

CAPÍTULO 5

ROCHAS SEDIMENTARES COM FINS ORNAMENTAIS: OS EXEMPLOS DOS CALCÁRIOS DA FORMAÇÃO LA TAMPA (COLÔMBIA) E DO ARENITO “PIETRA SERENA” DA FORMAÇÃO MARNOSO-ARENÁCEA (ITÁLIA)

Javier Eduardo Becerra Becerra¹, Antônio Gilberto Costa & Roberto Bruno

INTRODUÇÃO

As rochas sedimentares com fins ornamentais têm sido utilizadas desde tempos remotos na construção das grandes obras de arquitetura, hoje patrimônio da humanidade. Desde as pirâmides de Egito, passando pelas igrejas, conventos e fortalezas construídas durante o período colonial pelos portugueses no nordeste brasileiro até o uso recente em prédios urbanos, arenitos e calcários seguem sendo materiais importantes na construção civil ao redor do mundo. Como exemplos típicos, temos o arenito conhecido com o nome de “Pietra Serena” da Formação Marnoso-Arenácea (Itália), importante na construção de importantes prédios históricos antigos da cidade de Florença, e ainda utilizados nos projetos recentes da região da Toscana e os calcários da Formação La Tampa utilizados no revestimento interno e externo de prédios vanguardistas da construção civil da República da Colômbia, especialmente na cidade de Medellín.

Processos de deterioração têm sido observados nas construções onde estes materiais foram utilizados. O arenito conhecido comercialmente como Pietra Serena, extraído na região de Firenzuola (Toscana-Itália), corresponde a vários níveis areníticos da Formação Marnoso-Arenácea, sendo os mais importantes, o nível inferior de natureza calcarenítica e conhecido com o nome de Pietra Forte Colombino e o nível intermediário, chamado Pietra Masso Grosso, correspondente a um arcósio com importante conteúdo de fragmentos líticos. As diferenças em composição mineralógica e textura incidem diretamente na resposta face os processos de deterioração observados em alguns monumentos históricos da cidade de Florença.

No caso dos calcários colombianos da Formação La Tampa, a deterioração da rocha está relacionada ao grau de alteração dos componentes carbonáticos originais, à presença de minerais terrígenos como quartzo, óxidos de ferro e minerais argilosos e à porosidade, que também é um fator determinante, considerando as condições do meio ambiente da cidade de Medellín.

¹ Geólogo, doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geologia. - CPMT/IGC/UFMG. E-mail: javierbecerra2003@yahoo.com

Este trabalho pretende mostrar algumas observações sobre o uso e os processos de alteração ocorrentes nos monumentos históricos antigos da Cidade de Florença-Itália onde foi usado o arenito Pietra Serena e aqueles observados em prédios recentes onde foram usados os calcários da Formação La Tampa na cidade de Medellín-Colômbia. A pesquisa, ainda em andamento, insere-se no âmbito do Projeto Alfa-Faro (Formação Avançada em Rochas Ornamentais e Geoprocessamento), no qual participam o Instituto de Geociências (IGC) da Universidade Federal de Minas Gerais (Brasil) e o Departamento de Engenharia Química, Mineral e Ambiental (DICMA) da Universidade de Bologna (Itália).

O ARENITO DENOMINADO PIETRA SERENA E A SUA IMPORTÂNCIA NA ARQUITETURA ITALIANA

A pietra serena, arcósio com matriz arenítica, é considerada um importante recurso econômico dos Apeninos centrais da República Italiana. Contribui ao desenvolvimento industrial da região por meio da atividade de cerca de cinquenta empresas artesanais e outras de grande porte, todas com boa capacidade de produção e beneficiamento, graças ao investimento em desenvolvimento tecnológico no processo extrativo e nos processos de transformação. A introdução de novas tecnologias tem permitido agregar valor aos produtos acabados, os quais são muito importantes na construção civil e nos processos de restauração de prédios históricos, especialmente nas cidades históricas da Itália central como Florença, Siena, Arezzo, Grosseto e Gênova (Bargossi *et.al.*, 2002).

A difusão do uso da pietra serena como material de construção e de ornamento arquitetônico, data do século XV, quando Filippo Brunelleschi (1377-1446), importante arquiteto e escultor italiano, usou este material para a construção de algumas das suas obras mais importantes. A facilidade de lapidação que apresenta este material, junto com a possibilidade de empregá-lo junto com outros materiais, permitiu ao artista a elaboração de grandes colunas, como as existentes no Hospital dos Inocentes do Santo Espírito de San Lorenzo, na cidade de Florença (Fig. 1). Outros prédios históricos de reconhecida importância usaram a Pietra Serena como material base, dentre dos quais se destacam o Palácio Grozzi (Fig. 1), o Palácio Corsini e muitos outros característicos da arquitetura florentina (Bargossi *et.al.*, 2002).



Figura 1. Exemplos da utilização do arenito “Pietra Serena” na arquitetura da Cidade de Florença. Hospital dos Santos Inocentes (esquerda); Palazzo Grozzi (direita).

O arenito denominado Pietra Serena corresponde à uma série de camadas de arenito de seqüência turbidítica. Nos processos de beneficiamento e transformação são importantes dois níveis areníticos conhecidos com os nomes de Pietra Forte Colombino e Pietra Masso Grosso, os quais apresentam entre eles diferenças texturais e composicionais que incidem diretamente na susceptibilidade aos processos de alteração quando utilizados expostos à intempérie.

O arenito Pietra Forte Colombino é um calcarenito, constituído por quartzo 15,1; plagioclásio 4,4; K-feldspato 1,6; vulcânicos ácidos 1,8; vulcânicos básicos 0,7; filita 0,2; argilito 2,0; mica e clorita 3,3; Outros 0,7; intraclastos carbonáticos 62,2 ; cimento carbonático 7,8 (Bargossi *et al.* 2003). O grande conteúdo de minerais carbonáticos incide na alta susceptibilidade aos processos de degradação ocorrentes em ambientes urbanos poluídos como acontece na região da Toscana, especificamente na cidade de Florença.

