

CONSTRUÇÃO TRADICIONAL EM ALVENARIAS. ALGUNS ASPETOS DA EVOLUÇÃO DA CIÊNCIA DOS INERTES DAS ARGAMASSAS TRADICIONAIS

JOÃO MASCARENHAS MATEUS¹

Em décadas recentes, muitos trabalhos de investigação têm vindo a ser desenvolvidos para aprofundar o conhecimento dos materiais utilizados tradicionalmente na construção de alvenarias, do ponto de vista físico-químico, mineralógico, petrográfico e estático-estrutural². Tratam-se em geral de pesquisas que se referem à aplicação dos mais recentes métodos de análise de materiais, a amostras desejadamente representativas de edifícios históricos em alvenaria. A sua pertinência é justificada pela necessidade de intervir em estruturas e revestimentos antigos. Estudam-se os materiais tradicionais não só para compreender a sua composição como também para reproduzir novos materiais cujo comportamento seja o mais compatível com as características desses materiais históricos, no preenchimento de lacunas ou de novas construções em contacto com as pré-existentes.

Apesar desta actividade, frequentemente denominada de estudo das patologias de antigos edifícios ou estruturas, só alguns estudos em português se dedicaram ao levantamento do conhecimento dos materiais históricos de construção a partir da antiga literatura técnica ou da documentação de arquivos³.

Constituídas basicamente de blocos dispostos segundo as condições de maior estabilidade e de argamassas capazes de distribuir homogeneamente as cargas entre blocos adjacentes, as alvenarias tradicionais devem ser abordadas não só

¹ Investigador do Núcleo de Cidades, Culturas e Arquitectura do CES – Centro de Estudos Sociais da Universidade de Coimbra

² Estudos como os de Renata Codello (1996), Anna Broccoli (2000), Maria do Rosário Veiga e José Aguiar (2005) relativos a revestimentos ou de Vítor Cóias e Silva (2007) para a análise das patologias estruturais são alguns exemplos.

³ Dos raros exemplos devem citar-se *Técnicas tradicionais de Construção* (2002) de João Mascarenhas Mateus e *Argamassas tradicionais de cal* (2007) de Cybéle Celestino Santiago.

no que se refere à composição de materiais como à forma como eram realmente assemblados blocos e argamassas.

No apartado das argamassas tradicionais, o conhecimento dos processos de extracção e cozedura das pedras calcárias para a produção das cais, dos métodos de extinção, dos princípios e regras de dosagem constituem certamente capítulos fundamentais da estrutura de análise histórica-crítica da evolução dos ligantes na construção.

No entanto, uma argamassa tradicional não pode ser concebida sem as componentes de massa-carga e volume conferidos pelos inertes. Menos estudados, não deixam de constituir um capítulo fundamental da arte de bem construir em alvenarias. Inicialmente mencionados no âmbito de ‘receitas’ empíricas nos primeiros exemplares impressos de literatura técnica, a sua escolha, manipulação e dosagem passou a partir do século XVIII a ser aperfeiçoada e optimizada à luz das ciências da Física e Química.

O presente texto pretende revisitar exactamente os momentos principais de inovação no conhecimento dos inertes na confecção de argamassas tradicionais à base de cal e contribuir para o conhecimento dos materiais no âmbito da História da Construção.

CONCEITOS E CONTEXTOS

As argamassas e betões tradicionais, eram compostos basicamente por:

- Ligantes: as cais e o gesso;
- Inertes: as areias, as britas, os fragmentos de tijolo⁴ e os pós de pedra;
- Materiais agregados reactivos capazes de transmitir a hidraulicidade às misturas, como as pozolanas, o pó de tijolo ou o trass;
- Água.

No que respeita à função e posicionamento no corpo das alvenarias, as argamassas estavam geralmente presentes em diversos níveis ou profundidades:

- no interior das paredes, pilastras, arcos e abóbadas: as argamassas de assentamento dos blocos elementares de pedra ou cerâmicos.
- na interface externa entre blocos constituintes da alvenaria, de modo a selar o interior dos maciços: as argamassas de refechamento de juntas.
- nos estratos exteriores protectivos ou decorativos: as argamassas dos rebocos e dos estuques e as argamassas usadas no assentamento de pavimentos.

⁴ Os fragmentos de tijolo eram também usados como agregados reactivos ou aditivos com o objectivo de conferir características de hidraulicidade a argamassas à base de cais aéreas.

Relativamente aos betões tradicionais, estes diferiam dos betões actuais à base de cimento Portland, não só no modo de fabricação como no modo de utilização e combinação com outros materiais. A sua fabricação requeria a preparação prévia de uma argamassa que era depois amassada intimamente com inertes de maiores dimensões denominados actualmente em Portugal meio cascalho (entre 3 e 6 cm). A sua preparação era por isso diversa da praticada actualmente, em que os inertes são amassados simultaneamente com o cimento Portland, têm dimensões variadas (areias até 5 mm e britas entre 5 e 150 mm) e são doseados de forma a seguir curvas granulométricas bem definidas.

