria do Socorro Viana Silva de Sá, minhas primas Maria Gabriela Viana de Sá e Maria Rafaela Viana de Sá, por me acolherem e me acomodarem durante todo o período da graduação.

A minha orientadora professora Dra. Lígia Maria Ribeiro Lima, por ser presente na minha graduação.

Ao professor Dr. Antônio Augusto Pereira de Souza, pela orientação em dois anos de trabalho pesquisa.

A professora Dra. Vera Lúcia Meira de Moraes Silva, por aceitar participar da banca avaliadora da apresentação de minha monografia.

Agradeço a todos os amigos, aos que estiveram antes mesmo de entrar na Universidade e aos conquistados ao longo da graduação, que tiveram o prazer de desfrutar da minha companhia.

A Universidade Estadual da Paraíba, por oferecer um curso público de qualidade.

Por fim, a todos que estiveram presentes em minha vida, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Sabe-se que 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. Com um consumo muito alto, cabe a indústria a uma busca econômica e socioambiental para a reutilização de parte da água utilizada no beneficiamento, armazenando a água em um reservatório. O objetivo desta pesquisa foi analisar a água de um reservatório de uma indústria de beneficiamento de rochas ornamentais da cidade Campina Grande, no estado da Paraíba. Foram coletadas amostras em três pontos do reservatório para análise de determinação de pH com leitura direta no pHmetro, determinação da cor pelo método de leitura do colorímetro digital, determinação de sólidos totais dissolvidos, sal, temperatura e condutividade elétrica utilizando um condutivímetro digital, e determinação de turbidez utilizando o método do turbidímetro digital. Os resultados das análises de condutividade elétrica, apresentaram altos valores. A cor, apresentou-se uma elevada concentração. Os resultados das análises de pH, caracterizaram uma água básica. Os resultados para a determinação de sólidos totais dissolvidos apresentaram a um resultado caracterizando a água como abrasiva. Para determinação de temperatura, apresentaram resultados de acordo com o clima da cidade. Apresentou-se ser uma água salobra. E para a determinação de turbidez, houve uma distinção nos resultados das amostras.

PALAVRAS-CHAVE: Análise de água; rochas ornamentais; parâmetros físico-químicos.

ABSTRACT

It is known that water is an essential natural resource, also known as a biochemical component of living beings, as a habitat of many plant and animal species, as a representative element of social and cultural values and even as a factor of production of various consumer goods final or intermediate. In the ornamental stone processing industry, water is used in various stages of the transformation of blocks in plates process. With a very high consumption, it is up to industry to do an economic and environmental search on reuse of the water used in processing, storing water in a reservoir. The objective of this research was to analyze the water from a water reservoir of an ornamental stone processing industry in the city of Campina Grande, in the state of Paraíba. Samples were collected at three points of the reservoir for analysis of pH determination with direct reading in pH meter, determination of color by the method of reading the digital colorimeter, determination of total dissolved solids, salt, temperature and electrical conductivity using a digital conductivity, and determination turbidity using the method of digital turbidimeter. The results of the electrical conductivity analysis, showed high values. The color, presented a high concentration. The results of the pH, characterized a basic water. The results for the determination of total dissolved solids presented a result featuring the water as abrasive. To determine temperature, the results were according to the climate of the city. It appeared to be a brackish water. And for the determination of turbidity, there was a difference in the results of the samples.

KEYWORDS: Water analysis; ornamental stones; physical and chemical parameters.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
3.1 ÁGUA	12
3.1.1 Disponibilidade de Água no Brasil	12
3.1.2 Sistema de Abastecimento de Água	12
3.1.3 Tipos de Mananciais	13
3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA	14
3.2.1 Condutividade Elétrica	14
3.2.2 Cor	14
3.2.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)	15
3.2.4 Sólidos Dissolvidos Totais	15
3.2.5 Temperatura	16
3.2.6 Turbidez	16
3.3 ROCHAS ORNAMENTAIS	16
3.3.1 Etapas do Processo Produtivo	17
3.3.1.1 Armazenagem dos blocos	17
3.3.1.2 Transformação de blocos em chapas	18
3.3.1.3 Beneficiamento das rochas ornamentais	20
3.4 GERAÇÃO DE RESÍDUOS DO DESDOBRAMENTO DAS ROCHAS ORNAMENTAIS	20
3.5 NORMAS E LEGISLAÇÕES VIGENTES	21
3.5.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos	21
3.5.2 Norma Para Disposição de Rejeitos de Beneficiamento em Mineração	22
4 METODOLOGIA	24
4.1 COLETA DAS AMOSTRAS	25
4.2 ANÁLISES DESENVOLVIDAS	26
4.2.1 Cor	26
4.2.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)	26
4.2.3 Turbidez	26
4.2.4 Condutividade Elétrica	27
4.2.5 Sólidos Totais, Sal e Temperatura	27

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 Condutividade Elétrica	28
5.2 Cor	28
5.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)	29
5.4 Sólidos Totais Dissolvidos	30
5.5 Sal	30
5.6 Temperatura	31
5.7 Turbidez	31
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

Não se pode imaginar vida orgânica sem a presença de água, que se caracteriza como elemento fundamental na manutenção e preservação da vida de todos os seres, inclusive os humanos, por ser essencial ao seu consumo, bem como para o desenvolvimento de todas as atividades industriais e agrícolas (REBOUÇAS, 2004).

A água é a seiva de nosso planeta. Ela é condição essencial de vida de todo vegetal, animal ou ser humano. Tem um grande valor econômico, precisando saber que ela é algumas vezes rara e dispendiosa e que pode muito bem escassear em qualquer região do mundo. É uma das substâncias mais abundantes no planeta Terra, podendo ser encontrada em três estados físicos: sólido (geleiras), líquido (oceanos e rios) e gasoso (vapor d'água na atmosfera).

