

ALVENARIAS ESTRUTURAIS: SUAS PRÁTICAS CONSTRUTIVAS E PROCEDIMENTOS DE RECUPERAÇÃO.

Nelson Pôrto Ribeiro; Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Espírito Santo.

1. Introdução.

Os sistemas de construção das alvenarias portantes tradicionais – aquelas anteriores ao surgimento das estruturas metálicas e de concreto armado - podiam pertencer à categorias bastante distintas na distribuição de cargas: os sistemas trilitícos e os sistemas de arcos e abóbadas.

Contudo, como o propósito deste artigo é o de examinar as alvenarias daquilo que comumente se aceita como sendo o nosso ‘período colonial’ - e ao qual pertence a maior parte dos monumentos nacionais até o presente momento - algumas generalizações serão necessárias no sentido de possibilitar uma simplificação de sistemática que se adapte aos limites de uma comunicação como esta.

De forma geral, pode-se afirmar que os sistemas arqueados, que provocam empuxos laterais, foram menos usuais na arquitetura da América lusa, com algumas exceções, principalmente localizadas em edifícios religiosos os quais costumavam ter um maior apuro técnico. Mesmo assim, o próprio elemento cúpula - sistema construtivo dos mais significativos na arquitetura religiosa européia – na América lusa teve pouquíssima utilização, podendo ser contado nos dedos das mãos os exemplares de arquitetura religiosa que aqui, até o início do século XIX, se utilizaram deste importante sistema estrutural de cobertura como elemento central coroando as naves de seus templos. Também parte significativa das abóbadas em berço de nossa arquitetura – tal como a da nave dos jesuítas de Salvador – não passa de falsas abóbadas em madeira, estruturadas nas tesouras dos telhados. Claustros conventuais, contudo, viram amiúde, o sistema de abóbadas de aresta.

Pode-se generalizar assim que na maior parte das nossas construções, os pisos intermediários eram constituídos por uma estrutura de barrotes de madeira engastados firmemente nas alvenarias portantes, não produzindo mais do que carregamentos verticais e a qual funcionava também como elemento de travamento horizontal destas paredes. Serão essas estruturas, submetidas praticamente à esforços de compressão, as que serão examinadas aqui, ao longo deste artigo ainda que alerte-se para o fato de que raramente se utilizou entre nós a tesoura romana clássica, sendo que na arquitetura religiosa esta comumente era substituída pelo que se denominava como ‘canga de porco’ ou tesoura de linha alta, e aproveitando-se o desvão desta estrutura de telhado para um forro do tipo gamela - estas tesouras traziam consigo, de acordo com Oliveira (1), “o grande inconveniente de produzir empuxos para as paredes de apoio”.

Na fase da avaliação preliminar das patologias existentes em um edifício, os princípios construtivos específicos dos mais distintos sistemas são indispensáveis para uma correta verificação. Um bom

levantamento estrutural do complexo deve levar em conta não apenas a dimensão e espessura de paredes portantes, pilares, colunas e fundações, como também o entendimento das regras relativas aos aparelhos aplicadas nestes elementos estruturais, como as linhas de força aliviam nas fundações etc... A planta cadastral estrutural aparece como um elemento fundamental para a compreensão do objeto, e, conseqüentemente, para uma proposta de intervenção.

2. Materiais e Métodos.

O estudo da prática artesanal na fábrica das alvenarias portantes aparece como fundamental quando se trata da recuperação das mesmas; não apenas porque a recuperação do fazer arquitetônico tem um valor documental que possibilita indícios seguros do desenvolvimento tecnológico de uma dada sociedade, mas sobretudo porque para a própria sobrevivência do monumento é indispensável que se conheça o seu sistema construtivo e estrutural no sentido de se identificar corretamente os problemas existentes e se fazer uma proposta de recuperação, ainda que esta última adote apenas procedimentos tecnológicos contemporâneos – o que no mais das vezes não é o indicado. Sendo assim, um texto que se propõe a metodizar procedimentos de recuperação estrutural deve, obrigatoriamente, iniciar descrevendo procedimentos construtivos e características das estruturas em questão, para depois passar propriamente às recuperações.