Os inertes de maiores dimensões eram constituídos por fragmentos de tijolos⁵ ou de pedras calcárias densas, de diversas dimensões sempre que se quisessem realizar muros de fundação ou paredes resistentes. Os fragmentos ligeiros de pedras porosas ou de tufo vulcânico eram destinados a betões utilizados no enchimento e moldagem de abóbadas.

Como os betões modernos, os betões tradicionais possuíam a capacidade de se adaptarem a uma determinada forma definida por um cimbra ou cofragem, sendo por isso frequente, sobretudo na literatura italiana do século XIX, classificar estas alvenarias de concrecionais, obtidas pela moldagem de um betão tradicional⁶.

Para além do conceito de argamassa e de betão tradicional, é comum na tradição portuguesa o conceito de “formigão”. Os formigões consistiam em argamassas de granulometria elevada obtidas pela mistura de cal em pasta e saibro (areia grossa cujos grãos podem atingir 10 mm). Eram normalmente destinados à construção de pavimentos e ao capeamento de abóbadas.

AREIAS

O agregado por excelência de uma argamassa tradicional era a areia fosse ela de mina, do rio ou do litoral. No fabrico de betões, para além da areia, eram utilizadas lascas ou pedaços de pedra, pedaços de tijolo ou de telhas e fragmentos de argamassas de reutilização.

A argamassa de cal e areia, já conhecida dos Persas e Cartagineses só terá sido introduzida na Europa pelos Romanos⁷. A areia era reconhecida como responsável por:

- moderar a contracção da cal aérea durante o endurecimento, evitando a abertura de fendas;
- aumentar a porosidade das argamassas de modo a permitir a penetração do ar;
- conferir às argamassas resistência ao esmagamento.

⁵ Obtendo-se o frequentemente denominado “coccio pesto”.

⁶ Concreção (do latim *concretus*) – reunião de diversos materiais ou partes formando um corpo sólido.

⁷ Choisy A., *Histoire de l'Architecture*, Tom. I: 520.

Tendo por base os estudos de Vicat, a acção de inerte das argamassas hidráulicas era explicada como necessária à divisão da pasta de cal em quantidades em que a água pudesse penetrar de modo a permitir as reacções de formação dos silicatos de alumínio e de cálcio. A garantia da qualidade da areia era tão importante como a garantia da boa qualidade da cal ou de outro ligante para a confecção de uma boa argamassa. Baseava-se na escolha correcta da melhor areia para a argamassa requerida, na sua preparação e limpeza e na separação em granulometrias diversas.

Por seu lado, as principais propriedades usadas para a distinção das areias eram⁸:

- a sua semelhança com pedras conhecidas – as areias eram classificadas em vítreas, calcárias e argilosas;
- a dimensão dos seus grãos – era técnica corrente a separação em classes de saibro, areia grossa, areia corrente e areia fina,
- a sua origem – de mina (areias fósseis), de rio, de moagem a partir de gravilhões,
- a cor (de menor importância).

Os critérios de primeira escolha utilizados até ao início do século XIX foram sempre muito semelhantes aos apresentados por Vitruvius e relidos por Scamozzi e Blondel. A granulometria das areias era escolhida em função do fim a que se destinava a argamassa. As areias grossas eram utilizadas com cal gorda na execução de alvenarias irregulares, para as quais eram permitidas juntas com espessuras da ordem de 1-2 centímetros. Para alvenarias de pedra talhada e assentamento de cantarias, era utilizada areia fina para aumentar a homogeneidade da massa, o contacto íntimo entre cada um dos blocos e juntas finas de espessura do ordem de 1 a 3 mm. A areia fina era também recomendada para diminuir a porosidade da argamassa em rebocos, acabamentos e obras hidráulicas.

As dimensões das areias variavam com as diversas camadas que constituíam os revestimentos os rebocos e os estuques, diminuindo à medida que se atingia a camada mais externa. Esta última camada deveria possuir baixa porosidade, de modo a resistir a infiltrações de água enquanto que para as camadas inferiores eram aconselhadas granulometrias superiores de modo a aderirem bem ao corpo das alvenarias.

⁸ Os estudos de Polycarpe de La Faye, publicados em 1778 e discutidos por Vicat na sua obra *Recherches experimentales sur les Chaux de Construction* são referidos pela primeira vez no âmbito da História da Construção por André Guillerme, em 1986.

No caso dos rebocos, as regras da gradação da granulometria das areias encontram a sua confirmação prática na realização do chamado “mezzo stucco romano” ainda utilizado em Itália, hoje com três camadas, em vez dos sete estratos indicados por Vitruvius⁹:

- A primeira camada (emboço) denominada “rinzafo”, com areia grossa;
- A segunda camada (esboço) denominada “arricio”, com areia média e fina;
- A terceira camada denominada “velo” sem areia, com cal e pó de mármore¹⁰.