Entretanto, a Pietra Masso Grosso está constituída por quartzo 35,3; plagioclásio 2,6; K-feldspato 17,4; vulcânicos ácidos 1,2; vulcânicos básicos 0,6; filita 6,5; mica e clorita 10,3; outros 1,5; extraclastos de carbonatos 13,5; cimento carbonático 10,9 (Fig. 2). A maciez e a facilidade de lapidação apresentada pela Pietra Masso Grosso devem-se a várias feições, entre as quais se destacam a sua matriz argilosa, o pequeno conteúdo de calcita como cimento e a estrutura interna, caracterizada por laminação paralela centimétrica. Porém, essas mesmas propriedades, junto com a alta porosidade do material, constituem ao mesmo tempo, fatores que facilitam os processos de deterioração. Nos períodos inverniais, quando a rocha absorve maior quantidade de água, também se apresentam os conhecidos ciclos de congelamento-degelo causadores dos processos alternados de contração e redução de volume, que com o tempo trazem como conseqüência o destacamento das camadas mais superficiais.

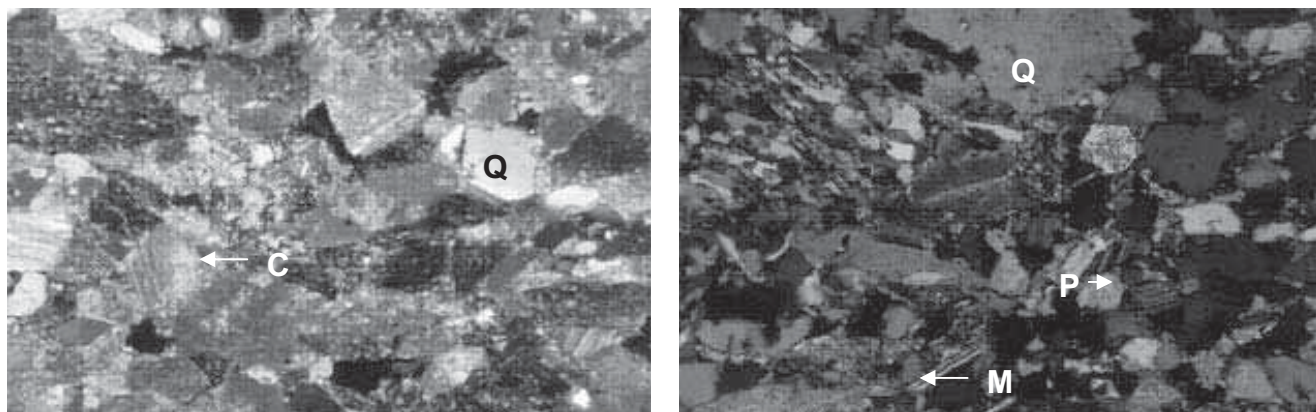


Figura 2: Aspecto em lâmina delgada das duas variedades de Pietra Serena: Pietra Forte Colombino (esquerda) e Pietra Masso Grosso (direita). (Q): quartzo; (C): carbonatos; (M): micas; (P): plagioclásio.

PROCESSOS DE DETERIORAÇÃO NO ARENITO PIETRA SERENA

Vários processos de deterioração ou de alteração foram observados nos monumentos da Piazza Santíssima Annunciata onde se encontram entre outros, a Igreja de São Pancrácio (hoje Museu Marino Marini) e o Hospital dos Santos Inocentes. Entre estes foram relevantes os seguintes:

- Alteração cromática (ac): definida esta como uma variação da luminosidade, ou do brilho ou cor. É a mais comum das observadas na Pietra Serena.
- Esfoliação (es): degradação que se manifesta com um levantamento seguido por destacamento, de uma ou mais camadas superficiais finas, paralelas entre si, ditas folhas. Cada folha tem uma espessura uniforme, geralmente da ordem dos poucos milímetros. São constituídas quer por material aparentemente íntegro, quer por material alterado.
- Alveolização (av): degradação que se pode manifestar nos materiais com elevada porosidade, pela formação de alvéolos, frequentemente profundos e interligados, cujas paredes ficam recobertas por pó do próprio material, por eflorescências e/ou por colônias de microrganismos.
- Perda de coesão (pc): degradação nem sempre visível, que se manifesta por uma diminuição da coesão e da aderência entre os componentes estruturais, com aumento da porosidade e assinalável deterioração das características mecânicas originais. Em relação com os estados de progressão do processo, toma os nomes de “desagregação” e de “pulverização”.
- Desagregação (dg): estado avançado de perda de coesão, caracterizado pelo destacamento de grânulos ou de cristais à menor solitação mecânica; comportam uma sensível deterioração das características mecânicas originais e um notável aumento da porosidade.
- Formação de crostas negras (cn): freqüentes, especialmente nos capitéis das colunas elaboradas em Pietra Serena. Estas crostas são produto das transformações superficiais da

rocha, visivelmente distinguíveis das partes subjacentes pelas suas características morfológicas e, frequentemente, pela sua cor.

- Depósitos superficiais ou sujeiras (ds): acumulações de materiais estranhos de natureza diversa, tais como: poeiras, microrganismos etc. Têm espessuras variáveis, geralmente com escassa coesão e aderência ao material subjacente.
- Pátina biológica (pb): finíssima camada, homogênea, aderente à superfície da rocha e de natureza biológica evidente, de cor variável (muitas vezes verde), constituída, geralmente, por microrganismos, líquens pulverulentos ou algumas espécies de algas. Na escultura do leão em frente do Museu Marino Marini, aparecem em zonas específicas como depósitos particularmente homogêneos e finos, podendo ser considerado, neste caso, como uma pátina biológica.
- Lascagem (lg): separação da rocha em lascas com alguns centímetros de espessura, paralelas à superfície da rocha e devidas, sobretudo, à insolação e a fortes variações de temperatura.
- Fissuração (fs): degradação que se manifesta pela formação de soluções de continuidade nas rochas, curtas, finas, com desenvolvimento discreto, nunca abertas e nunca atingindo os limites dos corpos considerados.
- Fraturação (ft): degradação que se manifesta pela formação de soluções de continuidade nas rochas e pode implicar o afastamento recíproco das partes fraturadas. A superfície de rotura, divide o corpo considerado em partes distintas.
- Arenização (ar): desintegração da rocha em fragmentos arenosos e pulverulentos, de dimensões inferiores a 2mm que se manifesta pela queda espontânea de material sob a forma de pó ou grãos.

