

de Santo André, atendendo o artigo 181 que prevê a revisão do Plano Diretor.

MUNICIPAL. *Lei nº 9.924, de 21 de dezembro de 2016.* Dispõe sobre a Lei de uso, ocupação e parcelamento do solo no município de Santo André, e dá outras providências. Revoga os arts. 1 a 72, os incisos I a III do art. 77 e 79 a 172 da Lei nº 8.836, de 10 de maio de 2006.

MUNICIPAL. *Lei nº 10.191, de 30 de julho de 2019.* Altera a Lei nº 8.869, de 18 de julho de 2006, que dispõe sobre as normas especiais para Habitação de Interesse Social - HIS e Zona Especial de Interesse Social - ZEIS; a Lei nº 8.696, de 17 de dezembro de 2004, que institui o Plano Diretor do Município e a Lei nº 9.924, de 21 de dezembro de 2016, que dispõe sobre a Lei de uso, ocupação e parcelamento do solo no município de Santo André, e dá outras providências.

Análise dos efeitos causados pelo intemperismo acelerado em amostras de arenito poroso vermelho

Analysis of the effects caused by accelerated weathering on red porous sandstone samples

Análisis de los efectos causados por la meteorización acelerada en muestras de arenisca porosa roja

Denise Balestrero Menezes

Professora Doutora, UFSCar
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana - PPGEU
denisebm@ufscar.br

Alexandre Magalhães De Petri Coelho

Graduando, UFSCar, Brasil.
alexandre.magalhaes.
depetrinim@gmail.com

RESUMO

Os arenitos da formação Botucatu são muito utilizados na região de São Carlos e Araraquara, sendo utilizados em várias edificações históricas destas cidades. Um dos litotipos da formação, o arenito poroso vermelho (APV), é tradicionalmente considerado rejeito da extração dos arenitos vermelho e amarelo; contudo, as pedreiras da região vêm demonstrando interesse na comercialização deste litotipo como parte de um esforço maior de redução da produção de rejeitos. Este trabalho teve como objetivos determinar os efeitos causados pelo uso de ácido muriático em superfícies feitas de APV, com o intuito de expandir sobre estudos de viabilidade do litotipo realizados por outros pesquisadores da UFSCar e verificar a veracidade de relatos sobre os efeitos negativos do reagente neste material. Para isto, foram realizados ensaios de impacto de corpo duro e índices físicos segundo normatização vigente e de alteração acelerada não normatizado, em dois grupos de amostras que haviam sido previamente expostos a intempérie natural por 1 ano. Estes ensaios mostraram que, após exposição prolongada ao reagente, as amostras perderam ao redor de ¼ da massa, perderam em média 30% de sua tenacidade, adotaram colorações indesejadas e tiveram alterações de seus índices físicos condizentes com perda de cimentação e deposição de sais nos poros. Com isto, foi concluído que o uso de ácido muriático para limpeza de superfícies compostas de APV é fortemente contraindicado, pois afeta negativamente todos os aspectos ensaiados da rocha.

PALAVRAS-CHAVE: Alteração química, Ácido Muriático, Arenito Botucatu, Degradação.

ABSTRACT

The sandstones of the Botucatu formation are extensively used in the region of São Carlos and Araraquara, even having been used in several historical buildings of these cities. One of the formation's lithotypes, known as red porous sandstone (APV), has been traditionally viewed as a waste product of the extraction of yellow and red sandstones; the quarries of the region have, however, shown an increasing interest in selling this lithotype due to a major effort in reducing waste generation. This study aimed to determine the effects caused by the use of muriatic acid on surfaces made of APV, in order to expand upon lithotype feasibility studies conducted by other researchers from the federal university of São Carlos and to verify the veracity of reports on the negative effects caused by use of this acid on this APV. For this, tests of hard body impact resistance and determination of physical indices according to current norms and a non-standardized chemical alteration test were performed on two sample groups that had previously been exposed to natural weathering for a period of around 1 year. These tests showed that, after prolonged exposure to the acid, the samples: lost around 1/4 of the mass, lost on average 30% of their tenacity, adopted unwanted stains and had changes in their physical indexes consistent with loss of cementation and deposition of salts in the voids. With this, it was concluded that the use of muriatic acid for cleaning surfaces composed of APV is strongly contraindicated, as it negatively affects all tested aspects of the rock.