Ora, para o estudo das práticas na ereção de alvenarias portantes na América portuguesa vamos utilizar a literatura técnica do período, em especial a literatura luso-brasileira; desde os tratados utilizados nas Aulas Militares (de Engenharia) do século XVIII, como Serrão Pimentel (2) e Azevedo Fortes (3), até os textos do século XIX como André Rebouças e César de Rainville (4).

Também a experiência com os monumentos nacionais é importante, pois é preciso não esquecer que a fonte mais segura para a pesquisa das técnicas construtivas aplicadas em uma determinada região é o estudo que se pode fazer nos monumentos e nos remanescentes arquitetônicos do local em questão. Estes atuam enquanto documentos históricos primários e muitas vezes revelam procedimentos na sua fatura distintos dos ensinamentos teóricos de sua própria época, em especial da literatura acadêmica: este fato se deve não apenas a uma acomodação existente entre a teoria aprendida na ‘Academia’ quando se confronta com os materiais de construção passíveis de serem encontrados em uma determinada região - já que a prática da importação e transporte de materiais de construção em larga escala é muito recente, do final do século XIX - como também com o nível técnico da mão de obra disponível no local, que muitas vezes

conduz à simplificações ou alterações de práticas até então consagradas.

3. Resultados.

Indicaremos separadamente os processos de recuperação de fraturas estruturais em alvenarias de tijolos cerâmicos e também em alvenarias de cal e pedra (onde o tijolo participa apenas como arco de descarga por cima de vãos). A lógica estrutural destas duas técnicas de alvenarias é a mesma, contudo, tendo procedimentos distintos na fatura, devem tê-los também na recuperação.

Assim, estes processos serão precedidos da explicação das regras de aparelho mais usuais, as quais mostrarão como funcionam de forma distinta as alvenarias construídas unicamente com tijolos, das alvenarias de cal e pedra, ou mistas.

Estes processos de recuperação serão objetos da nossa descrição, assim como dos materiais necessários para a reestruturação, inclusive colaborando na polêmica discussão sobre a conveniência ou não de se fazer uso nestas recuperações de argamassas hidráulicas e de cimento Portland.

3.1. Recuperação de alvenarias de tijolos.

No período colonial as alvenarias portantes exclusivamente de tijolo foram menos usuais do que no século XIX. Este material era, até então, mais utilizado para o preenchimento de vãos em estruturas de madeira do tipo 'requadro', ou, para a execução de determinados elementos nas alvenarias de pedra de mão, tais como cunhais ou arcos de descarga sobre vãos.

O tijolo era um material de custo mais elevado que a pedra de mão, requeria mão-de-obra especializada para uma fabricação do tipo artesanal com relativa baixa produtividade, portanto, o seu uso era restrito, em especial nas regiões onde a pedra abundava, como no litoral. As construções coloniais da cidade de Vitória no Espírito Santo, por exemplo, são inteiramente de alvenarias portantes de pedra de mão, sendo que as paredes internas não estruturais eram de pau-a-pique ou tabique.

Apenas com a fabricação industrializada, a partir da segunda metade do século XIX, que o tijolo tornou-se o principal e muitas vezes único componente das alvenarias portantes, com algumas excessões, evidentemente. O eng. francês Louis Vauthier, a serviço no Recife na primeira metade do século XIX, observou como as casas urbanas desta cidade eram todas construída de tijolo cerâmico (5).

As paredes de tijolo maciço, dado a regularidade do material - que possibilitava um assentamento regular - puderam ser mais estreitas do que as paredes de alvenaria de pedra de mão e resistindo a carregamentos similares.