Os processos de esfoliação e alveolização são observados especialmente nos pisos externos e internos do Hospital dos Inocentes e do Museu Marino Marini. A espessura das folhas destacadas da rocha variam entre 2mm e 5mm, seguindo os planos da laminação plano-paralela característica da rocha (Fig. 3A). No museu Marino Marini os processos são variados, considerando o uso da Pietra Serena, tanto no exterior quanto no interior do prédio. Algumas colunas têm sido construídas usando o arenito Pietra Forte Colombino, apresentando processos de desagregação, esfoliação e perda de coesão (Fig. 3B), mas com menor intensidade em relação aos processos existentes nas colunas e esculturas elaboradas com o arenito Masso Grosso.

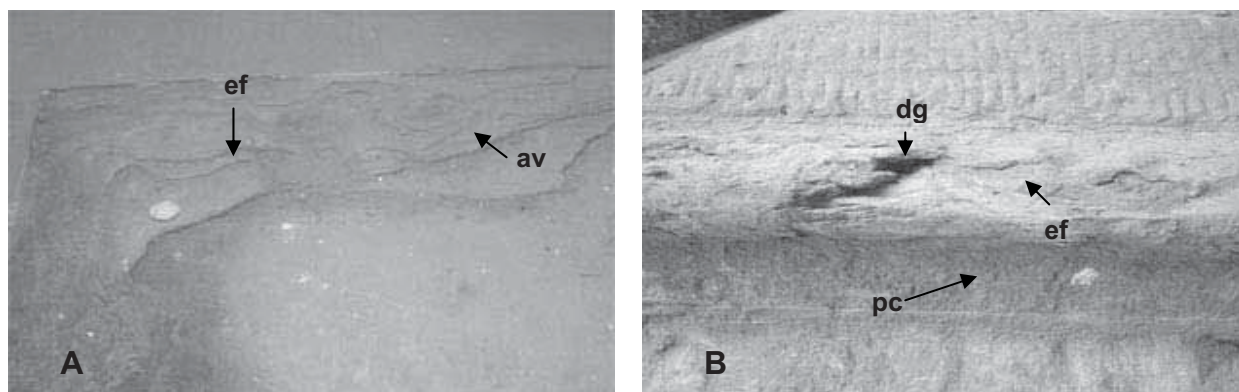


FIGURA 3. Processos de alveolização (av), esfoliação (es), perda de coesão (pc) e desagregação (dg) no arenito Pietra Serena no piso interno do Hospital dos Inocentes (A) e coluna exterior do Museu Marino Marini (B), Florença (Itália).

Os processos de deterioração apresentam maior intensidade nas colunas, capitéis e detalhes escultóricos localizados nos ambientes externos, onde estão expostos à poluição atmosférica. Assim, as crostas negras são freqüentes nos capitéis das colunas exteriores do Museu Marino Marini e o Hospital dos Inocentes. Também são observados processos de arenização, fraturação e alveolização (Fig. 4).

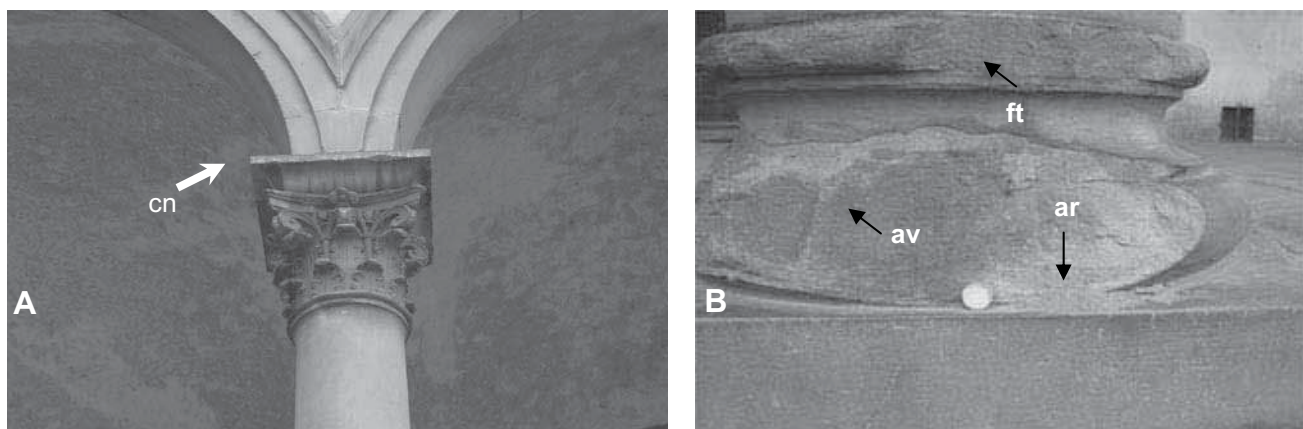


Figura 4: Processos de deterioração nas colunas exteriores do Hospital dos Inocentes. (A) Formação de crostas negras (cn) e (B) Arenização (ar), fraturação (ft) e alveolização (av).

Os processos de deterioração mais acentuados encontram-se na escultura localizada no exterior do Museu Marino Marini. O leão apresenta intensos processos como arenização, desagregação, alteração cromática e pátina biológica. Esta pátina biológica cobre quase totalmente a superfície da escultura e se constitui tal vez, no processo de degradação mais importante (Fig. 5). A natureza da rocha, com matriz prevalentemente argilosa e quantidade subordinada de cimento calcítico e o meio ambiente caracterizado pela alta poluição e acidez, são os dois fatores que têm facilitado e intensificado a deterioração da escultura.

