

## **INDICADORES PEDOLÓGICOS APLICADOS AO ESTUDO DAS TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO EM TERRA CRUA NO PERÍODO COLONIAL: ESTUDO DE CASO NA CAPELA SÃO JOSÉ, OURO PRETO, MG**

### **PEDOLOGICAL INDICATORS APPLIED TO THE STUDY OF SOIL CONSTRUCTION IN COLONIAL PERIOD: A STUDY CASE IN THE SÃO JOSÉ CHURCH, OURO PRETO, MINAS GERAIS STATE, BRAZIL**

### **INDICADORES PEDOLÓGICOS APLICADOS AL ESTUDIO DE LAS TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN EM TIERRA CRUDA EN EL PERIODO COLONIAL: UN ESTUDIO DE CASO EN LA CAPILLA SAN JOSE, OURO PRETO, MINAS GERAIS, BRASIL**

Juliana Renata Pereira  
Instituto Federal de Minas Gerais. Rua Pandiá Calógeras, 898, Ouro Preto-MG, CEP 35400-000  
julianarenatapereira@yahoo.com.br

Fábio Soares de Oliveira  
Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Antônio Carlos, 6.627, Belo Horizonte-MG, CEP 31270-901  
fabiosolos@gmail.com

Thiago Torres Costa Pereira  
Universidade do Estado de Minas Gerais. Av. Mário Palmério, 1001, Frutal-MG, CEP 38200-000  
thiago.solos@gmail.com

Adriana Monteiro da Costa  
Universidade Federal de Minas Gerais. Av. Antônio Carlos, 6.627, Belo Horizonte-MG, CEP 31270-901  
drimonteiroc@yahoo.com.br

#### **RESUMO**

As construções utilizando-se a terra crua são empregados desde os tempos mais remotos. Dentre eles, destaca-se o pau-a-pique, bastante utilizado em edificações do período colonial em Minas Gerais. Com base nisso, este estudo objetivou, através de indicadores pedológicos, propor uma análise entre técnicas atuais e passadas, verificando se os construtores selecionavam, prepararam e utilizavam o solo para construção do pau-a-pique de maneira semelhante ao que é recomendado na atualidade. Para tal foram realizadas análises texturais, mineralógicas e micromorfológicas de uma parede datada de 1726 da Capela de São José, município de Ouro Preto, MG. Os resultados evidenciaram um material heterogêneo, formado pela mistura de saprolito de filito revolvido e com acréscimo de componentes orgânicos. Essa mistura proporcionou uma óliga adequada, semelhante ao recomendado na atualidade. Além disso, a identificação de uma microestrutura maciça, um sistema poroso incipiente e uma matriz argilosa com orientação granoestriada, evidenciou que o material passou por destorroamento, provável pisoteio e compactação por força manual. Sugere-se, a partir disso, que no período colonial as técnicas construtivas eram muito semelhantes ao que é praticado hoje. Como se trata de uma cultura preservada pela oralidade, avalia-se o pau-a-pique como uma rica e sustentável herança construtiva.

**Palavras-chave:** Arquitetura em terra; Pau-a-pique; Micromorfologia; Edificações coloniais.

**ABSTRACT**

The rammed earth building systems are been used since the earliest times. Among them, the wattle-and-daub stands out, which was, widely used in buildings of the colonial period in Minas Gerais State, Brazil. Based on that, this paper aimed, through pedological indicators, proposes an analysis between the past and current techniques, evaluating if the constructors selected, prepared and used the soil, for cob wall construction, similar to the way it is currently recommended. For such, were performed textural, mineralogical and micromorphological analyzes of a wall dated 1726 of São José church, city of Ouro Preto, Minas Gerais State, Brazil. The results showed a heterogeneous material formed by the mixture of a saprolitic plowed phyllite with addition of organic components. This mixture provided adequate "alloy", similar to the currently recommended. Furthermore, identification of a massive microstructure, an incipient porous system and a clay matrix with granostriated b-fabric showed that the material has undergone lump breaking, probable trampling and compaction by manual force. From this, it is suggested that construction techniques in the colonial period were very similar to what is recommended today. Since this is a culture preserved by orality, assesses the cob wall as a rich and sustainable constructive heritage.

**Keywords:** Rammed earth architecture; Wattle-and-daub method; Micromorphology; Colonial buildings.

**RESUMEN**

Las construcciones con tierra cruda y arcilla se utilizan desde la antigüedad. Entre ellos, está el bahareque, ampliamente utilizado en los edificios de la época colonial en Minas Gerais. En base a esto, este estudio tuvo como objetivo, a través de los indicadores relacionados con el suelo, proponer un análisis de las técnicas del pasado y presente, comprobando si los constructores preparaban el terreno y utilizaban el suelo para la construcción de bahareque de manera similar a la recomendada hoy en día. Así se realizaron análisis texturales, mineralógicas y micromorfológicas de una pared de 1726 en la Capilla de San José, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil. Los resultados mostraron un material heterogéneo, formado por mezcla de saprolito y con la adición de compuestos orgánicos. Esta mezcla ha proporcionado una "liga" adecuada, similar a la recomendada en la actualidad. Por otra parte, la identificación de una microestructura sólida, un sistema poroso incipiente y una matriz de arcilla con orientación granoestriada, mostró que el material ha sido sometido a fragmentación, probablemente pisoteo y compactación por fuerza manual. Se sugiere, por ello, que en el periodo colonial las técnicas de construcción eran muy similares a las que se practican en la actualidad. Como se trata de una cultura preservada por oralidad, el bahareque se evalúa como un patrimonio constructivo rico y sostenible.

**Palabras clave:** Arquitectura de tierra; Bahareque; Micromorfología; Edificios coloniales.

## 1. INTRODUÇÃO

À semelhança de outros animais, o homem descobriu que poderia construir seus abrigos usando um dos materiais mais abundantes da natureza: a terra. As coberturas superficiais propícias à construção, tal como solos e sedimentos, constituem aproximadamente 74% da área superficial da crosta terrestre, representando um manto bastante diversificado de cores, texturas, estruturas e feições morfológicas (DETHIER, 1993). Por se tratar de um material amplamente disponível, a utilização de terra como matéria-prima para construções de taipa (pau-a-pique) geralmente não requer compra, transportes caros, nem transformações de caráter industrial, dispensando gastos de energia para sua produção e não provocando impactos tão agressivos ao meio, tal como poluição do ar e desmatamento.