As alvenarias de tijolo requerem uma técnica toda própria para amarração e coesão dos muros, técnica esta que deve ser respeitada quando da recuperação estrutural das mesmas. Esta técnica pode ser resumida nos seguintes princípios:

- Fiadas assentadas em planos absolutamente horizontais.

- Juntas verticais sempre interrompidas pelas fiadas superiores; 'matando' a junta.

- Paredes compostas de 'vezes' distintas, amarradas com a inclusão de fiadas de perpianhos a espaços regulares.

- Cunhais amarrados com a interpenetração intercalada das fiadas das distintas paredes.

Quando da recuperação de trincas estruturais, os procedimentos que propomos são os seguintes:

- Retirada das argamassas de revestimento ao longo de toda a trinca, cerca de trinta centímetros para cada lado da mesma, numa das faces da parede.

- A partir mais ou menos da metade da altura da parede afetada, fazer a retirada dos tijolos danificados pela trinca, numa extensão não maior do que oitenta centímetros.

- Restituir os tijolos retirados com novos tijolos de dimensões similares e em perfeito estado. A argamassa de assentamento deverá também ter composição similar a da utilizada no restante da alvenaria.

- Reiniciar a retirada de tijolos em áreas com a mesma dimensão acima especificada, alternativamente e nunca ao mesmo tempo, acima e abaixo da área já recuperada, substituindo os tijolos até a completa recuperação dos tijolos trincados na prumada em questão.

- Realizar os mesmos procedimentos descritos acima, e na mesma sequência, na prumada da outra face da parede.

- Recompor as argamassas de revestimento.

Alguns cuidados devem ser observados:

- Os tijolos restituídos devem ser de preferência de mesma procedência (reaproveitamento de demolições da própria obra). Na impossibilidade, deverão ser usados tijolos maciços de dimensões similares. Sabe-se que entram como fatores importantes no resultado final da resistência das alvenarias de tijolos não apenas a dimensão das peça cerâmicas mas também a espessura da junta e o diâmetro máximo do agregado (6), motivos pelos quais os cuidados na reprodução das argamassas com a ajuda de testes laboratoriais assim como a procura por materiais antigos, não são preocupações supérfluas.

- Quando da retirada de fiadas perpianhas - que fazem a amarração das distintas prumadas - os cuidados de retirada deverão ser redobrados e executados em uma área com menores dimensões, de preferência o suficiente apenas para a retirada do perpianho.

3.2. Recuperação de alvenarias de pedra de mão.

As alvenarias de pedra de mão foram as mais usadas durante o período colonial. A pedra aparelhada ou de cantaria, pela dificuldade do corte, que elevava o custo, em geral era reservada para o embasamento da construção ou para locais nobres como cunhais, ombreiras e vergas. Para execução de arcos de descarga sobre as aberturas de vãos, as alvenarias de pedra de mão incorporavam o uso de tijolos cerâmicos - dado a impossibilidade de se executar um arco com pedras irregulares - e que ficavam depois ocultos pela argamassa de revestimento.

Também os procedimentos de construção deste tipo de alvenaria devem ser respeitados quando da

recuperação estrutural das mesmas. Estes procedimentos podem ser resumidos:

- Ainda que com pedras de dimensões irregulares e muito distintas uma das outras, via-se necessidade de um leito planificado para o recebimento das pedras. Leito este executado a um intervalo regular, que podia variar de sessenta centímetros a um metro, mais ou menos. Este leito era visto como fundamental para que a fixação das pedras no local se desse pela gravidade de seu próprio peso e que elas não tivessem tendência a ‘escorregar’ para fora da parede.

- O travamento e a coesão das pedras entre si era incrementado através do embrechamento de lascas de pedra, em forma de cunha (escassilhos), que eram introduzidas sobre pressão, de forma a que não se pudesse mover uma pedra sem mover as que estivessem em sua volta.

