

MAPEAMENTO DE DETERIORAÇÕES EM MONUMENTOS HISTÓRICOS DE PEDRA-SABÃO EM OURO PRETO

MARIA ELIZABETH DA SILVA & HUBERT MATHIAS PETER ROESER

Abstract *MAPPING OF DEGRADING OF THE OURO PRETO SOAPSTONE HISTORICAL MONUMENTS* Many monuments sculpted in soapstone during the beginning of the 18th century in the city of Ouro Preto are partially degraded, committing the aesthetic structure of the architectural group, one of the most important cultural inheritances of the Baroque art in Brazil. Such degradation was investigated by petrological methods and by in situ mapping of two Baroque sculptures: *Eros Menino* in the Enclosure of the Independence Museum and *Busto do Chafariz* in the quarter Alto da Cruz. The mineralogical composition of the soapstone comprises essentially of talc, with variable amounts of carbonates, amphiboles, chlorite and minor sulphides and oxides. The characteristic forms of alteration are fissures, subordinated dirt deposits, losses of compact parts of rock, as well as results of vandalism, such as breaks and streaks. Geologically, the deterioration of the monuments is slow, and it is fairly perceptible in terms of a human life, but parts of the rocks, like carbonate and sulphide can weather more easily, especially if related to anthropic causes.

Keywords: historical monuments, deterioration of rocks monuments, weathering forms, steatites, soapstones, Ouro Preto, Minas Gerais, Brazil.

Resumo Muitos monumentos históricos de Ouro Preto esculpidos em pedra-sabão no início do século XVIII estão em processo de degradação, o que compromete a estrutura estética do conjunto arquitetônico de uma das mais importantes heranças culturais da arte barroca no Brasil. As degradações foram investigadas petrologicamente e com mapeamento in situ de duas esculturas barroqueanas: *Eros Menino*, no Anexo do Museu da Inconfidência, e o *Busto do Chafariz*, no Bairro Alto da Cruz.

A composição mineralógica da pedra-sabão se constitui essencialmente de talco, com quantidades variáveis de carbonatos, anfíbios, clorita e, subordinadamente, sulfetos e óxidos. As formas características de alteração se resumem na ocorrência de relevo, fissuras, subordinadamente depósitos de sujeira e perda de partes compactas de rocha. A baixa dureza da rocha favorece, também ações de vandalismo tais como quebras e riscos. Geologicamente, a deterioração das rochas dos monumentos pode ocorrer lentamente, a ponto de ser pouco perceptível ao longo do ciclo de vida humana. Porém partes da rocha, como os carbonatos e sulfetos podem se alterar mais facilmente se resultantes de degradação de natureza antrópica.

Palavras-chave: monumentos históricos, deterioração de monumentos rochosos, formas de intemperismo, esteatitos, pedra-sabão, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil.

INTRODUÇÃO Os esteatitos (pedra-sabão) constituem um dos importantes bens minerais na região do Quadrilátero Ferrífero. No município de Ouro Preto, tradicional distrito de talco de Minas Gerais desde a época colonial, a pedra sabão foi utilizada artesanalmente para obras de escultura e peças de ornamentação, como retratam suas igrejas, onde as obras em pedra-sabão de Antônio Francisco Lisboa, o Aleijadinho, atraem turistas do mundo inteiro. Em outros monumentos históricos, a pedra-sabão foi utilizada em peças com entalhes mais finos e delicados, tais como, dentre outros, medalhões e imagens aproveitando sua característica natural de constituir-se principalmente de talco, o mineral de menor dureza na escala mineralógica de MOHS, permitindo assim cortes com escultura em detalhes. No entanto pelas mesmas razões, as peças prontas são facilmente desgastáveis.

PETROGRAFIA E MINERALOGIA DOS ESTEATITOS EM OURO PRETO As ocorrências de esteatitos na região sudeste do Quadrilátero Ferrífero situam-se quase exclusivamente no embasamento Arqueano, em contato com gnaisses, anfíbolitos e

xistos. Elas fazem parte da Unidade Metavulcânica do cinturão de rochas verdes Rio das Velhas (Ladeira et al. 1983). Os teores elevados de Cr (até 2500 ppm), Ni (até 2000 ppm) e Co (até 120 ppm), bem como a relação entre elementos traços críticos, Y/Zr (1,7) e Y/Ti (296) (Roeser 1979) classificam os esteatitos como ortoesteatitos, derivados de rochas ultramáficas/ultrabásicas. Sua formação é atribuída à transformação hidrotermal de rochas ultrabásicas em um estágio inicial de serpentinização e final de esteatização do serpentinito (Roeser 1979, Silva 1997). No presente estudo investigou-se amostras em diferentes estágios visuais de alteração e provenientes de Cachoeira do Brumado e de Santa Rita de Ouro Preto.

Os esteatitos apresentam textura afanítica a fanerítica, são cinza a cinza esverdeados quando fresco, variando de tonalidade segundo a distribuição dos minerais constituintes. Quando intemperizados são acastanhados devido aos óxidos e hidróxidos de Fe e contêm poros macroscópicos e cavidades resultantes da lixiviação de porfiroblastos de carbonato e sulfeto. Tanto nas rochas frescas quanto intemperizadas é possível observar a existência de fissuras milimétricas a centimétricas.

