

INFLUÊNCIA DOS ARGILOMINERIAIS NA QUALIDADE E DURABILIDADE DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO EM SALVADOR: UMA CONTRIBUIÇÃO À QUALIDADE AMBIENTAL

GOMES, Adailton de Oliveira (1); PRESA, Erundino Pousada (2)

- (1) Eng. Civil, Professor Adjunto da Escola Politécnica da UFBA - Rua Aristides Novis, 02. Federação Salvador – BA. 40210 630. E-mail adailton@ufba.br.
- (2) Dr. Eng. Civil / Geotecnica, Prof. Adjunto da Escola Politécnica da UFBA. E-mail erundino@provider.com.br

RESUMO

O trabalho busca relacionar as características físicas, químicas e mineralógicas dos argilominerais incluídos nas argamassas de revestimento com o seu desempenho e durabilidade em clima tropical úmido, de modo a contribuir para uma metodologia racional da dosagem desses materiais, tendo em atenção a qualidade ambiental. Para tanto, através de ensaios de laboratório, são determinadas as características físicas, químicas e mineralógicas das adições — arenoso e caulim — assim como avaliado o desempenho dos revestimentos das alvenarias executados com argamassas contendo essas adições, mediante a utilização de ensaios de resistência de aderência à tração, absorção de água sob baixa pressão, dureza superficial e ultra-som. Por outro lado, abordam-se aspectos qualitativos referentes ao impacto ambiental provocado pela atividade de extração desses materiais na Região Metropolitana de Salvador.

ABSTRACT

This paper try to relate physical, chemical and mineralogical characteristics of clay minerals included on mortar with performance and durability in tropical wet climate, in order to contribute for a rational methodology to mixture these materials.

To evaluate the performance of the masonry revetment including aditions of clay minerals, tests of tension adherence, water absorption, superficial hardness and ultrasonic were performed.

Qualitative aspects related to environmental impact caused by the extraction of these materials in Salvador Metropolitan Region were considered.

1. INTRODUÇÃO

Contemplando as grandes cidades atuais, constatamos que o meio ambiente em que se inserem é complexo e distinto daquele que envolvia as cidades primitivas, porquanto hábitos e costumes foram se modificando com o decorrer do tempo, principalmente após o processo de industrialização, quando grande massas migratórias vieram somar-se ao contingente urbano originário.

O homem, enquanto camponês, era um elemento integrado ao sistema natural e pouco interferia no equilíbrio do ecossistema. Com a formação dos grandes aglomerados humanos e surgimento de sistemas sociais complexos, no entanto, o equilíbrio do ecossistema foi seriamente afetado, e as questões envolvendo a moradia, o ar, a água, o solo, a fauna e a flora passaram a ser uma preocupação da humanidade em sua tentativa incessante de preservação da vida.

Apesar de o homem ter apreendido desde as civilizações primitivas que a natureza é possuidora de bens minerais que podem ser explorados e transformados em bens úteis, capazes de lhe proporcionar conforto, bem-estar e satisfação, pouco tem feito para racionalizar seu uso e evitar desperdícios. Assim, ao edificar sua moradia, o homem melhora a sua qualidade de vida, mas pode afetar o bem-estar de outras populações de cujas localidades os materiais básicos para a construção foram retirados. Diante de tal situação é que “os recursos não renováveis da terra devem ser utilizados de forma a evitar o perigo do seu esgotamento futuro e a assegurar que toda a humanidade participe dos benefícios de tal uso”, conforme preconiza a ONU, na Declaração sobre o Ambiente Humano, divulgada na conferência de Estocolmo, em 1972 (IBRAM, 1984).