De modo a ilustrar estes critérios de escolha tradicionais, transcreve-se uma tabela (Quadro 1) em que são resumidas as qualidades das areias da vila do Alfeite¹¹ apresentada pelo seu almoxarife à Real Associação dos Architectos Civis Portugueses e publicada em 1875¹²:

Quadro 1. Qualidades da areia da barreira das Reaes Propriedades do Alfeite e seu emprego

Nº	Qualidade	Designação	Aplicações
1 2	1ª 2ª	Areia encarnada	Esta areia é mais sólida para o emprego dos estuques, mas não se tem empregado por carecer de aguadas para a branquecer.
3	1ª	Areia de estuque	A 1ª menos pura no estuque das frentes; para trabalhos exteriores – a 2ª para os esboços de estuques interiores, para substituir a areia do Rio Secco; é mais escura e tem tanta ou mais consistência.
5	1ª	Areia russa	A 1ª é argilosa branca: empregada pela Companhia das Águas nas obras hydraulicas – a 2ª é argilosa amarela – a mais conveniente nas boas obras.
7	1ª	Areia vermelha	(traçada) Emprega-se nos muros, nos fundamentos, também em paredes interiores para fugir ao emprego de maior quantidade de cal.
8	1ª	Areia branca	(traçada) Serve só ou com pouca areia vermelha para trabalhos: diz-se que esta areia cria menos herva porque tem menos argila ferruginosa, mas carece do emprego de mais cal.
12	1ª	Areia da praia	Quartzosa grosseira, muito privada da matéria argilosa pela lavagem: emprega-se nas obras de caes, ou em obras hydraulicas nas quaes a areia que é incrustada d’argila não prende com o cimento.

Ficam pois expostas estas amostras de areia no Museu do Carmo, na 5.ª capela do lado do sul, onde estão as amostras dos outros materiais do reino; afim de serem examinadas pelas pessoas a quem convier.

⁹ Vitruvius Pollio L., *De Architectura, Libri dieci*, Cap. III, Livro VII: 268.

¹⁰ Forti G., *Antiche ricette di pitture murale*, 45-46.

¹¹ As areias do Alfeite, obedecendo a uma granulometria normalizada, foram usadas como referência para a “areia normal” destinada à confecção de argamassas. cf. *Definições – Areia normal*, in Decreto nº 40870, de 22 de Novembro de 1956 – *Caderno de Encargos para o Fornecimento do Cimento Portland Normal*, Cap. II – Especificações de ensaio, artigo 15.

¹² Silva J. da, “Materiais para Construções: Areia”, *Boletim Architectonico e de Arqueologia*, Lisboa, Real Associação dos Architectos Civis e Arqueólogos Portugueses, 7, 1875: 103-104.

¹³ Nesta frase e nos outros comentários relativos às aplicações, as expressões “1ª” e “2ª” referem-se a duas variantes de uma determinada areia, classificadas segundo uma mesma designação e um único nível de qualidade.

Para além do processo de escolha preliminar, era comum proceder à limpeza das areias e à sua divisão em diferentes granulometrias. Para este fim eram utilizadas cirandas que consistiam em peneiros de arame de ferro, com pés de madeira ou metálicos que mantinham a malha inclinada a cerca de 60°, sobre as quais eram lançadas as areias a limpar.

Higgins é um dos primeiros a indicar uma metodologia de classificação granulométrica das areias e da forma dos seus grãos. Foi também um dos pioneiros da introdução da noção de peso volúmico, de modo a testar a mistura de diferentes granulometrias das areias do rio Tamisa, na composição das argamassas¹⁴. Depois de lavadas através de diferentes peneiros, Higgins classificou três tipos de areias:

- Areia grossa – com grãos passando através de um peneiro de malha quadrada de $\frac{1}{8}$ de polegada (4 mm) e ficando retidos num peneiro com malha quadrada de $\frac{1}{16}$ de polegada (1,7mm);
- Areia média – passando num peneiro com malha quadrada de $\frac{1}{16}$ de polegada e ficando retida num peneiro de $\frac{1}{32}$ polegada (ou seja, entre 0,9 mm e 1,7mm);
- Areia fina – passando no peneiro de $\frac{1}{32}$ polegada (de 0 e 0,9mm).

Um século mais tarde, Prud'homme indicou as seguintes granulometrias¹⁵:

- Areia fina – com grãos entre 1mm e 1,5mm;
- Areia média – com grãos entre 1,5 mm e 3 mm;
- Areia grossa e saibro – com grãos entre 3 e 8mm.

aconselhando areias diversas em função do tipo de alvenaria a que se destinassem:

- Alvenarias comuns, betões e pavimentos – era recomendado o uso de areias médias com grãos de dimensões entre 5 mm e 1 cm;
- Alvenarias de pedra de talha, vincagem de juntas e rebocos – aconselhavam-se: areias com dimensões inferiores a 3 mm;

O mesmo autor referiu ainda que as areias mais indicadas para cais aéreas eram as areias grossas e médias. As areias finas eram as recomendadas para as cais hidráulicas.

Durante a preparação e limpeza, procurava-se a pureza da areia em relação a terras contaminantes e a substâncias argilosas. As areias eram lavadas por decantação ou, mais simplesmente regadas diversas vezes, e transportadas para os diferentes locais de armazenamento onde deveriam permanecer isoladas do contacto com

¹⁴ Higgins B., *Experiments and observations*, 78-81.