O principal mineral dos esteatitos é o talco, acompanhado de proporções variáveis de clorita magnesianas, carbonato, anfibólios e opacos. Carbonato pode alcançar proporções superiores a 20% e sulfetos em até 5%. O talco ocorre em finas escamas incolores, extinção olho de pássaro e cor de interferência verde-rosa. A Mg-clorita ocorre em palhetas em tons verde claro com leve pleocroísmo e cores de interferência em tons de cinza, típica da composição magnesianas e difratogramas de Raios-X permitem classificá-la como clinocloro, por vezes nimita, uma variedade rica em níquel (Deer *et al.* 1992). O carbonato é granoblástico e inequigranular. O anfibólio, quando presente, é ora antofilita, em caso de metamorfismo de grau maior, e ora actinolita ou tremolita, no caso da fácies xisto verde. A antofilita ocorre em porfiroblastos incolores, prismáticos a aciculares longos, com extinção paralela e cores de interferência de 2ª ordem. A tremolita é incolor e a actinolita é pleocróica em tons de verde acastanhado fraco. Apresentam extinção oblíqua e cores de interferência do final da 1ª ordem (actinolita) até o meio da 2ª ordem (tremolita) (Fig. 1).

Os opacos são representados por sulfetos, principalmente pirita, muitas vezes já reconhecível macroscopicamente, em cristais xenoblásticos e às vezes subidioblásticos que ocorrem disseminados ou inclusos nos demais minerais. A lixiviação parcial dos opacos resulta em filmes castanhos anostomosados de possível goethita depositados ao longo das clivagens dos carbonatos, e também ao longo de fissuras que cortam aleatoriamente os demais constituintes (Fig. 2). Em amostras mais alteradas, a dissolução de carbonatos resulta em cavidades preenchidas por resina e sujeira durante a confecção da lâmina (Fig. 3).

Em quase todas as amostras alteradas é comum a lixiviação intempérica parcial a total de pirita e conseqüente formação de H_2SO_4 a partir da primeira, e de CO_2 e HCO_3^- a partir dos carbonatos, responsáveis pelo desencadear de alteração dos demais minerais do esteatito. Ao mesmo tempo, a oxidação de pirita e hidrólise do ferro em solução resulta na formação de películas de hidróxido de ferro.

Sob o prisma do intemperismo químico natural, o processo envolve um complexo de fatores físicos, químicos, biológicos e suas interações. Por outro lado, a complexa composição dos minerais mais resistentes ao intemperismo tende a retardar as reações que resultem no seu intemperismo, o que implica em que a alteração do esteatito seja lenta e de longa duração. Contudo, na atmosfera urbana atual o aumento na concentração de poluentes tem sido significativamente importante e responsável pela atuação de processos adicionais que aceleram as transformações químicas destas rochas. Em centros urbanos e industriais, poluentes atmosféricos tais como dióxido de enxofre (SO_2) e diversos óxidos de nitrogênio (NO_x) podem se transformar, em contato com o vapor de água e oxigênio, dentre outros, em ácido sulfúrico e ácido nítrico, responsáveis pela redução drástica do pH da água de chuva das primeiras horas, se comparado com o pH de chuvas em regiões não contaminadas. Outro fator agressivo é o teor de particulados que podem se aderir à superfície das rochas, agredindo-as por impacto e causando os desagradáveis depósitos de sujeira.

Nos esteatitos estudados a pirita e o carbonato são os componentes mais facilmente oxidáveis. As reações daí decorrentes são as primeiras conseqüências da deterioração da pedra-sabão quando exposta à atmosfera, e que se aceleram e se agravam quando acelerados por gases poluentes do meio ambiente de Ouro Preto. Para investigar estes aspectos e quantificar tais reações é preciso aplicar modelos a dados gerados

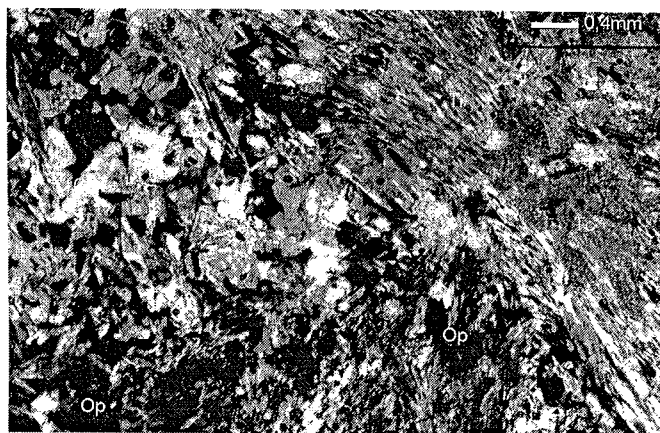


Figura 1 - Fotomicrografia de esteatito com predominância de talco (tc), tremolita (tr), carbonato (cb) e minerais opacos (op). Luz polarizada cruzada.

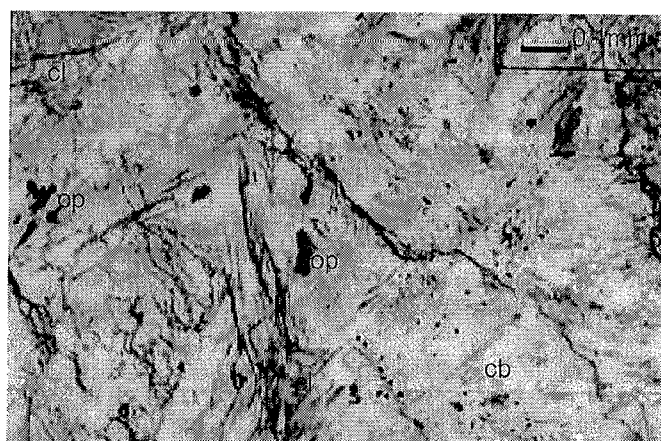


Figura 2 - Fotomicrografia de esteatito com cristais de carbonato (cb), Mg-clorita (cl), minerais opacos disseminados (op) e filmes castanhos de óxidos e hidróxidos secundários. Luz polarizada plana.

