

VII.6.4 - Resistência ao Ataque Químico

VII.6.4.1 -- *Esteatitos*

Os resultados dos ensaios de resistência ao ataque químico encontram-se ilustrados na figura VII.17, que permitiram a visualização das modificações destas rochas sob a ação dos agentes químicos utilizados.

Como o laboratório ainda não dispõe de um medidor de brilho e espectrocolorímetro, a avaliação da perda de brilho foi observada visualmente após a retirada dos tubos de PVC, dentro dos quais os reagentes ficaram em contato direto com a superfície da rocha.

As principais modificações observadas nos esteatitos se resumiram na descoloração para tons mais claros de cinza, diferente da borda cinza escura, amarelamento das porções carbonáticas, desagregação granular de constituintes minerais ao manuseio com objeto pontiagudo, microfissuras evidenciadas pelo preenchimento resultante da oxidação de elementos ferruginosos, formação de microcavidades devido à lixiviação parcial de constituintes.



Figura VII.17: Microfissuras evidenciadas, descoloração e manchas de oxidação nos esteatitos FUR, ACA, LUN após ensaio de alterabilidade com ácido cítrico.

VII.6.4.1.1 - Efeitos dos Reagentes Químicos sob o ponto de vista da Microscopia Eletrônica

Considerando-se que as variações de massa observadas para ensaios desta natureza são pouco relevantes e que as observações visuais nem sempre são suficientes e capazes de permitir a distinção de pequenas variações cromáticas ou texturais optou-se, por avaliar, os efeitos dos reagentes químicos nos esteatitos sob o ponto de vista da microscopia eletrônica. Para esse propósito, foi utilizado o equipamento pertencente ao consórcio dos Departamentos de Física, Química e Geologia da Universidade Federal de Minas Gerais / UFMG. A técnica de análise de imagem permite a determinação de uma série de parâmetros morfológicos e estruturais. As imagens

foram obtidas através da emissão de elétrons secundários sobre a superfície da placa de rocha recortada nas dimensões de 2x2cm e colocada num dispositivo metálico no interior do microscópio eletrônico JEOL modelo JSM 840A, com tensão de aceleração de 25,0 KV, corrente do feixe de 6×10^{-11} , abertura da objetiva 3 e distância de trabalho de 38 mm.

As imagens apresentadas na figura VII.18 mostram os efeitos do ataque químico nas placas polidas de esteatitos (ACA, FUR, LUN) sob o ponto de vista da microscopia eletrônica, após submetidos aos ensaios de resistência ao ataque químico.