¹⁵ Prud'homme L., *Cours Pratique de Construction*, I-69.

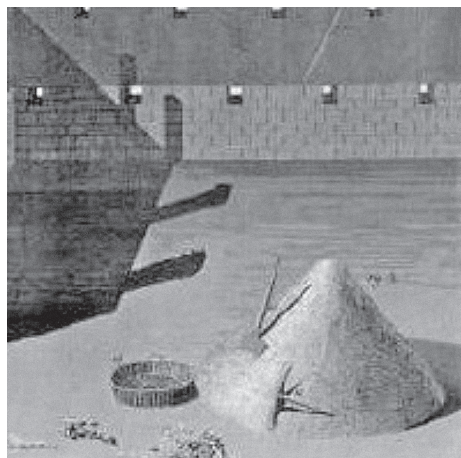


Fig. I. Detalhe de ilustração do tratado do *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir* de Jean-Baptiste Rondelet, 1802-1817 (planche IV).

o solo. Areias ricas em argila (com uma percentagem superior a 10%) não eram aconselhadas na fabricação de argamassa, por aderirem mal à cal e diminuírem a sua coesão¹⁶.

Para avaliar a presença de uma elevada percentagem de grãos de quartzo utilizavam-se métodos expeditos como, por exemplo, o friccionar um pequeno volume de areia entre as mãos que deveriam permanecer limpas. A produção de um ranger significava que a areia era relativamente limpa. No caso de existirem materiais de natureza diferente do quartzo, como as argilas, esse ruído seria atenuado.

Outro teste consistia na avaliação da diferença da capacidade aderente entre grãos quartzosos e grãos argilosos. Para este efeito, era lançado um pouco de areia sobre um tecido branco. Sacudindo-o, este deveria permanecer branco, no caso de se tratar de uma areia limpa. Lançando a areia numa tina de água, esta não deveria ficar suja.

Actualmente, as normas impedem a recepção em estaleiro de areias com um teor superior a 10% de argila, para garantir a boa adesão às argamassas à base de cal. A pureza das argilas deve ser ainda mais elevada no caso de argamassas à base de cais hidráulicas.

Os primeiros estudos científicos de análise da influência de diversas granulometrias na resistência das argamassas, foram também realizados por Higgins, entre Maio de 1777 e Maio de 1778. Tiveram como objectivo principal obter uma mistura de areias que requisesse uma menor quantidade de cal e produzisse uma argamassa mais resistente, utilizando os materiais tradicionais da região de Londres. Os critérios utilizados para a análise dos resultados foram: facilidade de laboração

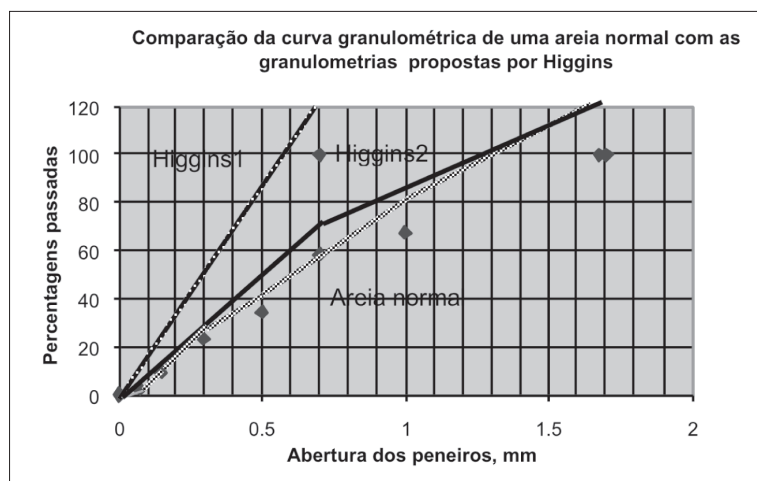
¹⁶ Segurado J. E., *Materiais de Construção*, 16.

da massa; baixa retracção a secagem rápida; resistência ao gelo; e resistência ao golpe de cinzel 9-10 meses depois da sua manufactura. Para as melhores proporções, Higgins refere 3 misturas ideais (em peso)¹⁷:

- Mistura A – 1 parte de cal e 2 partes de areia fina molhada (curva Higgins1);
- Mistura B – 1 parte de cal e 2 partes de areia misturada molhada (3 partes de areia média e 4 de areia fina) (curva Higgins2);
- Mistura C – 1 de cal e 2 da mistura molhada de 1 parte de saibro, 3 de areia média e 3 de areia fina;

Estas experiências nasceram da preocupação de explicar uma prática tradicional que consistia em misturar diversas areias e de estabelecer, de forma científica, a sua influência na resistência das argamassas. A classificação de Higgins, referida mais tarde por outros autores como Poppe¹⁸, serviu de base à classificação de Candlot e corresponde grosso modo à areia normal actualmente utilizada em Portugal¹⁹.