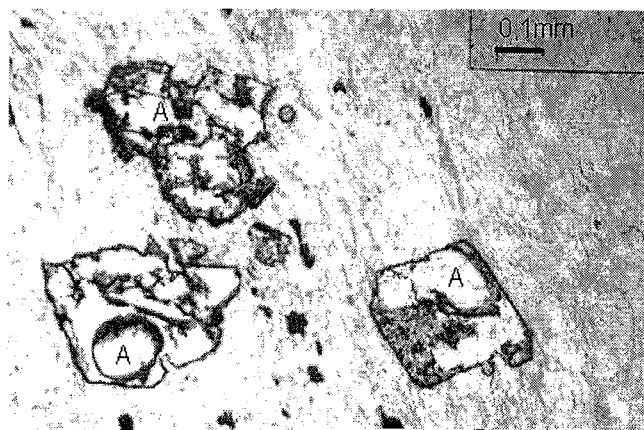


Figura 3 - Fotomicrografia de esteatito com cavidades resultantes da dissolução de carbonatos (A). Luz polarizada plana.

em experimentos de laboratório.

INTEMPERISMO DE ROCHAS EM MONUMENTOS O intemperismo, como fenômeno natural, também atinge construções feitas de rochas naturais e de compostos produzidos pelo homem, como o concreto. No entanto, a evolução intempélica geralmente ocorre em ritmo muito lento em relação à duração dos empreendimentos humanos. Contudo, há situações em que este se acelera, afetando as obras de engenharia, sobretudo quando a influência da ação humana (poluentes atmosféricos, vandalismo etc.) interfere no processo.

Em pesquisas sobre alteração e conservação de rochas em monumentos existem muitos termos, tais como *degradação*, *deterioração*, *danos*, *desgaste* entre outros, usados para descrever as mudanças nas suas superfícies. Nesse sentido, *alteração* é um termo de valor neutro e definido como a modificação do material que não implica necessariamente numa transformação de suas características segundo o perfil conservativo. Já o *intemperismo* é o processo de alteração que ocorre naturalmente, enquanto a *deterioração* é o dano que resulta de fatores naturais somados aos antrópicos e que leva ao desgaste (Baer & Snethlage 1996). A *degradação* é a modificação do material, que supõe sempre degeneração de características segundo a ótica de conservação. Já a *deterioração* afeta tanto a rocha em seu lugar de origem, como a pedra talhada e sua colocação na obra. Os mecanismos que causam a *alteração* e *degradação* são os mesmos, mas têm significativa importância segundo ocorre em local natural ou, no caso específico de um monumento, em determinado contexto ambiental (Oliveira & Brito 1998).

MÉTODO PARA MAPEAMENTO DE DEGRADAÇÕES NAS ESCULTURAS EM PEDRA-SABÃO EM OURO PRETO O

estudo realizado envolve 3 etapas, isto é, fotodocumentação, mapeamento litológico e mapeamento detalhado das formas de intemperismo.

O reconhecimento litológico compreendeu a identificação de diferentes tipos de rochas baseada na descrição petrográfica detalhada que inclui informações sobre cor, textura e composição da rocha.

O estado de degradação de um monumento pode ser determinado de acordo com o tipo, intensidade, extensão e distribuição dos danos. O mapeamento das degradações compreende a descrição, registro e apresentação do estado das rochas. É feito por meio do esquema de classificação das formas de intemperismo proposto por Fitzner *et al.* (1995) (Tabela 1) em quatro grupos que se distinguem pela perda de material rochoso, depósitos de material sobre a superfície da rocha, desprendimento de fragmentos e fissuras. Os grupos são diferenciados em formas principais, que agrupam formas individuais e formas transicionais. A aplicação das formas de intemperismo se baseia em aspectos morfológicos da rocha alterada, de modo que as informações sobre fatores, agentes, mecanismos e causas, podem ser abordados apenas genericamente.

Conforme o propósito da pesquisa e a acessibilidade ao monumento, um mapeamento geral ou detalhado pode ser realizado. Assim, a superfície das rochas é estudada em relação à modificações geométricas e de cor, depósitos e desprendimento de materiais etc, sendo os resultados das observações visuais correlacionados às categorias de danos (Tabela 2). A classificação das categorias de danos em cinco classes fornecem uma possibilidade complementar para estimar a extensão dos danos nas partes da decoração arquitetônica e de alvenaria dos monumentos, indicando a necessidade e a urgência de medidas a tomar (Fitzner *et al.* 1995).