Os métodos de construção que utilizam a terra seca ao ar, sem cozimento, são utilizados desde os tempos mais remotos e datam pelo menos cem séculos (DETHIER, 1993). Civilizações nasceram e desapareceram sem que este material caísse em desuso. A despeito do que muitos consideram na atualidade, nas comunidades antigas a construção em terra não implicava um hábito limitado a determinadas classes sociais, principalmente àquelas de baixo poder aquisitivo, mas sim a todos os setores da sociedade. Assim se desenvolveu um conhecimento feito de experiência, ao mesmo tempo sábio e popular, que se traduziu numa espantosa variedade de funções e de formas, através das quais se exprimem as especificidades culturais dos construtores.

Mesmo passando por períodos de desvalorização e, em alguns casos, completo abandono, a construção em terra ainda pode ser observada nos dias atuais (PINTO, 1993). Habitações tradicionais, como adobe, taipa e pau-a-pique, são comuns em muitos países, sobretudo naqueles impossibilitados de incorporar o novo padrão de consumo de materiais de construção industrializados. Uma construção tradicional, nesse sentido, é vernácula por essência, ou seja, utiliza materiais e técnicas próprias de seu lugar, demanda pouca energia para sua construção e demonstra enorme respeito ao meio na qual está edificada, sendo, por isso, sustentável. Além disso, tais construções expressam com grande valor a relação das sociedades com o meio em que vivem, na medida em que os bens materiais construídos refletem a vida cotidiana dos homens justamente por serem produtos da mesma (OLENDER, 2006).

No contexto da multiplicidade do uso da terra e suas possibilidades arquitetônicas, destacam-se técnicas como o adobe, a taipa de pilão, o pau-a-pique, o solo cimento e o pão de barro. O pau-a-pique (taipa de mão), em particular, é reconhecido como uma técnica mista (HAYS;MATUK, 2002) por envolver uma trama de madeiras verticais e horizontais com argamassa de terra em seu interior. Trata-se de uma técnica de vedação, sendo mais utilizada na construção das paredes internas de edifícios. Quando seu uso é para a estrutura externa, geralmente vem acompanhado de uma estrutura autônoma de suporte (ÁVILA;GONTIJO;MACHADO, 1996; OLENDER, 2006). Sua origem e utilização no Brasil é controversa e geralmente associada à mistura de conhecimentos construtivos indígenas, africanos e portugueses (VASCONCELOS, 1979; FREYRE, 1981; LEMOS, 1999).

A preservação das técnicas de pau-a-pique deve ser mantida em respeito às futuras gerações não apenas por meio da conservação dos exemplares que restam das edificações nela construídas, mas principalmente por meio da preservação do conhecimento sobre sua execução, combatendo o preconceito de que está relacionado exclusivamente às classes mais pobres, ou a que, invariavelmente, será um foco para hospedar parasitas transmissores de doenças. De acordo com uma série de autores (FERRAZ, 1992; PINTO, 1993; SOUZA, 1996), é a má execução da obra ou a falta de sua manutenção a responsável por tornar paredes de pau-a-pique hospedeiras de insetos. Do contrário, tais construções possuem excelente longevidade e muitos benefícios em termos de conforto ambiental.

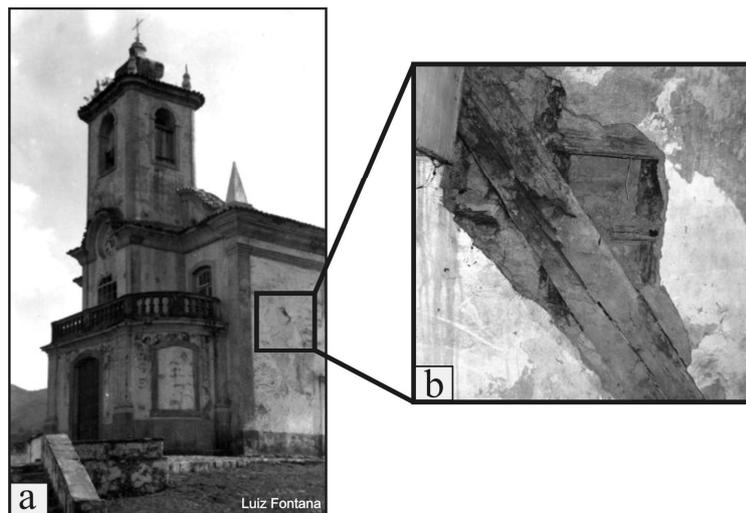
A partir disso, faz-se premente um estudo que contextualize o pau-a-pique associado aos métodos e materiais nele utilizados, resgatando-o como um importante hábito construtivo, tanto para restauração de edificações históricas quanto para a utilização em novas edificações, modernamente chamadas de bioconstruções, recomendadas nos relatórios da Conferência das Nações Unidas Sobre o Desenvolvimento Sustentável (RIO+20). Trata-se, sobretudo, de promover um diálogo entre as técnicas tradicionais e aquelas recomendadas em manuais modernos. Para tal, há que se resgatar a maneira como ocorria sua execução em

momentos históricos onde o pau-a-pique representava uma técnica construtiva muito utilizada, qual seja o período colonial do Brasil (SMITH, 1969). Esse resgate torna possível compreender como, neste cenário geo-histórico, as comunidades interagem com os elementos do meio em que viviam, relacionando-se com a natureza e dela extraindo recursos.