Habitualmente, as paredes de alvenaria são revestidas com argamassa. Este processo, além de propiciar beleza à habitação, tem outras finalidades que favorecem a qualidade do ambiente: dificultam a infiltração de água, impedindo a proliferação de ácaros, e o alojamento de mosquitos e insetos nas frestas das paredes; evitam doenças transmitidas pelos vetores que se alojam nestes ambientes e também melhoram as condições respiratórias dos habitantes. Pode-se dizer que o revestimento tem grande significado para o conforto do interior da habitação, assim como a pele tem para o nosso corpo:

A construção da habitação é, por si só, importante para a saúde. A ventilação e a diminuição da clausura são relacionadas com doenças respiratórias; os materiais de construção utilizados no telhado, no chão e na parede influenciam na doença de Chagas, previnem vermes e tétano. (...) frestas nas paredes vão propiciar um local adequado para o hospedeiro da doença de Chagas. (...) Tapar as fendas das paredes e usar materiais mais modernos para o telhado podem diminuir a freqüência da doença de Chagas (...) (Stephens, Mason e Isely, 1985).

A superfície da terra tem sofrido transformações decorrentes da própria evolução da vida em nosso planeta, assim como das ações da própria natureza através do clima, ventos, maremotos, terremotos, vulcões etc. O homem também vem participando deste processo, quando intervém sobre a natureza, escavando o solo, removendo a vegetação, aterrando pântanos etc. Inicialmente as alterações produzidas eram mínimas e a natureza se encarregava de restabelecer o equilíbrio comprometido. Atualmente, porém, as agressões atingiram uma magnitude que tem comprometido o equilíbrio natural, em consequência da grande demanda gerada pelo aumento da população mundial — que era de aproximadamente um bilhão de habitantes até o século XVII e que atualmente já atingiu a cifra dos seis bilhões.

2. EXTRAÇÃO DAS ADIÇÕES

No estágio de desenvolvimento em que vive a humanidade, atualmente, é impraticável abrir mão da exploração dos minerais. Deste modo, só resta apelar para que os impactos negativos, causados por esta atividade, sejam atenuados, através da aplicação de tecnologias apropriadas que garantam o aproveitamento máximo dos bens extraídos, como também dos resíduos sólidos gerados. Portanto, faz-se necessária a implementação de campanhas de esclarecimento sobre os efeitos nefastos causados pelo homem quando este atua sobre a natureza de forma inconseqüente, de modo que todos contribuam para a manutenção das condições necessárias à sobrevivência na Terra. Este princípio está contemplado na Constituição da República Federativa do Brasil, no artigo 225, quando afirma: "...incumbe-se ao Poder Público (...) promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente"

A exploração de recursos minerais, incluindo-se aqui os materiais contendo argilominerais — arenoso e caulim — utilizados na produção de argamassas para revestimento e assentamento de componentes de alvenarias, se dá com a alteração do meio ambiente, pois afeta o solo, o subsolo e as águas superficiais e subterrâneas, bem como a flora e a fauna. Assim, torna-se imprescindível a recuperação da área — física, química e biologicamente — após a extração do bem mineral, de modo que as condições naturais sejam restabelecidas. A Constituição da República Federativa do Brasil reconhece esses fundamentos, quando no Artigo 225, parágrafo 2º, preconiza que “Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.”

Geralmente as argamassas para revestimento são produzidas no próprio canteiro, tomando como base o conhecimento prático dos operários sobre as matérias-primas locais, sem contar com maiores fundamentos técnicos e parâmetros de controle consonantes com a concepção dos padrões de qualidade e produtividade implantados recentemente para garantir o desempenho das edificações.

Buscando resguardar a qualidade ambiental nessas situações resolvemos desenvolver um trabalho que abrangesse os aspectos relacionados com o crescimento da população nos sítios urbanos e a extração dos materiais que contêm argilominerais, empregados na fabricação de argamassas para revestimento. Por outro lado, procuramos correlacionar as características físicas, químicas, físico-químicas e mineralógicas dos argilominerais contidos nas adições com o comportamento das argamassas de revestimento, de modo a contribuir para a formulação de uma metodologia racional de dosagem.

