

ANÁLISE CRÍTICA DOS PRINCIPAIS MÉTODOS DE TRATAMENTO SUPERFICIAL ATUALMENTE UTILIZADO NO SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS

CRITICAL ANALYSIS OF THE MAIN SURFACE TREATMENT METHODS CURRENTLY USED IN THE DIMENSION STONES INDUSTRY

Igor Coelho BARBOSA, Leonardo Luiz Lyrio da SILVEIRA

Centro de Tecnologia Mineral – CETEM - MCTIC. Av. Pedro Calmon, 900 - Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ. E-mail: igorcoelhobarbosa@hotmail.com; leolysil@cetem.gov.br

Introdução
Principais métodos de tratamento utilizados no setor de rochas
Materiais e métodos
Apresentação e discussão dos resultados
Considerações finais
Agradecimentos
Referências

RESUMO - Atualmente a utilização das rochas de cunho ornamental tem intensificado a exploração mineral no Brasil. O quartzito é um exemplo da necessidade deste setor, principalmente por apresentar boa resistência físico-mecânica e química. Devido à alta exigência do mercado em busca de novos materiais, as empresas responsáveis pela produção destas rochas estão sendo obrigadas a apresentar novos métodos de tratamento para remoção da oxidação superficial. O objetivo deste trabalho foi selecionar um dos quartzitos mais comercializados atualmente e determinar qual modo de tratamento é o mais eficiente, de forma a propor novos procedimentos a serem praticados nas indústrias. Para isso, foi feito um levantamento de dados em três empresas distintas, as quais utilizam em seu processo produtivo a mesma rocha, adquirida de um mesmo fornecedor, porém com métodos de aplicações para remoção da oxidação diferentes e usando o mesmo insumo, o ácido clorídrico, que é o item fundamental para a remoção da oxidação. Para a rocha estudada, a melhor técnica foi a aplicação do ácido por gravidade. Este trabalho visa colaborar para a diminuição do empirismo verificado no setor, considerando que as propriedades petrográficas de determinada rocha ornamental é fator primordial para melhor escolher o sistema para remoção de manchas de oxidação.

Palavras-Chave: Oxidação. Beneficiamento. Quartzito.

ABSTRACT - Currently, the use of dimension stones has intensified mineral exploration in Brazil. Quartzite is an example of the need for this sector, mainly because it has good physical-mechanical and chemical resistance. Due to the high demand of the market in searching new materials, the companies responsible for the production of these stones are being forced to present new methods of processing to remove surface oxidation. The objective of this work was to select one of the most commercialized quartzites today and to determine which processing type is the most efficient, in order to propose new methods for the industries. For this, a data survey was carried out in three different companies which process the same type of quartzite, from the same supplier, but with different application methods to remove oxidation and using the same input, the hydrochloric acid, which is the fundamental item for the removal of oxidation. For the studied stone, the best technique was the application of acid by gravity. This work aims to collaborate to reduce the empiricism verified in the sector, considering that the petrographic properties of a certain dimension stone is a fundamental factor to better choose the system for removing oxidation stains.

Keywords: Oxidation. Processing. Quartzite.

INTRODUÇÃO

O Brasil é mundialmente reconhecido pela excepcional geodiversidade mineral, inclusive nas rochas ornamentais, com destaque para seus materiais silicáticos (granitos e similares) e silicosos (quartzitos e similares). (Chiodi Filho, 2007).

De acordo com Parahyba et al (2009) a grande maioria da produção nacional de rochas ornamentais estão concentrada nos estados do Espírito Santo e Minas Gerais, na região Sudeste do Brasil. O Espírito Santo é o maior estado na produção e na exportação de rochas ornamentais do Brasil (Figura 1). As exportações brasileiras de rochas ornamentais somaram US\$ 694,7 milhões e 1,45 milhões t entre janeiro de agosto de 2019, com uma variação positiva de

respectivamente 15% e 12% em relação ao mesmo período de 2018. (Abirochas, 2019).

Acredita-se que até 2020, visando ao atendimento dos mercados interno e externo, a capacidade brasileira de serragem de chapas poderá superar 100 milhões de metros quadrados por ano, com cerca de 80% dessa capacidade representada por teares multifio diamantados. (Chiodi Filho & Chiodi, 2014).

O quartzito é uma rocha abundante em diversos estados do Brasil. Embora apresente alta disponibilidade, não era comumente trabalhado pelo setor de rochas ornamentais, por conta da grande dificuldade na industrialização, visto que a extração era complexa, encarecendo o beneficiamento.

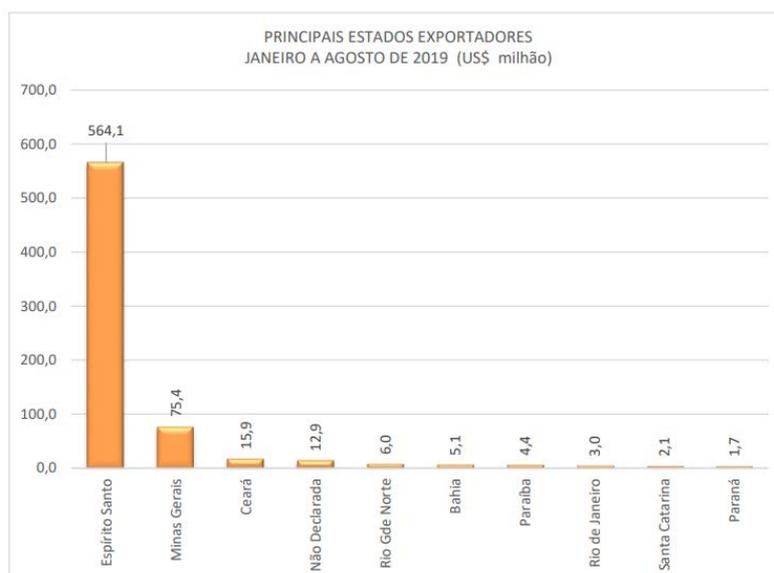


Figura 1 - Principais estados exportadores entre janeiro a agosto de rochas ornamentais em 2019 (Abirochas, 2019).