Fig. II.
Resultados obtidos por Higgins no final do século XVIII, sobre a melhor granulometria das areias em argamassas de cal aérea e a curva granulométrica da areia normal usada em Portugal.



Higgins concluiu que a mistura de areias finas com as areias médias permitia aumentar a facilidade de laboração e a resistência das argamassas, tornando-as mais densas pelo preenchimento dos vazios existentes na pasta de cal. Recomendava as areias finas para argamassas destinadas a rebocos lisos e propunha as areias médias e grossas misturadas às cais gordas nas argamassas de assentamento. Concluiu ainda

¹⁷ Higgins B., *op.cit.*, 78-81.

¹⁸ Poppe J. H. von, *Manuale di tecnologia*, 1ª ed. italiana, I-21.

¹⁹ Definida pela Portaria n.18189 de 5 de Janeiro de 1961, in *Cimento «Portland» Normal – Caderno de encargos para o seu fornecimento e recepção*, Lisboa, Imprensa Nacional Casa da Moeda, 61-63.

que o saibro ou areias muito grossas não melhoravam a facilidade de laboração. A sua utilização deveria ser limitada a betões ou à primeira camada dos rebocos rústicos. Esta camada inicial deveria ser rugosa de modo a aumentar a aderência das camadas seguintes e a aderir bem com alvenarias acabadas de assentar ou com alvenarias a restaurar previamente “picadas”.

*In stuccoing walls the (use in the mortar) of rubble (sand) promised to be useful in pointing and in the first coat, because a roughness of this coat makes the finer exterior coat adhere more firmly.*²⁰

Aos estudos de Higgins, seguiram-se os testes de Vicat referentes à variação da coesão das argamassas à base de cais hidráulicas com a granulometria dos inertes. A coesão máxima era obtida com areias médias, sofria um decréscimo de 30% com o uso de areias grossas e de 50% se usados gravilhões. O século XIX terminou com os estudos destinados a avaliar²¹:

- o assentamento de uma areia devido à humidade;
- o volume de vazios existentes em média em cada uma das areias disponíveis numa determinada região.

O cuidado básico na conservação das areias consistia em a armazenar enxuta. Tradicionalmente esta regra era verificada por simples toque com as mãos e dependia da experiência e exigência do mestre de obras e dos pedreiros.

No início do nosso século passaram a ser apresentadas tabelas de modo a verificar a diferença em peso entre areia seca e molhada, consoante as diferentes granulometrias. Actualmente este critério pode ser observado por métodos expeditos de gravimetria de normalização das areias e deverá ser aplicado, não só na recepção, mas também no controlo de qualidade da armazenagem e na preparação das argamassas.

BRITAS E FRAGMENTOS DE TIJOLOS

Para a produção destes materiais, a natureza das pedras utilizadas dependia geralmente da região em que se construía. Eram no entanto, preferidas como regra geral, as pedras mais duras obtidas a partir do “tout-venant” das pedreiras, como as pedras silíceas e quartzosas, o sílex, os basaltos e os granitos. Eram evitadas as pedras ricas em argila e pouco resistentes ao gelo e degelo.

²⁰ Higgins B., *op. cit.*, 95.

²¹ Feret R., *Essais de divers sables pour mortiers*.

Os cuidados na preparação destes grandes inertes ou britas consistiam essencialmente na limpeza de substâncias finas e detritos e na sua separação por dimensões. A limpeza era efectuada primeiro com um ancinho de modo a retirar a maior parte de detritos e da terra que eventualmente estivesse misturada. Depois, os fragmentos, de preferência angulosos, eram lançados sobre uma rede de malha grossa com orifícios da ordem dos 2cm, de modo a retirar a terra e os fragmentos finos e a assegurar uma dimensão mínima dos inertes.²²

Os fragmentos de pedra eram classificados em, pelo menos, três categorias que correspondem aproximadamente às britas grossas ou cascalho, britas médias ou meio cascalho e britas finas ou gravilhas²³. As dimensões máximas aconselhadas para o cascalho não são precisas até ao final do século XIX, sendo comuns expressões do tipo:

Do tamanho de um ovo de galinha (Sganzin, Delaistre); *Não maiores que uma mão* (Faujas de S.Fond).



Fig. III.
Fragmentação manual de pedras numa
prancha de *De re metallica, Libri XII* de
Giorgius Agricola, 1561 (fig.213, Livro VIII)

Só no final do século XIX este limite surge melhor definido:

- *Passados por uma malha com aberturas de 5 cm de diâmetro* (Grange);
- *Com dimensões máximas de 6-7 cm* (Prud'homme);
- *Com dimensão máxima não superior a oitenta milímetros e dimensão mínima não inferior a 40 milímetros* (Caderno de Encargos da Câmara de Roma, 1909).

²² *Cahier des Charges de la Compagnie d'Orléans* in Grange C., Grange C., *Chaux et sels de chaux*, 418.

²³ Paz Branco J., *Manual do Pedreiro*, 16.