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Para desenvolver o estudo experimental, coletamos na central dosadora de concreto da Betonbrás o cimento Portland CP II F-32, fabricado pela Cimento Sergipe S.A – CIMESA, em Laranjeiras no Estado de Sergipe, e a areia procedente de uma jazida de propriedade da Mineração Ottomar, enquanto que a Cal do tipo CH I, produzida pela ICAL – Indústria de Calcinação Ltda. em de São José da Lapa, Minas Gerais, foi fornecida pela Concremassa Serviços de Engenharia e Comércio Ltda. Os arenosos A1, A2 e A3 foram coletadas nas jazidas da Mineração Schindler & Cia Ltda na estrada da Base Naval de Aratu, Mineração MD-CEASA na via CIA/Aeroporto e Mineração

Fazenda Jaqueira na via Parafuso, respectivamente. Já o caulim foi proveniente da jazida de propriedade da Mineração Menezes, localizada no bairro da Lama, em Dias D'Avila.

3.2 Caracterização dos materiais

Para caracterizar as adições e a areia, que foram utilizadas no presente estudo, realizamos os seguintes ensaios para determinar:

- a massa unitária, pelo método ABNT / NBR 7251 (1982), utilizando porém uma caixa do tipo trapezoidal, com 64,500 dm³ de capacidade;
- b) a massa específica , por meio do picnômetro pelo método ABNT / NBR 6508 (1984);
- c) o teor de materiais pulverulentos de acordo com a ABNT / NBR 7219 (1987);
- d) a umidade natural dos materiais no estado que se encontravam quando da coleta, utilizando-se o método da ABNT / NBR 9775 (1987), considerando apenas a umidade superficial;
- e) a composição granulométrica da areia, utilizando-se o método ABNT / NBR 7217 (1987), e das adições, conforme a ABNT / NBR 7181 (1984).

Tabela 1 – Resultados dos ensaios de caracterização dos arenoso, do caulim e da areia.

| CARACTERÍSTICAS | MÉTODO | RESULTADOS | | | | |
|--|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------|
| | | A 1 | A 2 | A 3 | Caulim | Areia |
| Massa unitária (kg/dm ³) | NBR 7251 | 1,26 | 1,29 | 1,29 | 1,44 | 1,49 |
| Massa específica (kg/dm ³) | NBR 6508 | 2,65 | 2,63 | 2,64 | 2,65 | 2,65 |
| Mat. Pulverulentos | NBR 7219 | 17,5 | 13,3 | 14,9 | 16,6 | 0,8 |
| Umidade natural (%) | NBR 9775 | 7,4 | 6,1 | 6,4 | 6,1 | 2,8 |
| Torrões de argila (%) | NBR 7218 | 9,2 | 16,5 | 1,9 | 0,0 | 0,0 |
| Nitrato | Método de Mohr | ausente | ausente | ausente | ausente | ausente |
| Sulfato | | ausente | ausente | ausente | ausente | ausente |
| Cloreto (% Cl) | | 0,061 | 0,040 | 0,065 | 0,057 | 0,016 |
| Granulometria | NBR 7181 | 80 | 85 | 79 | 83 | 99 |
| | | 3 | 3 | 5 | 15 | - |
| | | 15 | 11 | 15 | 2 | - |
| | | 18 | 14 | 20 | 17 | 1 |
| D _{máx} (mm) | NBR 7217 | 2,4 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,20 |
| Módulo de Finura | | 2,36 | 1,88 | 2,07 | 1,51 | 1,66 |
| Difratometria de raios X | Caulinita Ilita Vermiculita | 95-100 0-5 - | <96 <3 <3 | 95-100 0-5 - | <96 <3 <3 | não avaliada |