Neste contexto, este estudo objetivou, por meio de indicadores pedológicos, compreender que materiais eram utilizados na confecção de paredes de pau-a-pique de monumentos históricos patrimoniados e de que maneira os construtores daquele período executavam sua confecção, comparando-as às recomendações atuais vigentes. Como recorte espacial, este estudo incorpora uma das cidades brasileiras que mais apresenta construções dessa natureza: a conhecida cidade histórica mineira de Ouro Preto.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A realização deste estudo prescindia do acesso aos materiais utilizados para a construção de alguma edificação pertencente ao acervo histórico de Ouro Preto. Geralmente, esse acesso é difícil, considerando não ser autorizado intervir nestas construções, sob prejuízo de comprometer sua integridade. Assim, por ocasião de uma reforma, obteve-se acesso a uma edificação em que as paredes de pau-a-pique mantinham-se originais. Trata-se da Capela de São José (Figura 1a), localizada em um platô artificial estruturado por muros de arrimo na área central do sítio histórico localizado na cidade de Ouro Preto, Minas Gerais.



**Figura 1** - a: Visão geral do frontispício da Capela de São José dos Bem-Casados; b: Parede de pau-a-pique amostrada na capela-mor. A projeção é meramente representativa, uma vez que a parede amostrada localiza-se na parte interna da edificação.

O processo evolutivo de edificação da Capela ocorreu de maneira semelhante às outras capelas e igrejas da época. Em 1726 a Irmandade do Patriarca de São José dos Bem-Casados, então criada e residente na Matriz de Nossa Senhora do Pilar, recebeu de D. Frei Antônio de Guadalupe, Bispo do Rio de Janeiro, a autorização para construir uma capela. Conforme destaca Trindade (1956), transcrevendo um documento pertencente aos arquivos desta Irmandade:

... a câmara desta Villa pedindo nos por fim de sua petição lhe fizemos m.<sup>cc</sup> conceder Licença p.<sup>a</sup> a ereção da dita capella, visto terem a imagem do dito Santo, madeiras, e o mais necessários, e receberia m.<sup>cc</sup> a qual petição sendo por nós vista havemos por bem de conceder a Licença... (TRINDADE, 1956, p. 129).

Exceto por este documento, pouco se sabe sobre esta primeira capela. Em 1953 iniciou-se a construção de uma nova capela, maior, a mesma que se encontra erguida até os dias atuais. O desenho do risco desse novo edifício é de 1746 e os trabalhos foram iniciados pela nave que, de acordo com recibos da Irmandade,

ocorreram de 1753 a 1759. Tal como em outros templos, parte da capela primitiva foi parcialmente mantida, sobretudo por algumas paredes de pau-a-pique na capela-mor, isto é, no principal altar da edificação. Nestas paredes foram retiradas as amostras utilizadas neste estudo (Figura 1b). Tratam-se de amostras indeformadas do ãenchimentoõ ou ãemassadoõ de 3 distintas partes da parede de pau-a-pique acima referenciada. O material foi seco ao ar pelo período de 7 dias. A partir delas, foram efetuados estudos pedológicos por meio das caracterizações macro e micromorfológica, mineralógica e textural. Tais caracterizações foram selecionadas por permitirem o conhecimento sobre a constituição do material e sobre a organização morfológica entre os constituintes. As análises foram realizadas nos laboratórios do Instituto de Geociências (IGC) da UFMG.

Para a caracterização micromorfológica, foram separados blocos indeformados, posteriormente impregnados a vácuo com resina de poliéster (Reforplás T208) (FITZPATRICK, 1993; FILIZOLA; GOMES, 2004), e submetidos à confecção de lâminas delgadas e polidas com dimensão aproximada de 1,8 x 30 x 40 mm. As descrições foram feitas conforme os preceitos de Bullock et al. (1985) e Stoops (2003), seguindo a seguinte ordem: i) identificação das microestruturas a partir da descrição dos agregados e da porosidade e ii) descrição do fundo matricial nos agregados elementares e/ou material apédico. O fundo matricial constitui a organização dos constituintes minerais e orgânicos com sua porosidade associada. Os constituintes minerais podem ocorrer na forma grosseira (site, areia, cascalho) ou fina (argilas). Todas as descrições foram realizadas no IGC, em microscópio óptico trinocular da marca Zeiss, modelo Axiophot, com câmara digital integrada para registro fotográfico.

Para as caracterizações mineralógicas e texturais, as amostras foram destorroadas e peneiradas em malha de 2 mm, constituindo TFSA (Terra Fina Seca ao Ar), de acordo com as recomendações da Embrapa (1997). A mineralogia foi obtida por Difractometria de Raios X (DRX) onde foi utilizado Difractograma *XøPert Analytical* com radiação de CuK . A varredura contínua teve amplitude de 2 a 80° 2θ para a TFSA e 2 a 30° 2θ para a fração argila, separada por agitação ultrasônica. Para ambas as leituras, a velocidade foi de 0,5°/min. Os difratogramas foram interpretados no Software *XøPert HighScore Plus* e através de padrões da literatura (BRINDLEY; BROWN, 1980).

A textura, por sua vez, foi obtida pelo método proposto pela Embrapa (1997). Após agitação vertical por 16 horas, foi determinado o teor de argila e silte pelo método da pipeta, utilizando-se como dispersante a solução de NaOH, sendo que a areia foi determinada por pesagem e peneiramento, obtendo-se quatro frações (areias fina, areia grossa, silte e argila). As granulometrias foram pesadas e suas proporções plotadas no diagrama para obtenção da classe textural.