Segundo Frascá (2014) os quartzitos são rochas compostas essencialmente de quartzo, produtos da recristalização de sedimentos sílicos: quartzo arenitos ou cherts. Comumente, têm cor branca, com variações para vermelho (pela presença de hidróxidos de ferro) e até azul (dumortierita quartzitos: “Azul Macaúbas”). A riqueza em quartzo lhes confere uma dureza alta, o que provoca grande desgaste nos equipamentos de corte e polimento. Também são resistentes à alteração, tanto intempérica como hidrotermal.

Hoje, com a evolução nos processos de extração e do maquinário de processamento, o quartzito se tornou uma das rochas mais comercializadas em todo o mundo, principalmente por apresentar boa resistência físico-mecânica e química. De acordo com Duarte (2003) as propriedades físico-mecânicas e químicas das rochas, devem ser observadas, pois em locais com características diferentes daquelas onde foram formadas, ficam sujeitas a condições agressivas, sejam antrópicas (atrito ou desgaste, choques, contatos com produtos industriais dentre outros) ou naturais (variação de temperatura, exposição solar, água e gelo). As chapas de quartzitos geraram faturamento de US\$ 38,6 milhões e já representam o segundo principal produto exportado pelo setor de rochas, ultrapassando os blocos de granitos e ficando apenas atrás das chapas de granitos (Abirochas, 2019).

Alguns quartzitos ornamentais, devido ao intemperismo químico decorrente da região de extração, apresentam oxidações nas superfícies das chapas, oxidação essa que para alguns mercados acabam tornando sua lavra inviabilizada comercialmente por não apresentarem padrão

estético visual de acordo com a necessidade dos especificadores. A oxidação, de acordo com Nahon (1991), é um processo que ocorre pela presença da água. Esta, por sua vez, contém oxigênio dissolvido, que ataca superfícies não protegidas do ferro metálico mudando seu estado de oxidação de ferroso Fe^{2+} para férrico Fe^{3+} Bigarella et al. (1994) chamam atenção também para a oxidação no manganês e no enxofre. O ferro, conforme afirma Nahon (1991) tem um papel importante na alteração intempérica em um clima tropical úmido, de minerais como a biotita, hornblenda e augita, que liberam o ferro na forma ferrosa Fe^{2+} , rapidamente oxidado na presença do oxigênio, passando assim para forma férrica Fe^{3+} , e formando um novo mineral, a hematita (Fe_2O_3).

Atualmente as indústrias buscam investir em novos processos de beneficiamento visando boa relação entre qualidade e custo, a fim de conquistar novos mercados.

Segundo Vidal et al. (2014) o estudo econômico tem a preocupação com os investimentos necessários e com os benefícios líquidos resultantes, de maneira que a empresa não invista em um projeto cujo retorno seja inferior ao custo de capital associado ao mesmo. Para tanto, são feitas estimativas dos investimentos iniciais previstos, custo de produção e análise de retorno do investimento.

O objetivo desta pesquisa é identificar qual método de tratamento superficial para remoção da oxidação é mais eficiente, utilizando o quartzito Perla Venata como base de estudo, a fim de contribuir com o setor mineral e industrial do estado do Espírito Santo.

PRINCIPAIS MÉTODOS DE TRATAMENTO UTILIZADOS NO SETOR DE ROCHAS

O método de tratamento com chapa deitada (Figura 2) consiste na inserção das chapas em um cavalete central, onde o operador irá aplicar o ácido clorídrico sobre a superfície da chapa, através de um extensor de madeira fixado ao rolo de espuma

poliéster. Após término do processo de aplicação o operador irá movimentar através uma ventosa a chapa para a bancada, ali permanecerá por 24 ou 36 horas, dependendo da avaliação da remoção da ferrugem.

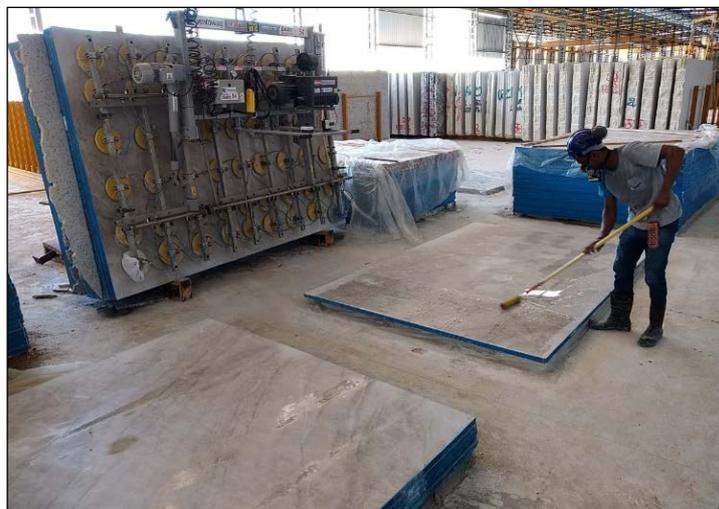


Figura 2 - Método de tratamento com chapa deitada.

O método de tratamento submerso (Figura 3), resume-se na inserção dos pacotes de chapas em um tanque, ao qual é preenchido com 4.000 L de ácido clorídrico. Após submersão das chapas no tanque o mesmo irá permanecer por 24 ou 36 horas, após isso é retirado e inserido em um cavalete pente-central para secagem.

em um cavalete-pente central, onde o operador irá aplicar o ácido clorídrico. Através de um reservatório contendo 900 L de ácido, uma bomba está interligada desempenhando a função de transportar o ácido através uma mangueira onde o operador irá banhar as chapas. Após esse processo os pacotes irão permanecer por 24 ou 36 horas, posteriormente é retirado e inserido em um cavalete pente-central para secagem.