O limite das dimensões dos meios cascalhos, inicialmente aproximativo: *não maiores que um escudo de 3 libras – aprox. 3cm* (Faujas de S. Fond); passou a ser bem definido no final do século XIX: *não maiores que 4 cm* (Grange, 1894).

As gravilhas, consoante os autores, consistiam em fragmentos

- *com dimensões mínimas de uma areia grossa e máximas de 3cm.*²⁴
- *com forma de preferência cúbica, com dimensões não superiores a 10 milímetros, nem maiores que 20 milímetros.*²⁵

Como se pode constatar, os grandes inertes variavam aproximadamente entre 4 e 8 cm e os inertes finos entre 1 e 3 cm²⁶. Estas dimensões, determinadas pela experiência, seriam, segundo os diversos autores, as ideais para permitir uma boa agregação entre a argamassa e os inertes, e as ideais para obter um bom encaixe dos diversos fragmentos.

Fragmentos de maiores dimensões exigiriam o seu arrumo manual. Por outro lado, fragmentos mais pequenos implicariam o uso de uma maior quantidade de argamassa para preencher os vazios. No caso de fragmentos de tijolos para betões, as dimensões aconselhadas ou exigidas eram sensivelmente as mesmas. À semelhança das areias a utilização dos demais inertes variava consoante a resistência mecânica requerida, a impermeabilidade exigida e o grau de durabilidade a garantir. Estas exigências faziam-se sentir nas abóbadas, nos muros, nas fundações e nos pavimentos.

No caso da confecção de betões ligeiros para as abóbadas concrecionais moldadas, eram escolhidos inertes leves como pedras de tufo e fragmentos de tijolo.

Nos betões de enchimento de núcleos de muros compostos, os inertes deveriam ser capazes de resistir a cargas elevadas. Nas fundações, eram normalmente escolhidos inertes ainda mais resistentes e pesados.

Para os pavimentos de habitações, aumentava-se a dimensão média dos inertes consoante a espessura total dos formigões e respeitava-se também a regra da diminuição da dimensão dos inertes à medida que se atingia a camada superior, mais externa. O Regulamento Geral de Construção Urbana publicado ca. 1940 indicava²⁷:

²⁴ Lenti A., *Corso pratico di costruzioni*, II-342.

²⁵ Roma Comune di, *Capitolato Generale*, III-9.

²⁶ Para o fabrico do betão classifica-se em Portugal: Gravilha – brita com dimensões entre 5 e 15 mm; Murraça – brita com dimensões entre 15 e 30 mm. cf. Ferreira V., Farinha B., *Tabelas Técnicas*, tabela 176, 300.

²⁷ *Regulamento Geral da Construção Urbana para a Cidade de Lisboa*, Lisboa, c.1940, Cap. IV, Artº.27.

Brita: Deve ser limpa e angulosa (sendo rejeitada a lamelar). As suas dimensões devem ser, para:

- Betões em fundações: entre 0,02 e 0,06m de diâmetro;
- Formigões de espessura inferior a 0,12 m: 0,02m de diâmetro (máximo);
- Formigões de espessura entre 0,12 m e 0,18m: 0,03m de diâmetro (máx.);
- Formigões de espessura entre 0,18 m e 0,25m: 0,04m de diâmetro (máx.);
- Formigões de espessura superior a 0,25m: 0,05m de diâmetro (máx.).

PÓ DE PEDRA

Os pós de pedra constituíam a classe dos inertes mais finos que era possível utilizar. Os tratados referem a moagem de pedra calcária, de mármore e de tijolos, não tendo sido, no entanto, encontradas referências a cuidados especiais na sua fabricação. Por seu lado, nada foi encontrado no que se refere à moagem de pedras duras.

Os pós de pedra eram utilizados na confecção de rebocos, estuques e nas últimas camadas de pavimentos. São frequentemente referidos por franceses como Rondelet, italianos (Cantalupi, Curioni) e mesmo alemães (Breyman). O português Valério Martins de Oliveira referia-se ao pó de pedra como “rolão do pó de pedra”²⁸.

O pó de mármore era considerado em particular, pela sua granulometria muito fina e pelo facto de ser constituído essencialmente por carbonato de cálcio. Este facto permitia uma fácil adesão à pasta de cal, produzindo massas muito densas, impermeáveis e resistentes. Estas mesmas propriedades permitiam o seu uso nas últimas camadas de pavimentos que se quisessem muito lisos e no afagamento de pavimentos de tijoleira ou à Veneziana.

*Perciò si deve arrotare (il pavimento di mattoni o di lastrico) con varie materie, o di calce fina, o di arena, o di marmo polverizzato.*²⁹

Para além destas aplicações, eram utilizados pós de pedra idêntica à dos blocos de revestimento misturados com as argamassas de refechamento de juntas, de modo a obter uma homogeneidade cromática. Noutros casos, à semelhança do gesso, estes pós eram simplesmente misturados com resinas naturais como o pez ou a colofónia³⁰, de modo a produzir betumes destinados ao preenchimento de lacunas em pedras ornamentais ou a colar folhas finas de mármore sobre pedras calcárias comuns.