Estima-se que 96,54% da água que existe no mundo encontram-se no mar. Há também lagos salgados e presume-se que mais da metade da água subterrânea também seja salgada. No cômputo geral, podemos dizer que 97,5% da água que existe é salgada. Os 2,5% do volume restante, sendo considerada água doce, encontram-se em lagos, lagoas, deltas, pântanos e até no solo. Mais de 2/3 da água doce ficam nas geleiras e na cobertura permanente de neve sobre as montanhas e as regiões polares, restando ainda quase 1/3 da água doce existente. Contudo, mais de 96% dessa água doce restante está confinada nos poros ou entranhada nas fissuras das rochas subterrâneas, em formações conhecidas como aquíferos (ANA, 2012).

De acordo com dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) e da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), há evidências de que atualmente cerca de 54% da água doce acessível contida em rios, lagos e aquíferos já esteja sendo utilizada pela sociedade. Em termos globais, 69% dessa água destinam-se à irrigação das lavouras, 23% são usadas pela indústria e 8% destinam-se aos diversos usos domésticos (ANA, 2012).

Entre as indústrias que utilizam a água, estão às empresas de beneficiamento de rochas ornamentais. As indústrias de beneficiamento de rochas ornamentais operam individualmente com três processos básicos dependentes do uso da água: desdobramento dos blocos, polimento e acabamento das chapas.

Esses processos exigem um grande volume do recurso hídrico, mas medidas de controle operacional e recirculação de água nos processos podem minimizar este consumo (ROXO *et al.*, 2006).

No município de Campina Grande, no Estado da Paraíba, encontra-se uma empresa de beneficiamento de rochas ornamentais, onde existe o processo de reutilização de boa parte da água utilizada durante os três processos. Para isso, utilizam tubulações e filtros para reaproveitarem o máximo possível de água. Após todo o processo de filtragem, a água é então depositada em um reservatório, de uso exclusivo para o beneficiamento das rochas ornamentais, não sendo destinada aos diversos usos domésticos.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho está voltado para análise da qualidade da água depositada no reservatório dentro da empresa, por meio de testes físico-químicos. A amostra a ser analisada foi coletada de três pontos, da captação para retorno ao processo de beneficiamento, da entrada no açude após a filtragem e de um ponto arbitrário.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a água de reservatórios da indústria do setor de minerais não metálicos, de uma Empresa de Beneficiamento de Rochas Ornamentais situada na cidade de Campina Grande, PB, no momento de captação para reutilização, em um ponto arbitrário e na chegada ao reservatório.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar o pH das amostras.
- Determinar a turbidez das amostras.
- Determinar a quantidade de sólidos presentes das amostras.
- Determinar concentrações iônicas das amostras.
- Determinar a quantidade de sais dissolvidos nas amostras.
- Determinar a temperatura das amostras.
- Determinar a cor das amostras.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 ÁGUA

A água é uma substância abundante na Terra. Cerca de 3/4 da superfície do planeta são recobertas por água. Existe em vários lugares e formas: em sua maioria nos oceanos e nas calotas polares de nosso planeta, mas também em nuvens, água de chuva, rios. Sob o ponto de vista químico, a água é um líquido incolor, inodoro e insípido, composto de hidrogênio e oxigênio, sua fórmula química é H₂O (TRATAMENTO DE ÁGUA, 2014).

3.1.1 Disponibilidade de Água no Brasil

O Brasil é privilegiado na disponibilidade de recursos hídricos. O País conta com 12% de toda a água doce do planeta, tem as bacias São Francisco e Paraná e cerca de 60% da bacia amazônica. Enquanto, em todo o mundo, mais de 1 bilhão de pessoas não têm acesso à água, o volume de água por pessoa no Brasil é 19 vezes superior ao mínimo estabelecido pela Organização das Nações Unidas (ONU), de 1.700 m³.s⁻¹ por habitante por ano (PORTAL BRASIL, 2014).

Com relação a disponibilidade, o Brasil detém 53% do manancial de água doce disponível na América do Sul e possui o maior rio do planeta (rio Amazonas). Os climas equatorial, tropical e subtropical que atuam sobre o território, proporcionam elevados índices pluviométricos. No entanto, mesmo com grande disponibilidade de recursos hídricos, o país sofre com a escassez de água potável em alguns lugares. A água doce disponível em território brasileiro está irregularmente distribuída, aproximadamente, 72% dos mananciais estão presentes na região amazônica, restando 27% na região Centro-Sul e apenas 1% na região Nordeste do país (BRASIL ESCOLA, 2014).

3.1.2 Sistema de Abastecimento de Água

Um sistema de abastecimento de água caracteriza-se pela retirada da água da natureza, adequação da sua qualidade, transporte até aos aglomerados e fornecimento à população em quantidade compatível com as suas necessidades.

Um sistema de abastecimento de água pode ser concebido para atender a pequenas povoações ou a grandes cidades, variando nas características e porte das suas instalações (SANESUL, 2012).

Os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA's) são obras de Engenharia que, além de objetivarem assegurar o conforto às populações e prover parte da infraestrutura das cidades, visam prioritariamente superar os riscos a saúde impostos pela água. Para que os SAA's cumpram com eficiência a função de proteger os consumidores contra o risco à saúde humana, é essencial um adequado e cuidadoso desenvolvimento de todas as suas fases: a concepção, o projeto, a implantação, a contaminação e a manutenção (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006).

Um sistema de abastecimento é o conjunto de equipamentos e instalações responsáveis pela captação, tratamento, transporte, armazenamento e distribuição de água potável de modo a assegurar o abastecimento de água às populações. Dele fazem parte (SANESUL, 2012):

- Captação: Instalação onde a água é retirada da sua origem natural.
- Posto de Cloragem (PC) e/ ou Estação de Tratamento de Água (ETA): Instalações onde a água é tratada de modo a ser potável.
- Reservatório: Instalação onde a água é armazenada.
- Estação Elevatória (EE): Instalação onde a água é bombeada (ou elevada) para zonas situadas a altitudes superiores.
- Conduto Adutora: Tubagem que transporta a água desde a captação até à rede de abastecimento, ligando os vários equipamentos e instalações.
- Rede de Abastecimento (rede de distribuição): Conduitas, em regra instaladas na via pública, que transportam a água até aos ramais de ligação, os quais asseguram o abastecimento de água às habitações.