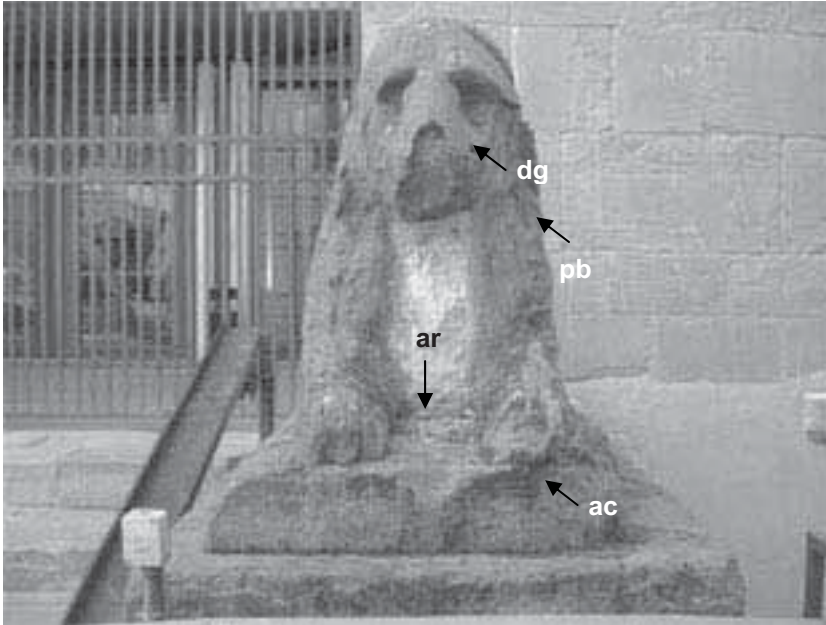


Figura 5. Processos de deterioração na escultura do leão. Exterior do Museu Marino Marini. Desagregação (dg), arenização (ar), pátina biológica (pb) e alteração cromática (ac).

OS CALCÁRIOS ORNAMENTAIS DA FORMAÇÃO LA TAMPA (EOCENO MÉDIO), COLÔMBIA

Os calcários ornamentais da Formação La Tampa (Duque *et.al.*, 1983), são explorados na área de lavra, localizada a 10Km ao sul da cidade de Montería, capital do Departamento de Córdoba, região caribe da República da Colômbia. Os materiais, produzidos em duas frentes de lavra, apresentam algumas diferenças texturais que incidem diretamente nas suas características de durabilidade e processos de alteração. Os calcários da frente de lavra₁ apresentam-se em camadas com geometria plana não paralela descontínua a lenticular com espessura variável entre 1,5 e 2,0m. A rocha é de cor verde, com zonas de cor avermelhada e ocre devido à circulação de água por microfissuras ou fraturas maiores existentes na rocha (Fig. 6A). A espessura total é de 10,0m. Núcleos ferruginosos (goethita) arredondados e crostas de alteração de cor vermelha são formas de alteração existentes no frente de lavra (Fig. 6B).

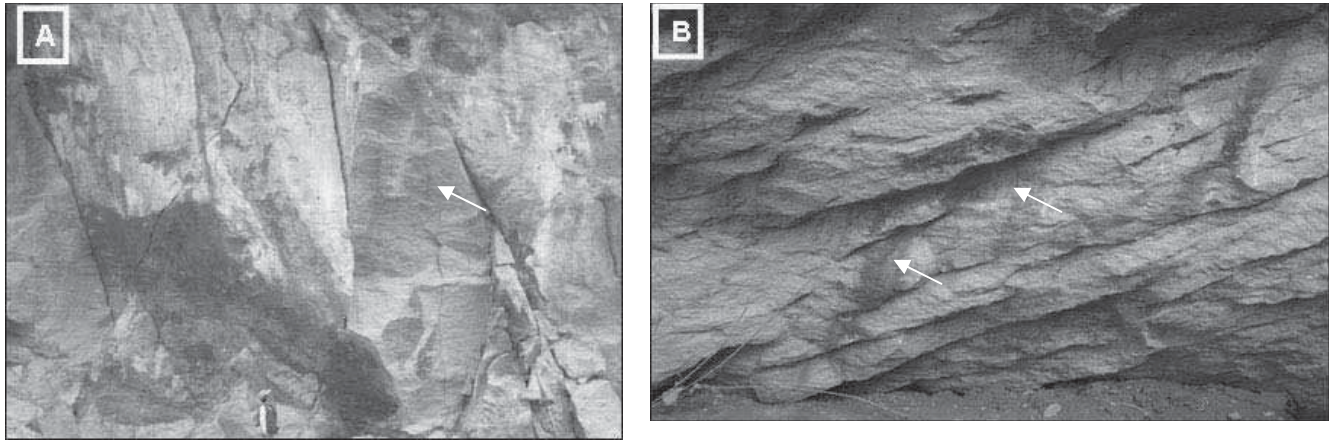


Figura 6. Detalhes dos calcários ornamentais da Formação La Tampa. A) Camadas da frente de lavra 1 cortadas por fraturas verticais e fissuras que geram superfícies alteradas com cor diferente à verde inalterada. B) Núcleos de óxidos de ferro e manchado associado.

Do calcário explorado na frente de lavra 1, são produzidas três variedades comerciais, todas elas correspondentes à mesma litologia, mas com diferenças relacionadas com o grau de intemperismo apresentado pela rocha, que dá lugar a cores diferentes nos produtos beneficiados. Assim, os produtos elaborados com calcário extraído das áreas com menor alteração apresentam cor verde homogêneo (Fig. 7A), enquanto que os obtidos a partir do calcário levemente alterado ou totalmente alterado apresentam cores que variam entre misturas de verde e ocre (parcialmente intemperizado) e totalmente ocre (totalmente intemperizado) (Fig. 7B). Os produtos beneficiados incluem chapas para revestimentos internos, externos, pisos e elementos decorativos (Fig. 7C e 7D).