O método de tratamento por gravidade (Figura 4) constitui-se na inserção dos pacotes de chapas



Figura 3 - Método de tratamento submerso: (A) inserção da chapa no tanque, (B, C) remoção das chapas do reservatório após tempo término do processo.



Figura 4 - Método de tratamento por gravidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa caracteriza-se pela coleta de dados em três indústrias distintas, atuantes no mercado com desdobramento e beneficiamento em rochas. O interesse foi conhecer como são realizados os tipos de tratamento para remoção da oxidação superficial na chapa de quartzito, sendo essa rocha uma das mais comercializados no estado do Espírito Santo.

As amostras brutas utilizadas para os ensaios dos métodos derivam de uma chapa de quartzito comercialmente chamado de Perla Venata. Esse litotipo é muito comercializado pelo setor de

rochas ornamentais e por se tratar de uma rocha com alto valor agregado, tem sua comercialização ampliada nos últimos anos. Essa rocha apresenta coloração cinza clara equigranular com porções identificadas por bandas composta por filossilicatos de colorações alaranjadas dispostas segundo orientação preferencial e de modo descontínuo (Figura 5). Apresenta considerável nível de microfissuramento intracristalino sem preenchimento e intercristalinas preenchidas por muscovita e/ou argilominerais.

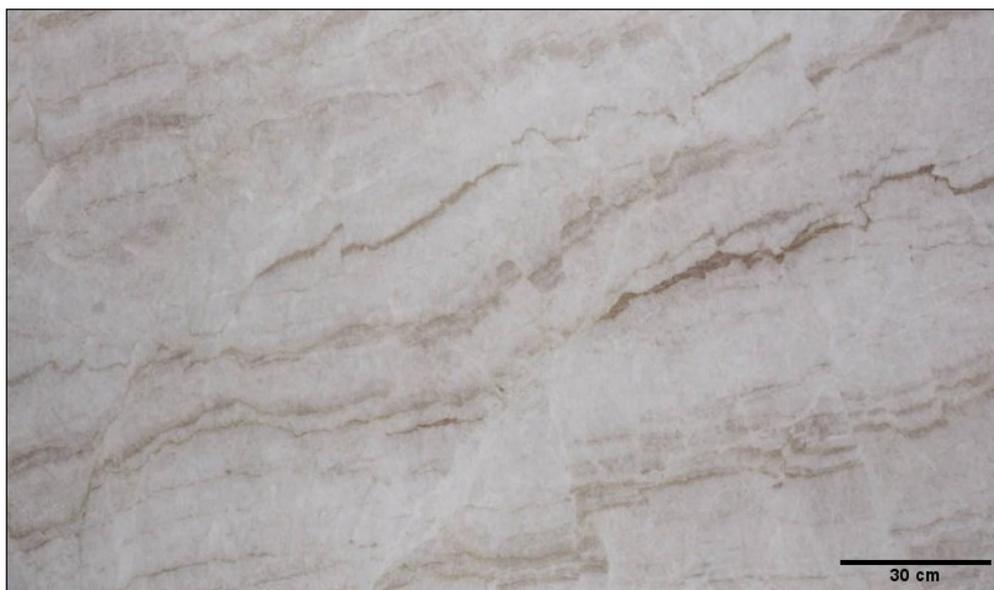


Figura 5 - Chapa de quartzito Perla Venata.

No contexto regional, a rocha se insere na Província Borborema, que é formada por blocos crustais amalgamados durante a orogênese brasileira. A porção norte da Província, acima do Lineamento Patos, é subdividida em três grandes Domínios: Médio Coreaú, Ceará Central e Rio Grande do Norte.

Domínio Médio Coreaú - situa-se na porção extremo noroeste do Estado do Ceará. O embasamento cristalino deste Domínio constitui-se de uma associação de rochas ortoderivadas constituída por gnaisses diversos, migmatitos e granulito (Santos et al. 2001).

A Região de Dobramentos do Médio Coreaú

corresponde a um Cinturão Orogênico, abrangendo diversos litotipos de diferentes idades e origens numa mesma unidade tectônica e é representado pelas seguintes unidades litoestratigráficas: Embasamento Cristalino (Complexo Granja), Grupo Martinópolis, Grupo Ubajara, Grupo Jaibaras e Formação São Joaquim.

A Formação São Joaquim segundo Oliveira (1992) é constituída por duas sequências com uma evolução tectonometamórfica semelhante assim como fortes afinidades em ambientes deposicionais no Gráben de Martinópolis, subdividida em duas unidades. A Unidade I (basal) é constituída por sillimanita-quartzo-muscovita xisto, além de plagioclásio-quartzo-biotita xisto com granada, a Unidade II, por sua vez, é composta de muscovita quartzito, cianita-

muscovita quartzito, feldspato-mica branca quartzito, com lentes de quartzo-muscovita xisto e cálcio-silicáticas.

Ainda segundo o autor, as características gerais da Formação São Joaquim sugerem uma deposição em um típico ambiente marinho, podendo a Unidade I ser a porção flysch (dada pelas características texturais e composicionais), enquanto a Unidade II representaria uma plataforma (fato confirmado principalmente pela presença de cálcio-silicáticas).

Os Migmatitos segundo Prado et al., (1981) estão presentes em toda área e constituem núcleos indiferenciados. Os tipos homogêneos formam núcleos isolados com aspectos predominantemente embrechítico. A figura 6 indica a localização da pedra e seu contexto geológico.