3.1.3 Tipos de Mananciais

Chama-se de manancial abastecedor a fonte de onde se retira a água com condições sanitárias adequadas e vazão suficiente para atender a demanda. No caso da existência de mais de um manancial, a escolha é feita considerando-se não só a quantidade e a qualidade, mas também, o aspecto econômico, pois nem

sempre o que custa inicialmente menos é o que convém, já que o custo maior pode implicar em custo de operação e manutenção menor.

Na escolha de manancial, também se deve levar em consideração o consumo atual provável, bem como a previsão de crescimento da comunidade e a capacidade ou não do manancial satisfazer a este consumo. Todo e qualquer sistema é projetado para servir, por certo espaço de tempo, denominado período de projeto. Estes reservatórios podem ser dos seguintes tipos: superficiais (rios e lagos), subterrâneos (fontes naturais, galerias filtrantes, poços) e águas pluviais (superfícies preparadas) (FILHO, 2014).

3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA

3.2.1 Condutividade Elétrica

A água pura é um meio isolante, porém sua capacidade de solvência das substâncias, principalmente de sais, faz com que as águas naturais tenham, em geral, alto poder de condutividade elétrica. Esta condutividade depende do tipo de mineral dissolvido bem como da sua concentração (FILHO, 2014).

A quantidade de sais dissolvidos na água é que irá determinar o grau de condutividade elétrica, pois a mesma é proporcional à quantidade de sais. Além do que, a determinação da condutividade elétrica permite estimar de modo rápido a quantidade de sólidos totais dissolvidos presentes na água, que por sua vez, se for elevada favorece a corrosão (SANTOS, 2007).

3.2.2 Cor

A cor da água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la. A água pura é virtualmente ausente de cor. A presença de substâncias dissolvidas ou em suspensão altera a cor da água, dependendo da quantidade e da natureza do material presente.

A cor é sensível ao potencial hidrogeniônico (pH), pois quanto maior o pH, mais intensa a cor. Assim a remoção da coloração da água torna-se mais fácil quando o pH estiver baixo (SANTOS, 2007).

3.2.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH representa a concentração de íons hidrogênio, H^+ , dando uma indicação das condições de acidez, neutralidade e basicidade da água. Trata-se de um parâmetro de caráter operacional importante e deve ser acompanhado para otimizar os processos de tratamento (BAIRD, 2004).

As condições ácidas aumentam de atividade à medida que o pH decresce, ou seja, nos sistemas de abastecimentos, águas de pH baixo tendem a ser corrosivas ou agressivas a certos metais, paredes de concreto e superfícies de cimento amianto, enquanto que águas com valor elevado de pH tendem a formar incrustações (SANTOS, 2007).

Do ponto de vista analítico o pH é um dos parâmetros mais importantes na determinação da maioria das espécies químicas de interesse, tanto da análise de águas potáveis como na análise de águas residuárias, sendo, pois, uma das mais comuns e importantes determinações no contexto da química da água. No campo do abastecimento de água o pH intervém na coagulação química, controle da corrosão, abrandamento e desinfecção (FILHO, 2014).

3.2.4 Sólidos Dissolvidos Totais

A água com excessivo teor de sólidos em suspensão ou minerais dissolvidos tem sua utilidade limitada. Uma água com presença de 500 ppm de sólidos dissolvidos, geralmente, ainda é viável para uso doméstico, mas provavelmente inadequada para utilização em muitos processos industriais. Água com teor de sólidos superior a 1000 ppm torna-se inadequada para consumo humano e possivelmente será corrosiva e até abrasiva (FILHO, 2014).

Os sólidos dissolvidos são constituídos por partículas de diâmetro inferior a 10^{-3} μm e permanecem em solução mesmo após a filtração. Já os sólidos totais é a massa sólida obtida com a evaporação da parte líquida da amostra no intervalo de 103 a 105°C, em $mg.L^{-1}$.

3.2.5 Temperatura

A temperatura da água é muito importante, pois exerce determinada influência sobre outras propriedades da água, ou seja, acelera reações químicas, reduz a solubilidade dos gases, acentua sensação de sabor e odor, atua no desempenho das unidades de mistura rápida, floculação, decantação e filtração (SANTOS, 2007).

3.2.6 Turbidez

A turbidez é uma característica relacionada à existência de partículas suspensas na água. Tais partículas apresentam tamanhos variados e a sua presença provoca a dispersão e absorção da luz, dando à água uma aparência nebulosa, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa, pois a desinfecção da água, principalmente de vírus, torna-se melhor quanto menor é a turbidez da água (SANTOS, 2007).

A turbidez pode ser causada por uma variedade de materiais: partículas inorgânicas (argila, lodo, areia, *silte*) e descarga de esgoto doméstico ou industrial (SCURACCHIO, 2010).

Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais provocam elevações na turbidez das águas. Um exemplo típico deste fato ocorre em consequência das atividades de mineração, onde os aumentos excessivos de turbidez têm provocado formação de grandes bancos de lodo em rios e alterações no ecossistema aquático (SABESP, 2010).

3.3 ROCHAS ORNAMENTAIS

A expressão “rochas ornamentais” compreende geralmente as rochas naturais passíveis de polimento na superfície, utilizadas nas construções, tais como pisos e revestimentos. Entre elas, podem-se citar os granitos e mármore (VARGAS *et al.*, 2004).

Para o setor de rochas ornamentais e de revestimento, o termo granito designa um amplo conjunto de rochas silicáticas e os próprios granitos. Já o termo

mármore é utilizado para designar todas as rochas carbonáticas, metamórficas ou não, capazes de receber polimento e lustro (ABIROCHAS, 2014).

Na maioria das indústrias brasileiras o processo de beneficiamento de granito e demais rochas ornamentais obedece basicamente às fases seguintes: extração, desdobramento, polimento e acabamento (PEITER *et al.*, 2001).