²⁸ Oliveira V. M. de, *Advertências aos modernos*, 89.

²⁹ Milizia F., *Principi di architettura civile*, 492.

³⁰ A colofónia é um resíduo resultante da destilação da terebentina.

La mistura con cui gli scalpellini attaccano le impellicciature sulle fodere di peperino, o di qualunque altra pietra à composta di pece Greca e polvere di marmo.³¹

O pó de mármore, utilizado actualmente na fabricação de rebocos é resultante da moagem de fragmentos de mármore. Pode apresentar diferentes granulometrias próximas de 0,5 mm, não devendo a percentagem de finos (que passem no peneiro de 0,05 mm de malha) ultrapassar os 4%³². Como substituto do pó de pedra, a única referência encontrada foi a de De Cesare que propõe a utilização de caulinos (silicatos de alumínio) nos casos em que estes fossem disponíveis.

Si cava in Pozzuoli una terra argillosa bianca simile alla farina, chiamata da' nostri muratori, polvere de' torciari', avendola analizzata si è ritrovata essere un silicato di allumina. Sostituisce questa la polvere di marmo per lo stucco.³³

ALGUMAS CONCLUSÕES

As reflexões apresentadas procuram apresentar princípios e regras gerais de escolha e aplicação de inertes na confecção de argamassas tradicionais à base de cal. A pesquisa baseou-se na comparação crítica do exposto na literatura técnica publicada em diversos países europeus com grande difusão em termos de tradução em diversas línguas e diversas edições ao longo de períodos de tempo consideráveis.

Os séculos XVIII e XIX foram particularmente ricos em publicações capazes de sintetizar, explicar e otimizar as formas de confecção de argamassas à base de cal. Igualmente, os cuidados na escolha dos inertes foram sistematizados, estudados e melhorados.

Conhecer as preocupações dos antigos construtores nas fases de desenho e concepção de edifícios, na extracção e preparação de materiais, na execução propriamente dita e na manutenção, consolidação e reforço, significa colocar-nos na 'pele' dos responsáveis pela realização de muito do nosso património. O estudo da História da Construção implica projectar-se no passado, compreender as limitações dos materiais, dos meios físicos e do conhecimento de cada momento histórico e de cada região. A análise da evolução da ciência dos materiais enquadra-se inteiramente nesta metodologia que se pretende seja cada vez mais aplicada por um número crescente de investigadores.

³¹ Valadier G., *L'architettura pratica*, IV.

³² Forti G., *op. cit.*, p. 17.

³³ De Cesare F., *La scienza dell'architettura applicata alla costruzione, alla distribuzione, alla decorazione degli edifici civili*, Napoli, Giovanni Pellizzzone e Tip. Agrelli, 2a. ed., 1855-1856, I-42.

BIBLIOGRAFIA

- Aguar J., Magalhães A., Veiga R., Tavares M., “Métodos de diagnóstico para revestimientos de edificios antiguos. Importância y aplicabilidad de los ensayos in situ”, *Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, Sevilla, 2005: PH nº 53.
- Breymann G.-A., *Trattato Generale di Costruzioni Civili*, Prima trad. Italiana dell’Ing. Carlo Valentín, Milano, Vallardi, 1885: 4 volumes.
- Broccolo A., *Malte, Intonaci e Paste nelle Costruzioni e nel Recupero*, Roma, Carocci editore, 2000: 266p.
- Candlot E., *Ciments et Chaux Hydrauliques, Fabrication, Propriétés, Emploi*, Paris, Baudry, 1891: 346p.
- Cantalupi A., *Istituzioni pratiche elementari sull’arte di costruire le fabbriche civili*, Milano, Domenico Salvia, 1862: 2 volumes.
- Curioni G., *L’arte di fabbricare*, Torno, Negro, 1865-1884: 4 volumes.
- Choisy A., *Histoire de l’Architecture*, Paris, Gauthier-Villars, 1899: 2 volumes.
- Codello R., *Gli Intonaci. Conoscenza e Conservazione*, Firenze, Alinea editrice, 1996: 239 p.
- Cóias e Silva V., *Reabilitação Estrutural de Edifícios Antigos*, Lisboa, Argumentum, Gecorpa, 2007: 379p.
- De Cesare F., *La scienza dell’architettura applicata alla costruzione, alla distribuzione, alla decorazione degli edifici civili*, Napoli, Giovanni Pellizzone e Tip. Agrelli, 2a.ed., 1855-1856: 3 volumes.
- Delaistre J. R., *Encyclopédie de l’Ingénieur ou Dictionnaire des Ponts et Chaussées*, Paris, J. G. Dente, 1812: 2 volumes.
- Grange C., *Chaux et sels de chaux appliqués à l’art de l’ingénieur*, Paris, Librairie Polytechnique Baudry et Cie., 1894: 471p.
- Guillermé A., “From lime to cement: the industrial revolution in French Civil Engineering (1770-1850)”, *History and Technology*, 3, 1, 1986: 25-85.
- Faujas de Saint-Fond B., *Recherches sur la pouzzolane, sur la théorie de la chaux et sur la cause de la dureté du mortier*, Grenoble, J. Cuchet, 1778: 125p.
- Feret R., *Essais de divers sables pour mortiers*, Paris, Veuve C. Dunod, 1896: 28p.
- Ferreira V., Farinha B., *Tabelas Técnicas*, Lisboa, Técnica-Associação dos Estudantes do IST, 1977: 402p.
- Forti G., *Antiche ricette di pitture murale, affresco, stereotomia, calce, tempera, olio, encausto*, Verona, Cierre Edizioni, 1984: 296p.
- Higgins B., *Experiments and observations made with the view of improving the Art of composing and applying calcareous cements and of preparing Quick-lime: Theory of these arts*, London, T. Cadell, 1780: 220p.
- La Faye P., *Mémoire pour servir de suite aux recherches sur la préparation que les romains donnaient à la chaux*, Paris, de l’Imprimerie royale, 1778: 2 volumes.
- Lenti A., *Corso pratico di costruzioni o guida per eseguire, dirigere, sorvegliare e valutare i lavori di architettura civile, rurale, stradale, idraulica, compilato conformemente ai programmi per gli studi tecnici*, Alessandria, Tortona da Salvatore Rossi, 1877-1881: 4 volumes.
- Mateus J., *Técnicas Tradicionais de Construção de Alvenarias. A literatura técnica de 1750 a 1900 e o seu contributo para a conservação de edifícios históricos*, Lisboa, Livros Horizonte, 2002: 430p.
- Milizia F., *Principi di architettura civile*, Stamperia di Francesco Majocchi, 1781, reprod. facs da ed. 1847, opera curata e illustrata da Giovanni Antolini, Milano, Mazzetta e Milano, Serafino Majocchi, 1972, 596p.
- Oliveira V.M. de, *Advertências aos modernos que aprendem os officios de pedreiro e de carpinteiro*, Lisboa, na Officina Sylviana da Academia Real, 1739: 194p.