3.3 Dosagem

Para desenvolver o presente trabalho, procuramos adotar traços que resultassem em uma argamassas com consumos de cimento da ordem de 200 kg/m^3 e consistência de $250 \pm 5 \text{ mm}$, porém que guardassem a maior semelhança possível entre si. Após testar algumas misturas, optamos pelo traço de referência, em massa, 1: 0,5 : 6,6 : 1,362 (cimento : cal : areia : água, com 0,15% de aditivo incorporador de ar), que além de atender as exigências inicialmente por nós impostas, também está de acordo com a ASTM C 91 para argamassa tipo O, no que se refere a proporção, em volume, de cal em pó em relação ao cimento, assim como a relação aos aglomerantes e à areia. A partir deste traço estabelecemos que a parcela de cal e areia, isto é, 7,1 passaria a ser o total de areia e adição para as demais composições. Como temos adotado nos trabalhos que realizamos o teor máximo de 35% da adição em relação ao total de inerte (agregado e adição), a parcela da adição ficou em 2,27, que corresponde a 32% da fração não aglomerante. Deste modo, passamos a adotar para todos as quatro argamassas a serem avaliadas o traço 1 : 4,82 : 2,27 (cimento : areia : adição). Vale mencionar que o teor de aditivo de 0,15 foi fixado em função de não se ultrapassar a 17% o ar incorporado na argamassa.

Tabela 2 – Traços empregados nas misturas das argamassas

| Materiais | Traços | | | | |
|--|--------|-------|-------|-------|-------|
| | A1 | A2 | A3 | C1 | Cal |
| Cimento | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Cal | - | - | - | - | 0,50 |
| Areia | 4,83 | 4,83 | 4,83 | 4,83 | 6,60 |
| Arenoso | 2,27 | 2,27 | 2,27 | - | - |
| Caulim | - | - | - | 2,27 | - |
| Água | 1,500 | 1,440 | 1,550 | 1,224 | 1,362 |
| Aditivo (%) | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Consumo de cimento (kg/m^3) | 184 | 189 | 191 | 197 | 202 |

Apesar das proporções da areia e das adições serem as mesmas as argamassas apresentam consumos de cimentos diferentes devido a variação no teor de água e do teor de ar incorporado. A variação no consumo é maior ainda quando as proporções (traço) são definidas em volume, o que é quase uma constante nas obras.

3.4 Caracterização da argamassa

3.4.1 No estado fresco

Para caracterizar as argamassas, objeto do presente estudo, realizamos os seguintes ensaios com as argamassas no estado fresco, determinando:

- o índice de consistência, por deformação da argamassa na mesa de consistência (*flow table*) – ABNT / NBR 7215 (1991) e com papel filtro ABNT / NBR13276 (1995);
- o teor de ar incorporado, pelo método da ABNT / NBR 13278 (1995);
- a retenção de água, pela sucção de água por papel filtro conforme o método de ensaio da ABNT / NBR 13277 (1995)

- d) a retenção de água, que foi medida indiretamente pela variação da consistência, após sucção em funil de Büchner modificado, utilizando-se do método ABNT / NBR 9287 (1986);
- e) a densidade de massa, pelo método da ABNT / NBR 13278 (1995).

Tabela 3 – Resultados dos ensaios com a argamassa no estado fresco.

| Traços | Índice de consistência (mm) | Teor de ar incorporado (%) | Densidade de massa (kg/dm ³) | | Retenção de água (%) | |
|--------|-----------------------------|----------------------------|--|---------|----------------------|----------|
| | | | Teórica | Prática | P/ consistência | P/ molde |
| A1 | 258 | 17 | 2,129 | 1,765 | 91 | 92 |
| A2 | 255 | 16 | 2,130 | 1,785 | 85 | 89 |
| A3 | 251 | 13 | 2,123 | 1,856 | 83 | 92 |
| C1 | 258 | 17 | 2,219 | 1,849 | 69 | 82 |
| Cal | 253 | 11 | 2,159 | 1,913 | 83 | 92 |

Os resultados dos ensaios com as argamassas contendo arenosos são coerentes, não apresentando distorções que mereçam destaque. Com referência à argamassa de caulim, no entanto, pode-se notar que o seu poder de retenção de água é o mais baixo de todos, embora ainda assim atenda as recomendações técnicas.