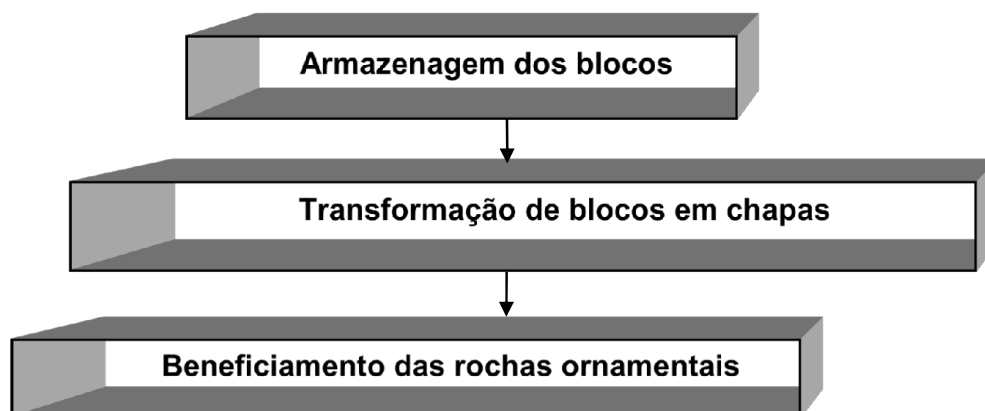
Quando extraídos, os blocos apresentam dimensões aproximadas que variam entre 5 e 10 m³. O desdobramento é feito por teares ou talha-blocos, que divide o bloco bruto em chapas semiacabadas (MARÇAL, 2011).

O desdobramento consiste na serragem dos blocos em chapas por meio de equipamentos denominados teares. O polimento das chapas brutas é realizado em equipamentos denominados politriz. E a última etapa, é o beneficiamento de rochas ornamentais onde após o corte em chapas e polidas é dado um acabamento final, transformando-as em artefatos.

3.3.1 Etapas do Processo Produtivo

No fluxograma ilustrado na Figura 1 estão descritas as etapas do processo produtivo de beneficiamento de granito e demais rochas ornamentais.

Figura 1 - Etapas do processo produtivo de beneficiamento de granito e demais rochas ornamentais



3.3.1.1 Armazenagem dos blocos

Os blocos extraídos nas jazidas são encaminhados para as indústrias de rochas ornamentais. Ao chegarem ficam em um pátio, onde são armazenados os

diversos blocos, que serão postos para o processo de desdobramento. O bloco a ser transformado em chapas, irá depender do pedido e também de acordo com a sua característica.

Na Figura 2 está ilustrado o local de armazenamento dos blocos extraídos nas jazidas.

Figura 2 - Blocos estocados em pátio de armazenamento.



Fonte: Própria (2014).

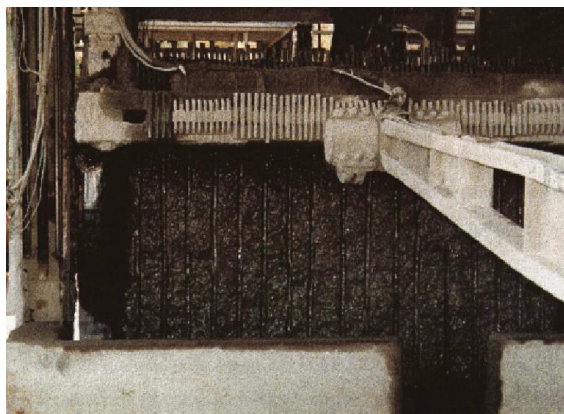
3.3.1.2 Transformação de blocos em chapas

O processo de corte é feito por meio do movimento pendular do tear, o qual faz com que as lâminas de aço e a mistura abrasiva imprimam uma ação de corte na rocha, executada pelo atrito e impacto do choque das lâminas contra o bloco (SOUZA, 2002).

A serragem em teares convencionais é auxiliada por uma mistura abrasiva (lama abrasiva) que é composta por polpa de água, bentonita e granalha (partículas de ferro, que fazem a abrasão no corte do bloco), sendo despejado continuamente, com a finalidade de lubrificar o processo. Ao fim, o pó de rocha é acrescido na lama abrasiva, onde, segundo Marçal (2011) existe uma perda no processo de serragem de 25 a 30% dos blocos.

Na Figura 3 está apresentado um modelo característico de tear com mistura abrasiva, usado para desdobramento dos blocos de rochas ornamentais.

Figura 3 - Tear convencional em processo de corte



Fonte: Calmon e Silva (2006).

Não existem somente os teares convencionais, há também os talha-blocos, que são equipamentos de serragem com discos diamantados, capacitados para cortes de grande profundidade, cuja maior utilização é voltada para produtos padronizados (lajotas). Os equipamentos com discos diamantados, capacitados para cortes mais rasos são chamados talha-chapas e muito utilizados nas marmorarias (ABIROCHAS, 2014). Entre outros, há o multifio que utiliza fios diamantados e uma grande quantidade de água para resfriamento dos fios para o corte.

Na Figura 4 está representado um modelo característico de um tear multifio usado para desdobramento dos blocos de rochas ornamentais.

Figura 4 - Tear multifio em processo de corte.



Fonte: Própria (2014).

3.3.1.3 Beneficiamento das rochas ornamentais

Após a serragem, outra etapa importante do beneficiamento das rochas ornamentais é o acabamento das superfícies, feito por levigamento, polimento e lustro (MARÇAL, 2011). O polimento das chapas é realizado em via úmida (água) com máquinas manuais, semiautomáticas ou automáticas. Para polir as chapas, estas máquinas pressionam em sentido rotatório um material chamado abrasivo, que consiste em um suporte plástico ou metálico que acondiciona um disco feito com material abrasivo. Este material pode ser basicamente de quatro tipos: magnesianos, resinóides, diamantados e metálicos (ROXO *et al.*, 2006). O processo final do polimento está ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Processo final do beneficiamento das rochas ornamentais



Fonte: Própria (2014).