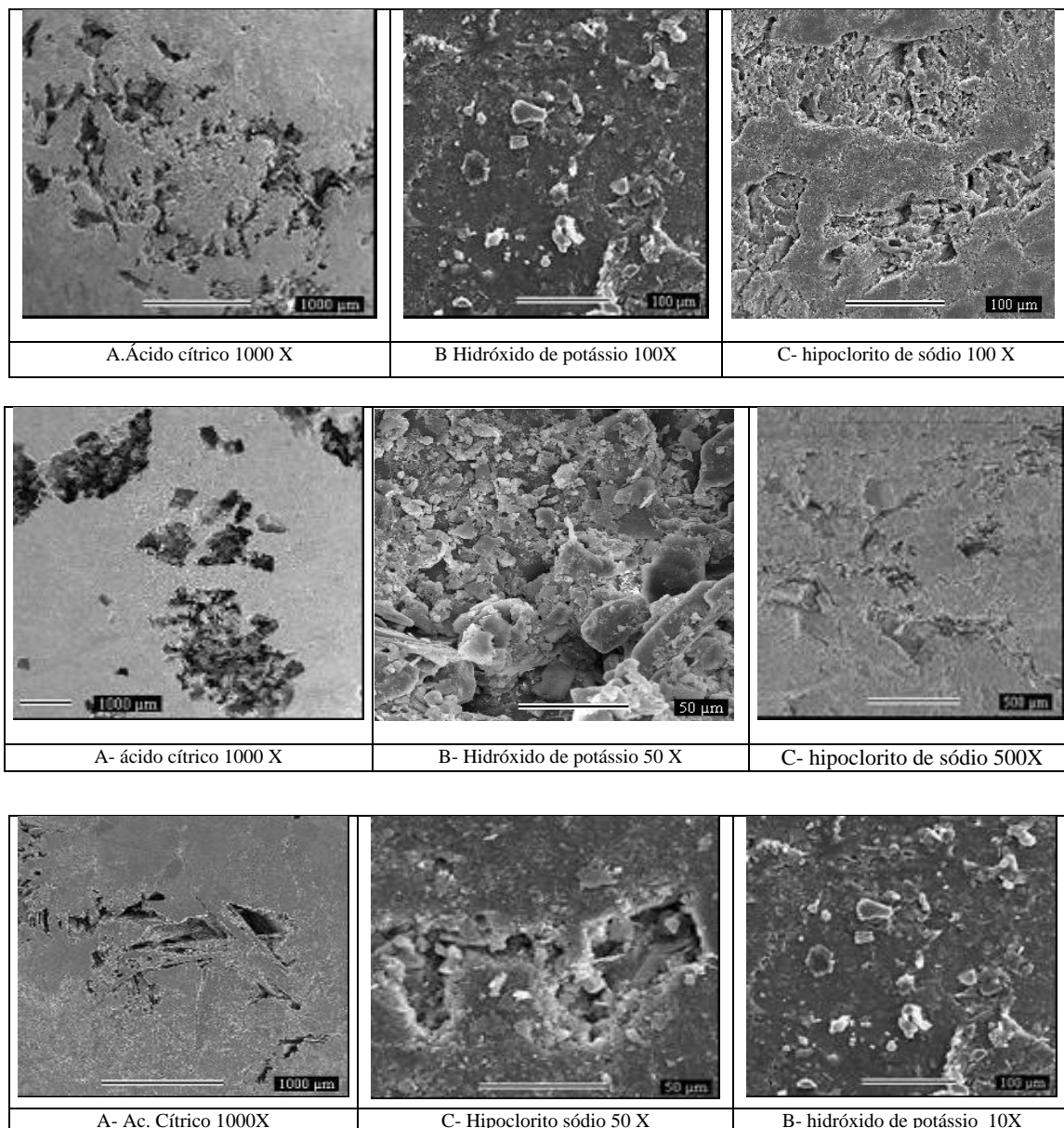


Figura VII.18: Eletromicrografia em esteatito FUR exposta aos ensaios com ácido cítrico (A) , hidróxido sódio (B) e hipoclorito de sódio (C).

VII.6.1.2 – Discussão dos Resultados - Esteatitos

Os resultados dos ensaios de resistência ao ataque das substâncias químicas: ácido cítrico, hipoclorito de sódio e hidróxido de potássio mostraram alterações de cor e formação de cavidades, entre outras, nas amostras testadas.

Enfatiza-se que nas rochas de granulação mais fina, o arranjo mineral e as discontinuidades físicas são mais discretas, e conseqüentemente a superfície específica menor, dificultando a reação de substâncias químicas. No entanto, pelas observações visuais constatou-se que o ácido cítrico é o reagente que mais afetou as superfícies polidas dos esteatitos estudados. Os outros reagentes hipoclorito de sódio e hidróxido de potássio também afetaram as rochas resultando em aspectos de alterações significativos, sendo observados macroscopicamente mudanças na coloração original da placa polida e perda de brilho tornando a superfície áspera e esbranquiçada. Com esses reagentes houve o desenvolvimento de uma camada pulverulenta por cristalização do hipoclorito e do hidróxido na superfície polida da rocha, que pode ser removida com limpeza através de pincel. No entanto, a área de contato tornou-se opaca, sem brilho e ainda com resíduos quando observado sob o microscópio eletrônico (Figura VII.18). O hipoclorito de sódio causou além do aspecto esbranquiçado, uma aspereza na superfície polida e microcavidades que só foram observadas ao microscópio eletrônico.

Além da coesão textural, a composição mineral é o principal condicionante da resistência dos esteatitos em relação ao ataque de substâncias químicas. Os minerais que mais foram afetados, no caso do esteatito, p. ex. LUN (Figura VII.17), onde aparecem diminutas cavidades, leva a concluir que o ácido cítrico afetou os carbonatos e, eventualmente, as cloritas. Contudo, determinados minerais mesmo ocorrendo em pequenas quantidades nas rochas (<5%), considerados como acessórios, podem reagir com determinadas substâncias e provocar danos às superfícies polidas das rochas. Caso este, observado nos monumentos históricos, p.ex. profetas em Congonhas, em que os opacos são responsáveis pelas marcantes alterações de coloração da rocha e desenvolvimento de cavidades milimétricas por dissolução e também por desprendimento, nas superfícies das esculturas.