3.4.2 No estado endurecido, usando corpos-de-prova.

Para caracterizar as argamassas no estado endurecido, foram moldados 38 corpos-de-prova de 5 mm x 10 mm de cada tipo de argamassa, perfazendo um total de 190. Estes corpos-de-prova foram mantidos imersos em areia úmida até a data estabelecida para a realização do ensaio. Em função da característica que se desejava obter, foram adotados os métodos de ensaio a seguir indicados para se determinar:

- a) a resistência à compressão – ABNT / NBR 13279 (1995);
- b) a resistência à tração por compressão diametral – ABNT / NBR 7222 (1982);
- c) a absorção de água por imersão, com e sem fervura, de acordo com a ABNT / NBR 9778 (1987)
- d) a absorção de água por capilaridade determinada pelo procedimento CETA N° 5/98 com base no método ABNT / NBR9779 (1987);
- e) a massa específica, utilizando-se o procedimento CETA N° 4/98 com base na ABNT / NBR 9778 (1978) e ASTM – C 642 (1982);
- f) a índice de vazios, utilizando-se do procedimento CETA N° 4/98 com base na ABNT / NBR 9778 (1978) e ASTM – C 642 (1982);
- g) a velocidade de propagação do ultra som, utilizando-se o procedimento CETA N° 3/98.

A argamassa contendo o arenoso A1 apresentou resistência à compressão e velocidade de propagação do ultra som inferiores às demais, o que poderia ser justificado a princípio, pelo fato de possuir um teor de ar incorporado elevado. Porém, sendo as demais características semelhantes entre todas as argamassas, não se podem extrair conclusões desta natureza dentro de uma amostragem tão limitada, inclusive porque a argamassa contendo caulim também possui elevado teor de ar incorporado e apresenta resultados de ensaios opostos aos obtidos com o arenoso A1, contrariando assim a teoria. Como não existem especificações que estabeleçam os limites para as

características aqui apresentadas, resta-nos registar os dados e aguardar novos trabalhos que possam permitir apontar uma conclusão mais segura.

Tabela 4 - Caracterização da argamassa em corpos-de-prova de 5 mm x 10 mm

| Características | | Arenoso 1 | Arenoso 2 | Arenoso 3 | Caulim | Cal |
|--|---------|-----------|-----------|-----------|--------|-------|
| Massa específica (kg/dm ³) | “Real | 2,52 | 2,58 | 2,29 | 2,42 | 2,32 |
| | “Seca” | 1,61 | 1,66 | 1,64 | 1,70 | 1,71 |
| Índice de vazios (%) | Imerso | 23 | 23 | 24 | 21 | 23 |
| | Fervura | 36 | 36 | 28 | 30 | 26 |
| Absorção de água (%) | Imerso | 15 | 14 | 15 | 12 | 13 |
| | Fervura | 22 | 22 | 17 | 18 | 16 |
| Coef. de absorção capilar | | 0,89 | 0,84 | 0,86 | 0,99 | 0,90 |
| Resistência à compressão | 7 dias | 2,2 | 2,7 | 2,9 | 4,0 | 4,9 |
| | 28 dias | 3,0 | 3,3 | 4,1 | 6,2 | 6,4 |
| Velocidade propagação h/t (m/s) | 7 dias | 2.122 | 2.341 | 2.306 | 2.701 | 2.481 |
| | 28 dias | 2.200 | 2.248 | 2.377 | 2.792 | 2.531 |

3.4.3 No estado endurecido, usando revestimento

Para avaliar as características da argamassa aplicada, foram construídos painéis, um para cada tipo de argamassa, nas dimensões de 1,2 m x 1,2 m, com 25 mm de espessura. As alvenarias foram executadas noventa dias antes de iniciar a preparação das argamassas estudadas, utilizando-se como componentes blocos cerâmicos procedentes da cerâmica Poty, em uma área parcialmente protegida dos raios solares, porém bastante ventilada. Após decorridos sete dias da confecção das alvenarias, estas foram chapiscadas com argamassa de cimento de traço 1:3, em massa, com água suficiente para produzir uma massa fluida, e permaneceram expostas às intempéries sem receber tratamento especial. Quando da execução dos painéis, escolhemos um único operário para esta tarefa, procurando minimizar as interferências subjetivas, como força de lançamento, tempo de sarrafamento, e outras inerentes a cada pedreiro, que afetam a qualidade do revestimento acabado.