KEYWORDS: Chemical weathering, Muriatic acid, Botucatu sandstones, Deterioration.

RESUMEN

La arenisca de la formación Botucatu es ampliamente utilizada en la región de São Carlos y Araraquara, siendo utilizada en varios edificios históricos de estas ciudades. Uno de los litotipos de la formación es la arenisca porosa roja (APV), que es tradicionalmente considerada relaves de la extracción de las areniscas roja y amarilla; sin embargo, las canteras de la región han mostrado interés en la comercialización de este litotipo como parte de un mayor esfuerzo para reducir la producción de relaves. Este estudio tenía como objetivo determinar los efectos causados por el uso de ácido muriático en superficies hechas de APV, con el fin de complementar estudios de viabilidad del litotipo ya realizados por otros investigadores de la universidad federal de São Carlos, y verificar la veracidad de anécdotas sobre los efectos negativos de este ácido en el material. Para ello, se realizaron pruebas de impacto corporal duro e índices físicos de acuerdo con la estandarización actual y alteración acelerada no estandarizada en dos grupos de muestras que previamente habían estado expuestas al clima natural durante 1 año. Estos ensayos mostraron que, después de una exposición prolongada al reactivo, las muestras perdieron alrededor de 1/4 de la masa, perdieron en promedio 30% de su tenacidad, adoptaron manchas no deseadas y tuvieron cambios en sus índices físicos consistentes con la pérdida de cementación y deposición de sales en los poros. Con esto, se concluyó que el uso de ácido muriático para limpiar superficies compuestas de APV es fuertemente contraindicado, ya que afecta negativamente a todos los aspectos probados de la roca.

PALABRAS-CLAVE: Alteración química, Ácido Muriático, Arenisca Botucatu, Degradación.

1. INTRODUÇÃO

O arenito poroso vermelho, doravante chamado de APV, é uma das rochas provenientes da formação Botucatu, Bacia Sedimentar do Paraná, aflorante na região de São Carlos, cujos litotipos silicificados são utilizados pela indústria de construção civil regional como rochas ornamentais para revestimento e calçamentos. Estas rochas já tiveram uso em placas amplamente difundido no passado, havendo diversos calçamentos e fachadas remanescentes, inclusive de prédios históricos.

Apesar de ser comumente considerado rejeito da extração dos arenitos silicificados amarelo e vermelho, o APV vem tendo sua viabilidade como rocha de revestimento estudada por pesquisadores da UFSCar, como Moraes et al. (2018).

A manutenção rotineira de obras e construções se faz, por natureza, vital para a viabilidade das mesmas, este processo necessita de planejamento meticuloso e bom conhecimento das

alterações sofridas por suas partes constituintes. Um dos principais agentes destas mudanças é a intempérie.

Efeitos das intempéries vêm sendo estudados em obras, em especial as históricas, que necessitam de restauro e manutenção. Del Lama et al. (2008) avaliaram os efeitos da intempérie nos arenitos da faixa do Teatro Municipal de São Paulo e concluíram que os danos observados na construção ao longo do tempo estão relacionados às características do litotipo escolhido, sujeito a maiores degradações no tempo por suas características.

Mas tendo a informação e os ensaios possíveis, estudar as rochas previamente à sua aplicação em obras é de fundamental importância.