Para realizar uma discussão que buscasse associar os resultados das caracterizações, o contexto geográfico no qual a Capela se insere e as recomendações técnicas atuais sobre a confecção de paredes de pau-a-pique, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre geologia, geomorfologia e solos da região de Ouro Preto e selecionados alguns manuais técnicos, que incluem, além de importantes contribuições sobre o significado histórico e peculiaridades das construções com pau-a-pique, as conceituações e detalhamento dos materiais e técnicas recomendados. Como exemplo, citam-se os trabalhos dos arquitetos Alain Hays e Silvia Matuk (HAYS; MATUK, 2002) sintetizadas no capítulo ãRecomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificación com técnicas mixtas de construcción com tierraõ publicado pelo Projeto PROTERRA. Adicionalmente, foram utilizados os trabalhos desenvolvidos por Neves et al. (2009) e pelo CENPHA (1967).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Caracterização macromorfológica

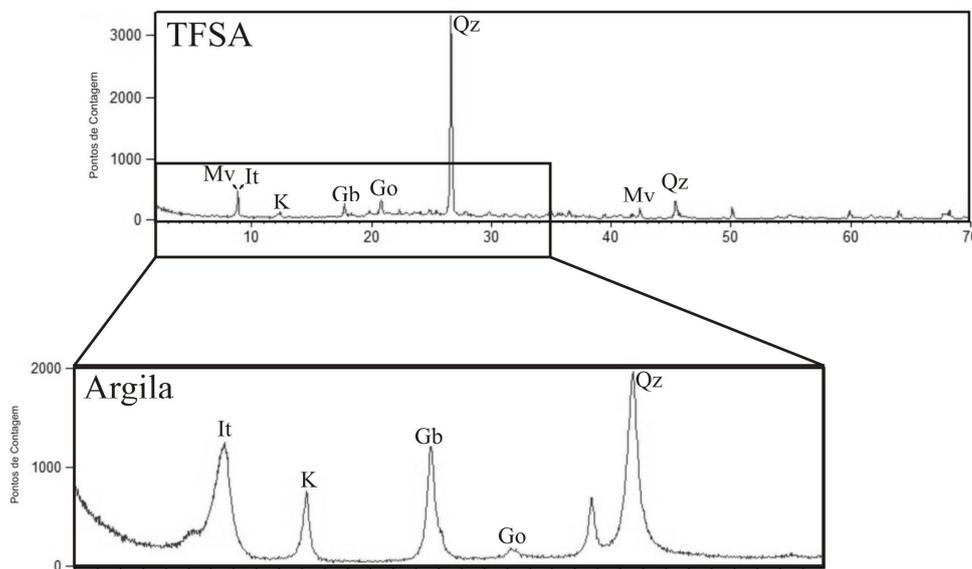
O material apresenta aspecto maciço, com diferentes fragmentos de rochas e grãos monominerálicos envolvidos por uma massa argilosa de coloração amarelada, 2,5Y 7/8 (MUNSELL, 1994). Os fragmentos de rocha possuem tamanhos variados, milimétricos a centimétricos, com formatos subangulares a placoidais. Alguns fragmentos possuem coloração prateada, enquanto outros são arroxeados a acastanhados. Destaca-se a presença de fragmentos de filito e de muitos grãos de quartzo. A massa amarelada que envolve os fragmentos de rocha e os grãos de quartzo possui aspecto argiloso, boa plasticidade quando úmida e é pouco pegajosa

quando molhada. Quando seco, o material apresenta elevada dureza, sendo difícil destorroá-lo com as mãos.

### 3.2. Caracterização textural e mineralógica

A análise textural da TFSA, que perfaz 90 % da amostra, estando os 10 % restante na forma de cascalhos, apresenta a seguinte composição granulométrica: 63 % de areia, sendo 37 % de areia grossa e 26 % de areia fina, 8 % de silte e 29 % de argila. A plotagem dos valores no diagrama textural indica a classe franco-argilo-arenosa (EMBRAPA, 2013).

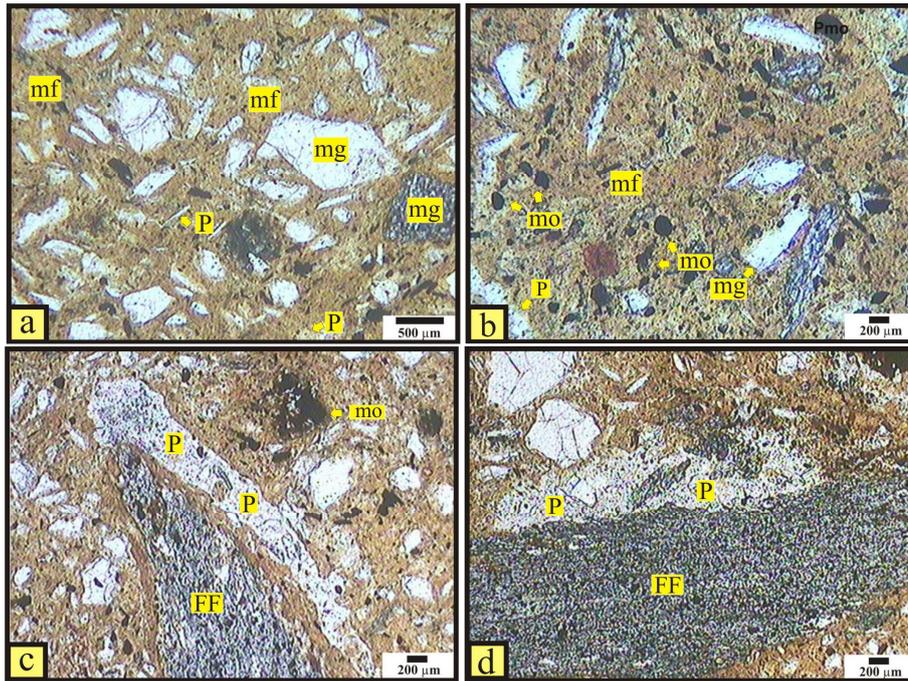
Mineralogicamente (Figura 2), a TFSA é constituída pelos minerais: quartzo, caulinita, goethita, gibbsita e muscovita. Os picos de maior detecção foram os do quartzo e da muscovita, referindo-se à fração areia. Tais minerais ocorrem com maior destaque porque, além de sua presença em quantidade elevada, possuem maior superfície para difração da radiação e, conseqüente, maior detecção. Na fração argila, em específico, destaca-se a presença de caulinita, illita, goethita, gibbsita e quartzo. O quartzo nessas condições é considerado de baixa cristalinidade, ocorrendo imerso na matriz argilosa.



**Figura 2** - Mineralogia da TFSA (Terra Fina Seca ao Ar < 2mm) e da fração argila obtida por DRX. K = Caulinita; Qz = Quartzo; Mv = Muscovita; Gb = Gibbsita; It = Illita; Go = Goethita.

