

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO
PRÓ - REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL



VANESSA YASMINE FERREIRA DA ROCHA TELES

**CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS DAS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS DO
ENGENHO MONJOPE - PE**

RECIFE - PE
2020

VANESSA YASMINE FERREIRA DA ROCHA TELES

**CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS DAS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS DO
ENGENHO MONJOPE - PE**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do Título de Mestra em Engenharia Civil, na área de concentração de Materiais de Construção Civil, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Católica de Pernambuco - UNICAP.

Orientador: Prof. Dr. Romilde Almeida de Oliveira

RECIFE - PE

2020

TERMO DE APROVAÇÃO

VANESSA YASMINE FERREIRA DA ROCHA TELES

**CARACTERIZAÇÃO DAS ARGAMASSAS DAS EDIFICAÇÕES HISTÓRICAS
DO ENGENHO MONJOPE - PE**

Dissertação de Mestrado submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Católica de Pernambuco, para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil, com ênfase em Materiais de Construção Civil.

Data de Aprovação - 06/08/2020

Aprovada por:



Professor Dr. Romilde Almeida de Oliveira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - UNICAP
Orientador

Eliana Monteiro

Professora Dra. Eliana Cristina Barreto Monteiro
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - UNICAP
Membro Interno



Professor Dr. André Lemoine Neves
UNIFACOL
Membro Externo

R672c

Rocha T, Vanessa Yasmine Ferreira da.

Caracterização das argamassas das edificações históricas do Engenho Monjope - PE / Vanessa Yasmine Ferreira da Rocha T, 2020.

107 f.

Orientador: Romilde Almeida de Oliveira.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Mestrado em Engenharia Civil, 2020.

1. Construção civil. 2. Argamassa. 3. Revestimentos.
4. Materiais de construção. I. Título.

CDU 666.97

Pollyanna Alves - CRB-4/1002

DICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha irmã gêmea Hariane Helena F. da R. Teles, ao meu marido Fred de Carvalho Silva, à minha avó Turmalina Teles, ao meu orientador Dr. Romilde Almeida de Oliveira, aos meus alunos e aos meus colegas engenheiros civis e arquitetos.

AGRADECIMENTOS

Uma dissertação é fruto de muitos esforços conjuntos, embora poucos nomes apareçam nela.

Primeiramente devo muita gratidão a meu marido Fred de Carvalho Silva, que sempre me apoia e acredita na minha capacidade de superar meus limites.

À minha irmã Hariane Helena Ferreira da Rocha Teles, que é minha luz.

À minha avó Turmalina da Rocha Teles, minha pedra preciosa, a quem devo muito do que sou hoje.

Ao meu avô Mário José Teles, que não me negou apoio quando precisei.

Ao meu primo José Carlos Ferreira de Araújo, por ter cuidado da minha mãe como um filho durante este processo tão difícil.

Ao meu primo Tarek Tarcísio Ferreira Quintella Farah, que me ajudou muito na disciplina de uso e ocupação do solo.

À minha amiga Andréia Luiza dos Santos, que me apoia nos momentos mais difíceis da minha vida.

Ao meu professor e amigo Dr. André Lemoine Neves, que tem me ajudado nas minhas pesquisas desde os tempos de minha Faculdade.

Ao meu orientador Dr. Romilde Almeida de Oliveira, e à UNICAP, por terem me acolhido neste processo.

À professora Eliana Cristina Barreto Monteiro, por aceitar o convite para a banca e por tudo que me ensinou durante o mestrado.

A todos os outros professores do Mestrado em Engenharia Civil, por terem me ensinado tanto.

À minha grande amiga e tradutora Fabiana Macedo de Oliveira, que sempre me socorreu nas dúvidas de inglês.

À uma amiga que ganhei nas aulas de mestrado e que foi minha dupla em vários trabalhos, Aldileide Mendes Galindo.

Ao amigo que ganhei no mestrado, Guilherme Fernando Cavalcanti Pereira, pela orientação nos ensaios e pela ajuda nos meus gráficos.

À minha grande amiga e sócia Sara Freitas dos Santos, que ficou praticamente sozinha com as atividades do escritório no período de minha ausência.

À minha amiga Fiori Marques da Silva Cabral, por me encorajar a participar do processo seletivo do Mestrado, me emprestando livros e me dando dicas de como estudar.

Aos meus queridíssimos ex-alunos, ex-estagiários e atuais amigos Julia Alencar Magalhães, Edivaldo Mendonça da Silva e Rafael Luiz Santana de Araujo, que me ajudaram muito a executar tarefas neste período, além de resolver por vezes até problemas pessoais.

À minha amiga Daniela Silva Gomes Moreira do Valle, que me ajudou neste mundo de ensaios e laboratórios.

À Elaine Cavalcanti Rodrigues Vaz, Doutora em química que conheci através de Daniela Gomes e que me ajudou muito nas interpretações do FTIR.

Aos grandes amigos que fiz na FUNDARPE, Daniella Felipe Esposito de Carvalho e Roberto Carneiro da Silva, que sempre me socorrem nas minhas pesquisas.

À Marília Lopes de Souza, cuja dissertação de Mestrado “Caracterização de argamassas históricas de conventos franciscanos do Estado de Pernambuco” foi minha primeira fonte de inspiração e minha diretriz.

Ao químico Anderson Irineu Soares Silva, que conheci na UNICAP e que foi fundamental para a realização do FTIR.

À arquiteta Magda Garcia da Rosa, uma pessoa maravilhosa, arquiteta restauradora premiada e modesta, que conheci neste processo, que me tirou várias dúvidas sobre os procedimentos de caracterização de argamassas históricas e foi comigo até o engenho realizar o ensaio de absorção do cachimbo de vidro.

Ao Me. em Engenharia Civil. João Ricardo Pereira da Silva, que me deu dicas preciosas em relação aos ensaios e viabilizou a realização de vários deles.

A Sérgio dos Santos Silva, pessoa de absoluta boa vontade e extrema competência, que realizou o ensaio do MEV, no departamento de física da UFPE.

A André Luiz Santos Patriota, um dos anjos que me doaram muito do seu tempo e que me ajudou e ensinou muito em todo o processo do ensaio do DRX e do MEV/ EDS.

Ao Dr. Alexandre Zandonadi Meneguelli, cuja ajuda foi fundamental para a organização do trabalho e estruturação nas normas da ABNT.

“Pernambuco é açúcar desde muito cedo”

Geraldo Gomes (1998).

RESUMO

Este trabalho apresenta o estudo realizado no Engenho Monjope, situado no município de Igarassu, em Pernambuco. Esta pesquisa trata da caracterização das argamassas de revestimento e assentamento coletadas das quatro principais edificações do Engenho: Casa Grande, Capela, Senzala e Fábrica, a fim de se obter um maior conhecimento acerca dos componentes destas argamassas de épocas possivelmente distintas, já que o Engenho tem sua história iniciada no século XVII estando o mesmo em atividade até o início do século XX, passando por um período de abandono, até 1986, quando finalmente a Fundação do Patrimônio Histórico e Artístico de Pernambuco (FUNDARPE) iniciou o processo de tombamento do Engenho, visando salvaguardar este patrimônio. Todas as amostras coletadas tiveram suas cores especificadas pelo sistema de Notação Munsell e foram observadas em lupas de 10x de aumento. O teste de absorção do tubo de Kansten foi realizado *in situ* nas argamassas de revestimento. Em todos os testemunhos retirados foram realizadas análises estruturais pela difratometria de Raios X (DRX), espectroscópicas através da Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) e também microestruturais e composicionais pelo ensaio de Microscopia Eletrônica de Varredura com dispersão de energia (MEV-EDS). Tais ensaios possibilitaram a análise da permeabilidade à água, a determinação da natureza e dos componentes mineralógicos, a identificação de compostos orgânicos e a descrição da morfologia dos constituintes. Desta forma, foi possível determinar os prováveis aglomerantes e agregados de cada argamassa. Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que as argamassas do Engenho Monjope continham em seu aglomerante cales oriundas de rochas calcárias, rochas sedimentares de origem marinha, conchas de moluscos bivalves e ainda de dentes e ossos de animais vertebrados. Quanto aos agregados, os picos apontados no DRX e no FTIR, a morfologia apontada pelo MEV e o mapa geral do EDS apontam materiais arenosos e argilosos. Também foi observado que as edificações menos nobres apresentavam uma argamassa de teor mais bastardo, enquanto as edificações que simbolizavam prosperidade econômica possuíam uma argamassa esbranquiçada, mais rica em cal.

Palavras-chave: Engenhos de açúcar. Argamassas históricas. Caracterização de argamassas. Patrimônio histórico.

ABSTRACT

This thesis presents a study which took place at the Monjope Sugar Mill, located in the city of Igarassu, in the State of Pernambuco. This research deals with the characterization of coating and settlement mortars collected from the four main buildings of the property: Main House, Church, Slave Quarters and the Factory, in order to obtain more knowledge about the components of the mortar used in probably different periods of time, once the history of the construction started at the 17th Century, whose activities were kept until the 20th Century. It went through a period of disrepair until 1986 when, at last, FUNDARPE started the process of listing the property with the purpose of protecting this Heritage. All the collected samples had their colors specified by the Munsell Notation System and were observed with the use of ten-time-magnification loupes. The Karsten tube absorption test was carried out *on site* with the coating mortars. In all cases, structural analysis happened by the use of X-ray Diffraction (XRD), spectroscopic analysis, by using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), and also microstructural and compositional analysis, using the Scanning Electron Microscopy test with energy dispersion (SEM-EDS). These tests made possible the analysis of water permeability, nature determination and all mineralogical components, the identification of the organic compounds and the description of the constituent morphology. In this way, it was possible to determine the probable binders and aggregates of each mortar. Based on the results, it is possible to conclude that the mortar of the Monjope Sugar Mill had in its binder lime derived from limestone rocks, sedimentary rocks, with marine origins, shells of bivalve shellfishes and even teeth and bones of vertebrate animals. Regarding the aggregates, the spikes indicated in the (XRD) and FTIR, the morphology pointed out by the SEM and the general map of the EDS show sandy and clayey materials. It was also noticed that the less noble structures had a mortar with a dark brown color, whereas the edifications that symbolized economic prosperity had a more whitish mortar, richer in lime.

Key words: Sugar mills. Historical mortar. Mortar characterization. Historical heritage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Ciclo do cal	28
Figura 02 - Localização do Engenho Monjope	36
Figura 03 - Pilar da Senzala do Engenho Monjope apresentando deteriorações nas intervenções realizadas utilizando argamassas cimentícias	37
Figura 04 - Casa - Grande do Engenho Monjope.....	39
Figura 05 - Capela do Engenho Monjope	40
Figura 06 - Senzala do Engenho Monjope	41
Figura 00-7 - Fachada da fábrica do Engenho Monjope (A) e engrenagens que movem a roda d'água (B).	41
Figura 08 - Localização do Engenho Monjope – PE.....	44
Figura 09 - Coleta de argamassas de revestimento (A) e de assentamento (B) da Casa Grande do Engenho Monjope- PE	45
Figura 10 - Coleta de argamassas de revestimento (A) e de assentamento (B) da Capela do Engenho Monjope- PE	46
Figura 11 - Coleta de argamassas de revestimento (A) e de assentamento (B) da Senzala do Engenho Monjope – PE.....	46
Figura 12 - Coleta de argamassas de revestimento (A) e de assentamento (B) da Fábrica do Engenho Monjope- PE	47
Figura 13 - Planta Baixa da Casa - Grande do Engenho Monjope - PE (sem escala) A elipse pontua o local de retirada das amostras CG01 e CG02	52
Figura 14 - Planta Baixa da Capela do Engenho Monjope – PE (sem escala). A elipse pontua o local de retirada das amostras CP01 e CP02.....	53
Figura 15 - Planta Baixa da Senzala do Engenho Monjope – PE (sem escala). A elipse pontua o local de retirada das amostras SZ01 e SZ02	54
Figura 16 - Planta Baixa da Fábrica do Engenho Monjope – PE (sem escala). As elipses pontuam o local de retirada das amostras FB01 e FB02.	55
Figura 17 – Caracterização adotada nesta pesquisa	56
Figura 18 - Argamassa de assentamento da Senzala observada na lupa de 10x....	57
Figura 19 - Argamassas sendo cominuídas com Almofariz de porcelana (A) e peneira de 75µm	58