Ensaio de alterabilidade de rochas não são normatizados no Brasil, embora o sejam em outros países (por exemplo as Normas europeias EN). No Brasil, diversos pesquisadores

têm procurado realizar ensaios que simulem efeitos das intempéries, como o trabalho realizado em granitos e mármore com reagentes químicos encontrados comumente em produtos de limpeza por Frascá et al. (1999), Becerra e Costa (2007).

O primeiro estudo com fins de caracterizar os arenitos da formação Botucatu para fins de uso na indústria de construção civil como alicerces, revestimentos e agregados foi realizado por Portillo (1988). O estudo determinou que o litotipo “[é] um material de extrema dureza e resistência, mostrando valores comparáveis aos de rochas cristalinas de qualidade.” No entanto, também foi notado que uma das características do material “É a falta de homogeneidade, principalmente no que se refere ao grau de silicificação.”

A alterabilidade é o potencial da rocha apresentar modificação de uma ou mais de suas propriedades ao longo do tempo. O grau de alteração afeta todas as propriedades do litotipo, mas o de maior interesse para materiais usados em revestimento é o aumento da porosidade e absorção d’água, assim como aspectos estéticos e diminuição da resistência mecânica. Devido ao crescimento do uso de rochas para estes fins que se deu nas últimas 5 décadas, há uma crescente demanda por pesquisas complementares de alterabilidade sofrida por intemperismo. Paraguassu et al. (2014).

Frascá e Yamamoto (2014), ressaltam a necessidade de conhecer antecipadamente as possíveis alterações causadas por intemperismo na rocha devido à

natureza irreversível dos processos de deterioração e alterabilidade.

OBJETIVOS

O presente estudo foi realizado com o intuito de aprofundar as pesquisas de viabilidade anteriores, mais especificamente relacionadas ao intemperismo químico. Um dos impulsionadores foram informações de empresários da indústria da rocha de revestimento sobre como o uso de ácido muriático levou a danificação de calçamentos feitos de arenitos da formação Botucatu.

Deste modo, teve como objetivo determinar as alterações sofridas por amostras de APV que passaram por um ensaio de alteração acelerada (Frascá, 2003) utilizando o ácido muriático pelos seguintes métodos:

- Variação da energia de ruptura por impacto de corpo duro (NBR-15845-8 (ABNT, 2015)) entre um conjunto de amostras de controle e outro de amostras alteradas.
- Variação dos valores de índices físicos (NBR-15845-2 (ABNT, 2015)): densidade aparente, porosidade aparente e absorção de água.
- Análise das alterações do aspecto visual das amostras e seu impacto no valor cosmético das mesmas.

2. METODOLOGIA

2.1 SEPARAÇÃO DOS GRUPOS EXPERIMENTAIS

O conjunto de amostras (enumeradas de 1 a 10) utilizado para este estudo havia sido deixado exposto aos efeitos da intempérie por aproximadamente 2 anos com o intuito de realizar ensaios após os efeitos da alteração natural. Após este período as amostras foram organizadas em 5

pares de placas semelhantes (de acordo com critérios como massa, aspecto macroscópico, peso), que logo foram separados em dois grupos experimentais, nomeados 1 (controle/sem alteração química) e 2 (alterado quimicamente).

Tabela 1: separação das placas em grupos e pares experimentais

| Par | Placa no grupo 1 | Placa no grupo 2 |
|-----|------------------|------------------|
| A | 4 | 3 |
| B | 1 | 5 |
| C | 2 | 6 |
| D | 10 | 9 |
| E | 7 | 8 |

Fonte: Autores, 2020.

2.2 PROCEDIMENTOS EXECUTADOS NO GRUPO 1

As amostras do grupo 1 foram cortadas de acordo com as especificações dadas pela norma NBR 15845-8 (ABNT, 2015), elas então foram submetidas ao ensaio de impacto de corpo duro, executado seguindo a norma mencionada anteriormente, suas energias de ruptura foram calculadas também seguindo a norma; as incertezas foram calculadas apesar de não serem requeridas.