O levigamento cria superfícies planares e paralelas por meio de desbaste grosseiro. O polimento, por sua vez, utilizando um desbaste fino, gera uma superfície lisa, opaca e mais impermeável do que uma face natural da mesma rocha. O lustro é responsável pelo brilho à superfície da chapa, produzido pelo espelhamento das faces dos cristais constituintes da rocha (MARÇAL, 2011).

3.4 GERAÇÃO DE RESÍDUOS DO DESDOBRAMENTO DAS ROCHAS ORNAMENTAIS

Diversos são os impactos causados pelo setor de rochas ornamentais, desde a pesquisa mineral até o corte de blocos e polimento de chapas. Os impactos

são classificados quanto à sua natureza, se de ordem social, econômica ou civil trabalhista, se causam danos diretamente à saúde do homem ou indiretamente por contaminação do meio ambiente (CALMON e SILVA, 2006).

A maior parte dos resíduos gerados no beneficiamento de rochas ornamentais acontece principalmente no primeiro processo, que é a transformação de blocos oriundos da jazida em chapas. Esse processo resulta em perda de rocha da ordem de 30%, mais ou menos, da massa do bloco. Durante o polimento, e em todas as outras etapas do beneficiamento, até chegar ao estágio final do produto especificado, a produção de rejeitos finos é menor que da serragem do bloco em chapas.

O rejeito é transportado para uma estação de tratamento composta por um decantador de fluxo ascendente e um filtro prensa, onde é reaproveitada ao máximo a quantidade de água. A água, então, será destinada a um reservatório onde posteriormente voltará a ser utilizada para o beneficiamento das rochas ornamentais.

3.5 NORMAS E LEGISLAÇÕES VIGENTES

3.5.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Lei n. 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é bastante atual e contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao País no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos.

Prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado).

Institui a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos: dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, o cidadão e titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos na Logística Reversa dos resíduos e embalagens pós-consumo e pós-consumo (www.mma.gov.br).

Cria metas importantes que irão contribuir para a eliminação dos lixões e institui instrumentos de planejamento nos níveis nacional, estadual, microrregional, intermunicipal e metropolitano e municipal; além de impor que os particulares elaborem seus Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

Também coloca o Brasil em patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos no que concerne ao marco legal e inova com a inclusão de catadoras e catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis, tanto na Logística Reversa quando na Coleta Seletiva.

Além disso, os instrumentos da PNRS ajudarão o Brasil a atingir uma das metas do Plano Nacional sobre Mudança do Clima, que é de alcançar o índice de reciclagem de resíduos de 20% em 2015 (www.mma.gov.br).

3.5.2 Norma Para Disposição de Rejeitos de Beneficiamento em Mineração

Sobre a implantação de reservatório de águas utilizadas no processo de beneficiamento de rochas ornamentais, deve-se obedecer à Norma NBR 13028:2006, que especifica os requisitos mínimos para elaboração e apresentação de projeto de barragens para disposição de rejeitos de beneficiamento, contenção de sedimentos e reserva de água em mineração, visando atender às condições de segurança, operacionalidade, economicidade e desativação, minimizando os impactos ao meio ambiente.

A Norma NBR 13028:2006 cita que, a disposição deve ser o mais próximo possível do sistema de beneficiamento e preferencialmente, em locais de níveis inferiores ao sistema de beneficiamento.

Na Tabela 1 estão descritas Legislações pertinentes ao resíduo.

Tabela 1 – Legislações pertinentes ao resíduo.

IDENTIFICAÇÃO	CONTEÚDO
RESOLUÇÕES CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente	
Resolução CONAMA n. 1, de 23/01/1986	Critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental
Resolução CONAMA n. 10, de 14/12/1988	Regulamento das Áreas de Proteção Ambiental - APA's
Resolução CONAMA n. 9, de 06/12/1990	Normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral, classes I, III, IV, V,VI,VII,VIII e IX
Resolução CONAMA n. 10, de 06/12/1990	Normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral, classe II
Resolução CONAMA n. 237, de 19/12/1997	Revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental
Resolução CONAMA n. 313, de 29/10/2002	Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais
LEGISLAÇÃO FEDERAL	
Lei n. 227 de 28/02/1967	Código de mineração – alterado pela Lei 318/1967
Portaria n. 518 de março de 2004	Padrões de Potabilidade (utilizada como parâmetro de monitoramento de água subterrânea, em área de depósito irregular de resíduos por não haver legislação específica)

Fonte: Reis e Alvarez (2007).

4 METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho foi visitada uma indústria de beneficiamento de rochas ornamentais na cidade de Campina Grande, no Estado da Paraíba, com o intuito de acompanhar desde o processo de beneficiamento até o produto final, para avaliação da água utilizada no processo de beneficiamento e descartada em reservatório.

O reservatório de coleta da água em estudo está apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Reservatório da água utilizada no processo de beneficiamento de rochas.