### 3.3. Caracterização micromorfológica

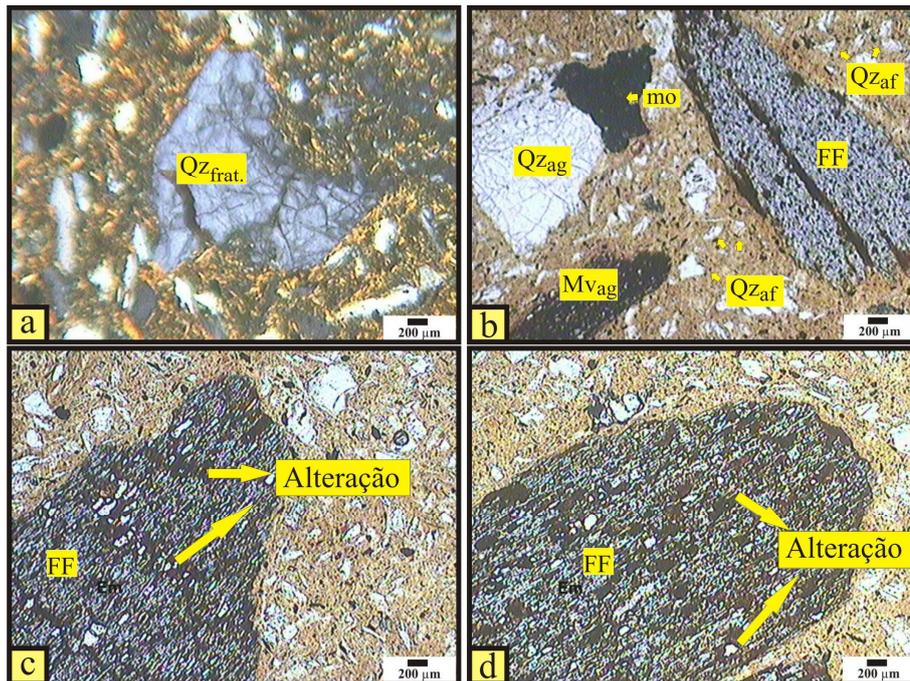
Nas seções delgadas se destacam a presença de material apédico (não agregado) com microestrutura maciça (Figura 3a), em que toda a seção é composta por materiais minerais ou orgânicos com porosidade ausente ou pouco visível (STOOPS, 2003). O incipiente sistema poroso é composto por poucos poros pequenos de formato irregular a alongado (Figuras 3a e 3b). Poros maiores, de ocorrência rara, são estreitos e alongados (planares), apresentando padrão de distribuição referida paralelo em relação à superfície de fragmentos rochosos (Figuras 3c e 3d).



**Figura 3** - a e b: Fotomicrografias obtidas em microscópio óptico (FMO), sob luz plana, destacando diferentes seções com microestrutura maciça, porosidade incipiente (P) e fundo matricial formado por material grosso(mg) constituído por grãos de quartzo, paletas de muscovita e fragmentos de filito, imersos num material fino (mf) argiloso de cor amarelada com pontuações orgânicas arredondadas e dispersas (mo). A organização dos constituintes desenha uma trama porfírica; c e d: FMO, sob luz plana, destacando em diferentes seções a presença de poros (P) alongados, planares, relacionados a superfícies de fragmentos de filito (FF).

A relação entre materiais grossos e finos ( $c/f_{2\mu m}$ ) é de aproximadamente 2,5:1 (duas partes e meia de material grosso para uma parte de material fino), caracterizada por uma distribuição relativa do tipo porfírica, mais especificamente porfírica de espaço-simples (Figura 3a), na qual a distância entre os constituintes grossos é inferior ao seu diâmetro médio (STOOPS, 2003). Em algumas seções, mais raras, quando a relação  $c/f$  se inverte, sendo de aproximadamente 1:2 (Figura 3b), a trama porfírica ocorre de maneira aberta, destacando a presença dos componentes minerais finos.

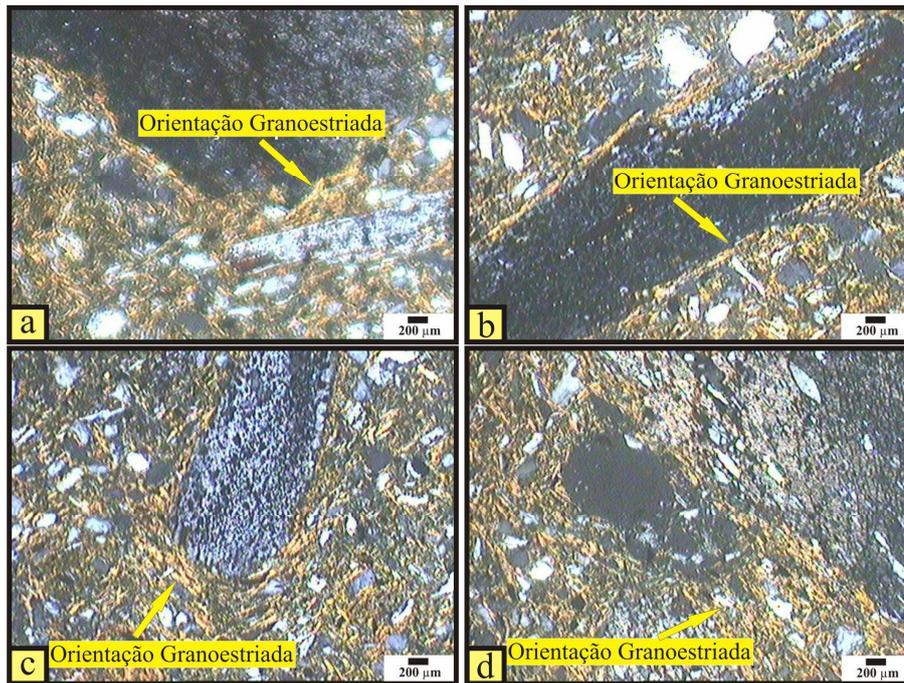
Os constituintes grossos do fundo matricial são compostos por cristais angulares de quartzo (areia grossa e areia fina). Esses grãos estão fraturados (Figura 4a), sem que fosse observado algum material mais fino preenchendo tais fraturas. Ocorrem também no material grosso, fragmentos placoidais de filito (areia grossa a cascalho) e palhetas de muscovita (areia grossa e areia fina) (Figura 4b). Os fragmentos de filito se encontram parcialmente alterados (Figuras 4c e 4d) e se enquadrando no grau de alteração 1 (2,5 a 25 %) com padrão linear paralelo (STOOPS, 2003). É provável que essa alteração envolva a ilitização da muscovita, considerando a mineralogia da fração argila e tipo de alteração apresentados.