2.3 PROCEDIMENTOS EXECUTADOS NO GRUPO 2

Devido à falta de normatização, o ensaio de alteração acelerada foi realizado seguindo a metodologia estabelecida por Frascá (2003).

As placas do grupo 2 foram cortadas na dimensão de 200mm x 200mm x ~10mm, secas em estufa por 24 horas e sua massa inicial foi determinada após a secagem. As amostras foram então submersas parcialmente em ácido muriático (HCl 30%) em concentração de uso por um período de 30 dias, durante os

quais as mudanças no aspecto visual das amostras foram monitoradas diariamente e a solução trocada a cada dois dias quando possível.

Após o período de submersão parcial, as amostras foram retiradas e deixadas secando por mais um período de 30 dias, após o qual suas massas finais foram determinadas e o grupo 2 então submetido a um ensaio de impacto de corpo duro.

2.4 ENSAIO DE ÍNDICES FÍSICOS

Para a realização do ensaio de índices físicos foram cortados corpos de prova na dimensão de 50mm x 50mm x ~20mm a partir de retalhos das placas do grupo 2 que não foram submetidos ao ensaio de alteração acelerada e pedaços das placas alteradas (após o ensaio de impacto de corpo duro). As amostras foram separadas em 2 grupos: A (são) e B (alterado) e submetidas simultaneamente ao ensaio de índices físicos seguindo a norma NBR 15845-2 (ABNT, 2015).

A amostras foram submersas até 1/3 de sua altura em água deionizada durante 4 horas, logo a submersão

foi aumentada para 2/3 da altura e, após um período de mais 4 horas, as amostras foram totalmente submersas em água deionizada por um período aproximado de 40h. Após este período, as amostras foram pesadas suspensas em água para obter os valores de massa submersa (M_{sub}).

Após isso, as amostras foram secas com uma toalha e pesadas novamente, dessa vez para obter seu valor de massa saturada (M_{sat}). Então os corpos foram colocados em estufa com temperatura de 70 ± 5 graus Célsius e pesadas em intervalos de 24 ± 2 horas até atingir massa constante ($\Delta m \leq 0,1\%$), a qual é sua massa seca (M_{sec}). Com os valores obtidos foram calculados os valores

de densidade aparente [Kg/m^3], porosidade aparente [%] e absorção de água [%].

3. RESULTADOS

3.1 ENSAIOS DE IMPACTO DE CORPO DURO

As energias de ruptura das placas do grupo 1 (Tabela 2) apresentaram uma alta variação de uma para a outra; a placa 7 precisou de uma altura de impacto consideravelmente maior do que as outras placas. Esta falta de homogeneidade entre as amostras corrobora as observações de Portillo (1988), que realizou os primeiros ensaios de caracterização dos arenitos da formação Botucatu.

Tabela 2: Energias de ruptura do grupo 1

| Corpo (Placa) | Altura de ruptura [m] | Energia de ruptura [J] |
|---------------|-----------------------|------------------------|
| 1 | $0,750 \pm 0,001$ | $7,355 \pm 0,012$ |
| 2 | $0,800 \pm 0,001$ | $7,845 \pm 0,013$ |
| 4 | $0,600 \pm 0,001$ | $5,884 \pm 0,011$ |
| 7 | $1,450 \pm 0,001$ | $14,219 \pm 0,017$ |
| 10 | $0,600 \pm 0,001$ | $5,884 \pm 0,011$ |

Fonte: Autores, 2020.

As placas do grupo 2 apresentaram energias de ruptura (Tabela 3) reduzidas em comparação com as do grupo 1 - não alterado, tendo uma energia média de $4,413 \pm$

$0,025$ J, comparada com a média do conjunto 1 de $8,237 \pm 0,029$ J ($6,742 \pm 0,024$ J se a placa 7, que pode ser considerada anômala, for desconsiderada).