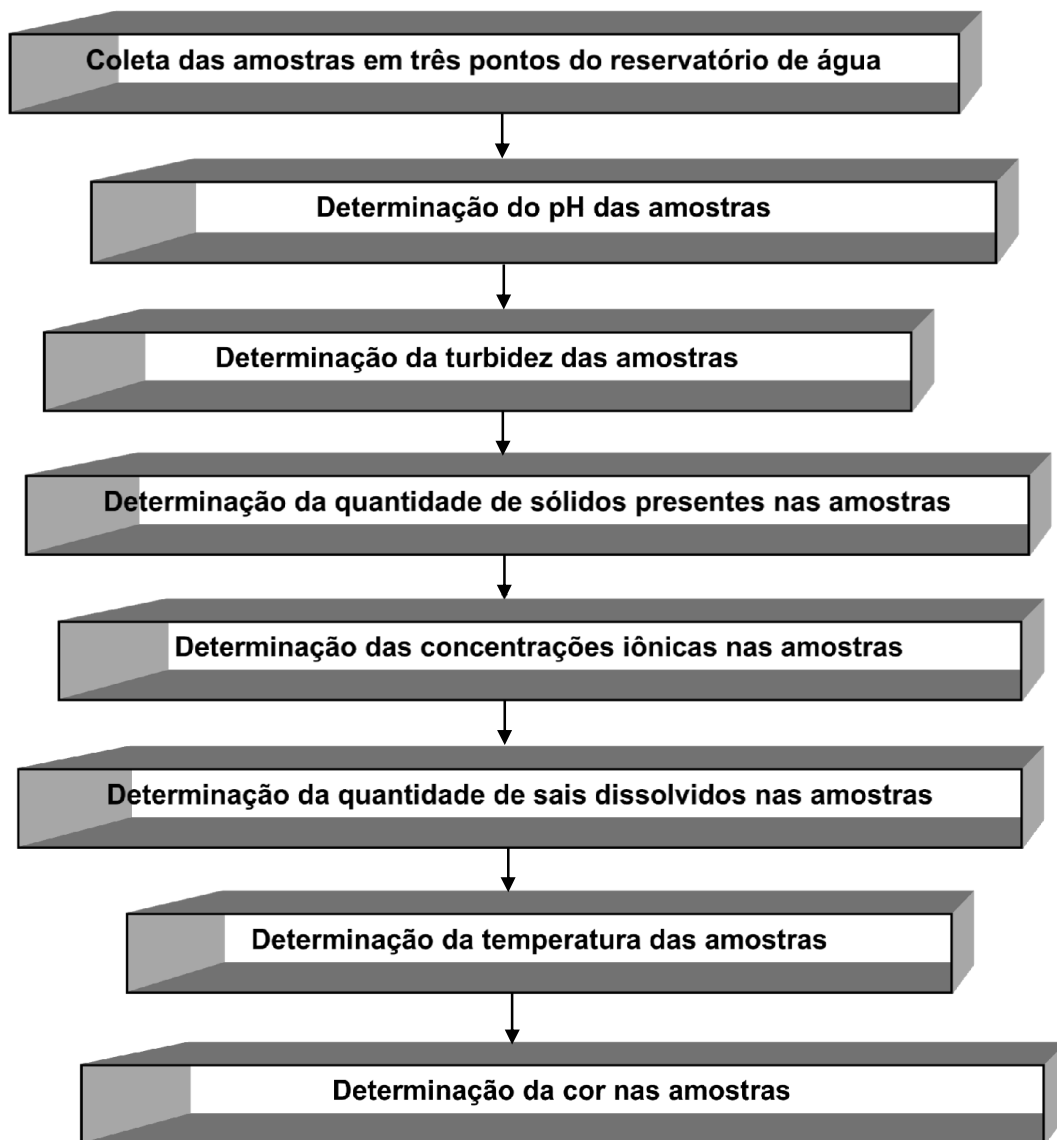


Fonte: Própria (2014).

A metodologia adotada, com a finalidade de pôr em prática os objetivos propostos nesse trabalho, está descrita a seguir e representada no fluxograma exposto na Figura 7.

- Coleta das amostras em três pontos do reservatório de água.
- Determinação do pH das amostras.
- Determinação da turbidez das amostras.
- Determinação da quantidade de sólidos presentes nas amostras.
- Determinação das concentrações iônicas nas amostras.
- Determinação da quantidade de sais dissolvidos nas amostras.
- Determinação da temperatura das amostras.
- Determinação da cor nas amostras.

Figura 7 – Etapas para o desenvolvimento dos objetivos propostos nesse trabalho.



4.1 COLETA DAS AMOSTRAS

As amostras foram coletadas em garrafas PET, e assim, destinadas ao laboratório para as devidas análises.

4.2 ANÁLISES DESENVOLVIDAS

4.2.1 Cor

A determinação da cor foi realizada utilizando um colorímetro digital modelo *Aqua Color Cor da PoliControl*, o qual foi devidamente calibrado com padrões de 10, 100 e 500 unidades de cor, fazendo uso juntamente com a água destilada como padrão em branco.

A unidade de cor (uC ou uH) é a produzida por 1mg de platina em 1 L de água, na forma de cloroplatino de cobalto (Pt-Co) ou Hazen. Sendo assim, o procedimento utilizado é um método instrumental para efetuar a leitura no equipamento, fazendo uso de uma cubeta, onde a amostra água a ser analisada foi depositada até a marcação que nela existe e em seguida, introduziu-se ao aparelho para leitura.

4.2.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH foi determinado por um método instrumental, utilizou-se um pHmetro modelo *QUIMIS Microprovessado*, calibrado com soluções padrões de 4, 7 e 9, com a finalidade de determinar o pH da solução como ácido ($\text{pH} < 7$), neutro ($\text{pH}=7$) ou alcalino ($\text{pH} > 7$).

4.2.3 Turbidez

A determinação da turbidez foi proveniente de um Turbidímetro Digital modelo 2100P, *Turbidimeter da HACH*, o mesmo foi calibrado com soluções padrões. O resultado é expresso em Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU), que corresponde a 1 mg.L^{-1} de formazina.

A formazina, solução padrão, é composta de uma mistura equimolecular de sulfato de hidrazina ($\text{N}_2\text{H}_6\text{SO}_4$) e hexametilenotetramina ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$).

O procedimento utilizado foi um método instrumental para realizar a leitura no equipamento, utilizando uma cubeta, na qual foi depositada a amostra até o traço de aferição. Em seguida introduziu-se a cubeta ao aparelho para leitura.

4.2.4 Condutividade Elétrica

As medidas de condutividade elétrica foram realizadas por um condutivímetro digital de marca *Orion 150Aplus Conductivity Meters*. O eletrodo foi colocado nas amostras de água, medindo diretamente a condutividade da amostra específica. O aparelho foi calibrado previamente com solução padrão de condutividade, com a constante igual a $0,4615 \text{ cm}^{-1}$. Os resultados são expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

4.2.5 Sólidos Totais, Sal e Temperatura

Para análise dos sólidos totais dissolvidos, salinidade e temperatura, utilizou-se do mesmo aparelho para a determinação da condutividade, um condutivímetro digital de marca *Orion 150Aplus Conductivity Meters*.