Figura 20 - Estufa do Laboratório de Construção Civil da UFPE utilizada para esterilização dos instrumentos (A) e tubos criogênicos para armazenar as amostras	58
Figura 21 -A - Preparação e limpeza da superfície para aplicação do tubo de Karsten. B - Tubo de Karsten fixado na superfície com massa acrílica.....	59
Figura 22 - Compactação das amostras (A). Difratômetro de Raio X (B).....	60
Figura 23 - Amostras após a metalização (A) e Microscópio Eletrônico de Varredura	61
Figura 24 - Localização do Engenho Monjope e orientações das edificações históricas	63
Figura 25 - Local de Fixação do tubo de Karsten na Capela.....	64
Figura 26 -Teste de porosidade por absorção capilar realizado na Capela. A contagem do tempo foi realizada em minutos, segundos e milésimos de segundos, a temperatura em graus Celsius e a umidade em percentuais	65
Figura 27 -Local de Fixação do tubo de Karsten na Casa – Grande.....	66
Figura 28 - Teste de porosidade por absorção capilar realizado na Casa-Grande. Tempo em minutos, segundos e centésimos de segundos, temperatura em graus Celsius	67
Figura 29 - Local de Fixação do tubo de Karsten na Fábrica	68
Figura 30 - Teste de porosidade por absorção capilar realizado na Fábrica. Tempo em minutos, segundos e centésimos de segundos, temperatura em graus Celsius e umidade em percentuais.	69
Figura 31 -Local de Fixação do tubo de Karsten na Senzala	70
Figura 32 - Teste de porosidade por absorção capilar realizado na Senzala. Tempo em minutos, segundos e centésimos de segundos, temperatura em graus Celsius e umidade em percentuais	70
Figura 33 - Resultados da análise difratométrica das amostras das argamassas da Casa-Grande.....	72
Figura 34 - Resultados da análise difratométrica da argamassa de assentamento da Capela.....	74
Figura 35 - Resultados da análise difratométrica das argamassas da Senzala	76
Figura 0-36 - Resultados da análise difratométrica das argamassas da Fábrica	77
Figura 37 - Espectro do Infravermelho das amostras das argamassas de revestimento e assentamento da Casa – Grande.....	78

Figura 38 - Espectro do Infravermelho das amostras das argamassas de revestimento e assentamento da Capela.....	79
Figura 39 - Espectro do Infravermelho das amostras das argamassas de revestimento e assentamento da Senzala	80
Figura 40 - Espectro do Infravermelho das amostras das argamassas de revestimento e assentamento da Fábrica	81
Figura 41 -Espectro do Infravermelho das amostras das argamassas de revestimento e assentamento da Casa Grande e da Capela	83
Figura 42 - Espectro do Infravermelho das amostras das argamassas de revestimento e assentamento da Senzala e da Fábrica	85
Figura 43 - Micrografias eletrônicas da amostra CG01 obtidas com aumento de 10.000 X (a), 1000 X (b) e espectroscopia por energia dispersiva (EDS) (c).....	89
Figura 44 - Micrografias eletrônicas da amostra CG02 obtidas com aumento de 2.000 X (a), 15.000 X (b) e espectroscopia por energia dispersiva (EDS) (c).....	90
Figura 45 - Micrografias eletrônicas da argamassa CP01 obtidas com aumento de 5.000 X (a), 15.000 X (b) e espectroscopia por energia dispersiva (EDS) (c).....	91
Figura 46 - Micrografias eletrônicas da argamassa CP02 obtidas com aumento de 5.000 X (a), 15.000 X (b) e espectroscopia por energia dispersiva (EDS) (c).....	92
Figura 47 - Micrografias eletrônicas da argamassa SZ01 obtidas com aumento de 5.000 X (a), 15.000 X (b) e espectroscopia por energia dispersiva (EDS) (c).....	93
Figura 48 - Micrografias eletrônicas da argamassa SZ02 obtidas com aumento de 5.000 X (a), 15.000 X (b) e espectroscopia por energia dispersiva (EDS) (c).....	94
Figura 49 - Micrografias eletrônicas da argamassa FB01 obtidas com aumento de 5.000 X (a), 15.000 X (b) e espectroscopia por energia dispersiva (EDS) (c).....	95
Figura 50 - Micrografias eletrônicas da argamassa FB02 obtidas com aumento de 5.000 X (a), 40.000 X (b) e espectroscopia por energia dispersiva (EDS) (c).....	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 01- Classificação de calcários de acordo com o teor de carbonato de cálcio.....	29
Tabela 02 - Alguns valores de coeficiente de permeabilidade.....	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 01- Dimensões dos tijolos e datação das alvenarias do Engenho Monjope.....	42
Quadro 02 - Identificação das amostras de argamassa.....	47
Quadro 03- Quadro de identificação das cores das argamassas através do sistema de notação Munsell.....	62
Quadro 04 -Bandas de espectros no infravermelho reportadas na literatura.....	86

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Objetivo geral	18
1.2 Objetivos específicos	18
1.3 Importância da pesquisa.....	19
1.4 Estrutura da Dissertação	21
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
2.1 Materiais e técnicas construtivas no Brasil Colônia.....	22
2.2 Argamassas	24
2.2.1 Breve Histórico.....	24
2.2.2 Constituintes.....	25
2.2.3 Aglomerantes	26
2.2.3.1 Cimento.....	26
2.2.3.2 Cal	27
2.2.4 Agregados	30
2.3 Caracterização de argamassas	31
2.4 Objeto de estudo	35
3 MATERIAIS E MÉTODOS	44
3.1 Materiais.....	44
3.2 Métodos	56
3.2.1 Preparação das amostras	57
3.2.2 Ensaio de Absorção do cachimbo de vidro (tubo de Karsten)	59
3.2.3 Difractometria de Raios X – DRX.....	60
3.2.4 Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR).....	61
3.2.5 Ensaio de Microscopia Eletrônica de Varredura com EDS (MEV-EDS)	61
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	62
4.1 Análise Visual - Especificação de cores de acordo com o sistema de notação Munsell ABNT NBR 12694/ 1992.....	62
4.2 Teste de porosidade por absorção capilar (Tubo de Karsten).....	62
4.2.2 Casa Grande	65
4.2.3. Fábrica	67
4.2.4. Senzala.....	69
4.3 Análise Estrutural (DRX).....	72
4.3.1 Amostras da Casa Grande.....	72
4.3.2. Amostras da Capela	73

4.3.3. Amostras da Senzala	75
4.3.4 Amostras da Fábrica	77
4.4 Análise Espectroscópica - Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)	78
4.4.1 Casa- Grande.....	78
4.4.2 Capela.....	79
4.4.3 Senzala	80
4.4.4 Fábrica.....	81
4.4.5 Análise comparativa entre Casa-Grande e Capela (absorção, DRX e FTIR) ..	82
4.4.6 Análise comparativa entre Fábrica e Senzala (absorção, DRX e FTIR)	84
4.5.2 Capela	90
4.5.3 Senzala	92
4.5.4 Fábrica	94
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
REFERÊNCIAS	101
ANEXO A- OFÍCIO DE SOLICITAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO DA FUNDARPE PARA REALIZAÇÃO DE VISITAS TÉCNICAS NO ENGENHO MONJOPE –PE	106

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho objetiva caracterizar as argamassas de revestimento e assentamento dos quatro edifícios históricos do Engenho Monjope, situado no município de Igarassu, no Estado de Pernambuco. Identificar os materiais utilizados em tais argamassas históricas pode ser de grande valia na busca por um maior conhecimento da história e das técnicas construtivas utilizadas em diferentes épocas, além de auxiliar no diagnóstico de algumas patologias apresentadas em tais edificações e na escolha de materiais adequados para o reparo das mesmas. Esta caracterização pode ser realizada através de ensaios que visem fornecer dados composicionais e macroestruturais, dentre outros. Entre eles estão a difratometria de Raios X (DRX), a Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), e Microscopia Eletrônica de Varredura com dispersão de energia (MEV-EDS). Neste trabalho também será realizado o Ensaio de Notação Munsell, utilizado para evitar nomenclaturas impróprias para determinação de cores de solos e o ensaio do tubo de Karsten para medir a permeabilidade da água nas argamassas.

As edificações que ainda sobrevivem à decadência e ao abandono, guardam em suas paredes relatos da história da sociedade de então, ocultando também os materiais e técnicas construtivas de várias épocas. Esses materiais e técnicas podem ser desvendados pela caracterização de materiais, um trabalho que exige pesquisas multidisciplinares, sendo de grande importância para auxiliar em diagnósticos mais precisos sobre o estado de conservação das edificações, bem como ser um grande aliado nos trabalhos de restauro.

A utilização de argamassas contendo materiais cimentícios nos reparos de danos de edificações históricas podem causar uma deterioração ainda maior. Autores como Braga (2003), citam que a tecnologia disponível na época do restauro deve auxiliar e não relegar os materiais e técnicas antigos.

Morillas et al. (2019) sugerem o uso de materiais flexíveis e permeáveis como a cal ao invés de optar por cimento Portland comum. Os autores exemplificam o uso de materiais de reparo incompatíveis que originam sais que podem exercer estresse e pressão no material existente, provocando perda do material no decorrer do tempo.

Kanan (2008), recomenda o uso de materiais à base de cal na manutenção, conservação e restauro de edificações históricas, pela harmonização estética, plasticidade e pelas suas propriedades físico-químicas não conflitarem com os materiais das estruturas existentes, pois quando bem executados e preservados, esses materiais são duráveis e possuem grande porosidade, fazendo que a umidade da água transportada por capilaridade não seja retida, evitando assim a cristalização de sais nas alvenarias. A grande porosidade destes materiais também interferem no comportamento higroscópico amenizando ocasionais mecanismos patológicos, como sais solúveis e biodeterioração além de restringir a quantidade de água e a penetração do ar na estrutura, reduzindo a velocidade de carbonatação do hidróxido de cálcio, tornando tais argamassas resistentes à compressão e à flexão e mais duráveis.

Outras vantagens na utilização dos materiais à base de cal são a permeabilidade desejável, uma boa resistência mecânica (compatível com as estruturas existentes, proporcionando flexibilidade e durabilidade às estruturas), a inércia térmica e a redução nos custos da obra, sendo atóxicos e mais ecológicos do que os materiais cimentícios. É válido salientar que a durabilidade de uma intervenção, dependerá também da agressividade climática local, bem como da manutenção periódica que deve ser feita no bem, o que é um fator de grande importância para prevenir ou erradicar mecanismos patológicos (KANAN, 2008).

Ribeiro (2003), cita a importância do conhecimento das técnicas construtivas para que sejam realizados procedimentos adequados de restauro em edificações históricas. O mesmo autor ressalta que, este conhecimento, aliado à compreensão dos processos de degradação é absolutamente necessário para que se tenha um diagnóstico preciso do estado de degradação do edifício, e ainda que, salvo em raras exceções, é o procedimento histórico que deve prevalecer mesmo diante das tecnologias ofertadas pela modernidade, pois tal procedimento é o que fornecerá uma maior compatibilidade entre o material original e a intervenção, o que já era citado no artigo 10 da carta patrimonial de Veneza.

O mesmo autor cita ainda que no âmbito da educação tais técnicas antigas são relegadas a segundo plano, sendo priorizadas nas escolas de engenharia e arquitetura o estudo de novas tecnologias tais quais o concreto e o aço, o que faz com que estes profissionais quando solicitados a exercerem o ofício no âmbito do resguardo de monumentos, tenham dificuldades procedentes da falta de conhecimento de tal “linguagem” que era utilizada na época em que os edifícios foram

erigidos. A inclusão recente da disciplina de patrimônio arquitetônico no âmbito acadêmico parece ser uma tentativa de preenchimento desta lacuna, embora seja muito mais abordada na arquitetura do que na engenharia civil.

Para alcançar melhores resultados em obras de Restauro faz-se necessário esforços interdisciplinares no intuito de preservar o Patrimônio Histórico. Ferreira (2009), cita que a tecnologia da qual se dispõe atualmente nos permite conhecer a composição e os constituintes de revestimentos antigos, bem como de técnicas que foram utilizadas para sua aplicação, o que é relevante do ponto de vista não apenas histórico, artístico, mas também científico, pois torna possível o planejamento de ações de conservação, auxiliando na escolha da especificação de argamassas que se adequem às edificações existentes e que sejam compatíveis com as mesmas, o que em muito colabora com a salvaguarda do patrimônio construído.

1.1 Objetivo geral

Caracterizar as argamassas de revestimento e assentamento coletadas em determinados pontos das quatro edificações principais do Engenho Monjope, situado no Estado de Pernambuco, no Distrito de Cruz de Rebouças, no município de Igarassu.

1.2 Objetivos específicos

- Traçar um panorama teórico das argamassas históricas.
- Traçar um breve panorama histórico do Engenho.
- Determinar os tipos de aglomerantes e agregados utilizados nas misturas.
- Analisar as características estruturais e composicionais das argamassas coletadas.
- Analisar a microestrutura das amostras para obter dados sobre agregados e pasta.
- Identificar os minerais presentes nas amostras.
- Identificar a existência de compostos orgânicos presentes.
- Comparar os resultados das análises dos diferentes tipos de argamassa encontrados.

1.3 Importância da pesquisa

De acordo com Gomes (1997), no século XV o açúcar era considerado uma especiaria que estava ao alcance de poucos, sendo sua obtenção mais complexa do que os demais condimentos. *“A cana de açúcar, provavelmente originária das baixadas indianas de Bengala ou do sudeste asiático, logo chegou à Pérsia e daí foi levada pelos conquistadores árabes para a costa oriental do Mediterrâneo”* (GOMES, 1997, p. 11).