Tabela 3: Energias de ruptura do grupo 2

| Corpo (Placa) | Altura de ruptura [m] | Energia de ruptura [J] |
|---------------|-----------------------|------------------------|
| 3 | $0,550 \pm 0,001$ | $5,393 \pm 0,011$ |
| 5 | $0,450 \pm 0,001$ | $4,413 \pm 0,011$ |
| 6 | $0,400 \pm 0,001$ | $3,922 \pm 0,011$ |
| 8 | $0,400 \pm 0,001$ | $3,922 \pm 0,011$ |
| 9 | $0,450 \pm 0,001$ | $4,413 \pm 0,011$ |

Fonte: Autores, 2020.

Retirando o par "E", que contém a placa anômala 7, da elaboração dos resultados, a energia de ruptura variou, em média, $2,206 \pm 0,008$ J ou $30,833 \pm 0,125$ %.

A redução significativa da energia de ruptura indica que o ácido muriático causou a degradação das características estruturais das rochas (Tabela 4).

Tabela 4: Variação de energias de ruptura entre os grupos 1 e 2

| Corpo | Massa inicial [g] | Massa final [g] | Variação de massa [g] | Porcentagem de variação |
|-------|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------------|
| 3 | $1949 \pm 1,000$ | $1515 \pm 1,000$ | $434 \pm 1,414$ | $22,27 \pm 0,07$ |
| 5 | $2015 \pm 1,000$ | $1545 \pm 1,000$ | $470 \pm 1,414$ | $23,33 \pm 0,07$ |
| 6 | $1688 \pm 1,000$ | $1260 \pm 1,000$ | $428 \pm 1,414$ | $25,36 \pm 0,09$ |
| 8 | $2263 \pm 1,000$ | $1700 \pm 1,000$ | $563 \pm 1,414$ | $24,88 \pm 0,06$ |
| 9 | $1935 \pm 1,000$ | $1546 \pm 1,000$ | $389 \pm 1,414$ | $20,10 \pm 0,07$ |

Fonte: Autores, 2020.

3.2 ENSAIO DE ALTERAÇÃO ACELERADA

A massa das amostras foi reduzida, em média, $456,800 \pm 0,632$ g (23,186 \pm 0,033%). A perda de ao redor

de $\frac{1}{4}$ da massa dos corpos indica que houve perda da cimentação de óxido de ferro das placas, levando à redução da integridade estrutural das mesmas (Tabela 5).

Tabela 5: Variação de massa após ensaio de alteração acelerada

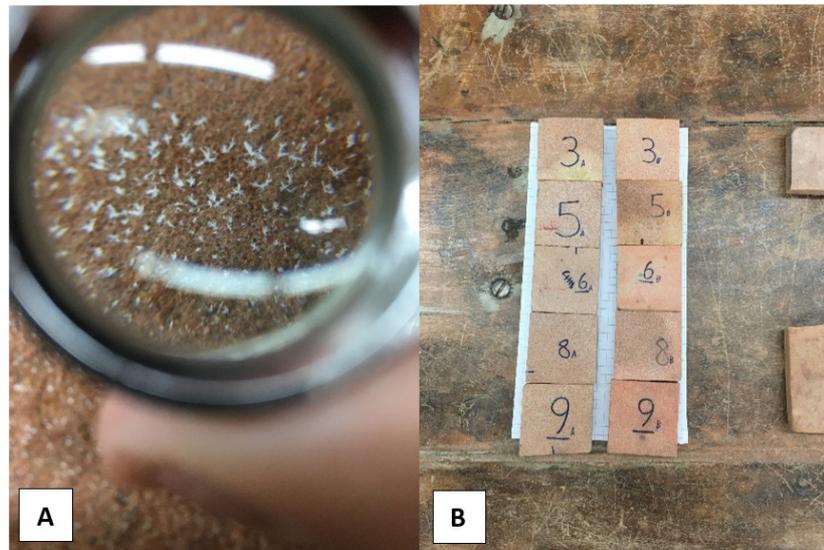
| Corpo | Massa inicial [g] | Massa final [g] | Variação de massa [g] | Porcentagem de variação |
|-------|-------------------|------------------|-----------------------|-------------------------|
| 3 | $1949 \pm 1,000$ | $1515 \pm 1,000$ | $434 \pm 1,414$ | $22,27 \pm 0,07$ |
| 5 | $2015 \pm 1,000$ | $1545 \pm 1,000$ | $470 \pm 1,414$ | $23,33 \pm 0,07$ |
| 6 | $1688 \pm 1,000$ | $1260 \pm 1,000$ | $428 \pm 1,414$ | $25,36 \pm 0,09$ |
| 8 | $2263 \pm 1,000$ | $1700 \pm 1,000$ | $563 \pm 1,414$ | $24,88 \pm 0,06$ |
| 9 | $1935 \pm 1,000$ | $1546 \pm 1,000$ | $389 \pm 1,414$ | $20,10 \pm 0,07$ |