- Paz Branco J., *Manual do Pedreiro*, Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 1981: 198p.
- Poppe J. H. .von, *Manuale di tecnologia*, 1ª ed. italiana, Padova, Tip. del Seminario, 1821: 2 volumes.
- Prud'homme L., *Cours Pratique de Construction rédigé conformément au paragraphe cinq du programme officiel des connaissances pratiques exigées pour devenir ingénieur*, Paris, J. Baudry, 1870: 2 volumes.
- Roma Comune di, Ufficio V-Edilità, *Capitolato Generale che regola tutti gli appalti di Opere e forniture di materiali da Costruzione e Stradali per conto del Comune di Roma*, Roma, Tipografia Cooperativa Sociale, 1909: 3 volumes.
- Rondelet J.-B., *Traité Théorique et Pratique de l'Art de Bâtir*, Paris, chez l'auteur, 1802-1817: 5 volumes texto e 2 volumes de pranchas.
- Santiago C., *Argamassas Tradicionais de Cal*, Bahia, Editora da Universidade Federal da Bahia, 2007: 200p.
- Sganzin J., *Programme ou Résumé des Leçons d'un Cours de Constructions*, Paris, Bernard, 1806: 4 volumes.
- Segurado J. E., *Materiais de Construção*, Lisboa, Livraria Aillaud e Bertrand, c.1920 (4a. Edição): 505p.
- Valadier G., *L'architettura pratica dettata nella Scuola e Cattedra dell'insigne Accademia di S. Luca*, Tom. IV, Roma, Società Tipografia, 1828-1839, 5 volumes.
- Vicat L. J., *Recherches experimentales sur les Chaux de Construction, les bétons et les mortiers ordinaires*, Paris, Librairie Goujon, 1818, 103p.
- Vitruvius Pollio L., *Tratado de Arquitectura* (trad. De M. Justino Maciel), Lisboa, IST Press, 2006: 454p.

RESUMO: A literatura técnica publicada a partir da segunda metade do século XVIII reflecte a sistematização das regras empíricas de preparação e utilização de inertes na confecção de argamassas tradicionais. A explicação do seu comportamento à luz das novas ciências da Física e da Química permitirá a optimização de procedimentos, a criação de sistemas de dosagem em função das dimensões dos inertes e dos fins a que se destinavam as argamassas. A investigação histórica destes componentes constitui um capítulo incontornável do estudo de como se fabricavam as alvenarias e de como a sua explicação e optimização científica evoluiu.

Palavras-chave: inertes, argamassas de cal, alvenaria, literatura técnica, técnicas de construção.

SUMMARY: Technical literature published throughout the eighteenth and nineteenth centuries make evident the systematisation of the empirical rules used for the preparation and employment of aggregates in traditional mortars batching. The explanation of chemical and physical phenomena were responsible for optimising procedures and new metering and dosing systems in function of aggregates dimensions and different purpose mortars. The results of the historic research on these building components constitutes an unavoidable chapter on Construction History dedicated to know how masonries were built and how masonry science was consolidated.

Keywords: aggregates, lime mortars, masonry, technical literature, building techniques.