Tabela 1 - Formas de Intemperismo com suas respectivas divisões em principais e individuais e suas abreviaturas correspondentes (Modificada de Fitzner *et al.* 1995).

| No. | Formas de Intemperismo | Símbolo |
|-------|---|---------------|
| 1. | PERDA DE MATERIAL ROCHOSO | |
| 1.1 | Relevo: mudança morfológica superficial devido à alteração parcial ou seletiva da rocha. | R. |
| 1.1.1 | Arredondamento / entalhamento | Ro |
| 1.1.2 | Relevo áspero | Ra |
| 1.2 | Perda de fragmentos compactos de rocha ou quebras devido à influência antrópica (guerra, vandalismo), à construção (stress estático, efeito de ferrugem), a causas naturais (terremotos, catástrofes) e devido à causa não reconhecível. | O |
| 2. | DESCOLORAÇÃO/DEPÓSITO | |
| 2.1 | Descoloração: alteração da cor original da rocha | D |
| 2.1.1 | Coloração autóctona: alteração cromática devido ao intemperismo de minerais ou à acumulação de material colorido. Alóctona: migração de material colorido de componentes adjacentes para a rocha, especialmente pela presença de soluções de ferrugem e cobre. | Dc |
| 2.1.2 | Descoloração/Clareamento: alteração cromática devido ao intemperismo de minerais ou extração de componentes (<i>leaching</i> , <i>washing-out</i>). | Db |
| 2.2 | Depósitos de sujeira na superfície rochosa (por poluentes atmosféricos, por deposição de partículas de águas superficiais, por influência antrópica) | I |
| 2.3 | Crosta: depósitos sólidos fortemente aderidos ou traços compactos de coloração variada que modificam a superfície da rocha (por ex. poluentes atmosféricos, crostas de ferro, manganês, sais) | C |
| 2.4 | Colônia de microflora (fungos, líquens e algas) e bactérias ou de microorganismos e plantas superiores | B |
| 3. | DESINTEGRAÇÃO | G |
| 3.1. | Desintegração de minúsculas partículas minerais em forma de grãos individuais, não distinguíveis a olho nu. | Gp |
| 3.2 | Flocos: destacamento de delgados fragmentos de rocha segundo o perfil da superfície. | F |
| 3.3 | Escamas: placas de poucos mm de espessura, mais ou menos compacta, que se desprendem paralelamente à superfície da rocha, independente da estrutura da mesma. | S |
| 4 | FISSURAS | |
| 4.1 | Fissuras individuais ou sistemas de fissuras devido a causas naturais ou de construção. (stress estático, ferrugem etc). As fissuras podem ser independentes de feições estruturais tais como acamamento, foliação, bandamento etc. (tL) ou dependentes de feições estruturais (vL) | I tL vL |

Tabela 2 - Medidas recomendadas em relação às categoria de danos (Modificada de Fitzner et al. 1995).

| Categoria de Danos | | Medidas apropriadas |
|--------------------|-------------------|---|
| I | muito superficial | Sem medidas. Monitoramento de rotina |
| II | superficial | Medidas preventivas (p.ex. limpeza, hidrofobização). Monitoramento cuidadoso |
| III | | Medidas de conservação e restauração. Monitoramento Intensivo essencial |
| IV | severo | Intervenção essencial. Todas as opções de conservação, restauração e substituição |
| V | muito severo | Substituição /proteção |

Na representação gráfica do mapeamento *in situ* empregam-se fotografias e/ou desenhos esquemáticos do monumento e suas formas de intemperismo predominantes e subordinadas. No primeiro passo, as delimitações entre as diferentes formas de intemperismo são marcadas nas fotografias, fazendo-se um esboço preliminar, mostrando as fissuras e outras informações importantes. No segundo passo, delimitam-se campos das formas de intemperismo representados em cores e símbolos e que traduzem as diferentes intensidades do mesmo, prosseguindo-se com sua correlação com as categorias de danos e sua descrição.

A documentação sobre os monumentos e suas respectivas formas de intemperismo possibilitam a amostragem representativa de certas áreas dos mesmos para investigações posteriores, tais como a realização de ensaios não destrutivos. O conhecimento do espectro das alterações é importante para investigar suas causas e mecanismos e constitui os fundamentos básicos para a formulação e implementação apropriada do planejamento de medidas de conservação.

Neste trabalho foram estudadas o busto localizado no chafariz do Alto da Cruz e o Eros Menino, situado no jardim do Anexo do Museu da Inconfidência. O registro fotográfico constou de uma série de tomadas de semi-detahle a partir de visadas horizontais da porção frontal, posterior e lateral das esculturas. Esse procedimento minimizou distorções decorrentes de visadas inclinadas e foi favorecido pelo pequeno tamanho das esculturas. Para ilustrar os resultados finais, foram feitos desenhos esquemáticos sobre as fotografias importadas para o COREL DRAW®, com subsequente correlação das formas de intemperismo com as categorias de danos.

BUSTO - CHAFARIZ DO ALTO DA CRUZ A parte superior do Chafariz do Alto da Cruz é ornamentada por um busto (Fig. 4) esculpido em pedra-sabão de cor cinza, e no qual, nas partes pouco alteradas, ainda é perceptível, o aspecto untuoso ao tato característico da rocha. A base retangular onde se apóia o busto é cinza, levemente castanha.

O mapeamento detalhado (Figs. 4 a 8) mostra duas formas de intemperismo predominantes, isto é, um relevo que descreve a mudança morfológica da superfície rochosa devido ao intemperismo parcial ou seletivo dos constituintes minerais e fissuras que cortam a extensão da escultura. Subordinadamente ocorrem, riscos provocados por ação antrópica e depósitos de sujeira.

Para uma descrição detalhada da forma de intemperismo relevo, adotou-se a seguinte divisão de intensidade: (1) relevo suave - profundidade de 1 mm a 0,5 cm, (2) relevo moderado - profundidade superior a 0,5 cm podendo atingir 1 cm em alguns pontos.