- O princípio de não continuidade nas juntas verticais, também nas alvenarias de pedras irregulares, devia ser observado.

Os procedimentos para recuperação de trincas estruturais neste tipo de alvenaria, por suas particularidades técnico-construtivas, são distintos dos procedimentos descritos no item anterior para alvenarias de tijolos, em especial porque a retirada de uma pedra de uma alvenaria, quando esta é bem construída, é sempre uma operação mais difícil e de maior risco, não apenas porque ela está travada, mas também porque as alvenarias de pedra de mão não possuem prumadas definidas – como as alvenarias de tijolos - que possibilitem que metade da espessura da parede seja retirada mantendo-se a outra metade. Dessa forma, o procedimento proposto abaixo não contempla a retirada dos elementos danificados (fraturados) e procura fazer a recuperação estrutural através de outro processo, o de grampeamento das pedras:

- Retirada das argamassas de revestimento ao longo de toda a fratura, cerca de trinta centímetros para cada lado da mesma, em ambas as faces da parede.

- Limpeza da trinca/fratura com o uso de aspirador seguida de lavagem com água corrente abundante.

- Colmatação da fratura nas laterais com o auxílio de argila plástica.

- Aplicação de injeção de argamassa de cimento e areia média e fina (1 : 2), com o uso de mangueiras plásticas. A aplicação deve ser em pontos distintos ao longo da fratura (separados entre si aproximadamente 50cm) e em ambos os lados da parede.

- A quantidade por aplicação não deverá exceder em 3 litros por furo para evitar pressões internas desnecessárias, e novas aplicações deverão ser feitas caso esta quantidade não seja suficiente para preencher o vazio.

- Grampeamento das pedras fraturadas com o uso de grampos metálicos de latão ou de aço inoxidável com diâmetro ≥ 6 mm. O diâmetro é função do tamanho da pedra a ser grampeada. Os furos deverão ser executados com furadeira elétrica e broca adequada, com cuidados para se evitar a fragmentação da pedra ou da sua borda.

- Os grampos serão ancorados nos furos com o uso de resina epoxídica.

- O grampeamento deverá ser executado em ambas as faces da parede.

- Na região afetada pela trinca deverá ser executado novo embrechamento com uso de escassilhos, tal como descrito nos procedimentos construtivos.

- Recomposição das argamassas de revestimento.

Alguns cuidados devem ser observados: vãos de portas e janelas de uma prumada em que se realizam as costuras devem ser fechados temporariamente com o uso de tijolos maciços e argamassa de assentamento de traço fraco. A aplicação da argamassa forte de cimento na trinca deve ser feita com as alvenarias ainda úmidas, logo após a lavagem, para evitar que as alvenarias secas absorvam a água da argamassa alterando o fator água/cimento da mesma.

No caso da fratura atingir pedras de cantaria, o procedimento indicado é a substituição da peça, contudo, aceita-se o grampeamento quando da impossibilidade de remoção ou de se encontrar material compatível, pois a substituição de uma peça de cantaria deveria estar sempre condicionada a possibilidade de fornecimento das pedreiras em atividade, de material similar ao original. Entende-se por material compatível e similar aquele que apresenta não apenas composição físico-química similar mas também veios e colorações afins. As pedras, de acordo com os tratados clássicos, deviam ser usadas posicionadas no sentido do seu leito, pois estas atingiriam habitualmente o seu máximo de resistência quando a força que as comprime se apresenta normal ao plano da camada. O tratado de Reynaud, por exemplo, considera que a pedra é dita colocada *en délit* quando não se observa esta condição (7).

Para além do corte e do posicionamento da pedra em relação a este, também as técnicas de laboração e de acabamento da superfície são importantes para que se possa restaurar sem adulterar a memória de métodos e técnicas que um antigo edifício deve transmitir (8).