Os portugueses logo dominaram a cultura da cana e a produção de açúcar, e até fins do século XV a Ilha de Madeira era a maior produtora do Ocidente, sendo, posteriormente derrotada no comércio internacional pelo açúcar produzido pelos próprios portugueses em terras brasileiras. Como os colonizadores não encontraram em solo brasileiro durante muito tempo pedras preciosas, resolveram fixar-se no território para então explorar a produção deste produto que possuía um alto valor no mercado internacional e que foi a principal mercadoria de exportação até meados do século XIX (GOMES, 1997).

Neste contexto nascem os Engenhos, edificações rurais, que, inicialmente possuíam caráter provisório devido a privilégios concedidos pela Coroa Portuguesa, a exemplo da isenção de impostos àqueles que erguessem seu Engenho em até 10 anos, o que justificava o aspecto precário de alguns edifícios muito bem retratado pelo pintor holandês Frans Post, no século XVII. Tais medidas protecionistas perdurariam até o século XVIII. Em Pernambuco, a razão da criação dos engenhos também foi fruto da inserção de sua economia no mercado internacional de açúcar (GOMES, 1997).

O mesmo autor cita que a independência do Haiti no início do século XIX, ocasionou um período de instabilidade política, modificando o cenário privilegiado que este país havia conquistado no mercado internacional de açúcar, o que teria pouco impacto em Pernambuco, já que Cuba estava se fortalecendo como produtor, devido ao capital injetado por franceses que haviam sido expulsos do Haiti. Apenas no século XIX, após muita resistência por parte dos senhores de engenho é que foram inseridas novas tecnologias, a exemplo da máquina a vapor. Porém, logo o cenário foi modificado com a intensa industrialização que traria a decadência dos engenhos no final do mesmo século, dando lugar às usinas.

Esta pesquisa foi realizada unindo áreas diversas de conhecimento, como Arquitetura, Química e Engenharia Civil e visa contribuir para o âmbito da conservação dos bens culturais, com informações que venham a subsidiar pesquisas que tornem possível a produção de argamassas mais adequadas ao restauro dos engenhos de Pernambuco, levando em conta até mesmo as peculiaridades de cada edificação, que era erguida conforme sua função no complexo. Em 1990 foram levantados 150 engenhos por Geraldo Gomes, e atualmente diversos deles estão em deplorável estado de degradação, incluindo o nosso objeto de estudo, o engenho Monjope.

Quanto à metodologia adotada neste trabalho, Nascimento e Sousa (2017) citam que a pesquisa, de um modo geral é classificada quanto à natureza, métodos, objetivos e procedimentos. Esta pesquisa, quanto à sua natureza, é classificada como aplicada, pois serão realizados ensaios para determinar os componentes das argamassas de revestimento das 4 edificações históricas do Engenho Monjope (Casa – Grande, capela, senzala e fábrica), visando a aplicação deste estudo na prática, ou seja, subsidiando pesquisas futuras que objetivem reproduzir tais argamassas para aplicação destas em uma possível obra de restauro que venha a ser realizada no Engenho.

Os mesmos autores citam a existência de dois métodos da pesquisa: o quantitativo e o qualitativo. E, que grande parte das pesquisas é composta pelos dois métodos. O método quantitativo, mais empregado nas pesquisas de ciências naturais “É uma abordagem ou método que emprega medidas padronizadas e sistemáticas as quais reúnem respostas pré-determinadas, facilitando a comparação e a análise de medidas estatísticas de dados” (NASCIMENTO; SOUSA, 2017, p. 74). Já o método qualitativo, mais empregado em pesquisas da área de ciências sociais “É baseado na interpretação dos fenômenos observados e no significado que carregam, ou no significado atribuído pelo pesquisador, dada a realidade em que os fenômenos estão inseridos” (NASCIMENTO; SOUSA, 2017, p. 74). Esta pesquisa envolve as duas abordagens, visto que, as amostras coletadas serão quantificadas na medida do possível, já que se trata de uma edificação histórica, onde não é possível retirar uma grande quantidade de amostras, sendo as unidades retiradas analisadas qualitativamente.

Quanto aos objetivos, esta pesquisa tem caráter exploratório, composta por uma pesquisa bibliográfica, análise do estudo de caso mediante análise de trechos de

argamassas obtidos *in loco* em todos os edifícios estudados, sistematização de coleta de dados e análise e interpretação dos dados.

1.4 Estrutura da Dissertação

No intuito de atingir os objetivos descritos acima, o presente trabalho foi segmentado em 5 capítulos.

O primeiro capítulo apresenta a Introdução e a problemática pertinente às argamassas antigas, apontando a importância desse material que perpassa séculos resistindo a intempéries diversos, bem como às ações antrópicas. O Engenho Monjope em Pernambuco foi escolhido como objeto de estudo desta pesquisa devido ao estado de abandono em que se encontra e à sua importância histórica relegada atualmente.

O segundo capítulo constitui a Revisão Bibliográfica, sendo traçado inicialmente um breve panorama das técnicas construtivas no período do Brasil colonial, época do auge da construção dos Engenhos em Pernambuco, seguido por um panorama teórico das argamassas de cal. O capítulo também descreve os constituintes das argamassas bem como exemplifica esquemas de caracterização adotados no Brasil e no mundo, e por fim contextualiza o historicamente o Engenho Monjope.

O capítulo terceiro descreve inicialmente o material estudado, os locais de coleta e as características organolépticas de todas as amostras. Na sequência, descreve a metodologia de preparo das amostras e então descreve os ensaios de caracterização realizados.

No quarto capítulo são expostos os resultados obtidos através dos ensaios realizados, sendo abordada uma discussão sobre os aspectos principais das argamassas da casa – grande, da capela, da senzala e da fábrica.

No quinto e último capítulo é abordado o desfecho obtido nesta pesquisa, e são mencionadas algumas sugestões de trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Materiais e técnicas construtivas no Brasil Colônia

Para Gaspar (2009), “O patrimônio cultural é fundamental para a memória e a identidade de um povo”. A importância do conhecimento relativo às alvenarias históricas torna-se algo muito além de um simples conhecimento técnico, torna-se importante para preservar não apenas algo material, mas uma identidade coletiva. A autora salienta também a existência da definição de patrimônio cultural da constituição brasileira de 1988, como “bens de natureza material e imaterial, individualmente ou em conjunto, que se referem à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos”. Pollak (1992), descreve a existência de lugares da memória, onde as edificações acabam sendo lugares que privilegiam essas memórias como lugares de apoio para elas. Ele ressalta que o trabalho dos historiadores se inicia a partir do passado, e que os monumentos, portanto contam diversas histórias apenas por ainda existirem, já que estarão sempre ligados a lembranças tanto individuais, quanto coletivas.

Para Braga (2003, p.2), a questão da conservação - restauro está relacionada a “qualquer intervenção direta ou indireta efetuada sobre um objeto ou monumento, para salvaguardar a sua integridade física e garantir o respeito pelo seu significado cultural, histórico, estético e artístico”. Portanto, não se trata apenas de algo unicamente técnico, mas da junção de conhecimentos interdisciplinares em busca de uma solução, que além de preservar a estrutura física do componente, preserve e respeite também suas memórias.

Para que a realização da conservação- restauro seja viável é necessário um diagnóstico prévio, para que as causas, tipos e natureza das degradações sejam avaliadas, determinando o tipo e a que tratamento deverá ser submetida aquela obra. Portanto, o conhecimento das alvenarias históricas torna-se algo de extrema relevância para a conservação e restauro das edificações históricas. A manutenção e a conservação preventiva também irão exigir o conhecimento prévio dessas alvenarias (RIBEIRO, 2003).

As cartas patrimoniais representaram importantes divisas na questão da conservação-restauro, sendo encontros realizados em diversos países para estabelecer diretrizes relativas a estas questões. A Conferência de Atenas de 1931,

veio para estabelecer princípios relativos à conservação dos monumentos que já tinha sido debatido anteriormente na Europa (BRAGA, 2003)

O Brasil então em 1937, criou o SPHAN (Secretaria do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional), dando início a ações relativas a preservação do Patrimônio, contando com nomes como Mário de Andrade e Rodrigo Mello Franco de Andrade que tiveram grande importância nesse processo, apesar deste período ser mais dedicado a questões de inventariar bens e tentar prestar assistência o mais rápido possível a patrimônios em grave estado de deterioração ou abandono (BRAGA, 2003).

Neste processo de conservação e restauro é válido salientar a importância do conhecimento dos materiais e técnicas seculares. A terra, por exemplo, é um dos principais materiais de construção que tem sua utilização remontada desde o período da Idade Antiga, em lugares como Mesopotâmia, Egito e África. No Brasil, as técnicas construtivas inseridas desde a colonização trouxeram consigo as técnicas de utilização da terra crua no país. Estas técnicas trazidas para o Brasil estavam sendo utilizadas na Europa Ocidental, já que eles tiveram contato com povos árabes, africanos e orientais (PEREIRA, 2010).

Portanto, a definição de terra crua seria “a designação genérica que se dá aos materiais de construção produzidos com solo, porém, sem passar pelo processo de cozimento (queima)”, estando o termo Arquitetura da terra diretamente relacionado à utilização deste material (PEREIRA, 2010, p.14).

Para Souza (2011, p.07), o pau-a-pique foi a técnica mais utilizada no período Quinhentista (do século XVI ao início do século XVIII), porém chegou a ser utilizada por muitos séculos ainda, há registros em Minas Gerais da sua utilização até o século XX. A técnica consiste em esteios verticais fincados na terra, juntamente com barras horizontais, criando uma espécie de malha preenchida com barro, sendo este preenchimento feito à mão, por isso também recebe o nome de taipa de mão, entre outras denominações como “taipa de sebe, taipa de sopapo, taipa barreada ou barro armado”.

Para Santiago (2001), a taipa de pilão consiste no apiloamento da terra dentro de fôrmas de madeira. As faixas produzidas de parede variam entre 40 e 80cm de altura, tendo sua largura em torno de 60 cm para possibilitar a compactação das camadas realizadas pelas pessoas dentro da fôrma. Esta técnica deverá ser evitada em períodos de chuva ou calor demasiado.

Também conhecido como adobos, ou adobes, são tijolos de argila confeccionados puramente artesanalmente ou partir de moldes que podem ser de diversos materiais como madeira (revestido ou não) e plástico, sendo utilizado óleo, areia ou cinza para o seu desmolde. Sua produção não exige queima, deve secar ao ar livre e não devem ser produzidos em frio ou calor extremos (SANTIAGO, 2001).

A técnica de enxaimel está relacionada a antigas tribos bárbaras que datam do período da Idade Medieval, e foi posteriormente adquirida por outros povos que adicionaram à técnica suas características. Em alemão, denominada Fachwerk, tem sua tradição literal como construção em prateleiras. Sua estrutura é formada pelo entrelaçamento de peças de madeira preenchidas com materiais tais quais adobes e tijolos, taipas ou mesmo pedras (OLIVEIRA, 2011).

2.2 Argamassas

2.2.1 Breve Histórico

A descoberta da cal, um dos principais aglomerantes utilizados em argamassas antigas, não possui uma data fixa. Estima-se que a cal foi descoberta na Idade da Pedra, durante o Período Paleolítico. Desde a Turquia até o Egito, foram encontrados indícios de sua utilização em Idades bastante remotas (12.000 a 5.000 a.C.) (COELHO et al., 2009).

Os mesmos autores citam ainda que o material produzido a partir cinzas do vulcão Thera (que entrou em erupção em 1.500 a.C, na Grécia), foi utilizado pelos gregos na produção de argamassas com propriedades hidráulicas, o que acarretou no desenvolvimento de atividades portuárias para esta civilização. A cal, produto dos povos gregos, foi elogiada até pelo arquiteto romano, Marcus Vitruvius Polio, devido à sua resistência à água. Há indícios de que os romanos já fabricavam a cal, utilizando inclusive na área de geotecnia. Para a construção da Via Ápia a cal foi utilizada como um aglomerante das lajes às plataformas e, mesmo antes do vulcão Vesúvio cobrir Herculano e Pompéia, com suas cinzas, deixando aos romanos a abundância em material pozolânico natural, eles já aplicavam pozolanas artificiais.

Findado o Império romano, as argamassas de cal se popularizam, porém, o custo estava relacionado com a utilização de menos material, reduzindo, portanto, a qualidade do ligante (COELHO et al., 2009).

No século XVIII, as argamassas de gesso são inseridas na Europa. A partir deste momento, começou a utilização de argamassas à base de gesso e cal com diversos tipos de aditivos, entre eles gorduras vegetais e animais. O gesso misturado com a cal, diminuía a retração relacionada à cal e aumentava o tempo de pega do gesso (COELHO et al., 2009).