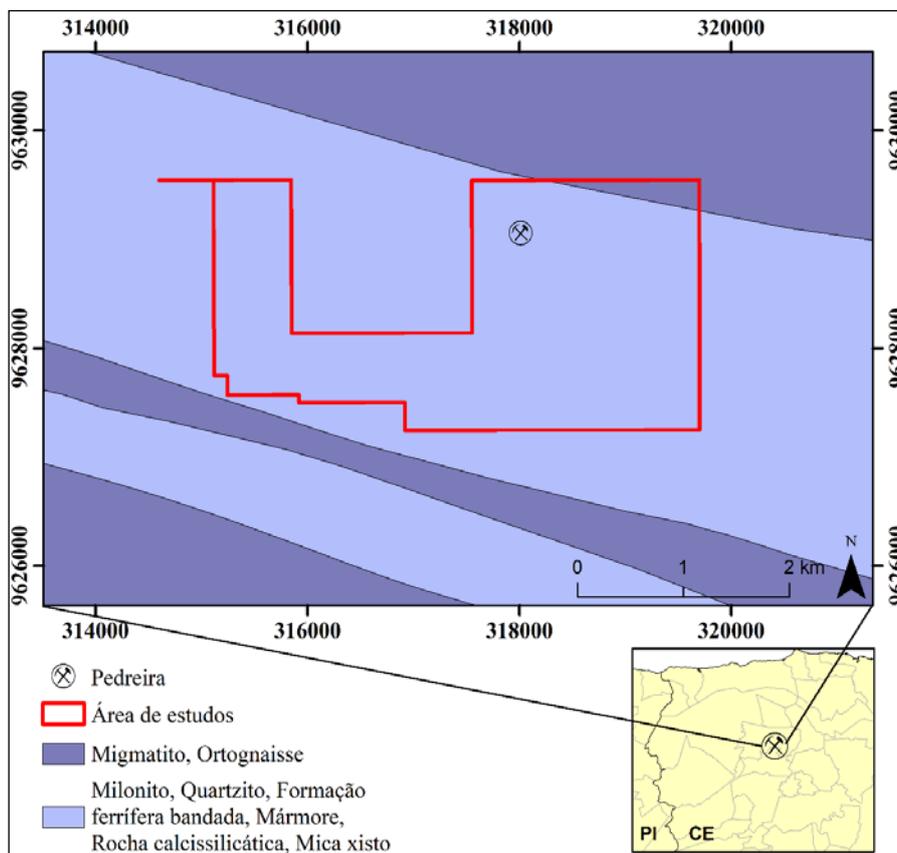


Figura 6 – Mapa de localização da pedra da rocha ornamental estudada e seu contexto geológico.

As amostras do quartzito Perla Venata foram submetidas aos seguintes ensaios de tratamento para remoção da oxidação pelos métodos submerso, chapas deitadas e por gravidade. Os ensaios foram realizados na empresa Granitos Collodetti Ltda. em Cachoeiro de Itapemirim no Estado do Espírito Santo, obedecendo criteriosamente o procedimento realizado na indústria (Figura 7).

O ácido utilizado foi o clorídrico (HCl), sendo esta escolha devido ao seu amplo uso em todas as

três indústrias que realizam esse procedimento, sendo um dos produtos mais consumidos nas empresas do setor de rochas ornamentais.

Para a aplicação do método submerso, foi seguido criteriosamente o mesmo procedimento adotado no tanque, neste caso foi colocado em um vasilhame um litro de ácido clorídrico, sendo após isso adicionada as duas amostras (Figura 8) e deixadas em contato com a solução durante os tempos de 24 e 36 horas (Figura 9).

Para a aplicação do método chapas deitadas

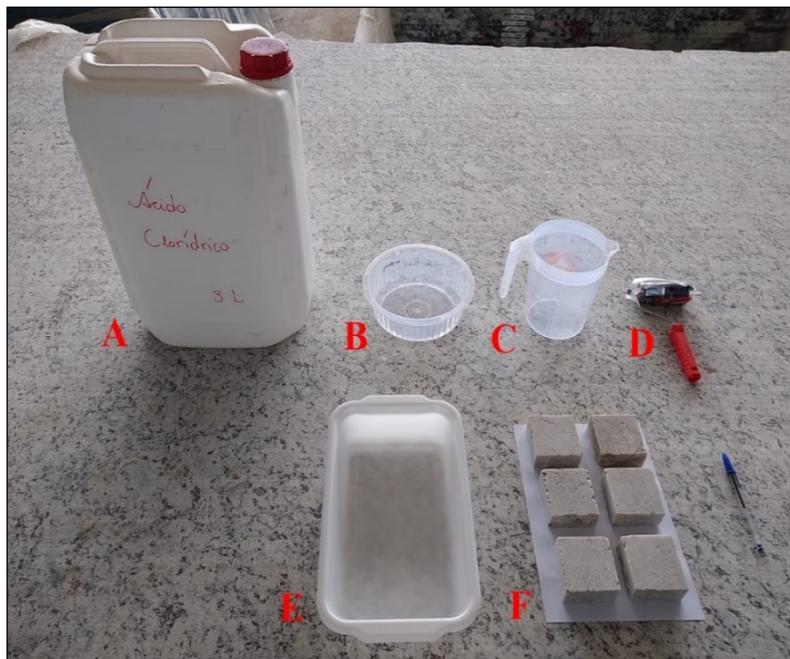


Figura 7 - Materiais utilizados nos ensaios: (A) ácido clorídrico; (B) bandeja plástica 0,3 L; (C) recipiente plástico 1,5 L; (D) rolo de poliéster 9 cm; (E) bandeja plástica 3 L; (F) amostras 7x7x3 cm.