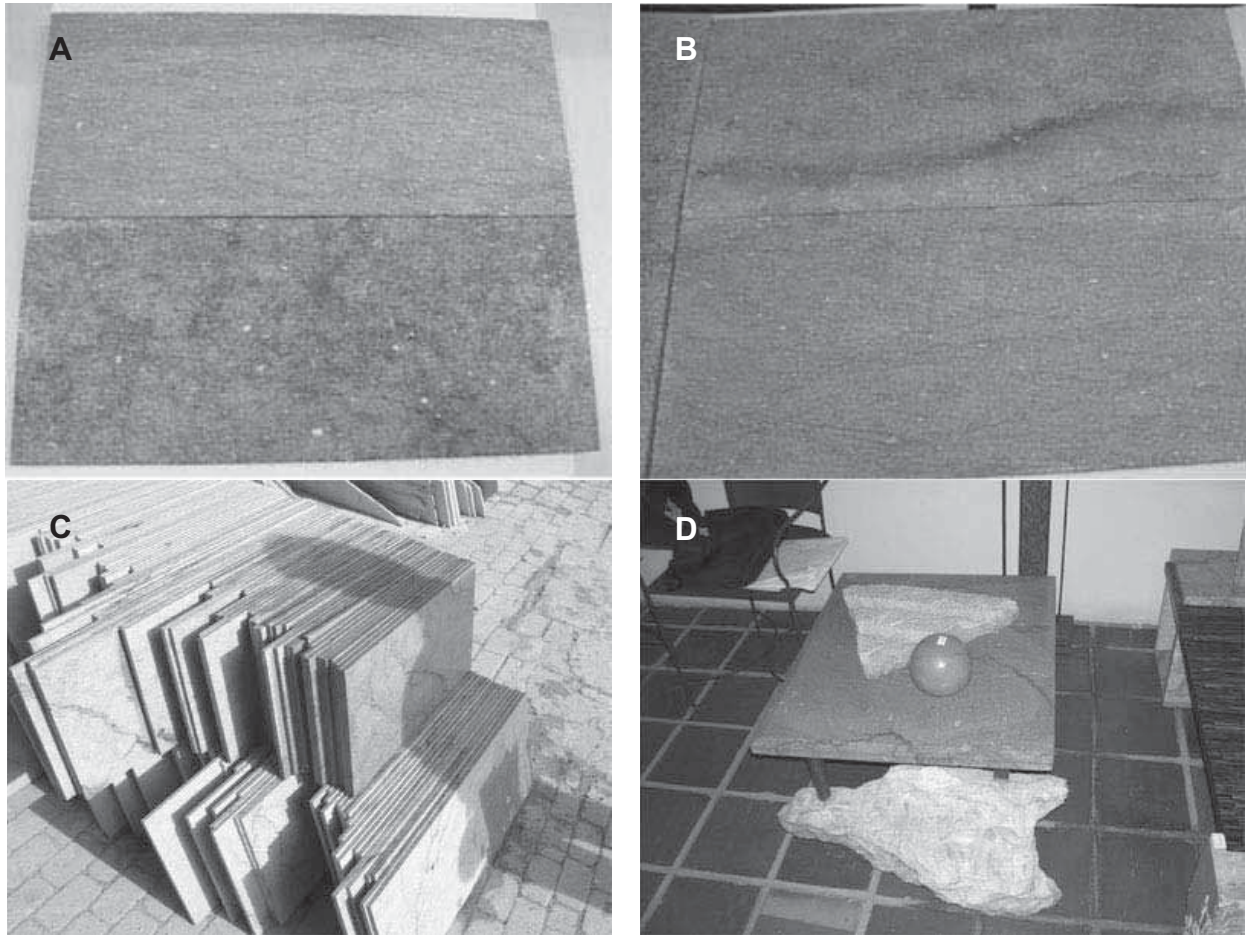


Figura 7. Produtos do calcário da frente de lavra 1. A) Chapas homogêneas de cor verde da rocha inalterada. B) Chapas com mistura de cores segundo a intensidade da alteração da rocha original. C) Chapas para uso em revestimentos externos. D) Mesa e elementos decorativos a base de calcário.

Na frente de lavra 2 (Fig. 8A), o calcário aparece em camadas com estratificação maciça e espessuras variáveis entre 1,5 e 3,0m. A rocha é de cor amarela esverdeada, texturalmente imatura, matriz arenítica, constituída de fragmentos fósseis de tamanho variável, de milimétrico a centimétrico. O produto elaborado apresenta cor dourada, textura homogênea e é utilizado especialmente em revestimentos externos e internos (Fig. 8B).

Petrograficamente observam-se algumas diferenças texturais e composicionais entre as rochas exploradas nas duas frentes de lavra em atividade. Assim, os calcários da frente de lavra 1 são calcários biosparíticos, constituídos por bioclastos de foraminíferos, moluscos, algas e corais, com bom grau de seleção e arredondamento, cimentados por esparita cristalina e com escassa matriz micrítica (Fig. 9A). Entretanto, os calcários da frente de lavra 2 são biomicríticos, pobremente selecionados e com baixo grau de arredondamento, constituídos predominantemente por fragmentos fósseis de algas e corais (Fig. 9B).

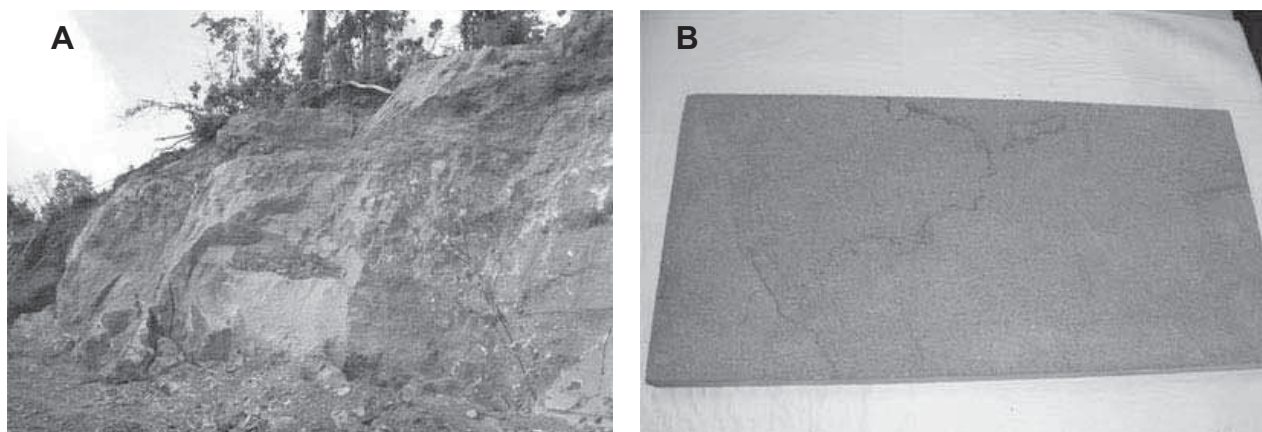


Figura 8. Frente de lavra 2. A) Camadas com estratificação maciça. B) Chapa para uso externo elaborada no processo de beneficiamento dos calcários da frente de lavra 2.