Nos séculos XVIII e XIX, grandes acontecimentos iriam demarcar uma transição entre o uso das argamassas de gesso e cal e o início do uso das argamassas cimentícias: descobertas de John Smeaton (1756), James Parker (1796), James Frost (1811) e Louis Vicat (1818) tornaram possível a descoberta do cimento Portland pelo construtor inglês Joseph Aspidin, mais precisamente em 1824 (KANAN, 2008).

No Brasil, desde o início da colonização, utilizava-se a cal de conchas marinhas nas argamassas de revestimentos das edificações civis e militares, principalmente em regiões litorâneas como Salvador, na Bahia. Essa cal era extraída em fábricas rudimentares, denominadas caieiras. Posteriormente, também se utilizou a cal extraída de calcários ou dolomitos, ainda nos tradicionais fornos das caieiras, o que mudou em meados do século XX, com a ascensão da indústria de cimento e cal (KANAN, 2008).

2.2.2 Constituintes

Carasek (2010) define argamassas como materiais vastamente empregados na construção civil, que possuem propriedades de endurecimento ou aderência, oriundos da mistura homogênea de um ou mais ligantes, agregado miúdo e água e que podem ou não conter adições minerais e aditivos. Além disso, as argamassas possuem diversas utilidades, como as de revestir e assentar alvenarias, além de serem primordiais na proteção das mesmas.

Santiago (2007), critica a definição formal de argamassa como um composto de água, cal e areia apenas, pois historicamente havia uma diversidade muito grande na formação de argamassas. Os babilônicos misturavam betume e barro; paredes de adobe por exemplo poderiam ter materiais como palha e cinzas em seus compostos. Historicamente, registrou-se inúmeros outros materiais:

Como exemplo, citam-se os seguintes: pozolana, cerâmica moída, pó de mármore, terraços fluviais do Baixo Reno, cinzas de Tournai, carvão, sangue, suco de frutas ou de vegetais, leite, queijo, palha, pêlo animal, cerveja, arroz, açafraão, açúcar, resinas, óleos, sebo, vinho, urina, clara de ovo, algodão,

amido, banha de porco, cabelo, excremento, fibras, gesso (SANTIAGO, 2007 p. 141).

Surpreendentemente, Antoine de Ville (1596-1656), engenheiro militar francês renomado, citou o uso da água pura com a função de argamassa, na Arábia:

As muralhas de Charra, cidade da Arábia, eram ainda mais maravilhosas, pois elas eram todas maciças em pedra de sal, e não tinham outra argamassa além da água pura para as unir (DE VILLE, 1641 apud Santiago, 2007 p. 21).

Portanto Margalha (2008), define a argamassa como a união entre um ligante, um agregado e a água, tendo propriedades aglutinantes, podendo ser acrescido de elementos que aperfeiçoam certas características da pasta, como os adjuvantes e pozolanas. Os ligantes são produtos que têm a função de aglomerar outros materiais, colaborar para o endurecimento da pasta ao longo do tempo e modificar a estrutura química.

As pozolanas são materiais que misturados com água e cal, na temperatura ambiente, constituem compostos insolúveis estáveis com propriedades de ligantes, já as adjuvantes são produtos que quando acrescidos aos materiais, lhes atribuem novas propriedades, anulando os efeitos indesejáveis, porém ainda não se tem um estudo a longo prazo de seu comportamento, por conta disso não é aconselhado sua utilização em demasia (MARGALHA, 2008).

Enquanto aos agregados, estes influenciam bastante no comportamento das argamassas, o que se deve aos aspectos como formato e tamanho dos grãos, dureza e porosidade. Até mesmo a procedência da areia e matérias orgânicas encontradas podem afetar o desempenho de uma argamassa. A areia deve ser de boa qualidade, selecionada e limpa, conforme as orientações dos cadernos de encargos. Ela tem a função de estruturar a argamassa, o que é garantido através da coesão da sua união com os ligantes. De uma forma geral, os agregados não devem reagir quimicamente com a pasta, porém, verificou-se que, no decorrer dos tempos, podem ocorrer reações químicas entre o óxido de cálcio e a sílica encontrada na areia (MARGALHA, 2008).

2.2.3 Aglomerantes

2.2.3.1 Cimento

Mehta e Monteiro (2014) definem que o cimento Portland constitui em um cimento hidráulico obtido pela pulverização de clínques compostos basicamente por

silicatos de cálcio hidráulicos cristalinos, uma pequena porção de sulfato de cálcio (apresentado em diversas formas) e um percentual de até 5% de calcário, que é utilizado como adição no processo de trituração. Depois de sintetizados em proporções adequadas em altas temperaturas, os materiais constituintes do cimento se transformam em clínqueres, que são nódulos que possuem o diâmetro entre 5 e 25mm.

Os mesmos autores citam que uma reordenação dos óxidos é ocasionada pelo processo de fusão e o cimento Portland pode ser visto como uma solução sólida composta pelos seguintes complexos:

Silicato tricálcio - $C_3S = (3.CaO). (SiO_2)$;

Silicato dicálcico - $C_2S = (2.CaO). (SiO_2)$;

Aluminato tricálcico - $C_3A = (3.CaO). (Al_2O_3)$

Ferro aluminato tetracálcico - $C_4AF = (4.CaO). (Al_2O_3). (Fe_2O_3)$.

Os álcalis encontrados no clínquer do cimento (potássio e sódio) originam-se principalmente dos compostos de argila oriundos de matérias primas e do carvão, já os sulfatos dos fornos são provenientes do combustível. Na ausência destes sulfatos, os álcalis são consumidos pelo C_3A e pelo C_3S , podendo sofrer modificações na sua composição. Uma das alternativas por vezes utilizadas para baixar a calcinação é adicionar à farinha grandes quantias de sulfato na forma de gipsita. No cimento Portland comum, a maioria dos sulfatos (SO_3) encontrados originam-se de diversas formas do sulfato de cálcio que é adicionado no processo de moagem, com objetivo de retardar a pega rápida do clínquer moído, que ocorre devido à alta reatividade do C_3A (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

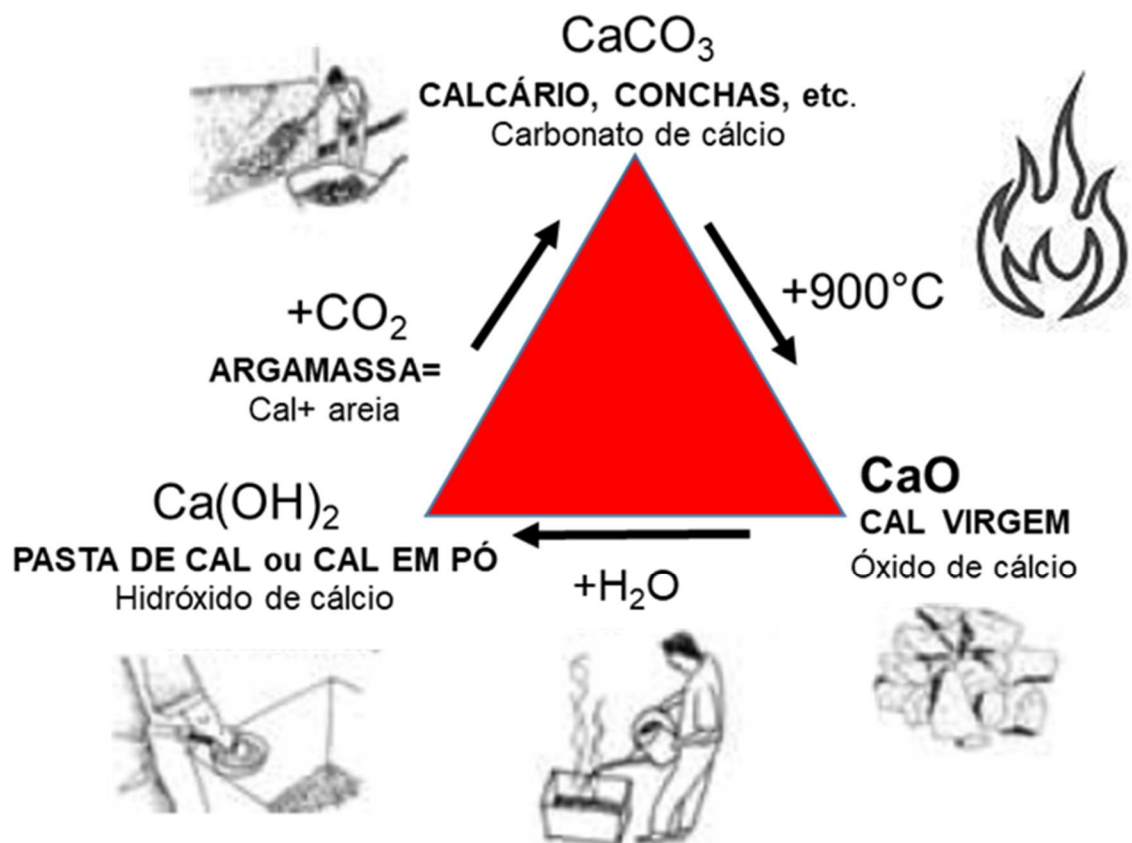
2.2.3.2 Cal

A Norma NP EN 459-1:2002, define cal como um material que engloba quaisquer formas químicas ou físicas, podendo ser citadas os óxidos e os hidróxidos de cálcio e magnésio (CaO), (MgO), ($Ca(OH)_2$ e $Mg(OH)_2$), respectivamente.

A cal era produzida a partir de matérias-primas diversas, tais quais corais, conchas do mar e rochas calcárias com alto teor de carbonato de cálcio ($CaCO_3$). O ciclo da cal (Figura 01) , ou seja, o processo das reações físicas e químicas pelas

quais o carbonato de cálcio sofre em três processos distintos: Na calcinação a fonte de matéria prima é queimada em temperaturas muito elevadas (acima de 850°C), liberando gás carbônico, formando a cal virgem (CaO); Na hidratação, o óxido de cálcio reage na presença da água, formando o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), conhecido também como cal hidratada; Na carbonatação, o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) da argamassa fresca vai absorver o dióxido de carbono do ar, retornando ao carbonato de cálcio (CaCO_3) (KANAN, 2008).

Figura 00-1 – Ciclo do cal



Fonte: Adaptada de Kanan, 2008

Estas argamassas possuem dois processos de cura: o primeiro constitui na retração do volume da massa resultante da evaporação da água e o segundo processo é resultante da lenta reação do gás carbônico com a cal hidratada, produzindo uma elevação da resistência mecânica da argamassa (KANAN, 2008).

Coelho et al. (2009), descrevem os diversos tipos de cal: aérea, viva, hidratada, cálcica, dolomítica, hidráulica, hidráulica natural, hidráulica natural com material adicional.

A cal aérea, por exemplo é composta principalmente de óxido ou hidróxido de cálcio, que endurecem paulatinamente ao reagirem com o dióxido de carbono presente na atmosfera e não possui propriedades hidráulicas, podendo se apresentar na forma de cal viva ou hidratada. A diferença entre as cales aéreas e hidráulicas vem da sua fonte de extração (Tabela 01). A cal hidráulica é obtida de calcários impuros que contém percentuais de argila (COELHO et al., 2009).

Tabela 01 - Classificação de calcários de acordo com o teor de carbonato de cálcio

Tipo de calcário	% de CaCO_3
Calcário Rico	96-100
Calcário Margoso	90-96
Marga Calcária	75-90
Marga	40-75
Marga Argilosa	10-40
Argila Margosa	4-10
Argila	0-4

Fonte: Siqueira et al., 2007 apud Coelho, Torgal e Jabali, 2009

Santiago (2007) relata que o índice de hidraulicidade, estipulado pelo engenheiro francês Louis Joseph Vicat, no século XIX, é estabelecido nas argamassas pela correlação entre os percentuais de certos óxidos presentes. A mesma autora cita que existem divergências na bibliografia brasileira em relação a estes percentuais. Alguns limitam-se a relacionar os percentuais entre os óxidos presentes nas argilas como a sílica e alumina e aqueles presentes nos calcários (óxidos de cálcio ou óxidos de magnésio).

Coutinho (2006) determina que as cales aéreas podem ainda ser classificadas quanto ao teor de impurezas como gordas ou magras, sendo as gordas oriundas de calcários quase puros (com teores mínimos de 99% de carbonato), possuindo coloração branca e cales magras oriundas de calcários impuros com teores de argila (entre 1 e 5%) de outras impurezas, possuindo a coloração cinzenta.

A cal aérea pode ser classificada basicamente pela sua composição química, bem como do seu rendimento em pasta. Quando classificada conforme os componentes químicos ela pode ser exibida sob duas formas: cal cálcica ou cal magnésiana (dolomítica):

A primeira, com um mínimo de 75% de CaO , e a segunda, com um mínimo de 20% de MgO , devendo sempre a soma de CaO com MgO ser superior a 95%. Os componentes argilosos SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 devem somar no

máximo 5%. A proporção residual de CO₂ deve ser inferior a 3%, quando a amostra é retirada do forno de calcinação, e inferior a 10%, quando é retirada de outro local (COELHO, TORGAL E JALALI, 2009 p. 19).