3.3. Do uso do cimento Portland nas alvenarias históricas.

Em geral, em restauração, preconiza-se a utilização de novas argamassas compatíveis em traço e em granulometria com as argamassas originais. Os materiais de revestimento assim recompostos oferecem uma compatibilidade não apenas físico-química, mas também estética.

No caso de uma recomposição estrutural, este princípio continua especialmente válido. Ainda que o senso comum continue preconizando muitas vezes o uso de argamassas a base de cimento Portland em função da maior resistência a esforços deste aglomerante, a experiência mostra que só é conveniente introduzi-lo na recuperação das alvenarias portantes de tijolos se a composição original da alvenaria, tiver no traço de suas argamassas, presença deste aglomerante. Isto porque as alvenarias constituídas de tijolos cerâmicos são um sistema que tem a sua resistência determinada pela resistência combinada de seus dois componentes; a argamassa e o tijolo. Devido “às desigualdades dos dois materiais que constituem a alvenaria de tijolos, apresentando módulos de elasticidade diferentes, cada um deles teria dilatação diferente do outro, no que é impedido pela

aderência entre ambos, obrigando-os a sofrer a mesma deformação” (9). Assim, se utilizamos no nosso processo de recuperação da alvenaria de tijolos uma argamassa de resistência maior ou menor do que a argamassa original, ao final do processo teremos introduzido todo um trecho de alvenaria que se comportará elásticamente de forma distinta, ocasionando nas áreas limites entre os dois trechos tensões distintas também, as quais poderão levar a um fissuramento da área.

Como o cimento Portland ao final do século XIX e início do XX era todo ele importado – a primeira fábrica deste tipo de cimento no Brasil data de 1924 (10), ele era, pelo seu custo elevado, praticamente destinado a execução de ornatos de estuque das fachadas ecléticas das edificações, ou então para a confecção de argamassas de assentamento em alvenarias hidráulicas (tais como obras de portos, pontes etc...), praticamente excluído do assentamento nas alvenarias comuns de tijolos (11). Isso nos dá uma base razoavelmente segura para nos orientar em obras com orçamentos limitados que impeçam a proliferação de testes laboratoriais de argamassa.

No caso da recuperação de alvenarias de pedra de mão, a pasta de cimento entra como um material de recomposição da pedra fraturada, e, nesse sentido, a sua maior resistência a esforços é uma qualidade desejável. Um produto neutro e portanto mais desejável para esta recuperação seria sem dúvida a resina epoxídica, que por suas características estruturais cumpre com excelência o papel, contudo, o seu custo é proibitivo, em especial quando se tratam de trincas estruturais que se comportam como verdadeiros sorvedouros de material consolidante. Por outro lado, os efeitos colaterais danosos que a cura do cimento Portland traz às alvenarias históricas (12) poderiam ser parcialmente reduzidos com a utilização de um cimento de baixo teor de alcális e de sulfatos, encontrável no mercado.

4. Conclusões.

Enfim, para uma recuperação estrutural de alvenarias portantes, como vimos, é fundamental o entendimento das regras relativas aos aparelhos, aplicado especificamente às alvenarias a serem recuperadas, inclusive o entendimento de como se faz a distribuição das cargas e esforços. Esta compreensão, leva-nos a ter soluções técnicas gerais fundamentalmente distintas para a recuperação de alvenarias de tijolos e de alvenarias de pedra de mão, a seguir:

Nos casos específicos das alvenarias de tijolos, o rigor aos preceitos clássicos (técnica e compatibilidade dos materiais) deve ser levado aos limites, pois não é possível uma recuperação eficiente com tijolos de dimensões distintas e com uso de argamassas hidráulicas onde antes só havia argamassas aéreas a base de cal. Neste caso, faz-se necessário maior rigor também com a reprodução de argamassas e enfatiza-se a necessidade de testes laboratoriais completos (reconstituição de traço, granulometria, petrografia e mineralógica por difração de raios ‘x’). De uma forma geral, pode-se afirmar que o uso do cimento hidráulico

deve ser banido destas recuperações estruturais: nossa experiência, referendada com testes laboratoriais, nos indica que este aglomerante – quando existente nas alvenarias históricas – quase nunca era usado na argamassa de assentamento, sendo reservado – pelo seu alto custo – para os revestimentos, em especial ornatos. Os cuidados com a regra do aparelho são também procedimentos importantes a serem tomados quando da recuperação das alvenarias de tijolos, sobretudo nos amarramentos das fiadas e das distintas prumadas de paredes.