Fonte: Autores, 2020.

Durante a execução do ensaio foi observada a formação de cristais na superfície das amostras (Figura 1-A) e a alteração de seu aspecto visual,

levando ao exagero da coloração e surgimento de áreas escurecidas, degradando seu valor cosmético (Figura 1-B).

Figura 1: A- Formação de cristais na superfície das amostras após o experimento de alteração acelerada. B - Comparação de amostras alteradas/sãs do grupo.



Fonte: ACERVO PESSOAL (1 e 2)

3.3 ENSAIOS DE ÍNDICES FÍSICOS

Em geral, a exposição prolongada do litotipo ao ácido muriático causou a redução da densidade aparente das amostras e o aumento dos valores de porosidade aparente e absorção de água das mesmas (Tabela 6). Este resultado está relacionado com a alteração que o ácido produz nas

amostras. Visualmente já havia sido observado que as amostras passaram por mudanças de coloração: de vermelho (cimento de óxido de ferro) para vermelho amarelado e amarelo claro. O aumento de porosidade e absorção de água são indicativos de que possa estar ocorrendo a dissolução do óxido de ferro.

Tabela 6: E ensaios de índices físicos do grupo 2 antes e após a alteração acelerada por ácido muriático.

| Placa | Densidade aparente inicial [kg/m ³] | Densidade aparente final [kg/m ³] | Porosidade aparente inicial [%] | Porosidade aparente final [%] | Absorção de água inicial [%] | Absorção de água final [%] |
|-------|---|---|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| 3 | 2060,091 | 2040,308 | 11,196 | 11,433 | 5,435 | 5,603 |
| 5 | 2088,110 | 2091,636 | 10,093 | 9,647 | 4,833 | 4,612 |
| 6 | 2008,210 | 1919,161 | 13,397 | 17,354 | 6,671 | 9,043 |
| 8 | 2073,940 | 2085,522 | 12,274 | 11,804 | 5,918 | 5,660 |
| 9 | 2062,908 | 2055,993 | 13,385 | 14,138 | 6,488 | 6,876 |

Fonte: Autores, 2020.

4. CONCLUSÕES

Os valores de perda de massa ($\Delta m = 23,186 \pm 0,033\%$) e variação de energias de ruptura ($\Delta w = 30,833 \pm 0,125\%$) obtidos após a comparação dos resultados dos conjuntos 1 e 2 indicam que a exposição prolongada do arenito poroso vermelho ao ácido muriático causa a perda das características estruturais do litotipo no âmbito do valor de tenacidade do mesmo, como evidenciado também na redução dos valores de densidade aparente das placas.

A reação entre as amostras e o ácido muriático causaram uma grande mudança na coloração das mesmas, como perda da coloração geral da amostra ou exagero da mesma. Isto leva a degradação do valor cosmético do litotipo que, junto com as circunstâncias de sua utilização como rocha ornamental, tornam o uso em excesso de ácido muriático para a limpeza da mesma desaconselhável.