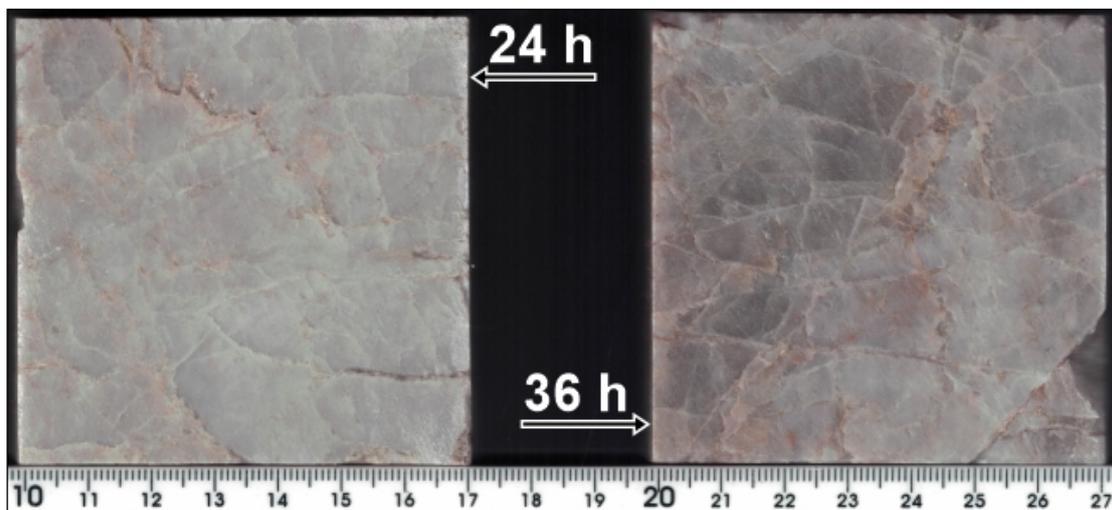


Figura 8 - Amostras de quartzito Perla Venata utilizadas no método submerso.

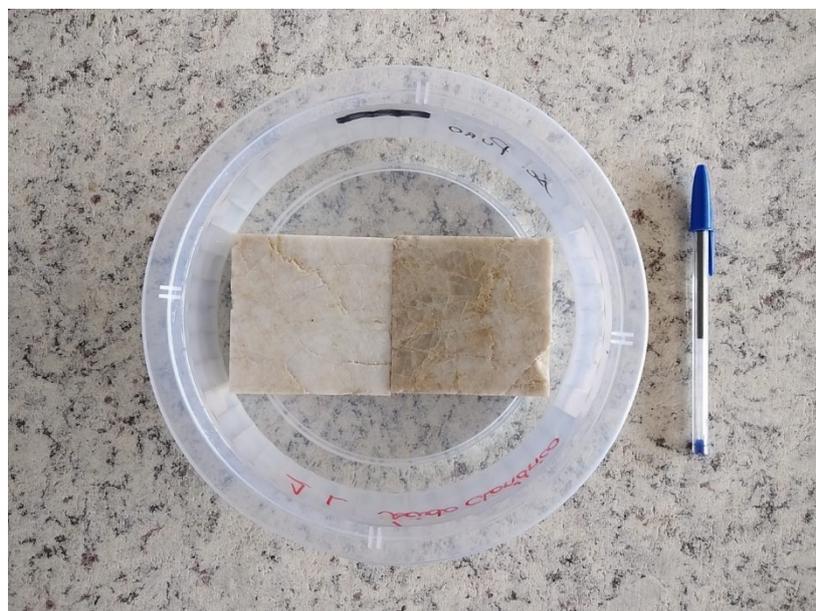


Figura 9 - Método submerso: inserção das amostras no ácido clorídrico.

foram seguidos criteriosamente o mesmo cuidado como é feito para o tratamento na indústria, sendo utilizado um vasilhame contendo a solução de ácido clorídrico. Logo após, foi utilizado um rolo de espuma poliéster com espuma D30, para aplicar o ácido sobre as duas amostras (Figura 10). Depois da aplicação as amostras foram deitadas, aguardando o prazo de 24 e 36 horas para visualização do resultado

(Figura 11).

Para a simulação do método por gravidade foram seguidos criteriosamente os mesmos procedimentos adotados pela indústria, sendo utilizado um vasilhame contendo a solução de ácido clorídrico, após isso foi despejado em cima das duas amostras (Figura 12) e deixado no ambiente, respeitando o prazo de 24 e 36 horas para visualização do resultado (Figura 13).

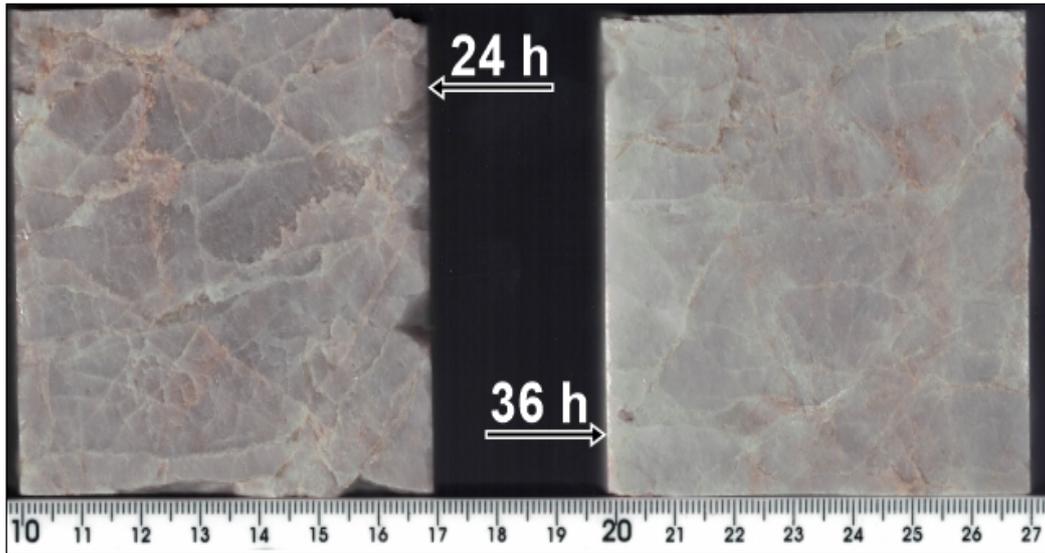


Figura 10 - Amostras de quartzito Perla Venata utilizadas no método de chapas deitadas.