Os esteatitos apresentam uma composição mineralógica variada e uma distribuição aleatória dos constituintes. Assim, ressalta-se que adequá-los, ou não, a certas aplicações em função de suas composições mineralógicas e feições texturais é complexo. Porém, indica-se a aplicabilidade mais adequada ao uso dos esteatitos ACA, FUR e LUN em revestimentos internos e em ambientes secos. No entanto, recomendam-se limpezas eventuais sempre com produtos de limpeza menos agressivos para evitar um maior comprometimento na estética da rocha.

VII.6.4.2. - *Granitos lato sensu*

As alterações mais representativas dos granitos Ás de Paus, Branco Eliane, Café Imperial, Preto Rio, face a atuação dos agentes de limpeza são mostrados nas figuras VII.19 a VII.22.

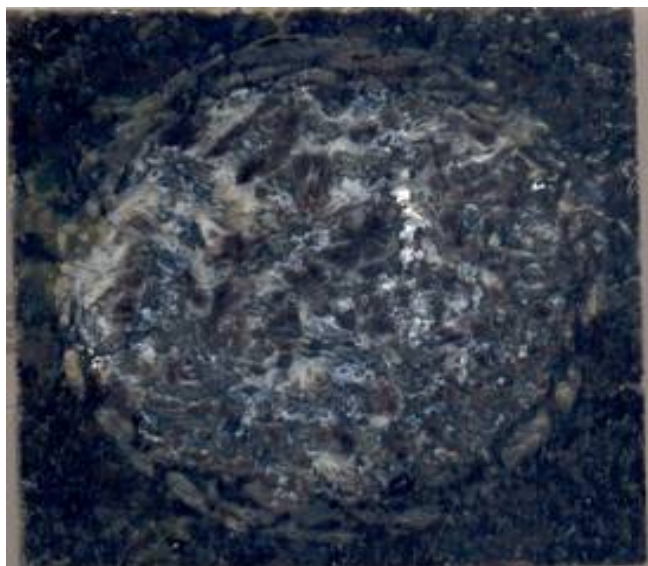


Figura VII.19: Descoloração, oxidação de minerais ferromagnesianos, formação de microcavidades e desagregação de micas após ensaio de alterabilidade com ácido clorídrico nos granitos *lato sensu*: Preto Rio.

No Preto Rio, além das modificações citadas acima, com a aplicação dos outros reagentes: hipoclorito de sódio, hidróxido de potássio, ácido cítrico, houve descoloração parcial da superfície da placa polida, inclusive dos minerais ferromagnesianos (biotita), perda de brilho, formação de cavidades milimétricas devido à lixiviação de constituintes minerais deixando a superfície áspera.

No sienito Café Imperial, as modificações observadas com os ácidos cítrico (figura VII.20), clorídrico, hipoclorito de sódio e hidróxido de potássio foram perda de brilho e rugosidade superficial devido à lixiviação parcial de constituintes; descoloração devido à oxidação de minerais ferromagnesianos; formação de microcavidades e evidência de microfissuras intergranulares nos planos de clivagens constituindo linhas paralelas e anostomosadas; desagregação granular ao manuseio com objeto pontiagudo.

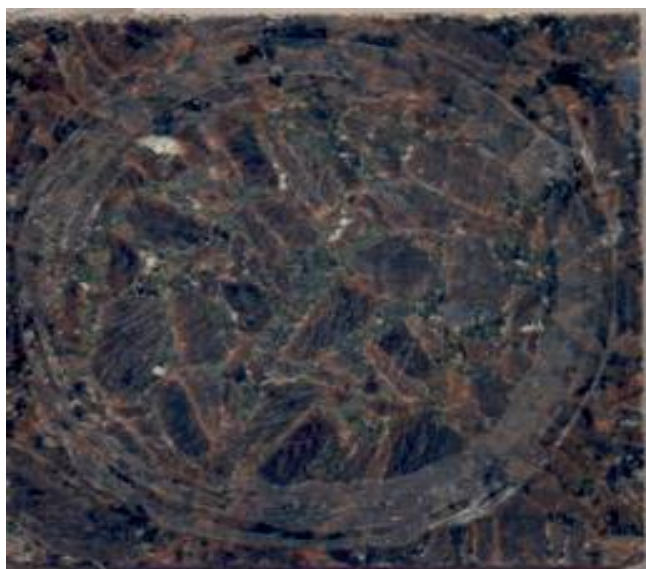


Figura VII.20: Descoloração e microfissuras intergranulares evidenciadas, oxidação de minerais ferromagnesianos, formação de microcavidades e desagregação de feldspato caulinizado após ensaio de alterabilidade com ácido clorídrico no Café imperial.