Na parte frontal da face e corpo, as alterações características compreendem várias porções com relevo moderado, observando-se na face a descaracterização completa do nariz, boca e olho esquerdo, acrescidas de inúmeras fissuras de larguras e

comprimentos variados que se interceptam. Na orelha esquerda, houve provável perda de fragmentos compactos por razões não reconhecíveis, descaracterizando a forma esculpida (Fig. 5). Abaixo do queixo, o relevo é moderado e há depósito de sujeira de tom esverdeado, com a formação de uma crosta superficial.

O relevo moderado e as fissuras predominam nas partes frontais, como no peito e ombros. Relevo do tipo arredondamento / entalhamento pode ter levado a uma perda das características parcial dos seios devido a causas não reconhecíveis (Fig. 6). Na parte inferior dos seios, há depósito de sujeira esverdeado fracamente aderido à superfície.

Em toda a porção posterior da cabeça predomina relevo moderado, especialmente no topo, onde os cabelos esculpidos perderam a forma original, com a formação de relevo áspero. Há também fissuras de comprimentos variados que atingem as laterais da face (Fig. 7). Nos cachos da parte posterior dos cabelos são comuns depósitos de sujeira esverdeada, que mudou a cor da superfície rochosa, porém um pouco menos intenso que o depósito observado nas dobras do pescoço. Na parte posterior das costas, tanto na porção superior quanto inferior, predomina um relevo moderado com a presença de fissuras. Depósitos de sujeira esverdeada preenchem as cavidades resultantes do intemperismo seletivo ou parcial da rocha.

Nas partes frontal e posterior, nas laterais esquerda e direita são frequentes vários riscos profundos de origem antrópica.

Em toda a base retangular, predomina relevo suave, com poucas partes representadas por relevo moderado e fissuras. Também ocorrem quebras por ação antrópica, depósito de sujeira, riscos profundos e complementos com argamassa para reposição de dano da parte inferior da base.

Os resultados do mapeamento são mostrados na figura 8. As formas de intemperismo predominantes e as subordinadas estão representadas na legenda correspondente. As formas mapeadas foram correlacionadas às categorias de danos, possibilitando uma análise preliminar do estado da escultura. As formas de intemperismo com relevo associado a fissuras predominam em toda a superfície da escultura, subordinadamente os depósitos de sujeira e perda de partes da rocha. Isto permite correlacionar a degradação da escultura à categoria de danos III, isto é, de danos moderados, aconselhando medidas de conservação e restauração.

EROS MENINO – ANEXO DO MUSEU DA INCONFIDÊNCIA

A pedra-sabão usada na escultura do Eros Menino (Fig. 9), tem cor heterogênea com porções acinzentadas, marrom-avermelhadas e esbranquiçadas, por vezes com pontos milimétricos de provável carbonato e opacos.

A escultura repousa sobre base de bloco de quartzito e a estátua se apóia e se reclina, para a esquerda contra os blocos irregulares de pedra-sabão que, na parte frontal superior e posterior, são unidos por argamassa.

As formas de intemperismo nos lados frontal e posterior (Figs. 9 a 12) compreendem relevo, perda de fragmentos compactos de rocha, descoloração, depósitos de sujeira, fissuras e desintegração em escamas. A forma de intemperismo mais freqüente é relevo

suave, localmente mais intenso. Esta mudança morfológica em toda a superfície da escultura é devida ao intemperismo seletivo de minerais lábeis. Neste caso, o relevo é considerado suave, de baixa intensidade e estimado em torno de 1mm de profundidade, podendo atingir até 0,5 cm em algumas partes da escultura, tais como braços, ombros, mãos e pés. Fissuras ocorrem com diferentes comprimentos, mas são finas e entre 1 mm a 3 mm de largura.

Os depósitos de sujeira são mais freqüentes nas junções entre as partes individuais e sobre a superfície inferior da escultura. Nos



Figura 4 - Vista parcial do busto em pedra-sabão situado no Chafariz do Alto da Cruz e datado de 1761.

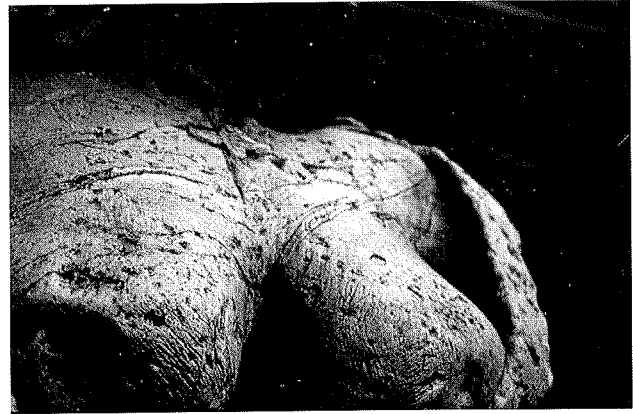


Figura 6 - Vista frontal do busto em pedra-sabão com fissuras e relevo do tipo arredondamento/entalhamento que levou a uma perda da característica parcial dos seios.



Figura 5 - Detalhes do rosto da escultura com relevo de degradação moderado, fissuras e perda de fragmento.



Figura 7 - Vista posterior da cabeça com relevo áspero e fissuras.