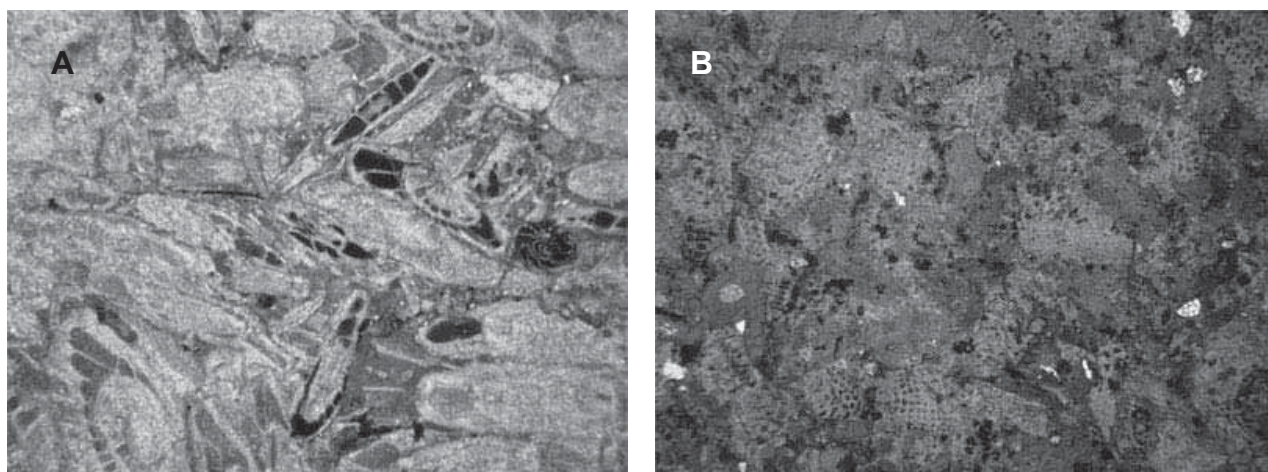


Figura 9. Características petrográficas dos calcários ornamentais da Formação La Tampa. A) Calcários biosparíticos constituídos por bioclastos de foraminíferos cimentados por esparita cristalina da frente de lavra 1. B) Calcários biomicríticos com bioclastos de algas e corais da frente de lavra 2.

USOS E PROCESSOS DE DETERIORAÇÃO DOS CALCÁRIOS DA FORMAÇÃO LA TAMPA EM AMBIENTES URBANOS

Na cidade de Medellín, capital do Departamento de Antioquia, República da Colômbia, os calcários ornamentais da Formação La Tampa têm sido usados na construção de vários prédios recentes de reconhecida importância no desenvolvimento arquitetônico da cidade. Assim, é comum encontrar este material pétreo como revestimento de fachadas de prédios como o "Palacio de Exposiciones" e a biblioteca da Universidade de Antioquia, como revestimento de pisos e escadas no "Centro administrativo La Alpujarra" e outros lugares e como ornamento em cenários urbanos como o "Parque de las Luces", contribuindo com sua variedade cromática a embelezar os lugares onde são utilizados (Fig. 10).

Porém, devido ao meio ambiente da cidade de Medellín, caracterizado pela alta poluição atmosférica, alta concentração de material particulado e o relevo encaixado no Vale de

Aburrá, que impede a apropriada circulação dos ventos para o transporte das substâncias poluentes, aparecem processos de deterioração nos calcários, ocasionados pelo ataque das substâncias presentes no ar poluído da cidade. A porosidade e a fissuração são outros fatores, desta vez intrínsecos, que facilitam os processos de degradação destes materiais rochosos.