Coelho et al. (2009) estabelecem a classificação das cales hidráulicas em conformidade com sua resistência mínima de compressão aos 28 dias. A classificação pelo rendimento em pasta, determinado pelo volume da pasta de cal extraído de uma tonelada de cal viva, denomina a cal por gorda ou magra. Essa pasta obtida da extinção cal viva nada mais é que uma suspensão do tipo coloidal, que terá seu rendimento influenciado pela presença de impurezas ou pelo excesso ou falta de cozimento, sendo a cal gorda aquela que o rendimento em pasta é superior a 1,82 m³ e a cal magra quando esse rendimento é menor. Este limite é determinado pelo rendimento de 1,82m³ de pasta a cada tonelada de cal viva (BAUHER,1987).

Coutinho (2006) cita que a designação “gorda” é oriunda das propriedades plásticas dessas cais que são muito trabalháveis e macias e que a denominação “magra” deriva da má trabalhabilidade e pouca maciez.

2.2.4 Agregados

Mehta e Monteiro (2014) argumentam que a qualidade dos agregados depende da rocha de origem, das condições de exposição da rocha antes de originar o agregado e dos equipamentos utilizados em sua produção. Os agregados são materiais inertes, que não entram em reações químicas de alta complexidade com a água. De acordo com as dimensões de suas partículas são denominados agregados graúdos (maiores que 4,75mm) ou miúdos (menores que 4,75mm). Quanto à densidade são classificados como de densidade normal (massa unitária de 1520 a 1680 kg/m³), leves (massa unitária menor que 1120 kg/m³) e pesados (massa unitária maior que 2080 kg/m³).

Via de regra, os agregados são provenientes de jazidas naturais e são denominados agregados minerais naturais (areia, brita, pedregulho), já os que são processados termicamente (argila e folhelo expandido) são qualificados como artificiais (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Os constituintes mineralógicos normalmente encontrados em agregados naturais são: sílica, silicatos, materiais carbonáticos, sulfetos e sulfatos) (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

2.3 Caracterização de argamassas

Foi no século XIX que a disciplina do restauro foi consolidada na Europa através de pesquisas rebuscadas de arquitetos restauradores, a exemplo de Viollet-le-Duc, o qual preconizava que restaurar uma edificação correspondia recuperar o esplendor de uma obra, mesmo que isso significasse submetê-la a um estado de perfeição talvez nunca existente anteriormente (GALLI et al., 2016).

No Brasil, a preservação foi institucionalizada com a criação do Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (SPHAN) em 1937, quando foram iniciadas pesquisas no campo da arquitetura, induzindo o surgimento de questionamentos nos campos da história e do restauro (FERNANDES, 2016).

No entanto, apenas em 1981 através do *International Centre of Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property* (ICCROM), que ocorreu a primeira tentativa de estabelecer uma estratégia de caracterização de argamassas históricas e de reparo (PALOMO et al., 2002).

Os primeiros trabalhos científicos publicados abordando estudos sobre argamassas de edifícios históricos são datados da década de 1990. Dentre os ensaios empregados nestas publicações, os mais citados são: análise visual, análise mineralógica por difratometria de Raio X (DRX), análise química, análise petrográfica, análise termogravimétrica (TGA), espectroscopia no Infravermelho e observações no MEV (microscópio eletrônico de varredura) com EDS (análise por dispersão de energia) (NASCIMENTO, 2002).

Escolher o método mais adequado de caracterização vai depender dos objetivos a serem alcançados, podendo ser de reparo, substituição, manutenção, consolidação, sendo relevante realizar ensaios que forneçam dados complementares. (SILVA, 2002).

Análises mineralógicas vão determinar fases cristalinas dos componentes mineralógicos presentes nas argamassas. Análises químicas e térmicas também vão definir dados composicionais. A microscopia vai fornecer dados sobre as diferentes fases presentes, bem como sobre a microestrutura e materiais secundários. Já ensaios como porosimetria, resistência à compressão, permeabilidade e resistência à compressão e ao arrancamento vão determinar parâmetros das propriedades e desempenho das argamassas (SOUZA, 2011).

Pesquisas realizadas no mundo todo exemplificam diferentes esquemas de caracterização utilizados em edificações históricas, sendo tais esquemas personalizados para diferentes necessidades e situações diversas.

Sanjurjo-Sánchez et al. (2010) realizaram caracterização química e mineralógica em 13 amostras de até 6g, de argamassas históricas de diferentes etapas de construção do templo de Santa Eulália de Bóveda na Espanha, objetivando reponder questões sobre as técnicas empregadas na sua confecção, bem como avaliar correlações de períodos históricos diversos, podendo tais informações serem úteis no campo do restauro. Eles utilizaram o DRX e a análise de ativação de neutrons. A limitação da quantidade de retirada das amostras impossibilitou o estudo dos componentes das argamassas separadamente (ligante e agregado). O DRX (Análise Mineralógica) apontou a presença de quartzo, feldspatos alcalinos, mica e calcita em todas as amostras. Plagioclase, gesso, talco e caulinita também foram identificadas em algumas amostras, a depender do estágio da construção.

Os mesmos autores citam que a caracterização proposta por eles pode ser eficiente na correlação histórica, caso seja considerado que foram utilizados os mesmo componentes nas argamassas em cada etapa da história, ainda que seja ineficaz se utilizarem em todos os períodos pedras extraídas da mesma fonte. A identificação da origem do agregado (origem granítica) só foi possível graças a um estudo petrográfico feito anteriormente. Graças a estudos estatísticos e geoquímicos foi possível apontar a variação apenas na proporção de cada material, principalmente da calcita, bem como dividir as amostras em 2 grupos principais a partir dos diferentes tipos de ligantes: cal e gesso.

Argamassas correlatas foram retiradas de edifícios históricos pertencentes ao período Bizantino, Bizantino Tardio, Otomano e Moderno e caracterizadas por Moropoulou et al. (1995). Neste estudo foram utilizados métodos termoanalíticos (Análise Térmica Diferencial – DTA; Termogravimetria derivada TG – DTG) e DRX, em 47 das 200 amostras retiradas dos monumentos. As curvas TG-DTG permitiram apontar grupos de materiais indicados pela perda de temperatura: cal típica, tijolo triturado, cal quente, cimento, com potlandita, cimento moderno, argamassas de gesso e argamassas típicas de cal. Através do DRX foi possível identificar o material ligante nos diferentes grupos de amostras: alguns apresentaram material ligante exclusivamente calcítico e outros apresentaram silicato de cálcio hidratado (CSH), hidrato aluminato de cálcio (CHA), hidrato de cloreto de alumínio e cálcio (CACH),

tobermorita (Tb), illita e montmorilonita, indicando reações de interface ou cal oriunda de calcários argilosos. Tais informações foram confirmadas através de observações microscópicas. Ao final, as argamassas foram classificadas em dois grupos principais de acordo com o percentual de perda de peso da água ligada aos componentes hidráulicos em combinação com o monóxido de Carbono (CO): as argamassas de cal típica e as de cal hidráulica.

Para caracterizar a interface azulejo/ argamassa de amostras pertencentes aos séculos XIX e XX, na cidade de Ovar, em Portugal, Japiassú et al. (2014) realizaram ensaios em amostras coletadas de três edificações. Nos azulejos foram realizados os ensaios de DRX, porosimetria por intrusão de Mercúrio, absorção de água e absorvidade. Nas argamassas foram realizados os ensaios de DRX, análise química, análise petrográfica, MEV, termogravimetria e profundidade carbonatada. A interface azulejo/argamassa foi analisada através de uma lupa estereoscópica. A análise mineralógica apontou a presença de calcita nos azulejos, indicando a penetração da argamassa no mesmo. Também foi apontada a predominância de quartzo, bem como a presença de gehlenita e diopsídio. As análises concluíram que as argamassas de assentamento constituem-se basicamente de cal, material pozolânico, agregado silicoso e em algumas amostras foram encontrados ainda fragmentos de argilominerais, traços de rochas carbonáticas, portlandita e silicatos de aluminatos de cálcio hidratados.

Pesquisadores caracterizaram as argamassas da Casa de Rui Barbosa, um Museu construído em 1850 no Rio de Janeiro, Brasil. Nesta pesquisa eles coletaram um total de 12 amostras e realizaram os ensaios seguintes: difração de raios-X (DRX), determinação gel-CSH, espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), Espectroscopia Raman, Espectrometria de fluorescência por raios X e de energia dispersiva (WDXRF), análise termogravimétrica (TGDTG) e análise granulométrica. Também foram realizadas análises físicas e petrográficas, objetivando identificar as matérias – primas utilizadas no preparo de tais argamassas.

Os resultados concluíram que dez das doze amostras tinham a cal hidratada como aglutinante, além de serem identificadas a presença elevada de quartzo e calcita, bem como outros minerais em menores proporções como a caulinita, muscovita, microclina e albita. As outras duas amostras que eram de argamassas de reparos apresentavam material pozolânico e dolomita. Também foi apontada a

presença de poluentes como o enxofre emitidos pelo spray salino e pelos veículos (DALTO; RIBEIRO; MOURA, 2018).

Em Machu Picchu, Morillas et al. (2019) reuniram-se para caracterizar uma argamassa denominada “clarobesa”, que tinha sido utilizada no restauro na área de meditação do Sítio Arqueológico nos anos 1950. Autorizados a retirarem apenas 5 amostras, eles realizaram os seguintes ensaios: Difração de Raio X (DRX), microscopia Raman, Microscopia eletrônica de varredura com dispersor de energia (MEV- EDS), espectrometria de raio X por energia dispersiva (SEM-EDS), e cromatografia iônica. Em todas as amostras foram identificadas a presença de quartzo, filossilicatos muscovita, clinocloro, microclina e albita. A microscopia Raman identificou a presença de sulfatos de cálcio e de nitratos, o que não é detectável pelo DRX. Os picos de DRX identificaram alumínio hidratado e silicatos de cálcio o que sugere que a clarobesa é uma argamassa de cal hidráulica e não aérea. O SEM- EDS e o MEV – EDS confirmaram as informações fornecidas pelos ensaios anteriores. Os estudos concluíram que a clarobesa é uma argamassa com elevada concentração de sais, os quais seriam os prováveis responsáveis pelo aparecimento das manifestações patológicas na área de intervenção (MORILLAS et al., 2019).

No Manual de Conservação e Intervenção em Argamassas e Revestimentos à base de cal, do programa Monumenta, do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), são fornecidas diretrizes para caracterização de argamassas antigas. São abordados desde procedimentos mais simples aos mais complexos: Escala de cores Munsell, testes de permeabilidade por tubos de Karsten, avaliação de lâminas em microscópio de luz polarizadas, análise química por via úmida ou por dissolução, Difração de Raio X (DRX), Microscopia Eletrônica de Varredura por dispersão de Energia (MEV – EDS), análise petrográfica por microscopia de luz polarizada (MLP), cromatografia de íons, porosimetria por intrusão de mercúrio, espectroscopia de absorção atômica, análise térmica (AT), dentre outros. A autora deixa claro que o processo de caracterização é de grande complexidade não sendo possível obter respostas de todos os questionamentos a partir de uma única análise, mas da combinação de métodos, além da coleta de informações referentes ao bem:

Ainda que as investigações de laboratório possam ajudar a identificar componentes e características das argamassas antigas, nem sempre é possível obter toda a informação que se deseja ter, como por exemplo, os métodos de preparação e de aplicação das argamassas que foram utilizados no passado. Mesmo as análises mais sofisticadas não podem determinar

todas essas informações. Por exemplo, a proporção de água da mistura utilizada não pode ser detectada uma vez que a argamassa já esteja curada (KANAN, 2008 p. 37).

As argamassas históricas diferenciam-se das fabricadas hoje por terem a formulação mais heterogênea devido a diversos fatores como: produção rudimentar, alterações de constituintes ao longo dos séculos, desgaste sofrido por clima ou ações antrópicas, dentre outros. A microestrutura das argamassas antigas também sofrem alterações que se devem à cristalização do carbonato de cálcio que ocorre na cura da argamassa. Devido ao processo de produção e calcinação de tais argamassas ser mais rudimentar, é possível encontrar substâncias como silicatos de cálcio e alumina e até fragmentos de carvão ou cal. De toda forma, nem sempre é necessário determinar absolutamente todas as características das argamassas históricas para que se possa produzir uma argamassa de reparo, sendo esta última formulada para ser compatível com a nova estrutura e às demandas das necessidades vigentes e não uma réplica da argamassa original (KANAN, 2008).

2.4 Objeto de estudo

Até o século XIX o significado de Engenho estava atrelado à propriedades rurais que possuíam edifícios com várias finalidades, dentre elas a produção do açúcar. O nome do complexo de edifícios originou-se da edificação que abrigava as várias etapas necessárias à fabricação do açúcar, conhecido como fábrica, moita ou engenho e também à uma grande invenção da engenharia da época: a roda d'água (GOMES, 1997).