No sienito Ás de Paus, as principais alterações se resumiram na formação de microcavidades observadas nos cristais de biotita devido a lixiviação parcial, rugosidade superficial e perda de lustro, descoloração (hipoclorito de sódio). As modificações após o uso do hidróxido potássio foram descoloração, evidências das microfissuras intragranulares, perda de brilho em especial das biotitas e aspereza da superfície (Figura VII.21).

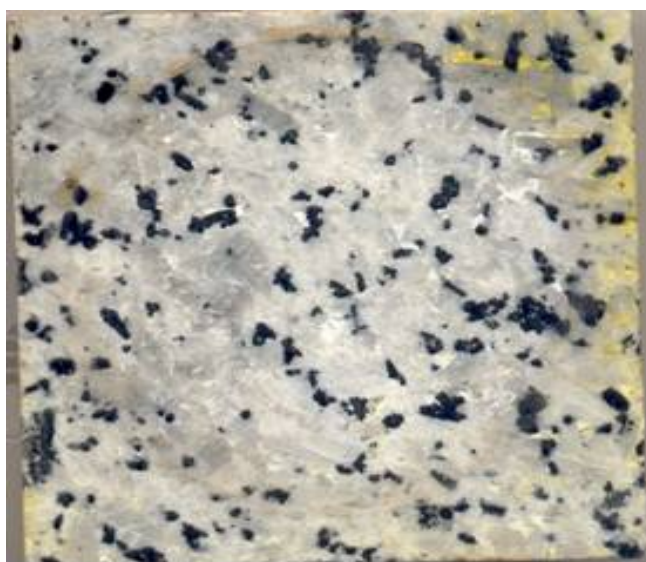


Figura VII.21: Descoloração/branqueamento do feldspato alcalino, formação de microcavidades e superfície rugosa após ensaio de alterabilidade com ácido clorídrico no Ás de Paus.

No granito Branco Eliane, as observações visíveis com o ácido clorídrico, hipoclorito de sódio, hidróxido de potássio foram amarelamento devido à oxidação de constituintes, descoloração, formação de microcavidades a partir da lixiviação/desagregação de filossilicatos e granada, rugosidade e aspereza da superfície e evolução de microfissuras intragranulares (Figura VII.22).



Figura VII.22: Amarelamento da superfície, aspereza e microfissuras evidenciadas, formação de camada oleosa, formação de microcavidades e superfície rugosa após ensaio de alterabilidade com ácido cítrico no Branco Eliane

VII.6.4.21 – Discussão dos resultados – Granitos lato sensu

As observações nas placas polidas indicam que a deterioração causada pelo ataque dos reagentes químicos foi semelhante nos diferentes materiais. Entre as mudanças estéticas observadas se destacaram o manchamento, a perda de cor e brilho e o realce de algumas feições, como microfissuras. No conjunto dos tipos litológicos analisados, as rochas que exibiram mudanças mais significativas foram o Preto Rio e o Café Imperial por serem mais escuros. Já os tipos, Branco Eliane e Ás de Paus apresentaram mudanças estéticas mais discretas em relação aos tipos anteriormente citados. Esse fato mostrou que a coloração da rocha colabora para evidenciar as alterações sofridas pelos materiais. No entanto, não significa que as rochas de coloração clara não sofreram alterações. Essas alterações são perceptíveis de maneira mais sutil, necessitando de métodos apurados de análise.

Os ensaios indicam que o ácido clorídrico é o agente mais agressivo às rochas graníticas, provocando, em diferentes graus de intensidade, modificações na superfície das rochas. Estas rochas mostram forte descoloração e amarelamento, perda de lustro e oxidação das áreas de contato. Neste ensaio observa-se, desde o incipiente clareamento da área de contato, como acontece nos granitos Ás de Paus e Branco Eliane, até a descoloração de minerais máficos na superfície polida da rocha e formação de microcavidades, especialmente notável nos granitos Preto Rio e Café Imperial (Figuras VII.19 e VII.20). O Café Imperial sofreu os maiores danos em seus aspectos mineralógicos e texturais; de cor marrom escuro em seu estado natural, muda para uma cor marrom esverdeada em algumas porções, com realce do microfissuramento existente, geração de pequenas cavidades devido à lixiviação de constituintes mineralógicos e perda de brilho original.