No caso das alvenarias de pedra onde a retirada de material original - mesmo que fragmentado - deverá ser evitado devido às características ‘destrutivas’ desta retirada, o procedimento de recuperação através de ‘consolidante’ e de ‘grampeamento’ é bem distinto do procedimento de recuperação das alvenarias de tijolos comentado acima, e, neste caso, se aceita com restrições, a utilização de cimento Portland, procurando-se sempre um que seja fabricado com baixos teores alcalinos e de sulfatos, pois aqui, este material é importante para a consolidação do material pétreo fragmentado já que a utilização de uma resina epoxídica - um material que possui as qualidades desejadas; neutro e de alta aderência e resistência estrutural - é desaconselhada devido ao alto custo. Quanto às regras do aparelho, a principal delas a ser revista nas alvenarias de pedra, após a consolidação da trinca, é a do escassilhamento - ou embrechamento - em especial na área exposta próxima a trinca, onde pequenas lascas de pedra deverão ser inseridas nas frestas com utilização de pressão.

Estes procedimentos nos parecem - através de experiências acumuladas em distintas obras com recuperação estrutural enquanto ex-responsável técnico da empresa Ópera Prima Arquitetura e Restauro Ltda. - atendem a maior parte dos problemas encontrados nas alvenarias portantes históricas, isto evidentemente não exclui a necessidade de um projeto com caráter investigativo para cada caso. Concluindo, pode-se afirmar que de uma maneira geral uma boa e eficiente recuperação estrutural das alvenarias históricas portantes assenta-se na compreensão das técnicas construtivas históricas encontradas, e na utilização de materiais compatíveis com os originais.

5. Referências.

- (1) Oliveira, Mario Mendonça de. Tecnologia da conservação e da restauração: materiais e estruturas. Salvador : EDUFBA : ABRACOR, 2002.
- (2) Pimentel, Luis Serrão. Methodo Lusitanico de desenhar as fortificaçoens (...) Lisboa : Antonio Craesbeeck de Mello, 1680.
- (3) Fortes, Manoel de Azevedo. O engenheiro portuguez. Lisboa : Direção da Arma de Engenharia, 1993. 02 Tomos. [1ª edição 1728].
- (4) Rainville, César de. O Vinhola brasileiro. Rio de Janeiro : Eduardo & Henrique Laemmert, 1880.
- (5) Casas de residência no Brasil, in: Arquitetura no Brasil I: textos escolhidos da Revista do IPHAN. São Paulo : MEC : IPHAN : USP : FAU, 1975.
- (6) Petrucci, Eladio G. R. **Materiais de construção**. 5ª edição. Porto Alegre : Globo, 1980. p.47.

(7) Reynaud, Léonce. *Traité d'Architecture; Première partie; Art de bâtir ; Etude sur les matériaux de construction et les éléments des édifices*. Paris : Dalmont et Dunod, 1860. p.20.

(8) MATEUS, João Mascarenhas. *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. p.302.

(9) Petrucci. *op.cit.* p.46.

(10) *idem.* p.311.

(11) Desenvolvo melhor este assunto num artigo recentemente publicado: *O uso de argamassas hidráulicas no Rio de Janeiro do século XIX*. 2005.

(12) Entre estes efeitos Torraca (1986) relaciona manchas, eflorescências e contrações.

E-Mail do Autor

nelson.porto@pesquisador.cnpq.br