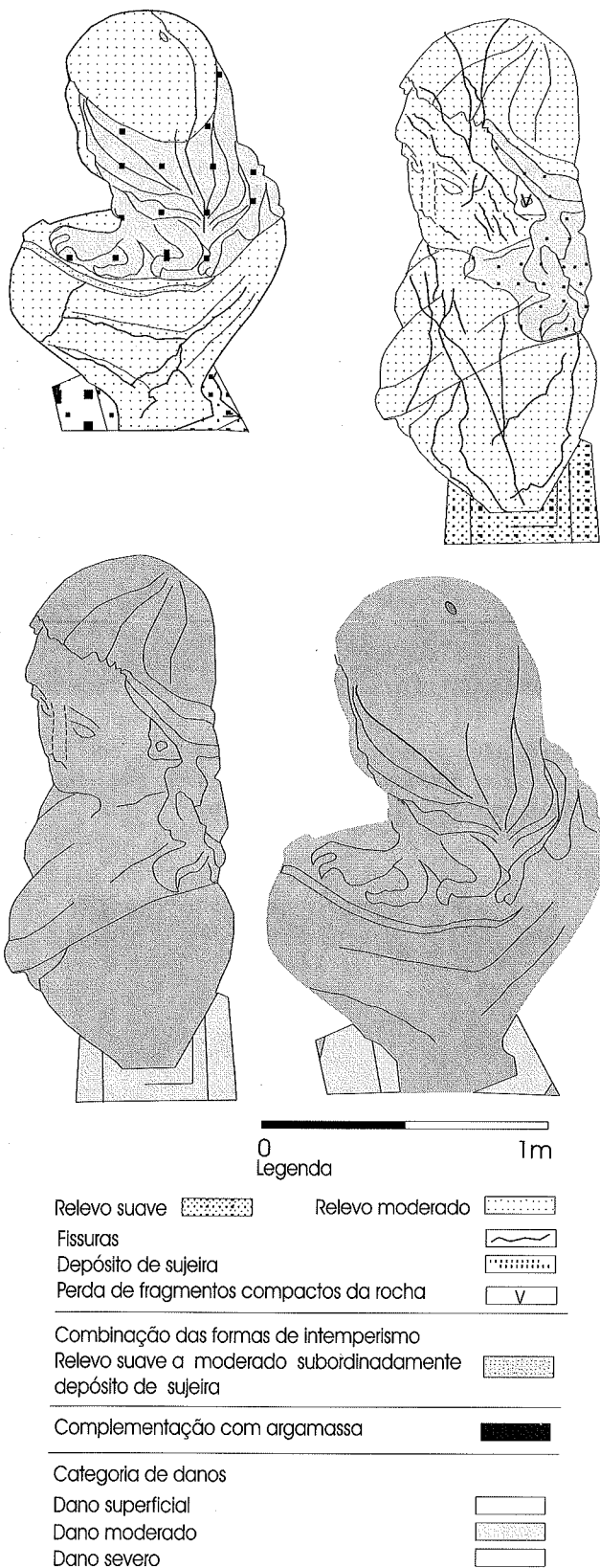


Figura 8 - Representação gráfica do mapeamento das deteriorações e categorias de danos no busto em pedra-sabão do Chafariz do Alto da Cruz.

loais com depósitos de sujeira mais intensos, estes consistem de crosta marrom escura e se localizam especialmente nas junções entre os membros da escultura, como por exemplo, nádegas, interior das orelhas e da boca, próximo aos cabelos e parte inferior das pernas. Mais raramente, na junção da argamassa com o corpo ocorrem colônias de microorganismos.

Na porção frontal do corpo, em toda a face predomina relevo suave, porém mais intenso na lateral direita, evidenciado por mancha esbranquiçada na rocha. A presença de riscos é notável na testa e na face lateral esquerda.

Nos membros, há perda de fragmentos de rocha, principalmente no antebraço esquerdo, dedo polegar da mão direita, órgão sexual (Fig. 10) como também na lateral irregular esquerda contra a qual a estátua se apóia. Entretanto, nesta última, a perda dos diversos blocos de pedra-sabão foi reparada com argamassa.

No antebraço e na face da mão direita, ocorrem fissuras com cerca de 1cm de largura preenchidas com resina (epox) (Fig. 11). Nos membros predomina relevo suave em toda extensão do braço, mas com até 0,5 cm de profundidade em algumas partes, assim como descoloração e formação de manchas esbranquiçadas. O dedo mínimo do braço direito foi parcialmente restaurado com resina.

Na parte central do corpo, a cor rosada natural da rocha é intensa. Nas partes frontais (do peito até o umbigo) e nos membros inferiores (perna direita e esquerda), ocorrem riscos de natureza antrópica, com predomínio de relevo suave, às vezes mais intenso, com várias fissuras finas que se estendem da parte inferior do queixo até o final do pescoço. Particularmente na parte lateral da coxa, joelho, dedos e peito do pé esquerdo, houve perda do aspecto untuoso e liso típicos da pedra-sabão.

Na parte central das costas, tanto na parte superior quanto

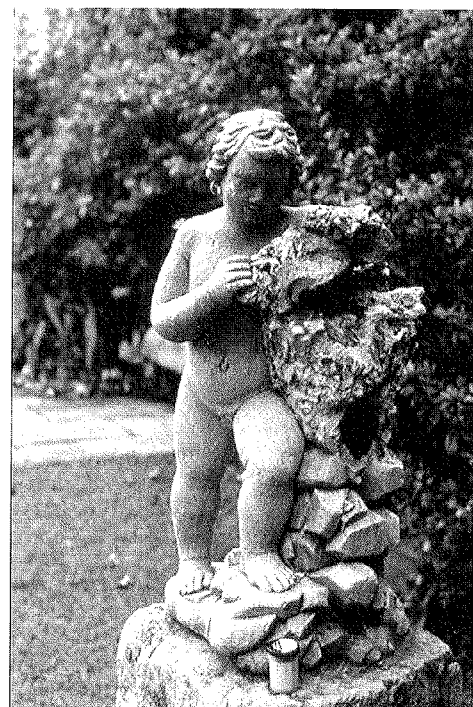


Figura 9 - Vista parcial da estátua de Eros Menino, Anexo do Museu da Inconfidência.