**Figura 4** - a: FMO, sob luz cruzada, destacando grão de quartzo fraturado ( $Qz_{\text{frat.}}$ ) sem preenchimento das fraturas por material mais fino; b: FMO, sob luz plana, destacando constituintes do material grosso, com grãos angulosos de quartzo tamanho areia grossa ( $Qz_{\text{ag}}$ ) com matéria orgânica (mo) associada, paletas de muscovita tamanho areia grossa ( $Mv_{\text{ag}}$ ) e fragmentos de filito de areia grossa a cascalho (FF), com sinais de ilitização no interior e bordas de acordo com direção da foliação. c e d: FMO, sob luz plana, destacando processo de alteração por ilitização de fragmentos de filito. Nota-se que a orientação da alteração é definida pela xistosidade do fragmento.

As seções delgadas, majoritariamente, evidenciam elevado conteúdo orgânico nas amostras (Figuras 3 e 4). Esse material orgânico ocorre na forma de pontuações arredondadas (Figura 3b), sugerindo a presença de excrementos de fauna endopédônica, e também na forma de material orgânico amorfo incorporado ao material fino do fundo matricial (Figuras 3a, 3c, 4b). Não foram reconhecidas feições que permitissem identificar residuais de células vegetais ou animais.

Completando a constituição do fundo matricial, o material fino, ou micromassa, possui coloração castanho-amarelada e se distribui uniformemente por toda a seção analisada (Figuras 3 e 4). Trata-se de uma matriz argilosa caulinito-oxídica, com forte orientação referida em relação ao material grosso, definindo uma trama birrefringente do tipo granoestriada (BULLOCK, et al., 1985) (Figuras 5a a 5d). Essa orientação, observada pelo brilho dourado da luz transmitida em nicóis cruzados, indica que a organização das folhas (placas) que caracterizam a estrutura da argila ocorre paralelamente à superfície dos grãos minerais e fragmentos rochosos.



**Figura 5** - a a d: FMO, sob luz cruzada, destacando orientação do material fino de acordo com a superfície dos fragmentos de filito do material grosso. A orientação é revelada pela transmissão da luz através dos espaços entre os cristalitos. O aspecto dourado indica que os cristalitos estão orientados paralelamente à superfície dos fragmentos.

#### 4. DISCUSSÃO

Considerando os resultados obtidos com a caracterização pedológica, é possível supor que o material utilizado para a confecção da parede de pau-a-pique da Capela de São José provém do solo do mesmo local onde ela está inserida, refletindo uma íntima interação entre os construtores e seu ambiente de trabalho. Como se trata de uma edificação construída numa área terraceada, destacando-a, por tal motivo, de muitas outras igrejas ouro-pretanas, os construtores podem ter aproveitado o próprio material remobilizado no terraceamento como matéria-prima, acrescido de alguns tratamentos.

Os tratamentos realizados pelos construtores do período colonial com o material foram revelados pela caracterização pedológica. Tratam-se, sobretudo, de investimentos em misturas de matérias-primas e adoção de processos mecânicos de moldagem. Assim, embora não existam referências sobre procedimentos técnicos padronizados na época, a experiência e a destreza dos construtores proporcionaram a adequação da matéria-prima a parâmetros que são muito semelhantes àqueles tecnicamente recomendáveis na atualidade, destacando-se a óliga ideal do material e as formas de construção das paredes. Alguns argumentos, baseados na relação entre os resultados obtidos e informações da bibliografia, justificam o exposto.

Em primeiro lugar, a mineralogia destacada pela presença de fragmentos de rocha e abundante constituição por grãos grossos (incluindo minerais primários facilmente intemperizáveis) retrata a natureza saprolítica com grau intermediário de pedogênese do material utilizado. A partir de tal constituição, e considerando os conhecimentos sobre geologia e pedologia da região (DOOR, 1969; VARAJÃO, et al., 2009) esse material provém dos típicos filitos prateados que afloram na Serra de Ouro Preto. Trata-se de filitos pertencentes ao Grupo Piracicaba, mais propriamente das Formações Cercadinho e Fecho do Funil (DORR II, 1969).

Considerando a composição mineralógica de tais filitos, é de se esperar que o quartzo seja um dos minerais presentes, sobretudo porque neles ocorrem lentes muito finas de quartzito. Quando da alteração dessas rochas, contudo, essa segregação entre porções mais ricas em filossilicatos e outras mais ricas em quartzo tende a gerar descontinuidades texturais e mineralógicas nos perfis de solo derivados. Essas descontinuidades foram, inclusive, reportadas por Varajão et al. (2009) quando do estudo de solos de filitos da Formação Fecho do Funil. Na amostra analisada, entretanto, a distribuição de quartzo é bastante uniforme e

associada com a argila e fragmentos de filito. Em primeira instância, poderia ser esse um resultado dos processos de pedoturbação e homogeneização típicos da pedogênese. Todavia, o aspecto geral das amostras, com grau incipiente de alteração e caráter eminentemente saprolítico, sugere que a homogeneização pode ter sido induzida na preparação do material. Isto é, antes da execução do preenchimento da trama na parede, os construtores podem ter preparado a terra misturando frações grosseiras e finas. A própria distribuição aleatória do quartzo percebida nas fotomicrografias é uma demonstração de revolvimento do material. Tal procedimento vai ao encontro do que é proposto nos manuais modernos, haja vista que muitos recomendam que antes da preparação da massa, através da adição da água, o material (a terra crua) seja muito bem homogeneizado, por vezes peneirado (HAYS;MATUK, 2002).