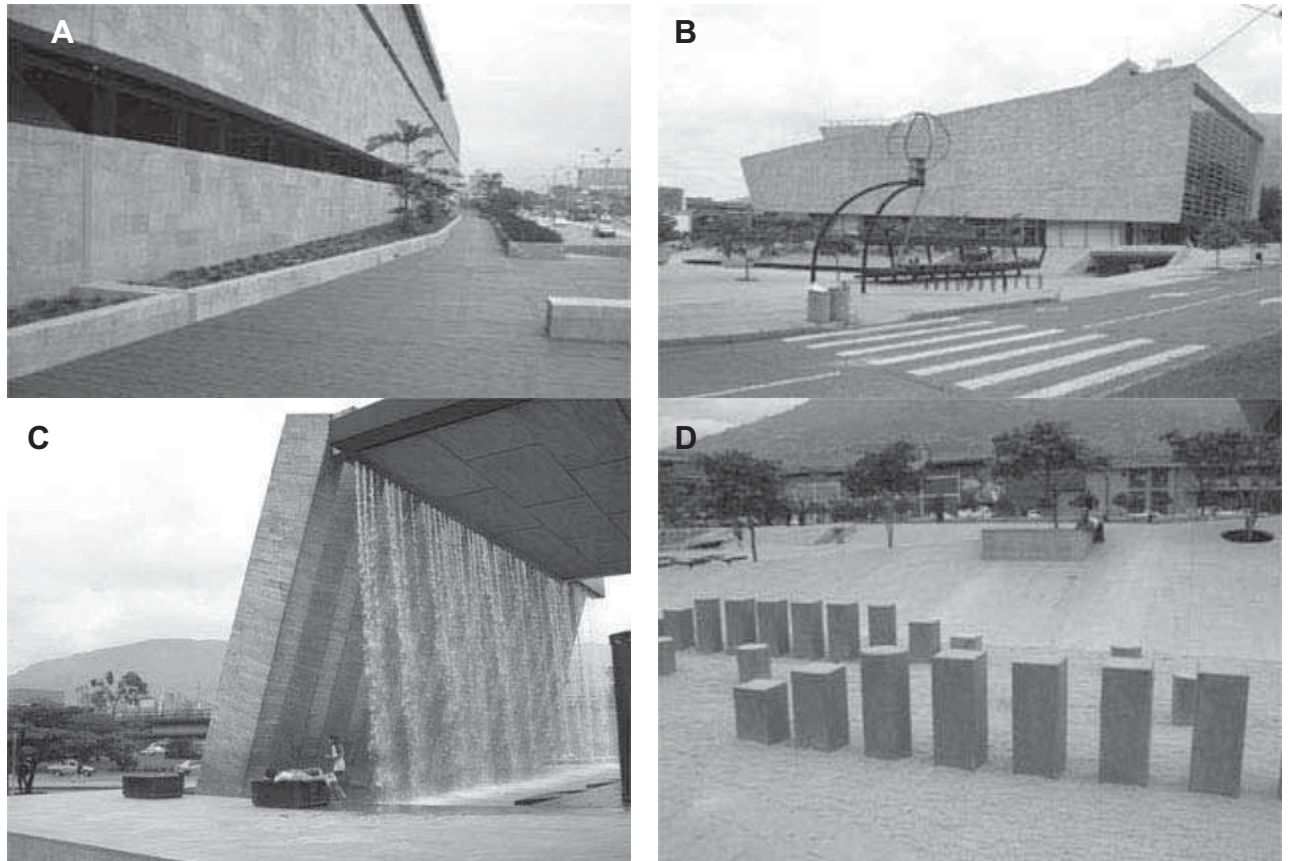


Figura 10. Uso dos calcários da Formação La Tampa em diversos cenários urbanos da cidade de Medellín. A) Palacio de Exposiciones. B) Biblioteca da Universidade de Antioquia. C) Ornamento no Parque de las Luces. D) Ornamento na Universidade de Antioquia.

A seguir, descrevem-se os processos de deterioração mais importantes observados nas chapas de revestimentos externos, pisos e ornamentos elaborados com os calcários da Formação La Tampa.

- Eflorescências salinas (ef): formação superficial de substâncias, geralmente de cor esbranquiçada e de aspecto cristalino, pulveriforme ou filamentosos. A cristalização ocorre no seio do material provocando esfoliações, escamações e mesmo lascagens. É resultado da cristalização à superfície da pedra de sais solúveis carregados por migração por capilaridade e depositados por evaporação, sob a forma de agregados cristalinos de fraca coesão (Aires-Barros, 2001). Este processo é observado na escadaria do “Centro Administrativo La Alpujarra” e nas paredes do “Palacio de Exposiciones” (Fig.11).

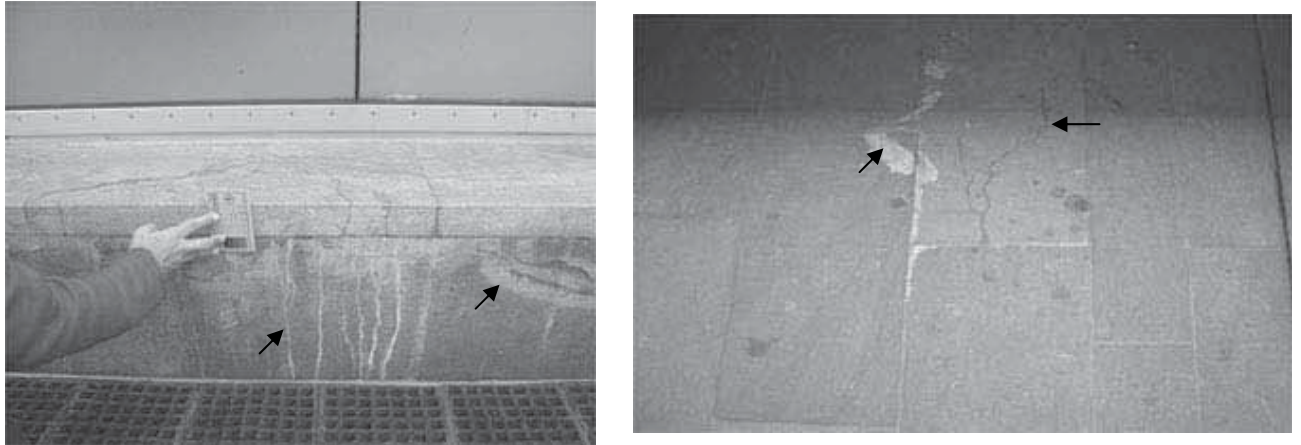


Figura 11. Formação de eflorescências. A) Escadaria e B) Paredes do Palacio de Exposiciones, Medellín. As eflorescências geram mudanças cromáticas nas chapas e podem comprometer a vida útil da rocha.

- Fissuração (fs): processo muito freqüente, especialmente quando a rocha apresenta partes inalteradas misturada com outras alteradas pela circulação meteórica de água na rocha. As fissuras pré-existentes na rocha lavrada constituem planos de fraqueza onde os processos de alteração continuam uma vez que a rocha está instalada na obra. Processo observável em pisos e revestimentos externos onde é possível ver acréscimo da intensidade da fissuração e a geração de novas fissuras (Fig.12A).
- Lascagem (lg) e esfoliação (es): processos, às vezes, individualizados e, às vezes, associados, especialmente em chapas utilizadas como pisos exteriores. As lâminas produzidas pelo processo de esfoliação atingem espessuras entre 1 e 3mm. As lascas se caracterizam pela forma côncava e espessuras de até 3mm (Fig. 12B).