Figura 10 - Destaque de perda de fragmentos compactos de rocha no órgão sexual, da estátua de Eros Menino.



Figura 11 - Vista frontal do antebraço e mão direita com presença de relevo, fissuras, descoloração e restaurações do pulso e do dedo com resina.

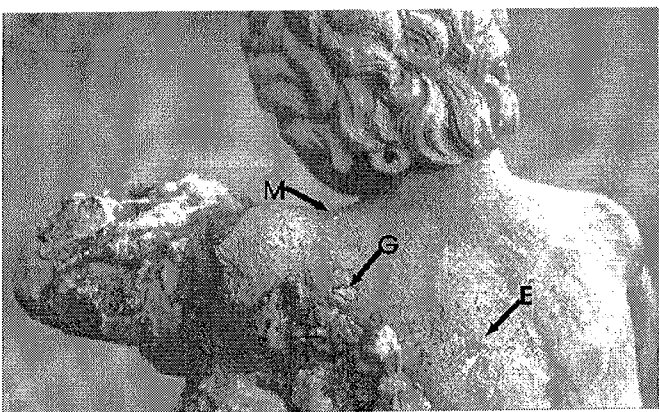


Figura 12 - Vista lateral posterior das costas da estátua de Eros Menino, com predomínio de relevo, desintegração em escamas e presença de peça metálica e gesso.

inferior, predomina relevo suave, com desintegração em forma de escamas e quantidades significativas de riscos por ação antrópica direta. No lado esquerdo, o desprendimento de escamas segue em direção ao ombro onde ocorrem materiais estranhos, provavelmente chumbo e uma massa homogênea, semelhante ao gesso. No ombro direito, além do relevo suave, é notável a perda de brilho da rocha, a exemplo do que ocorre por desgaste feito com lixa (Fig. 12).

Na porção posterior dos membros inferiores, o relevo suave continua com pequenas variações na intensidade. Subordinadamente ocorre depósito de sujeira esverdeada a marrom, mas pouco intensa, especialmente nas junções entre as nádegas e nas suas dobras inferiores.

Na parte posterior dos cabelos e no topo da cabeça, predomina o relevo suave, mas com perda de brilho e aspecto untuoso da pedra-sabão, resultando em relevo de superfície áspera. Em algumas partes dos cabelos, especialmente nos cachos, ocorre depósito de sujeira aderido à superfície rochosa, enquanto que nas porções superiores há descoloração e fezes de pássaros.

As complementações de partes da escultura com argamassa e resina descaracterizaram a base contra a qual a estátua se apóia. Nesta, existem vários blocos pequenos de pedra-sabão unidos por argamassa na parte superior frontal e posterior. Na junção da argamassa com o corpo, ocorre o crescimento de microorganismos, com desenvolvimento de depósito de sujeira levemente aderente. Os blocos inferiores de pedra-sabão da parte frontal da base apresentam relevo suave.

A representação dos resultados (Fig. 13) permite uma rápida visão das formas de intemperismo características e especialmente de suas combinações e de suas distribuição na escultura. Relevo com predomínio de baixa intensidade correlaciona-se à categoria de danos II, o que requer medidas preventivas. A perda de fragmentos de rocha e complementos com argamassa, que comprometem a estética do monumento caracterizam danos da categoria IV e exigem intervenção imediata.

CONCLUSÕES As esculturas estudadas mostram relevo resultante dos efeitos do intemperismo. Esta deterioração resulta da interação de fatores mineralógicos, químicos e físicos como indicado por dados mesoscópicos e microscópicos de amostras de pedra-sabão. Comparando as partes intemperizadas com as não intemperizadas de amostras de pedreiras com as esculturas, conclui-se que carbonatos e sulfetos são os principais responsáveis pela forma de relevo na superfície das esculturas. A oxidação seletiva destes minerais origina zonas mais porosas nas partes expostas. Neste caso, a água pode penetrar facilmente e ali permanecer armazenada em poros e pequenas cavidades por longo tempo, conforme a exposição à irradiação solar direta. Em todos os casos, porções esburacadas apresentam maior superfície ao intemperismo, susceptível também à atuação de outros processos e isto significa perigo para as esculturas.