Uma vez ocorrida tal preparação, a textura tende a ser equilibrada para evitar que o excesso de argila torne o mesmo muito retrátil e que, ao contrário, o excesso de areia interfira no grau de plasticidade adequado. De acordo com o CENPHA (1967), as proporções granulométricas recomendadas na atualidade são de uma parte de argila para duas partes de areia. Hays e Matuk (2002) destacam que o melhor material para moldagem é aquele que apresenta misturas de grãos grossos e finos, sendo a areia fina mais ideal que a areia grossa. Neves et al. (2009) reconhecem que, embora não exista um critério técnico único que relacione as características da terra com as técnicas construtivas, já que, geralmente, as tomadas de decisão estão relacionadas com a tradição e cultura envolvida no processo de construção, existem formas de adequação dos materiais que incluem misturas e estabilizações. Neste estudo, os resultados da análise textural e a relação  $c/f_{2\mu m}$  indicam que os valores de areia correspondem aproximadamente ao dobro dos valores de argila, demonstrando haver uma sinergia entre o material utilizado pelos construtores no período colonial e as recomendações técnicas gerais apresentadas em diversos manuais atuais. Embora mais difícil de ser demonstrada, a possibilidade de o material fino ter sido acrescido de material arenoso de outra fonte (que não do filito), como os solos quartzosos nas partes mais altas da Serra de Ouro Preto, não deve ser descartada. Na classificação proposta por Easton (1996), os solos utilizados pelos construtores coloniais se enquadram na classe de solos silto-argilosos, adequados à técnica construtiva para a qual foram utilizados.

Ainda em termos de preparação, outro ponto que merece destaque é a presença de considerável conteúdo orgânico, identificado na análise das imagens. Materiais saprolíticos, embora possam conter raízes e colonização por meso e microfauna, não são reconhecidos por acumular matéria orgânica. Nas condições em que o material descrito se encontra, essa acumulação parece ser clara e pode estar associada à inclusão de fontes alóctones. Conforme Hays e Matuk (2002), diversos são os aditivos orgânicos utilizados objetivando melhorar a qualidade do material de preenchimento, incluindo graxas, sabonetes, clara de ovo, sangue, leite coalhado, látex vegetal e até urina de cavalo. Como a inclusão de fibras é altamente recomendada por sua resistência a deformações plásticas significativas, contribuindo para que o enchimento se adeque às formas da trama e não fissure, incrementos de folhas, fibras de bambu, feno, palhas de trigo, de cevada ou excrementos de bovinos são comuns e foram bastante utilizados antigamente. Sobre isso, Neves et al. (2009) destaca que tais incorporações podem trazer melhorias significativas nas propriedades mecânicas e de permeabilidade da terra utilizada. Os autores destacam o uso da palha e outras fibras vegetais para redução do efeito da retração na secagem do barro, de azeites vegetais e emulsões asfálticas para diminuir a permeabilidade e melhorar a durabilidade e de aglomerantes como cimento ou cal para aumentar a resistência mecânica. Nestas condições, há que se supor que tais inclusões, a exemplo do que é proposto na atualidade, também fizeram parte do rol dos construtores coloniais. Considerando o tempo decorrido desde a inclusão desses materiais, é de se esperar que grande parte tenha se decomposto e integre a mistura como matéria orgânica humificada na atualidade.

Sobre as técnicas utilizadas na confecção da parede, considerando as etapas de molde e preenchimento da trama, a micromorfologia evidenciou feições que revelam que o material foi compactado, ainda que manualmente. Dentre tais evidências, destacam-se: i) a presença de microestrutura maciça com distribuição relativa entre os constituintes do tipo porfírica, conjugadas com o fato de o material ser apédico; ii) a presença de um sistema poroso incipiente e poros planos paralelos a superfície dos grãos grossos e iii) a presença de trama birrefringente granoestriada.

A alteração de rochas com forte xistosidade tende a formar, quando os processos ainda são incipientes a moderados, estruturas que marcam os planos de foliação. Como a maioria dos minerais presentes em tais

rochas encontram-se orientados ao longo de tais planos, sua organização é comumente percebida através de estruturas pseudomórficas, isto é, que guardam o aspecto da forma dos materiais que lhes deram origem. Nestes casos, dificilmente serão identificadas distribuições entre os constituintes em que a micromassa envolva os grãos grossos de maneira uniforme, tal como a trama porfírica observada. Essa organização é mais resultado de um rearranjo pedológico que propriamente de uma alteração primária por intemperismo. Assim, sugere-se que essa organização seja mais fruto do trabalho mecânico realizado com as mãos dos construtores a partir de esforços compressivos. Corroborando essa possibilidade, destaca-se a presença da microestrutura maciça (STOOPS, 2003), pouco comum em saprolitos em que a alteração tenderia a ampliar o sistema fissural e promover a aberturas de poros. A falta de uma agregação, caracterizando a não-pedalidade, pode ser resultado tanto da compactação do material durante o molde da parede, quanto de técnicas de preparação anteriores, como o destorroamento e ãmassadoõ com os pés. Na literatura, os horizontes pedológicos de solos derivados destes filitos são reportados como possuidores de estrutura em blocos a placoidais (VARAJÃO, et al., 2009).

Em relação aos poros, considerando o material saprolítico do filito, era esperado que ocorressem de maneira mais abundante e demarcassem as superfícies de alteração orientadas por fraturas, clivagens e foliações, tal como observado para os poros no interior dos fragmentos ilitizados dos fragmentos da rocha identificados. Contudo, além de escassos, o achatamento dos poros e sua disposição paralela à superfície dos grãos grossos fortalece a hipótese de compactação do material como uma técnica empregada. Como as amostras indeformadas foram orientadas, foi possível observar que a direção da pressão exercida foi perpendicular à superfície dos fragmentos, que serviram de õbarreiraõ para a acomodação e coalescência dos poros. Interpretação semelhante deve ser feita com a orientação dos cristais argilosos, já que não se espera em saprolitos de rochas xistosas que a trama birrefringente principal seja granoestriada, mas sim paralela ou monoestriada (BULLOCK, et al., 1985). Nessas condições, a acomodação preferencial da argila na superfície dos grãos pode ser interpretada também como resultado da acomodação pela compactação. A compactação é, majoritariamente, a técnica reportada nos manuais técnicos atuais (HAYS;MATUK, 2002; NEVES, et al., 2009).