Figura 11 - Método chapas deitadas: aplicação do ácido clorídrico sobre as amostras.

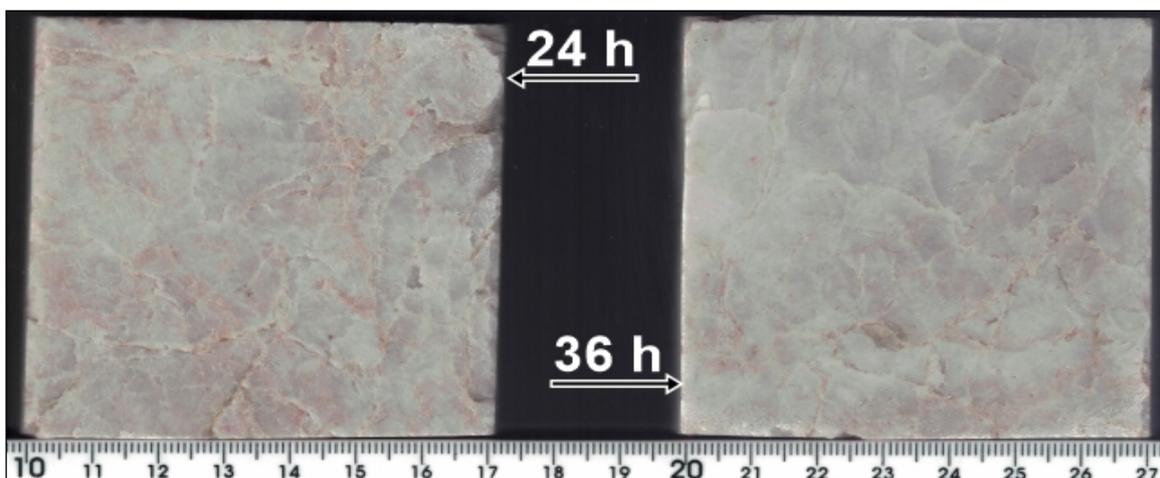


Figura 12 - Amostras de quartzito Perla Venata utilizadas no método por gravidade.

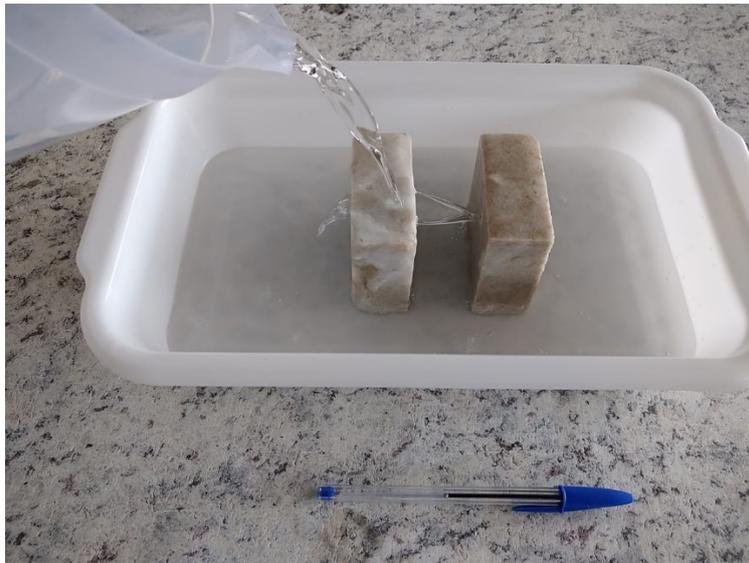


Figura 13 - Método por gravidade: aplicação do ácido clorídrico sobre as amostras.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Baseado nos ensaios realizados nas seis amostras de quartzito comercialmente chamado Perla Venata, observou-se que: o método chapa deitada em contato com o ácido clorídrico pelos períodos de 24 horas (Figura 14), não

apresentou modificações na superfície quanto à simulação realizada, porém a amostra que permaneceu no período de 36 horas (Figura 15) apresentou uma pequena remoção na oxidação.

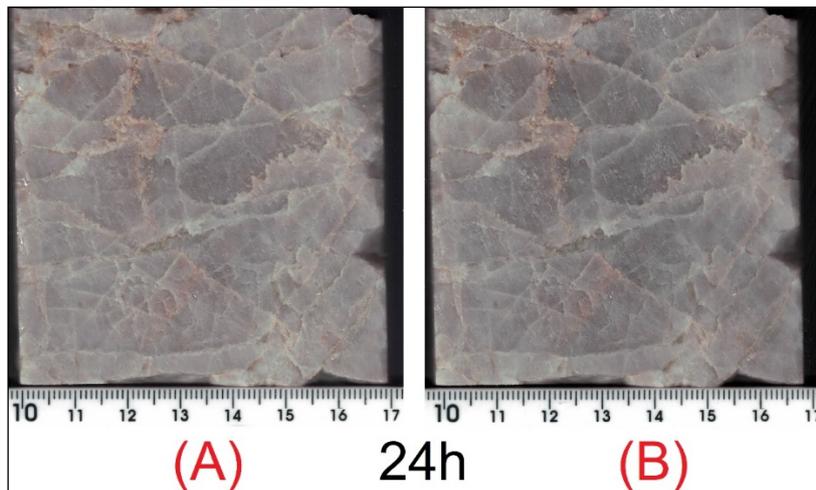


Figura 14 - Resultado método chapa deitada: (A) amostra antes do tratamento; (B) pós-tratamento – 24 horas.