A formação de depósitos de sujeira nas partes esburacadas não expostas ao escoamento superficial de águas de chuva ocorre em ambos. Os depósitos de sujeira ocorrem, na maioria das vezes, na área de junções entre partes individuais e podem conter microorganismos, que utilizam desse material como alimento e meio de reprodução. Contudo, as chuvas frequentes da região drenam estes depósitos e propiciam rápida lixiviação. Os depósitos podem ser evitados mediante um preenchimento apropriado dessas junções. Da mesma forma as fissuras merecem atenção, pois líquidos podem penetrar profundamente nas esculturas e acelerar o intemperismo e, em condições extremas, pode causar a perda de

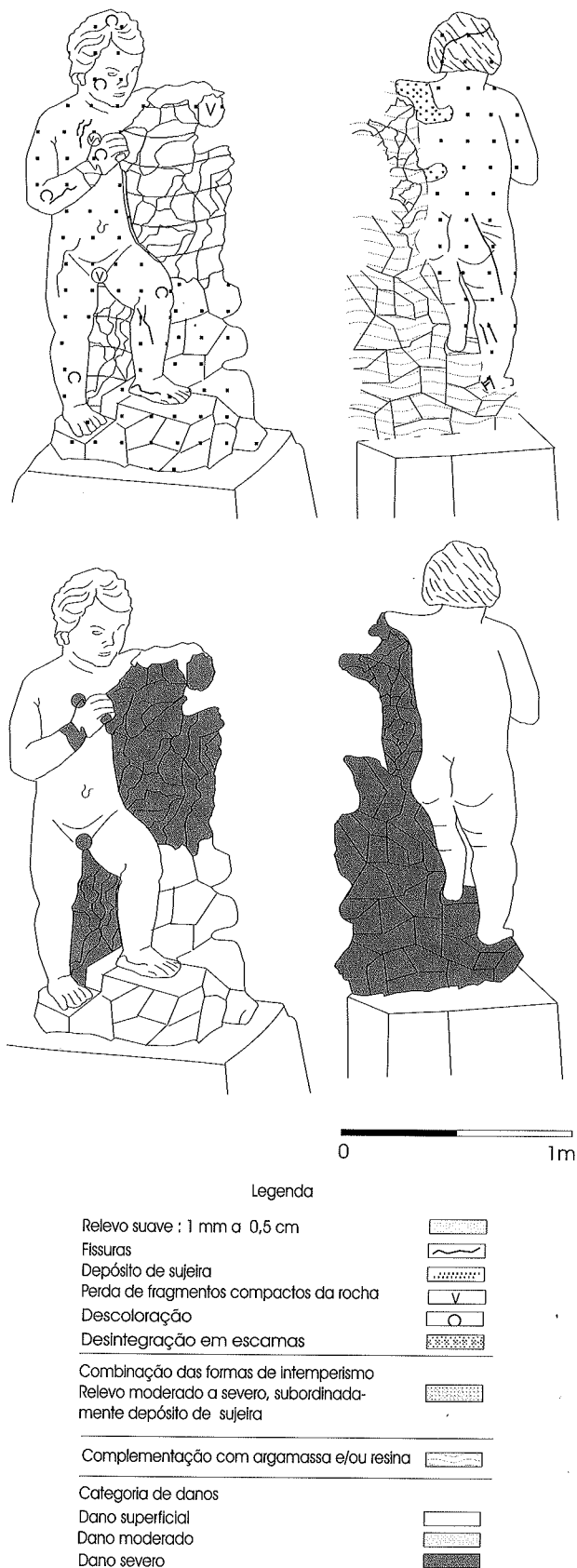


Figura 13 - Representação gráfica do mapeamento das deteriorações e categorias de danos na estátua de Eros Menino.

partes compactas da rocha ou mesmo comprometer a sua estabilidade estrutural. Medidas que visem selar as fissuras são necessárias.

Das observações feitas *in situ*, grande parte das superfícies das esculturas já foi afetada, apesar do lento progresso da deterioração. Entretanto, medidas de proteção das cavidades, fissuras e reposição das partes quebradas e tratamento com agentes consolidantes devem ser adotados para reduzir a alteração mineral.

Agradecimentos Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de mestrado à Maria Elizabeth da Silva. Aos revisores do corpo consultivo da RBG pelas sugestões ao original

Referências

- Baer N. S. & Snehlage R. (ed.). 1996. Group Report: What is the state of our knowledge of the mechanisms of deterioration and how good are our estimates of rates of deterioration? In: Dahlem Workshop *Saving our architectural heritage: the conservation of historic stone structures*, Berlin, John Wiley & Sons Ltd., p: 95-112.
- Deer W. A., Howie R. A., Zussman J. 1992. *An introduction to the rock forming minerals*. London, Longman Group Limited. 696p.
- Fitzner B., Heinrichs K., Kownatzki R. 1995. *Weathering forms: classification and mapping*. Berlin, Verlag Ernst & John. 88p.
- Ladeira E. A., Roeser H.M.P., Tobschall H. J. 1983. Evolução petrogenética do cinturão de rochas verdes, Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. In: Simp. Geol. de Minas Gerais, 2, Belo Horizonte, Anais, 2:149-165.
- Marques A. E., Krätzig T. A. G., Herkenrath G. M. 1994. Ideas: investigations into devices against environmental attack on stones. German Brazilian Project, Final Report. GKSS - Forschungszentrum Geesthacht GmbH. Aachen. 257 p.
- Oliveira A. M. S. & Brito S. N. A (ed.). 1998. *Geologia de Engenharia*. São Paulo, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 573p.
- Roeser U. F. 1979. *Mineralogisch-petrographisch-geochemische Untersuchungen von Ultrabazitkomplexen im südöstlichen Minas Gerais, Brasilien*. Technische Universität Clausthal, Clausthal, Diploma Thesis, 190p.
- Silva M. E. 1997. As rochas metaúltramáficas de Lamim ao Sul do Quadrilátero Ferrífero, MG: uma contribuição à gênese da pedra-sabão. Trabalho Geológico, Ouro Preto, DEGEO/UFOP. 106p.

Manuscrito A-1339

Recebido em 26 de março de 2002

Revisão dos autores em 25 de outubro de 2003

Revisão aceita em 30 de outubro de 2003