Os valores obtidos nas análises de sólidos totais dissolvidos, salinidade e temperatura foram expressos em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, ‰ e °C, respectivamente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica em águas é analisada pela presença de sais dissolvidos, com sua capacidade de solvência. Quanto maior a quantidade de sais, maior será a condutividade.

Na tabela 2 estão relatados os resultados referentes à condutividade nos três pontos de coleta.

Tabela 2 - Resultados da condutividade elétrica.

AMOSTRA	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)
Captação	1747
Entrada de efluente	1644
Arbitrário	1818

Fonte: Própria (2014).

Segundo a Agsolve (2014), a água deionizada apresenta uma condutividade de 0,5 a 3 $\mu\text{S.cm}^{-1}$, então, comparando com os resultados obtidos para a condutividade elétrica, estes apresentaram altos valores. Como as rochas ornamentais são blocos que em sua composição tem muitos minérios, e de acordo com Filho (2014), os altos valores em concentração de condutividade, apresentaram maiores por conta dos minérios na composição das rochas. Ainda assim, segundo Santos (2007), a alta concentração da condutividade pode favorecer a corrosão de todos os materiais que se utilizam desta água.

5.2 Cor

Ao falar sobre cor em água, imagina-se uma água transparente. A partir do momento em que se perde essa característica, identifica-se a presença de substâncias dissolvidas ou em solução. Como a água tem o seu destino para reprocessamento, e não para consumo humano, não há um parâmetro para comparação.

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados obtidos para a análise de cor nas amostras.

Tabela 3 - Resultados da cor.

AMOSTRA	COR (uC)
Captação	129,6
Entrada de efluente	132,1
Arbitrário	154,6

Fonte: Própria (2014).

A cor aparente é um parâmetro físico exigido pela Portaria n. 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) para águas destinadas ao consumo humano, devido à aparência e estética adequada que esta obrigatoriamente deve apresentar o valor máximo permitido é de 15 uC. Com isso, os resultados obtidos referentes à cor nas amostras apresentaram uma elevada concentração. Esse comportamento pode ser devido à existência de partículas do pó fino, obtidas no processo de beneficiamento. Podem-se observar, a olho nu, substâncias em suspensão.

5.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH é um dos parâmetros físico-químicos de rápido resultado e, que pode-se diagnosticar precocemente algumas características da água em estudo.

Na Tabela 4 estão apresentados os resultados de pH das amostras coletadas.

Tabela 4 - Resultados pH.

AMOSTRA	pH
Captação	9,23
Entrada de efluente	9,5
Arbitrário	10,13

Fonte: Própria (2014).

Os resultados obtidos referentes ao pH das amostras, apresentaram caráter alcalina, devido aos minérios contidos no resíduo que estavam em suspensão na

água. Devido ao fato de apresentarem concentrações altas de pH, segundo Santos (2007), podem ocorrer a formação de incrustações em certos metais.

5.4 Sólidos Totais Dissolvidos

Sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um tempo fixado. A matéria sólida é característica física de maior interesse no dimensionamento e controle de operações de unidades de tratamento de águas.

Na Tabela 5 estão apresentados os valores de sólidos totais dissolvidos sobre as amostras analisadas.

Tabela 5 - Resultados dos sólidos totais dissolvidos.

AMOSTRA	STD (mg.L⁻¹)
Captação	858
Entrada de efluente	804
Arbitrário	894

Fonte: Própria (2014).

Os resultados obtidos referentes aos sólidos totais dissolvidos apresentaram altos valores. De acordo com Filho (2014), a água quando apresenta valores próximos a 1000 ppm (ou 1000 mg.L⁻¹) é considerada abrasiva. A abrasividade pode ocorrer devido ao próprio processo abrasivo utilizado para o beneficiamento das rochas.

5.5 Sal

Esse parâmetro tem grande importância na caracterização das massas de água, já que a salinidade determina diversas propriedades físico-químicas, entre as quais a densidade, o tipo de fauna e flora e os potenciais usos humanos da água.

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados obtidos para a análise de salinidade nas amostras.

Tabela 6 - Resultados da salinidade.

AMOSTRA	SAL (‰)
Captação	0,9
Entrada de efluente	0,8
Arbitrário	0,9

Fonte: Própria (2014).

Considerando-se água salobra aquela que tem salinidades entre 0,5% e 30%. Desta maneira, a água doce pode ter uma salinidade entre 0% e 0,5%. De acordo com os resultados obtidos referentes a salinidade das amostras, indicam-se ser uma água de característica salobra.

5.6 Temperatura

A temperatura é uma característica física das águas, sendo uma medida de intensidade de calor ou energia térmica em trânsito, pois indica o grau de agitação das moléculas.

Na Tabela 7 estão apresentados os resultados obtidos para a análise de temperatura das amostras.

Tabela 7 - Resultados da temperatura.

AMOSTRA	TEMPERATURA (°C)
Captação	27
Entrada de efluente	27,1
Arbitrário	26,8

Fonte: Própria (2014).

Os resultados obtidos referentes às temperaturas apresentaram bons valores em junção com o clima na cidade de Campina Grande-PB.

5.7 Turbidez

A turbidez representa a propriedade óptica de absorção e reflexão da luz.

Na Tabela 8 estão apresentados os resultados obtidos para a análise de turbidez das amostras.

Tabela 8 - Resultados da turbidez.

AMOSTRA	TURBIDEZ (NTU)
Captação	94,1
Entrada de efluente	2320
Arbitrário	106

Fonte: Própria (2014).