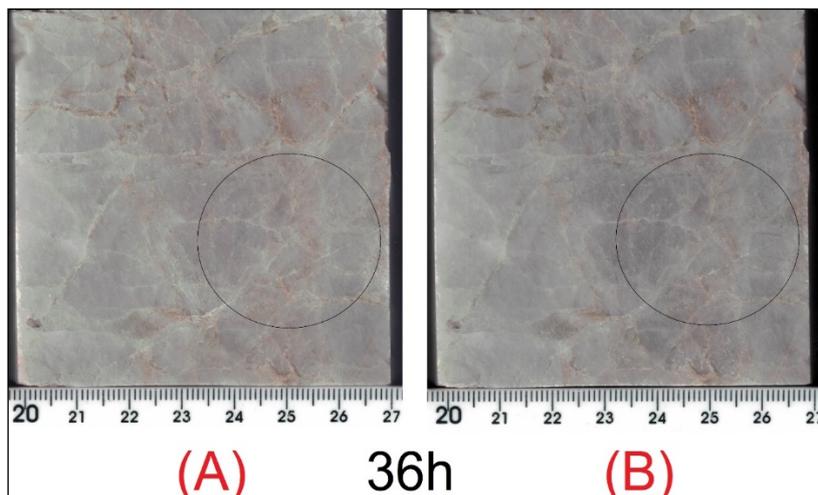


Figura 15 - Resultado método chapa deitada: (A) amostra antes do tratamento; (B) pós-tratamento – 36 horas.

No método submerso, observou-se que as amostras em contato com o ácido clorídrico pelos períodos de 24 horas (Figura 16) e 36 horas (Figura 17) não apresentaram modificações na superfície quanto à simulação realizada.

E, por fim, no método por gravidade, observou-se que as amostras em contato com o

ácido clorídrico pelos períodos de 24 horas (Figura 18) apresentaram resultados significativos de modo a remover em uma área maior a oxidação ali presente. No tempo de 36 horas (Figura 19) ocorreram resultados significativos, porém de modo não uniforme ao longo da amostra.

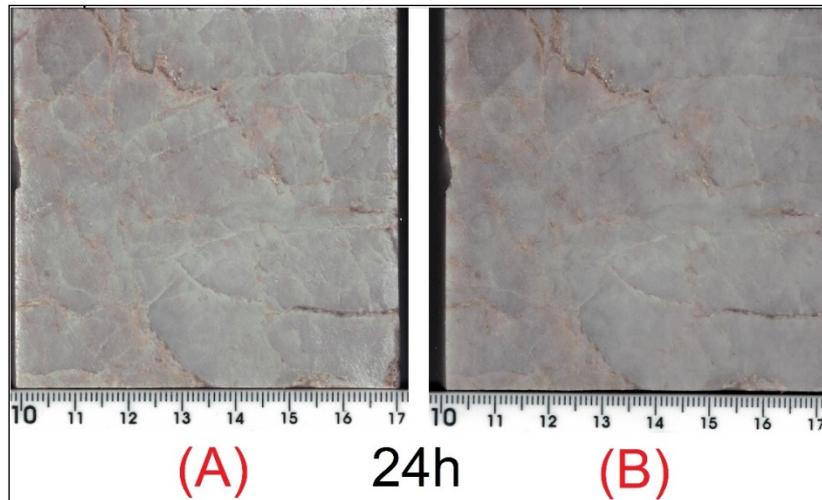


Figura 16 - Resultado método submerso: (A) amostra antes do tratamento; (B) pós-tratamento – 24 horas.

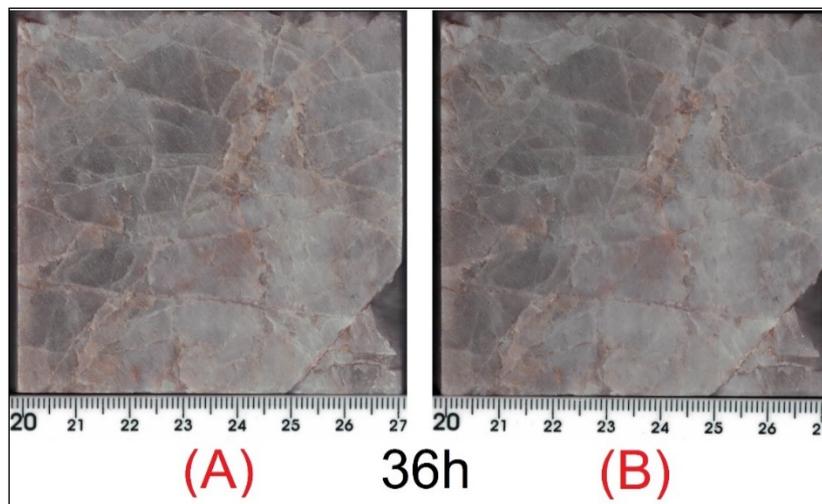


Figura 17 - Resultado método submerso: (A) amostra antes do tratamento; (B) pós-tratamento – 36 horas.

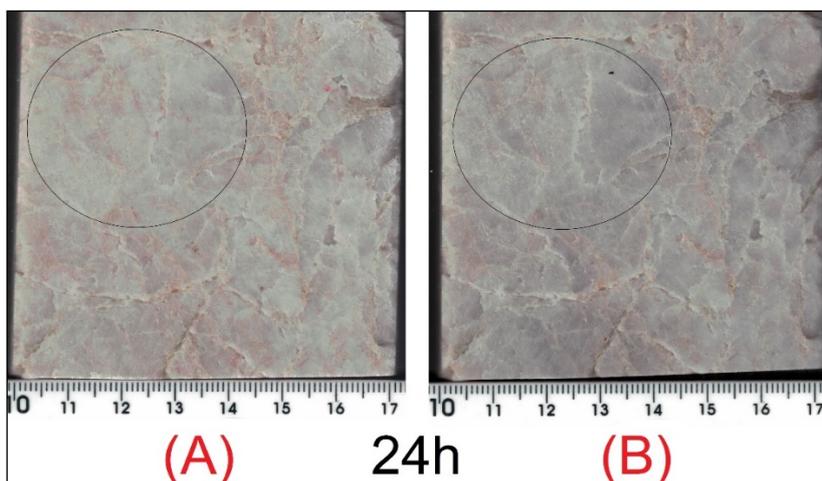


Figura 18 - Resultado método gravidade: (A) amostra antes do tratamento; (B) pós-tratamento – 24 horas.