A roda d'água, com todas as suas engrenagens em madeira, era um brilhante fruto da engenharia mecânica. Foi esse engenho que deu o nome ao edifício que o continha e ao complexo agrícola-industrial-residencial onde se produzia o açúcar (GOMES, 1997 p. 14).

Gomes (1997) cita a casa-grande, a capela, a senzala a fábrica como os edifícios mais importantes do engenho. Sendo a primeira edificação também conhecida como casa de vivenda e tendo a função de abrigar os donos do engenho, a segunda simbolizava a devoção à religião católica, a terceira servia como alojamento dos escravos e a última abrigava os processos do fabrico do açúcar.

O engenho Monjope (Figura 02) objeto de estudo desta pesquisa, está situado em Igarassu, Município brasileiro do Estado de Pernambuco, mais conhecido desde

o século XVII como a mais antiga e “*mui nobre vila da Santa Cruz e dos Santos Cosme e Damião de Igarassu*”. A vila de Igarassu foi fundada em 1535 e possuía apenas 200 moradores e alguns afirmam que a Igreja foi construída pelo vianês Afonso Gonçalves (FUNDARPE, s.d.).

Figura 02 - Localização do Engenho Monjope



Fonte: FUNDARPE, 2008

O Monjope já existia em 1666 e era o mais memorável engenho pertencente aos Padres jesuítas de então. Por volta de 1742 o engenho estava em pleno auge de suas atividades, produzindo mais de duas dezenas de caixas de açúcar (FUNDARPE, s.d.).

No ano de 1770 o engenho ficou sob os cuidados da tesouraria geral da capitania, já que em 1759 os jesuítas foram expulsos do Brasil. Após pertencer a diversos donos, passar por situações de penúria e ter sido hipotecada à empresa de abastecimento de água da época (a Companhia de águas do Beberibe), a propriedade acabou sendo repassada em 1899 para o Capitão da Guarda Nacional, Vicente

Antônio Novelino, funcionando posteriormente como clube de campo até que em 1980, quando foi iniciado o processo de seu tombamento pela Fundação do Patrimônio Histórico e Artístico de Pernambuco (FUNDARPE), sendo desapropriada no ano 2000 para fins de utilidade pública. Após oito anos, o processo de tombamento foi concluído, sendo o arquiteto Carlos Fernando Pontual contratado pela Fundação para elaborar o projeto do Centro de Referência Cultural e Turístico - Engenho Monjope, sendo então realizadas obras emergenciais e instalação do posto de guarda patrimonial, tendo assim a FUNDARPE assumindo oficialmente a posse do imóvel (FUNDARPE, s.d.).

Atualmente o Engenho encontra-se em um péssimo estado de conservação, tendo as obras paliativas, em algumas áreas, prejudicado a conservação das edificações, visto que provavelmente a argamassa cimentícia utilizada nas obras emergenciais não teria sido, a longo prazo, a mais apropriada a ser utilizada na recuperação do bem (Figura 03).

Figura 03 - Pilar da Senzala do Engenho Monjope apresentando deteriorações nas intervenções realizadas utilizando argamassas cimentícias



Fonte: Autora, 2019.

As edificações das quais foram coletadas as argamassas para esta pesquisa são apenas as de cunho histórico, que constituem as quatro principais edificações de um engenho: A Casa-Grande, Capela, Senzala e Fábrica. Não se enquadram neste

estudo a Casa do Capitão e a Casa do Administrador, construções mais recentes, que apresentam características do século XX.

A Casa-Grande do Engenho Monjope (Figura 04) foi classificada por Geraldo Gomes (1997) como uma das casas do grupo IV (denominado sobrados sobre arcadas), mais especificamente tipo IVC, sendo construções diferenciadas que exigiam qualificação profissional acima do padrão, indicando que seus donos dispunham de vasta fortuna. Os sobrados sobre arcadas eram edificações de dois pavimentos encontradas em poucos engenhos e que possuíam as paredes do pavimento térreo total ou parcialmente vazadas por arcos plenos. Tais arcos formavam uma espécie de vestíbulo de entrada, tendo também a função de prevenir grandes estragos nas eventuais inundações, já que em Pernambuco, os engenhos de senhores de grandes posses, geralmente ficavam situados às margens de rios ou cursos d'água.

Quanto aos materiais construtivos, o piso do pavimento superior era constituído de tábuas de madeira, e suas alvenarias eram constituídas por tijolos, pedras ou pelos dois materiais, sendo os seus telhados constituídos por quatro águas. A Casa-Grande do Monjope era o único exemplar desta tipologia encontrado no levantamento feito por Geraldo Gomes no início do século XX, em Pernambuco (GOMES, 1997).

Smith (1969) cita que os sobrados sobre arcadas possuem estreita semelhança com as Casas de Câmara e Cadeia do período colonial, frequentes nos séculos XVI ao XIX em Portugal e eram oriundas de tipologias medievais.

Figura 04 - Casa - Grande do Engenho Monjope



Fonte: Autora, 2019.

A capela (Figura 05) é interligada à Casa-Grande por uma horta, que talvez tenha funcionado como cemitério. Uma torre sineira ergue-se ao seu lado esquerdo, ultrapassando os limites do telhado. Possui uma única nave que leva ao altar, púlpito e ampliações nas laterais que fogem ao plano geral (FUNDARPE, S.d.). Na classificação de Gomes (1997), esta capela é enquadrada no grupo I, composto por basicamente por três elementos em planta (nave, sacristia e capela mor), mais especificamente na tipologia IB, na qual a fachada é composta basicamente por três vãos (pórtico central e duas janelas do coro). Este esquema triangular de entrada de luz na fachada é denominado por Bury (2006, p.139) como “esquema de fenestração em V”, citado por ele na análise da fachada da Igreja de São Francisco de Assis de Ouro Preto. Em relação aos materiais das capelas, Gomes (1997) cita que as alvenarias das capelas por ele levantadas em PE eram de pedra ou tijolos, não tendo identificado o uso da taipa em nenhuma e as coberturas estruturadas em tesouras de madeira de uma ou duas linhas, caibros e ripas. Na fachada da capela estão registradas três datas que indicam as principais intervenções e remodelações: 1756 – 1816 e 1929, esta última indica Vicente Novelino como responsável pela última reforma.

Figura 05 - Capela do Engenho Monjope



Fonte: Autora, 2019.

Construções sem sanitários ou cozinhas, com a função de depósitos, residências ou prisões para os escravos, as senzalas foram classificadas por Gomes (1997) em apenas uma única tipologia, sem apresentar variações, diferenciando-se pela distância entre essas e a casa-grande. Ele cita que “O único tipo encontrado se constitui de uma série de cubículos contíguos em linha com um alpendre comum ao longo de todo o edifício e cobertos com um mesmo telhado de duas águas” (GOMES, 1997 p. 43).

O mesmo autor define as técnicas construtivas empregadas nas alvenarias das senzalas como sendo as de tijolos maciços ou de taipa de pau-a-pique, tendo os vãos entre paredes uma média de três metros. Seus telhados tinham cobertura em telha canal e estrutura em terças de madeira, caibros roliços e ripas de embira, apoiados nas paredes. Quando possuíam alpendres, estes eram um prolongamento do telhado, apoiado por colunas de secções circulares, como pode ser observado na senzala do Monjope (Figura 06).

Figura 06 - Senzala do Engenho Monjope



Fonte: Autora, 2019.

A fábrica (Figura 07) do Monjope fica situada à esquerda da casa-grande, num terreno mais baixo que esta, facilitando a observação da produção pelos senhores do Engenho. Quanto aos materiais construtivos das alvenarias são tijolos e, por vezes pedras em alguns trechos, pisos em chão batido e cobertura estruturada em tesouras de madeira recoberta por telhas de barro tipo canal (GOMES,1997).

Figura 00-7 - Fachada da fábrica do Engenho Monjope (A) e engrenagens que movem a roda d'água (B).



Fonte: Autora, 2019.

Gomes (1997) cita ainda a simplicidade notória destes edifícios os quais as madeiras nunca recebiam pintura, os pilares geralmente eram de alvenarias de tijolos e possuíam secção quadrada e as raras paredes entre pilares eram rebocadas e recebiam caiação branca e suas argamassas eram compostas de barro, saibro e cal.

Nestas quatro edificações históricas escolhidas para o campo amostral deste trabalho, também observou-se que as alvenarias de onde foram coletadas as

amostras são do século XIX, o que foi concluído através de comparações de dimensões de tijolos fornecidos num inventário feito por Ulysses Pernambucano de Mello Neto (1981), na revista do Instituto Arqueológico, Histórico e Geográfico Pernambucano, fruto de uma pesquisa arqueológica e histórica no Cabo de Santo Agostinho e na Baía de Suape (Quadro 01).

Quadro 01- Dimensões dos tijolos e datação das alvenarias do Engenho Monjope

Fonte: Autora, 2019.

EDIFICAÇÃO	MATERIAIS /DIMENSÕES DOS TIJOLOS (comprimento x largura x altura)	IMAGENS	DATAÇÃO DAS ALVENARIAS EM SÉCULOS
CASA GRANDE	Tijolo cerâmico maciço 30cm x 14cm x 7		Século XIX
CAPELA	Tijolo cerâmico maciço 20cm x 12,5cm x 6cm		Século XIX
SENZALA	1. Tijolo cerâmico maciço 28cm x ? x 6cm 2. tijolo de argila 14cm x ? x 8cm		1. Século XIX 2. Século XIX

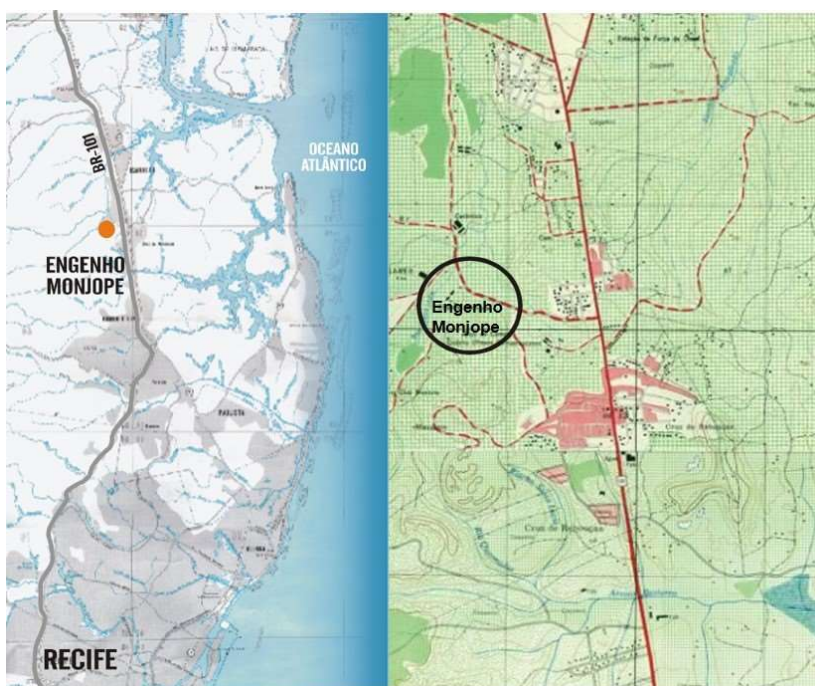
FÁBRICA	1. Tijolo cerâmico maciço (pilar): 26cm x 13cm x 7cm 2. Tijolo da alvenaria 18cm x ? x 5,5 cm		1. Tijolos do pilar: século XIX 2. Tijolo da alvenaria: século XIX
? Não foi possível identificar estas dimensões pois os tijolos tinham partes recobertas.			

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

O material utilizado nesta pesquisa consiste em amostras de argamassas de revestimento e de assentamento dos edifícios históricos do Engenho Monjope, situado no distrito de Cruz de Rebouças, município de Igarassu a 30 km do Recife (Figura 08) e que atualmente não está aberto a visitas.

Figura 08 - Localização do Engenho Monjope – PE



Fonte: FUNDARPE, 2008.

As amostras foram retiradas da Casa - Grande, Senzala, Fábrica e Capela do engenho e foram coletadas *in loco*, no dia 27 de abril de 2019, com autorização da Fundação do Patrimônio Histórico e Artístico de Pernambuco (FUNDARPE), órgão responsável pelo tombamento do Engenho, processo que teve início em 1986 e foi concluído apenas em 2008, estando o ofício da solicitação da autorização das visitas nos anexos deste trabalho. Nesta visita técnica, que teve a duração de 5 horas (das 9h às 13h), o chefe da célula de tombamento, Roberto Carneiro da Silva, esteve presente durante todo o tempo, indicando os locais de possíveis coletas e também os riscos que as edificações apresentavam (a exemplo de possíveis desabamento de telhas ou locais de alto risco). Apesar de terem sido feitas algumas obras emergenciais, o Engenho apresenta um estado de grande decadência, inclusive áreas

recentemente restauradas com argamassas possivelmente inapropriadas de material cimentício, que já apresentam grave estado de deterioração.