## 5. CONCLUSÃO

A relação do homem com seu meio é muitas vezes percebida pela forma como as sociedades interagem com o ambiente físico que o cerca, transformando elementos naturais (solo, rocha, água, vegetação, etc) em recursos naturais. Estes, por sua vez, podem servir de matéria-prima para a construção de edificações. Assim, tanto a escolha do material, quanto as técnicas adotadas no seu preparo e utilização são meios pelos quais se reconhecem os traços culturais e socioespaciais das sociedades que os utilizam. Neste contexto se insere o solo, cujo uso e ocupação pelas distintas sociedades ao longo da histórica fez nascer a possibilidade de que seu estudo revele culturas e modos de vida.

Considerando o estudo aqui empreendido, observou-se que as recomendações de escolha, preparação e uso propostos na atualidade em manuais técnicos para divulgar, disseminar e manter as técnicas mistas em terra, ou o pau-a-pique, são, na verdade, heranças culturais, haja vista sua semelhança àquelas adotados no passado. Essa herança cultural (e por que não patrimônio?) permite reconhecer a arquitetura de terra como vernacular por excelência, sendo um conhecimento transmitido na maior parte das vezes por oralidade.

A utilização de indicadores pedológicos se revelou de grande utilidade, pois permitiu não somente caracterizar tais materiais, mas também contar um pouco de sua história (de gênese e de uso), revelando uma proximidade entre os construtores, o seu meio e as obras construídas. Nestes termos, julga-se este estudo como importante para contribuir com o resgate e a revalorização do uso da técnica do pau-a-pique como um hábito construtivo ecologicamente contextualizado e acessível, preservando-o culturalmente e garantindo que muitas gerações possam usufruir do mesmo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁVILA, A.; GONTIJO, J. M. M.; MACHADO, R.G. Barroco mineiro: glossário de arquitetura e ornamentação. 3.ed. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, 1996.
- BRINDLEY, G. W.; BROWN, G. Crystal structures of clay minerals and their x-ray identification (Monograph 5). London: Mineralogical Society, 1980, 495p..
- BULLOCK, P.; FEDOROFF, N.; JONGERIUS, A.; STOOPS, G.; TURSINA, T.; BABEL, U. Handbook for soil thin section description. Wolverhampton: Waine Research Publications, 1985, 152p..
- CENPHA. Centro Nacional de Pesquisas Habitacionais. Sistemas Construtivos. Cadernos do CENPHA: 01, 1967.
- DETHIER, J. Arquiteturas de Terra: triunfos e potencialidades de um material desconhecido. Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 1993, 224p.
- DORR II, J. V. N. Physiographic, stratigraphic and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. Washington: U.S. Geological Survey (Professional Paper 641A), 1969, 110p..
- EASTON, D. The rammed earth house. Totnes: Chelsea Green, 1996, 272p..
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análises de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997, 212p..
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013, 420p..
- FERRAZ, M. C. Arquitetura rural na Serra da Mantiqueira. São Paulo: Ed. Quadrante, 1992.
- FILIZOLA, H. F.; GOMES, M. A. Coleta e impregnação de solos para análise micromorfológica. Comunicado Técnico EMBRAPA 20, 2004, 4p..
- FITZPATRICK, E. A. Soil microscopy and micromorphology. New York: John Wiley & Sons, 1993, 304p..
- FREYRE, G. Sobrados e mucambos: decadência do patriarcado rural e desenvolvimento do urbano. 6. ed. Rio de Janeiro: José Olympio, Câmara dos Deputados do Recife (Estado de Pernambuco), 1981.
- HAYS, A.; MATUK, S. Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificación com técnicas mixtas de construcción com tierra. Rede Ibero-americana PROTERRA, 2002, 210p..
- LEMONS, C. A. C. Casa Paulista: história das moradias anteriores ao ecletismo trazido pelo café. São Paulo: Edusp, 1999.
- MUNSELL COLOR SYSTEM. Soil color charts. Maryland: Munsell Color Company, 1994.
- NEVES, C. M. M.; FARIA, O. B.; ROTONDARO, R.; CEVALLOS, P. S.; HOFFMANN, M. V. Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra: práticas de campo. Rede Ibero-americana PROTERRA, 2009, 34p..
- OLENDER, M. C. H. L. A técnica de pau-a-pique: subsídios para sua preservação. 2006. 118 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006
- PINTO, F. Arquitetura de terra. Que futuro? In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE O ESTUDO E CONSERVAÇÃO DA ARQUITECTURA DE TERRA, 1993. Lisboa. Anais... Lisboa: Fundação Calouste Gulbekian, 1993. p. 224.
- SMITH, R. C. Arquitetura civil no período colonial. Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, n. 17, p. 27-125, 1969.
- SOUZA, R. C. J. Problemas de conservação em construções típicas de Minas Gerais. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, n. 4, p. 103-120, 1996.
- STOOPS, G. Guidelines for the analysis and description of soil and regolith thin sections. Madison: SSSA, 2003, 184p..



TRINDADE, R. A igreja de São José em Ouro Preto (documentos do seu arquivo). Revista do Patrimônio Artístico Nacional, n.13, 1956.

VARAJÃO, C. A. C.; SALGADO, A. A. R.; VARAJÃO, A. F. D. C.; BRAUCHER, R.; COLIN, F.; NALINI JR., H. A. Estudo da evolução da paisagem do Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais, Brasil) por meio da mensuração das taxas de erosão ( $^{10}\text{Be}$ ) e da pedogênese. Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 33, p. 1409-1425, 2009.

VASCONCELOS, S. Arquitetura no Brasil: sistemas construtivos. Belo Horizonte: Escola de Arquitetura da UFMG, 1979.