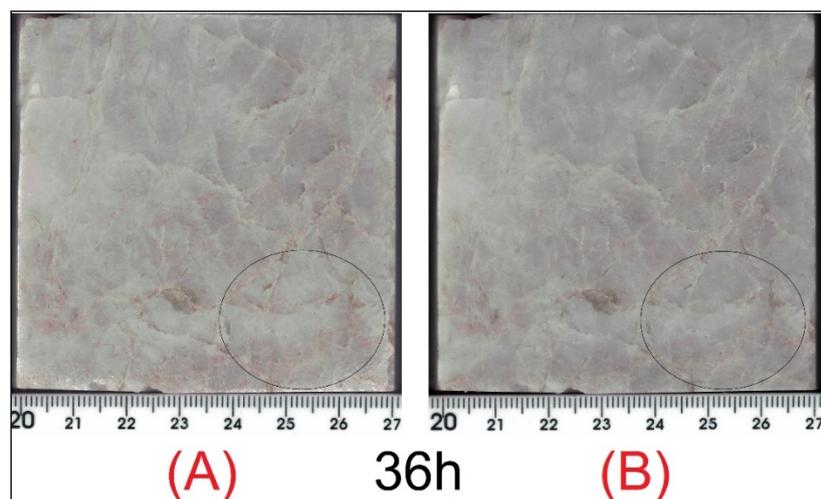


Figura 19 - Resultado método gravidade: (A) amostra antes do tratamento; (B) pós-tratamento – 36 horas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de remoção de porções oxidadas de chapas de rochas ornamentais a partir de produtos ácidos tem sido amplamente utilizado e, na maioria dos casos, com pouco critério técnico. As consequências dessa aplicação sem considerar aspectos relacionados à Geologia e as possíveis interações dos diferentes minerais que constituem uma rocha ainda não é completamente conhecida. Somando-se a esse fato toda a sequência do processo produtivo a qual a rocha ornamental é submetida, principalmente referente à aplicação de resinas e produtos óleo hidrofugantes tem-se um cenário com previsibilidade restrita, o que em última análise pode afetar a integridade físico-mecânica do material pétreo. Esse trabalho tentou levantar, de modo analítico, o comportamento de um quartzito de alto valor

agregado e que tem apresentado recorrentes casos de processos de oxidação.

A análise crítica dos principais métodos de tratamento superficial atualmente utilizado no setor de rochas ornamentais confirmou que o método mais eficiente para rocha estudada é por gravidade.

Este trabalho alcançou seu objetivo de apresentar de forma geral, quais métodos são utilizados nos processos produtivos das empresas de beneficiamento de rochas ornamentais. Foi possível notar que o porte e tipo de microfissuras é fator condicionante para uma efetiva remoção de porções oxidadas. É possível constatar a necessidade de um estudo mais detalhado sobre as interações entre as feições petrográficas e a capacidade de remoção de manchas de oxidação deverá se basear, em trabalhos futuros

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa Granitos Collodetti Ltda. pela doação das amostras de rocha bruta e insumos necessários para a realização dos ensaios e pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ABIROCHAS- Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais- **O Setor Brasileiro de Rochas Ornamentais**. Brasília, 2018.
- ABIROCHAS- Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais- **Balanco das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais no Período Janeiro-Agosto de 2019**.
- ABIROCHAS- Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais- **Balanco das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais no 1º Trimestre de 2019**
- BIGARELLA, J.J. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais**. Florianópolis. Ed. UFSC., 1994.
- CHIODI FILHO, C. **Situação atual e perspectivas brasileiras no setor de rochas ornamentais e de revestimento**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAS ORNAMENTAIS, 3, 2007, Natal. **Anais...**Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 17-41.
- CHIODI FILHO, C. & CHIODI, D. K. **O setor de rochas ornamentais no Brasil**. In: Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014. Cap. 10, p.495-527.
- DUARTE, M.C.A.O. **Características físico-mecânicas de rochas ornamentais portuguesas**. Relatório de estágio. Licenciatura em Engenharia Geológica. Universidade Nova de Lisboa, 2003.
- FRASCÁ, M. H. B. O. **Tipos de rochas ornamentais e características tecnológicas**. In: Tecnologia de Rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014. Cap. 2, p.44-98.
- NAHON, D.B. **Introduction to the Petrology of soils and Chemical Weathering**. John Wiley. New York. 313 p. 1991.
- OLIVEIRA, D.C. Geologia do Gráben Martinópolis, área de Campanário/Paula Pessoa (Granja- CE). Implicações na evolução litoestratigráfica e tectono-magmática do noroeste do

- Ceará. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 22, n. 2, p.143-156, 1992.
- PARAHYBA, R.E.R.; CAVALCANTI, V.M. M.; PERLATTI, F. **Mineração no Semiárido Brasileiro**. Brasília: DNPM, 201 p. 2009
- PRADO, F.S. **Projeto Martinópolis**. DNPM/CPRM - Relatório final, v. 5, 1981.
- SANTOS, T.J.S.; NOGUEIRA, J.A.; FETTER, A.F. Petrografia e litogeoquímica das rochas do embasamento cristalino da região de Granja – CE. Fortaleza, **Revista de Geologia**, v. 14, n. 1, p. 33-48, 2001.
- VIDAL, F.W.H.; MARQUES, M.N.; ALENCAR, C.R.A. **Plano de aproveitamento econômico de rochas ornamentais**. In: Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014, Cap. 6, p.b287-326.

*Submetido em 3 de março de 2020
Aceito para publicação em 22 de agosto de 2021*