A coleta foi realizada com auxílio de talhadeira e martelo, e armazenada em sacos plásticos com fecho zip e logo depois foram devidamente identificados com etiquetas adesivas. Primeiramente foram coletadas amostras de argamassas de revestimento, e depois das argamassas de assentamento.

Ao todo foram coletadas 8 amostras, sendo 4 amostras de argamassa de revestimento e 4 de assentamento, sendo duas (02) da Casa Grande denominadas CG01 e CG02 (Figura 9); duas (02) da Capela, denominadas CP01 e CP02 (Figura 10), duas (02) da Senzala, denominadas SZ01, SZ02 (Figura 11); duas (02) da Fábrica, denominadas FB01 e FB02 (Figura 12) e. As amostras com terminação 01 na nomenclatura são as de revestimento e as com terminação 02, as de assentamento, conforme apresentado no quadro 02.

Figura 09 - Coleta de argamassas de revestimento (A) e de assentamento (B) da Casa Grande do Engenho Monjope- PE



Fonte: Autora, 2019.

Figura 10 - Coleta de argamassas de revestimento (A) e de assentamento (B) da Capela do Engenho Monjope- PE



Fonte: Autora, 2019.

Figura 11 - Coleta de argamassas de revestimento (A) e de assentamento (B) da Senzala do Engenho Monjope – PE



Fonte: Autora, 2019.

Figura 12 - Coleta de argamassas de revestimento (A) e de assentamento (B) da Fábrica do Engenho Monjope- PE

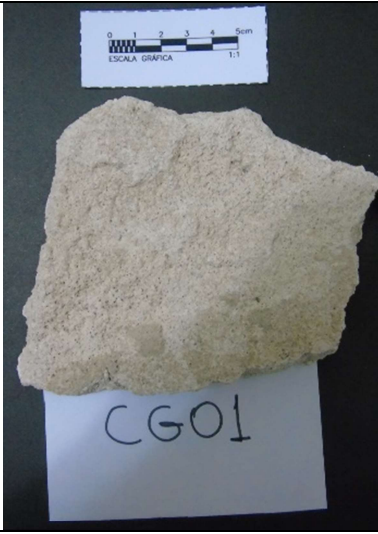
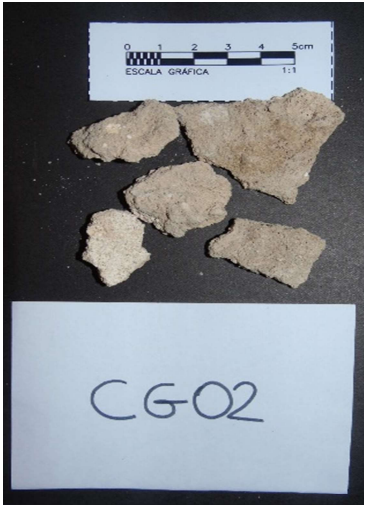
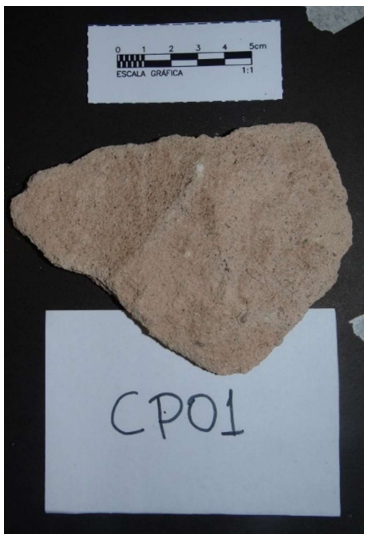


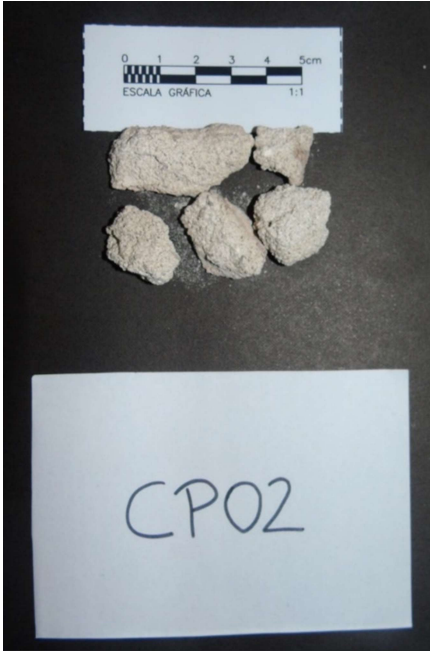
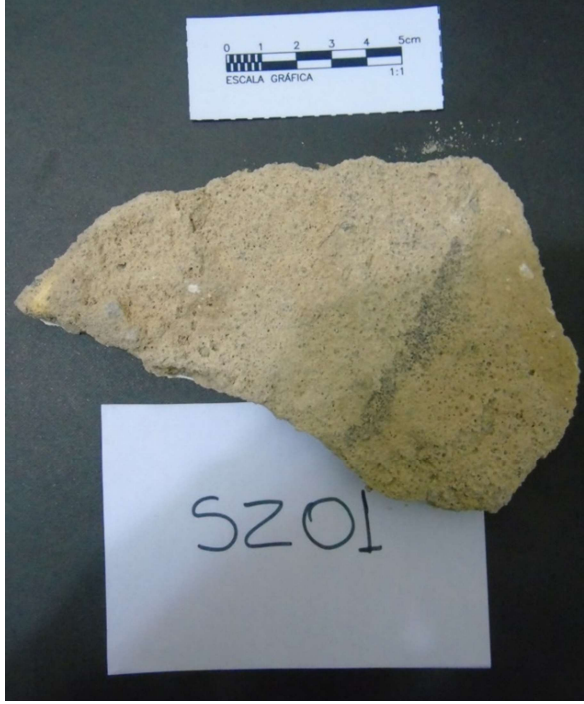
Fonte: Autora, 2019.

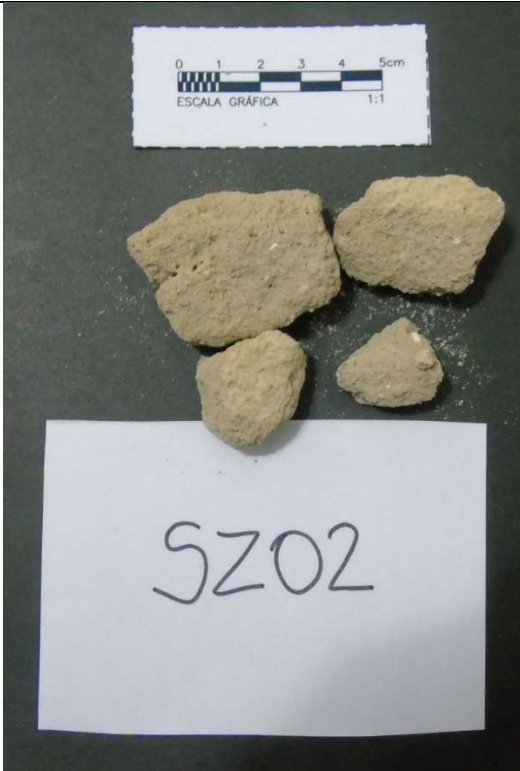
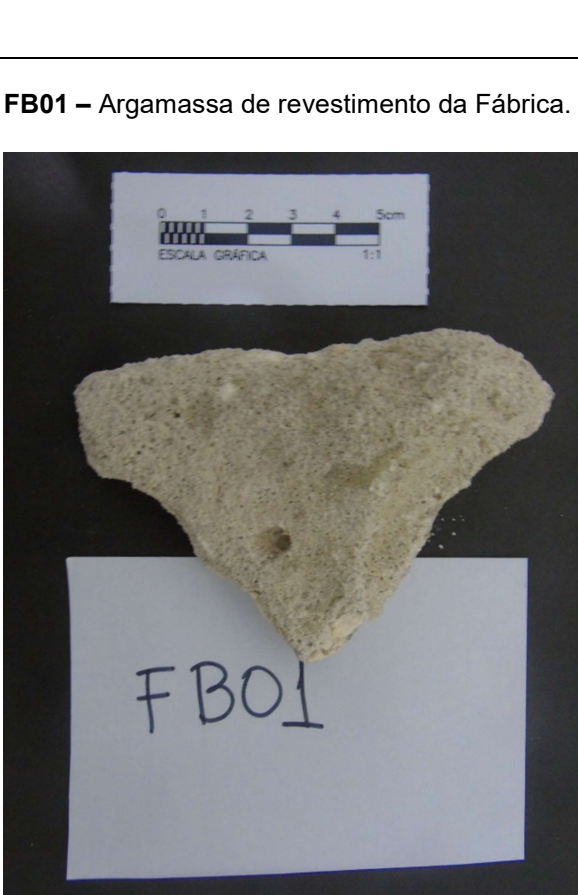
O quadro 2 apresenta a descrição de algumas propriedades organolépticas das argamassas coletadas, como textura, porosidade aparente, cor observada na lupa de (10x) e a descrição de pesagem, espessura máxima e pontos de coleta.

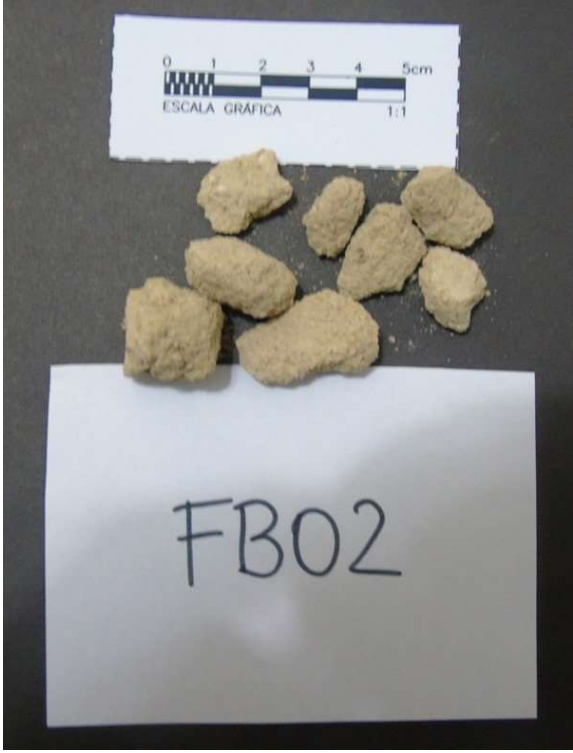
Quadro 02- Identificação das amostras de argamassa

IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS	DESCRIÇÃO	PONTO DE COLETA
CG01 – Argamassa de revestimento da Casa-Grande.	Parte mais superficial da argamassa de revestimento. Argamassa bastante porosa de cor branca (10YR8/2- White), com predominância de cal e areia. Pesagem: 277,5g Espessura máxima: 16,95mm	Abaixo do capitel do segundo pilar (da direita para esquerda do observador)

			
CG02 – Argamassa de assentamento da Casa-Grande. 		Argamassa de assentamento dos tijolos do pilar que sustentam o arco. Material desagregado e bastante porosa de cor marrom clara (10YR8/3 – very pole brown), com predominância de cal e areia e visível presença de material argiloso. Pesagem: 49,5g Espessura máxima: 86,8mm	Abaixo do capitel do segundo pilar (da direita para esquerda do observador)
CP01 – Argamassa de revestimento da Capela. 		Argamassa de revestimento da base da coluna. Argamassa extremamente porosa, de cor rosa (5YR7/3-Pink), com predominância de cal e areia e aspecto rosado devido à presença de feldspato. Pesagem: 199,5g Espessura máxima: 13,27mm	Base da coluna da empena que arremata a nave central, ao lado direito do observador.

CP02 - Argamassa de Assentamento da Capela. 	Argamassa de assentamento da base da coluna. Argamassa desagregada e bastante porosa, na cor de cor branca (10YR8/2- White), com predominância de cal e areia. Pesagem: 33,55g Espessura máxima: 10,95mm	Base da coluna da empena que arremata a nave central, ao lado direito do observador.
SZ01 – Argamassa de revestimento da Senzala. 	Argamassa de revestimento da parede. Material extremamente poroso, na cor marrom (10YR7/4 - very pole brown), com predominância de cal e areia, visível presença de material argiloso e apresentando visível material fibroso. Pesagem: 303g Espessura máxima: 14,77mm	Canto inferior direito da segunda janela, contando do lado direito para o esquerdo do observador.
SZ02 – Argamassa de assentamento da senzala.	Argamassa de assentamento do tijolo da parede. Material desagregado e extremamente poroso,	Canto inferior direito da segunda janela, contando do lado direito para o esquerdo do observador.