Os resultados obtidos referentes à turbidez das amostras apresentaram valores distintos. Segundo a Portaria n. 2914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) é estipulado o valor máximo de 5,0 uT (unidade de turbidez) para a água de abastecimento. Na entrada de efluente, onde se encontra a recepção da água no reservatório, vindo do processo de beneficiamento das rochas, foram observados altos valores para a turbidez, devido ao fato da presença de muitas partículas em suspensão na água. Já as amostras coletadas nos pontos definidos como captação e arbitrário, apresentaram valores baixos em relação a saída, supondo que houve uma dispersão das pequenas partículas nas amostras.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se que o modo de produção adotado atualmente pelas empresas, está cada vez mais focado no que se define por desenvolvimento sustentável: “Atender às necessidades da atual geração, sem comprometer a capacidade das futuras gerações em prover suas próprias demandas”. Em outras palavras, usar os recursos naturais com respeito ao próximo e ao meio ambiente.

Atendendo essa definição, a indústria de beneficiamento de rochas ornamentais de Campina Grande - PB busca reutilizar no processo, os recursos naturais, com o propósito de reduzir seus custos e evitar desperdícios.

Com base nos dados obtidos, identifica-se uma água de característica salobra, abrasiva, alcalina e de alta condutividade elétrica. A abrasividade e a alcalinidade irão favorecer uma corrosão e formar incrustações aos equipamentos por onde a água irá ser transportada, respectivamente. E com os dados obtidos da turbidez, verifica-se em pontos uma alta concentração de partículas suspensas.

Portanto, a análise foi capaz de estudar os parâmetros físico-químicos para verificar a qualidade da água no reservatório das indústrias de rochas ornamentais. Aconselha-se realizar estudos periodicamente, para uma correção futura para que não ocorra desgaste e nem danificação dos materiais.

REFERÊNCIAS

ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais. Conheça as Rochas Ornamentais. Disponível em <<http://www.abirochas.com.br/>>. Acessado em 25 de set. de 2014.

AGSOLVE – Monitoramento Ambiental. Disponível em <<http://www.agsolve.com.br/dicas-e-solucoes/como-e-porque-medir-a-condutividade-eletrica-com-sondas-multiparametros>>. Acessado em 28 de out. de 2014.

ANA – Agência Nacional de Águas (Brasil). **Água na Medida Certa: A Hidrometria no Brasil**; textos elaborados por Antônio Cardoso Neto. Brasília: ANA, 2012.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 622 p., 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, Seção 1, do dia 26 seguinte, 266 p., 2011.

BRASIL ESCOLA - **Água**. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/agua.htm>>. Acessado em 28 de set. de 2014.

CALMON, J. L.; SILVA, S. A. C.. **Mármore e Granito no Espírito Santo: Problemas Ambientais e Soluções**. In: Domingues, A. F.; Boson, P. H. G.; Alípaz, S. A Gestão de Recursos Hídricos e a Mineração. Brasília: Agência Nacional de Águas – ANA, Instituto Brasileiro de Mineração - IBRAM, p. 199-231. 2006. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acessado em 15 de set. de 2014.

FILHO, C. F. M. **Abastecimento de Água**. Universidade Federal de Campina Grande - UFCG. Campina Grande-PB. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Abastece.pdf>>. Acessado em 15 de set. de 2014.

MARÇAL, R. L. S. B. **Fabricação de Vidros Especiais a Partir de Resíduos das Indústrias de Rochas Ornamentais**. Dissertação de Mestrado em Ciência dos Materiais. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro - RJ, 2011.

MINISTÉRIO DA SAÚDE – Secretaria de Vigilância e Saúde. **Boas Práticas no Abastecimento de Água: Procedimentos para Minimizar Riscos à Saúde**. Brasília - DF, 252 p., 2006.

PEITER, C. C.; CARANASSIOS, A.; VIDAL, F. W. H.; ALBUQUERQUE, G., S. C. de; FERREIRA, G. E.;. **Rochas Ornamentais no Século XXI: Bases para Uma Política de Desenvolvimento Sustentado das Exportações Brasileiras**. Rio de Janeiro: CETEM, 2001.

Política Nacional de Resíduos Sólidos. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pol%c3%adtica-de-res%C3%adduos-s%c3%b3lidos>>. Acessado em 20 de set. de 2014.

PORTAL BRASIL - **Lei das Águas Assegura a Disponibilidade do Recurso no País**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2010/10/lei-das-aguas-assegura-a-disponibilidade-do-recurso-no-pais>>. Acessado em 15 de set. de 2014.

REBOUÇAS, A. C.. **Uso inteligente da Água**. São Paulo: Escrituras Editora, 2004.

REIS, A. S.; ALVAREZ, C. E. **A Sustentabilidade e o Resíduo Gerado no Beneficiamento das Rochas Ornamentais**. IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Campo Grande-MS, 2007.

ROXO, M. B. C. F.; MARTINS, C. A. V. N.; OLIVEIRA, T. B.; SILVA, R. B.; RAMOS, G. A. S.; COUTO, M. C. L. **Análise da Gestão da Água nas Indústrias de Mármore e Granitos**. XXX Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria Y Ambiental. Uruguai, 2006.

SABESP. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br>>. Acessado em 21 de out. de 2014.

SANESUL – Empresa de Saneamento do Estado de Mato Grosso do Sul. Disponível em: <<http://www.sanesul.ms.gov.br>>. Acessado em 19 de out. de 2014.

SANTOS, S. R. **Tratamento da Água: Monitoramento das Características de Qualidade da Água Potável**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Construção Civil e Setor de Ciências Exatas. Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR, 2007.

SCURACCHIO, P. A. **Qualidade da Água Utilizada para Consumo em Escolas no Município de São Carlos - SP**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Araraquara - SP, 2010.

SOUZA, J. C. **Determinação do Custo de Desdobramento de Blocos em Serrarias de Rochas Ornamentais**. III Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste. Recife - PE, 2002.

TRATAMENTO DE ÁGUA - **Água**. Disponível em: <http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/biblioteca_detalhe.aspx?codigo=386>. Acessado em 21 de set. de 2014.

VARGAS, T.; MOTOKI, A.; NEVES, J. L. P.; ZUCCO, L. L. **Rochas Ornamentais, um Estudo para o Ensino Básico**. Anais do 2º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária. Belo Horizonte - MG, 2004.