O Preto Rio apresentou perda relativa de brilho e mudança de cor originalmente preta para um tom cinza escuro.

Estas modificações estéticas comprometem o uso destes materiais pétreos nos ambientes submetidos à ação freqüente de produtos químicos para limpeza, pelo que não é recomendado seu uso em bancadas de pias, revestimentos externos nem como pavimentos de áreas externas.

O ácido cítrico, embora não ocasione a mesma intensidade de alteração provocada pelo ácido clorídrico, também gerou modificações na superfície das rochas, com a presença de uma camada de aparência oleosa, que não é facilmente removível com a aplicação de produtos de limpeza, destacando-se como exemplo o aspecto do granito Branco Eliane. Além disso, a formação de cavidades milimétricas devido à lixiviação parcial de constituintes mineralógicos foram observadas em todos os tipos (Figuras VII.21e VII.22).

O hipoclorito de sódio e o hidróxido de potássio exerceram uma ação menos agressiva sobre a superfície das rochas analisadas. O hipoclorito de sódio nos granitos Preto Rio, Café Imperial, Branco Eliane e Ás de Paus causou a lixiviação incipiente em alguns constituintes mineralógicos, o que por sua vez levou à descoloração e aspereza na superfície polida. Na superfície das placas polidas, tanto o hipoclorito de sódio quanto o hidróxido de potássio quando secos cristalizam-se gerando um material pulverulento que é facilmente retirado da área exposta. Os aspectos observados nos granitos após a aplicação do hidróxido de potássio foram descoloração incipiente e perda de brilho, e em alguns casos, evidências das microfissuras intragranulares, como no Branco Eliane. O hidróxido de potássio foi a substância que menos atacou as superfícies polidas dos granitos avaliados. Sua ação se reduz a uma diminuição significativa da perda de brilho.

Os resultados demonstraram que os granitos Café Imperial e Preto Rio apresentaram resistência baixa em relação aos ácidos clorídrico e cítrico com evidentes perdas de brilho, descoloração dos minerais máficos, p. ex, aegirina-augita, além do desenvolvimento de diminutas cavidades na superfície polida da rocha. As colorações escuras acentuam mais as alterações cromáticas decorrentes dos ataques químicos como bem evidenciado não só pelos granitos Preto Rio e Café Imperial, como também pelas rochas esteatíticas, de coloração cinza, que apresentam alterações de cor, mesmo ao ataque do hipoclorito de sódio e hidróxido de potássio.

As alterações de cor visíveis a olho nu evidenciadas pelas descolorações das placas polidas, em especial, nos esteatitos e nas rochas de coloração mais escura, como no granito Preto Rio e o Café

imperial mostram que essas modificações são devidas a uma lixiviação parcial dos constituintes minerais da rocha, quando soluções ácidas, são absorvidas e penetram nas microfissuras através das placas. Em alguns casos, como no Ás de Paus e esteatito, a solução ácida vazou através do tubo de PVC e atingiu a superfície oposta não polida das rochas, causando modificações em relação à cor desses materiais, que resultou em tons castanhos, típicos de oxidação (Figura VII.23).



Figura VII.23: Amarelamento da placa não polida de esteatito quando exposta ao ataque com solução ácida.

Os resultados mostraram que as soluções, tanto ácida quanto básica, usadas no ataque a diversas rochas, afetaram em maior ou menor grau o polimento das mesmas. Após a secagem da solução de hipoclorito de sódio na superfície da placa polida, este reagente se cristaliza nos interstícios dos minerais e superficialmente. Isso induz a uma perda do lustro deixando a superfície áspera. Os reagentes que demonstraram mais agressividades foram o ácido clorídrico que levou a uma descoloração da superfície, e conseqüentemente foi o que induziu a uma maior perda de brilho, seguido pelo ácido cítrico que levou à formação de uma camada oleosa sobre a superfície de difícil remoção e que mesmo após removida mantém a superfície da placa amarela. No gnaisse Branco Eliane esse efeito do aparecimento de manchas amareladas foram mais facilmente perceptíveis.

As modificações mais relevantes diante da exposição dos granitos aos reagentes químicos se destacam nos materiais pétreos mais escuros, como o caso das rochas comercialmente denominadas Preto Rio e Café imperial. Já as rochas de coloração clara, com tons esbranquiçados, amarelados e acinzentados, como o Branco Eliane e o Ás de Paus foram moderadamente afetados pela alteração de cor. No entanto, as alterações foram pouco contrastantes em relação às rochas de coloração mais escura.