Tabela 5 – Resultados dos ensaios no revestimento.

| Traços | Resistência de aderência à tração (MPa) | | Dureza superficial | | Absorção de água sob baixa pressão (mL/15 min) | |
|--------|---|---------|--------------------|---------|--|---------|
| | 14 dias | 28 dias | 14 dias | 28 dias | 14 dias | 28 dias |
| A1 | 0,30 | 0,38 | 36 | 39 | 1,55 | 0,98 |
| A2 | 0,31 | 0,54 | 38 | 41 | 0,62 | 1,12 |
| A3 | 0,44 | 0,47 | 38 | 41 | 1,22 | 1,40 |
| C1 | 0,44 | 0,44 | 39 | 44 | 0,58 | 0,72 |
| Cal | 0,38 | 0,40 | 38 | 43 | 0,40 | 0,58 |

Para avaliar as características apresentadas acima, cada painel foi ensaiado aos 14 e 28 dias de idade, mediante os seguintes métodos:

- resistência de aderência à tração, de acordo com a ABNT / NBR 13528 (1995);

- b) absorção de água pelo método do cachimbo de acordo com o método II. 4 da RILEM (1980).
- c) determinação da dureza superficial, com esclerômetro de pêndulo, de acordo com o procedimento CETA N° 6/98.
- d) determinação da velocidade de propagação do ultra som, utilizando-se do procedimento CETA N° 3/98.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, os profissionais da engenharia não podem mais assumir a posição de espectadores diante da ação transformadora do meio ambiente em consequência das intervenções feitas na biosfera terrestre. Constitui seu dever avaliar os efeitos quantitativos e, também, os qualitativos que possam causar prejuízos ao ecossistema, desde a concepção do projeto até a finalização do empreendimento.

Portanto, ao executar um revestimento, por exemplo, seria interessante que o profissional responsável por este serviço procurasse se inteirar de como os materiais usados — cimento, cal, areia, arenoso ou caulim — são obtidos e transportados até sua obra e se os compromissos legais de proteção ao meio ambiente estão sendo cumpridos pelo fornecedor.

Com adições que possuam características semelhantes às que aqui foram apresentadas, podem-se produzir argamassas de boa qualidade, desde que se faça um programa de controle de qualidade envolvendo a recepção dos materiais, produção e execução. Para minimizar os efeitos negativos causados pela heterogeneidade inerente às adições, sugerimos que se façam as seguintes considerações na dosagem:

- teor máximo de finos (<0,075 mm) do agregado e adições de 7%;
- relação da adição — arenoso ou caulim — em relação ao total de inerte (agregado e adição) de 35%;
- consumo de cimento por m³ de argamassa variando de 150 a 220 kg;
- índice de consistência de 260 ± 10 mm;
- teor de ar incorporado entre 8 e 17%;
- teor de retenção de água superior a 75%, determinado pelo método ABNT / NBR 13277 (1995);
- introdução de aditivo incorporador de ar para conferir à argamassa um teor de ar entre 8 e 17%, conforme recomendado anteriormente.

Vale ressaltar que a obtenção de argamassa de revestimento com o mesmo padrão de qualidade, atualmente em Salvador, é uma tarefa difícil, face ao alto índice de clandestinidade com que se dá a exploração e à falta de um critério de dosagem adequado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CETA - CENTRO TECNOLÓGICO DA ARGAMASSA. Manual de procedimentos de ensaios. CEPED/DCTM/UFBA. Salvador, 1998.

IBRAM - Comissão Técnica de Meio Ambiente. *Mineração e meio ambiente*. Belo Horizonte, 1984.

STEPHENS, Besty, MASON, John P., ISELY, Raumond B.. *Health and low-cost housing*. In: World Health Forum, v. 6, p. 59 – 61. 1985.