Outro efeito notável do uso de ácido muriático em arenito poroso vermelho foi a cristalização de sais na superfície das placas. Isto pode acarretar na ocorrência do processo erosivo da haloclastia ao longo dos anos, reduzindo ainda mais as características estruturais e cosméticas do litotipo.

A exposição prolongada das amostras de APV ao ácido muriático causou, no geral, uma redução dos valores de densidade aparente e redução dos valores de porosidade aparente a absorção d'água; condizendo com a conclusão que o uso do ácido muriático causou redução nas características estruturais das amostras. No entanto, os resultados peculiares das placas 5 e 8 poderão ser investigados em futuros ensaios

de caracterização da estrutura interna e preenchimento dos poros do litotipo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao 10. Simpósio Brasileiro Cidades + Resilientes.

Agradecemos aos apoios da Pedreira Araújo (arrendatário Márcio Piccinin) e seus funcionários, aos laboratórios de Geociências e Geotecnia do DECiv - UFSCar pelo espaço de desenvolvimento da pesquisa, à ProPq - UFSCar pela aprovação do projeto de Iniciação Científica PUICT.

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15845-2: Rochas para revestimento - Parte 2: Determinação da densidade aparente, da porosidade aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2015a.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15845-8: Rochas para revestimento - Parte 8: Determinação da resistência ao impacto de corpo duro. Rio de Janeiro: ABNT, 2015b.

BECERRA, J. E. B.; COSTA, A. G. (2007) Ensaio de alteração acelerada para avaliação da durabilidade de seis granitos ornamentais brasileiros. *Revista Geonomos*, v. 15/2, p. 33-42.

DEL LAMA, E. A., SZABÓ, G. A. J., DEHIRA, L. K., KIHARA, Y. Impacto do Intemperismo no Arenito de Revestimento do Teatro Municipal de São Paulo. *Geol. USP Sér. Cient.*, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 75-86, abril 2008

- FRASCÁ, M. H. B. de O.; FRAZÃO, E. B.; QUITETE, E. B. Alterabilidade de rochas ornamentais: Metodologia para previsão da durabilidade pela exposição a produtos de limpeza. *Anais: V Congreso Iberoamericano de patología de las construcciones, VII Congreso de control de calidad*. Montevideo, 1999
- FRASCÁ, M.H.B.O. *Estudos experimentais de alteração acelerada em rochas graníticas para revestimento*. Tese de doutorado (Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia), Instituto de Geociências USP, SP, Brasil, 2003.
- FRASCÁ, M. H. B. O.; YAMAMOTO, J. K. Deterioração de rochas graníticas em edificações e monumentos – Investigação por ensaios de alteração acelerada. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia Ambiental*, 2014
- MORAES, D. C; PORTO A. C; MENEZES D. B; BONUCCELLI T. J. Ensaio tecnológicos em arenitos silicificados: estudo de aproveitamento de rejeito da mineração. In: *Anais... 16º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental*, 2 a 6 de setembro de 2018, Maksoud Plaza Hotel | São Paulo | SP. Anais [...]. São Paulo: ABGE, 2018 artigo 139, 10p. Disponível em: <http://www.schenautomacao.com.br/cbge/anais/trabalhos.php>, acesso em 18 de agosto de 2020.
- PARAGUASSÚ, A.B. (ORG.); RODRIGUES, J.E. (ORG.); RIBEIRO, R. P. (ORG.); FRAZÃO, E. B. (ORG.). (2014) *Indústria da Pedra: da Extração à Aplicação Final*. 1. ed. EESC – USP, São Carlos, 2014. 130p.
- PORTILLO, E. Z. F. *Considerações sobre a caracterização tecnológica, a exploração e os usos do arenito Botucatu silicificado na região de São Carlos – SP*. Dissertação de Mestrado (Geotecnia). EESC, USP. São Carlos, SP, 1988.