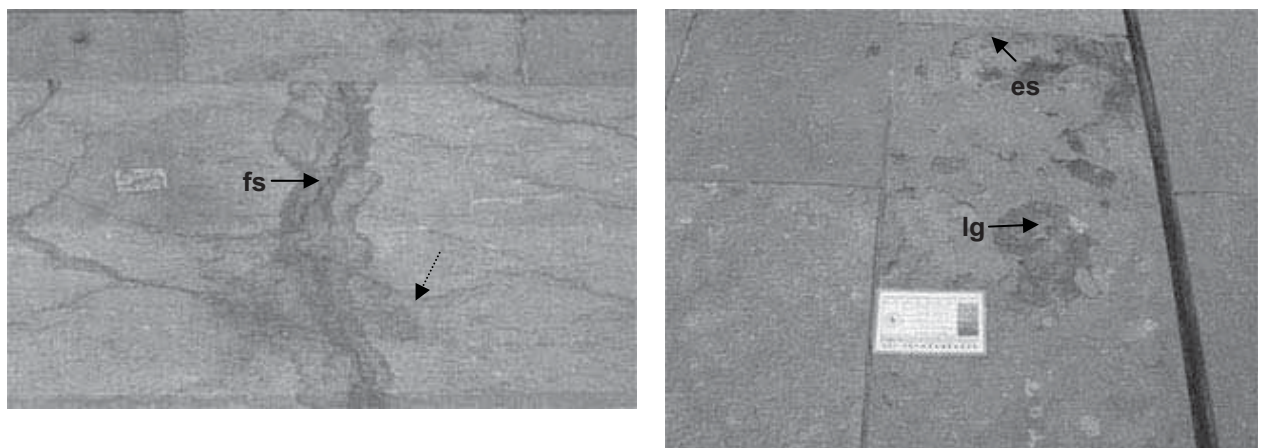


Figura 12. A) Fissuração (fs) e acréscimo da fissuração (···▶) em chapas de calcário usadas em escadaria. B) Lascagem (lg) e esfoliação (es) em pisos exteriores. Centro Administrativo La Alpujarra.

- Crostas negras (cn): acumulação de partículas, especialmente carbonosas, provenientes da combustão automotiva. O seu efeito na rocha é a corrosão superficial da rocha

compacta e a desagregação ou arenização da rocha (Del Monte, 2006). Este processo na cidade de Medellín é incipiente nos calcários utilizados em ambientes exteriores e protegidos da água de chuva, mas de rápido avanço considerando o curto tempo de instalação (revestimentos têm menos de uma década). Aparecem na escadaria do “Centro Administrativo La Alpujarra” (Fig. 13A).

- Manchado (mn): pigmentação acidental localizada da superfície da rocha. No caso dos calcários da Formação La Tampa, são devidas à presença de núcleos ferruginosos na rocha original. Estes núcleos prosseguem o seu processo de alteração originando aspectos estéticos indesejados. É freqüente tanto em escadaria quanto em chapas utilizadas em revestimentos externos (Fig. 13B).

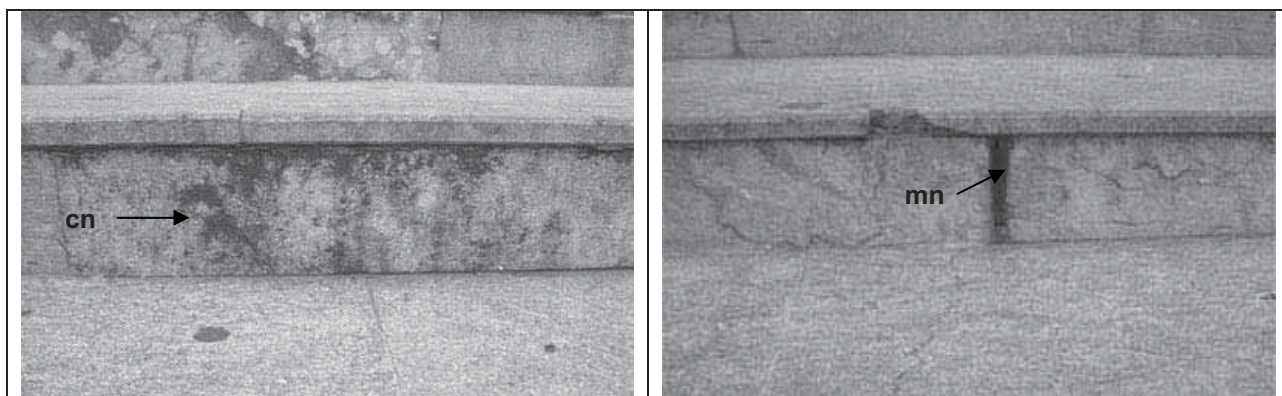


Figura 13. Processos de degradação em escadaria do Centro Administrativo La Alpujarra. A) Crostas negras (cn). B) Manchado (mn) associado aos nódulos de óxidos de ferro pré-existent.

CONCLUSÕES PRELIMINARES

É natural que os materiais rochosos tendam a se deteriorar no transcorrer do tempo. Porém, as condições ambientais dos grandes centros urbanos aceleram esses processos de degradação, como observado nas cidades de Florença (Itália) e Medellín (Colômbia). As duas cidades são caracterizadas por serem pólos de desenvolvimento industrial.

Nos dois tipos de rochas avaliadas, observa-se que o comportamento face o meio ambiente poluído depende tanto da composição mineralógica, quanto do arranjo poroso que pode facilitar ainda mais os processos de degradação. No arenito Pietra Serena, a alta porosidade e a matriz argilosa são características que facilitam o ataque das substâncias poluentes presentes no ar poluído. Nos calcários da Formação La Tampa, os processos de degradação estão relacionados com a fissuração, a porosidade e os processos de intemperismo pré-existent, que, mesmo dando tonalidades apreciadas esteticamente, também facilitam os processos de degradação nas peças elaboradas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIRES-BARROS, L. (2001). "As rochas dos monumentos portugueses. Tipologias e patologias". Volume 1. Lisboa. Instituto Português do Patrimônio Arquitetônico. 590p.
- BARGOSSO, G.M., FELLI, F., GURRIERI, F. (2002). Pietra Serena. Materia della città. Pubblicazione del Consorzio Pietra Serena de Firenzuola. Edizione Aida. Firenze. 197p.
- DEL MONTE, C. (2006). La durevolezza delle pietre messe in opera. Il Geologo dell'Emilia-Romagna, Bolletino Ufficiale d'Informazione dell'Ordine dei geologi Regione Emilia-Romagna. Anno VI, No 23. Bologna. p.7-32.
- DUQUE, H., PAGE, W., CUELLAR, J. (1983). General geology, geomorphology and neotectonics of northwestern Colombia. (Southwestern Caribbean borderland). 10th Caribbean Geological Conference. Field Trip C. Cartagena.