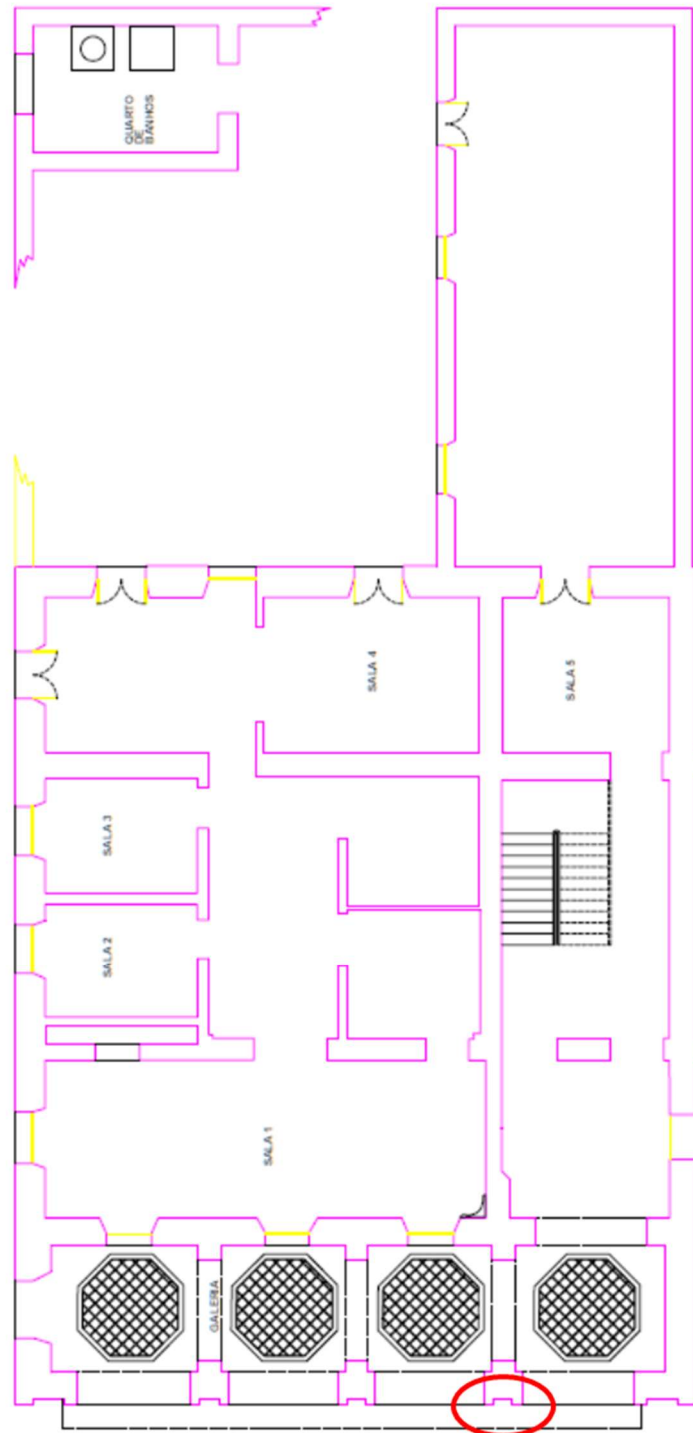
	na cor marrom (10YR7/4 -very pole brown), com predominância de cal e areia e visível presença de material argiloso. Pesagem: 114,5g Espessura máxima: 17,13mm	
FB01 – Argamassa de revestimento da Fábrica. 	Argamassa de revestimento da parede. Argamassa extremamente porosa, na cor cinza claro (10YR7/2- Light Gray), com predominância de cal e areia. Pesagem: 431g Espessura máxima: 27,96mm	Parede perpendicular à empena que está paralela à roda d'água.

FB02 - Argamassa de Assentamento da Fábrica. 	Argamassa de assentamento dos tijolos do pilar. Argamassa extremamente porosa, na cor marrom clara (10YR7/3- very pale brown), com predominância de cal e areia e visível presença de material argiloso. Pesagem: 92,5g Espessura máxima: 19mm	2 pilar, da direita para a esquerda, a partir da parede perpendicular à empena que está paralela à roda d'água.
---	---	--

Fonte: Autora, 2019.

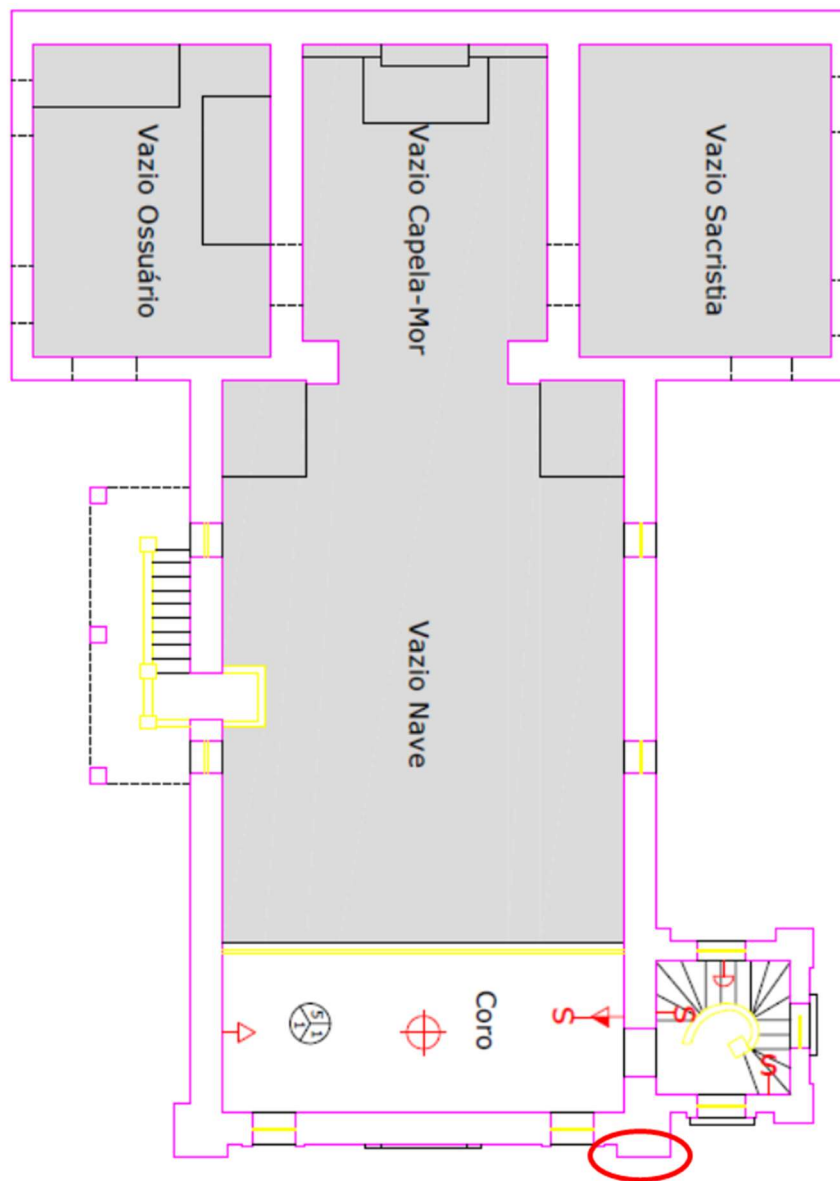
As figuras 13, 14, 15 e 16 ilustram os pontos de coleta em cada edificação, que estão descritos no quadro 2. Estes pontos de coleta foram determinados pelo chefe da célula de tombamento da FUNDARPE – Roberto Carneiro da Silva.

Figura 13 - Planta Baixa da Casa - Grande do Engenho Monjope - PE (sem escala) A elipse pontua o local de retirada das amostras CG01 e CG02



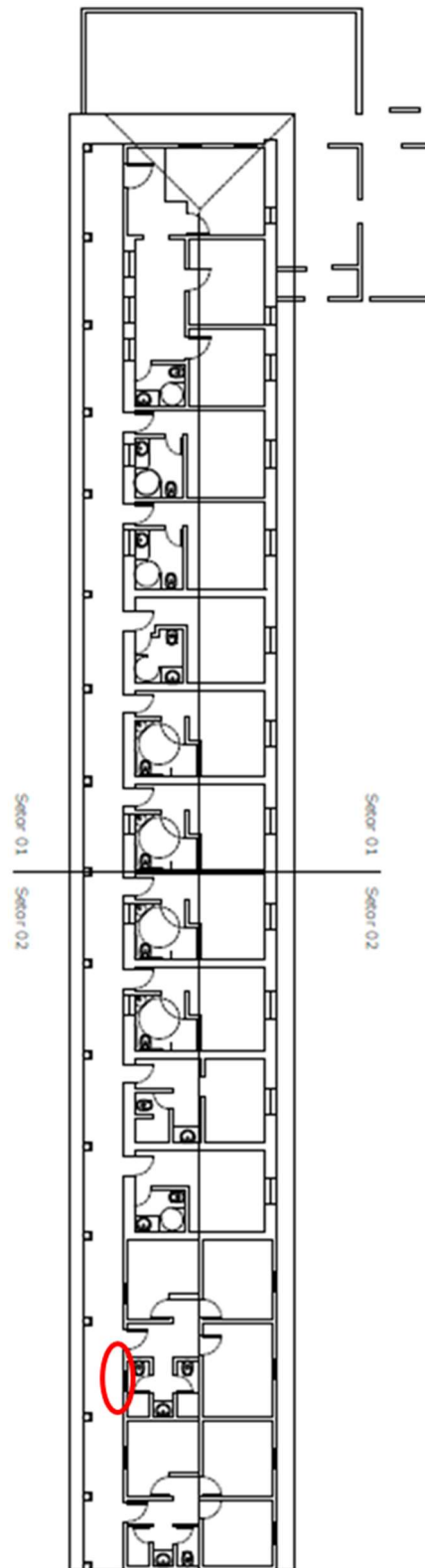
Fonte: Adaptado do Material cedido pela DPC - diretoria de Preservação Cultural da FUNDARPE, 2008- Projeto do Centro de Referência Cultural e Turístico Engenho Monjope – Igarassu.

Figura 14 - Planta Baixa da Capela do Engenho Monjope – PE (sem escala). A elipse pontua o local de retirada das amostras CP01 e CP02



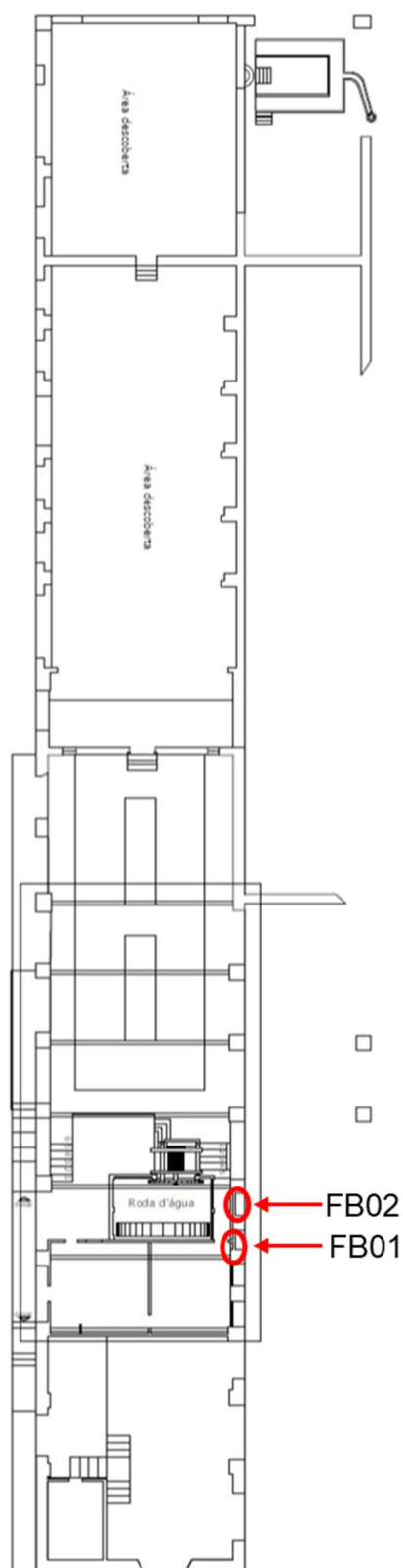
Fonte: Adaptado do Material cedido pela DPC - diretoria de Preservação Cultural da FUNDARPE, 2008 – Projeto do Centro de Referência Cultural e Turístico Engenho Monjope – Igarassu.

Figura 15 - Planta Baixa da Senzala do Engenho Monjope – PE (sem escala). A elipse pontua o local de retirada das amostras SZ01 e SZ02



Fonte: Adaptado do Material cedido pela DPC - diretoria de Preservação Cultural da FUNDARPE, 2008 – Projeto do Centro de Referência Cultural e Turístico Engenho Monjope- Igarassu.

Figura 16 - Planta Baixa da Fábrica do Engenho Monjope – PE (sem escala). As elipses pontuam o local de retirada das amostras FB01 e FB02.

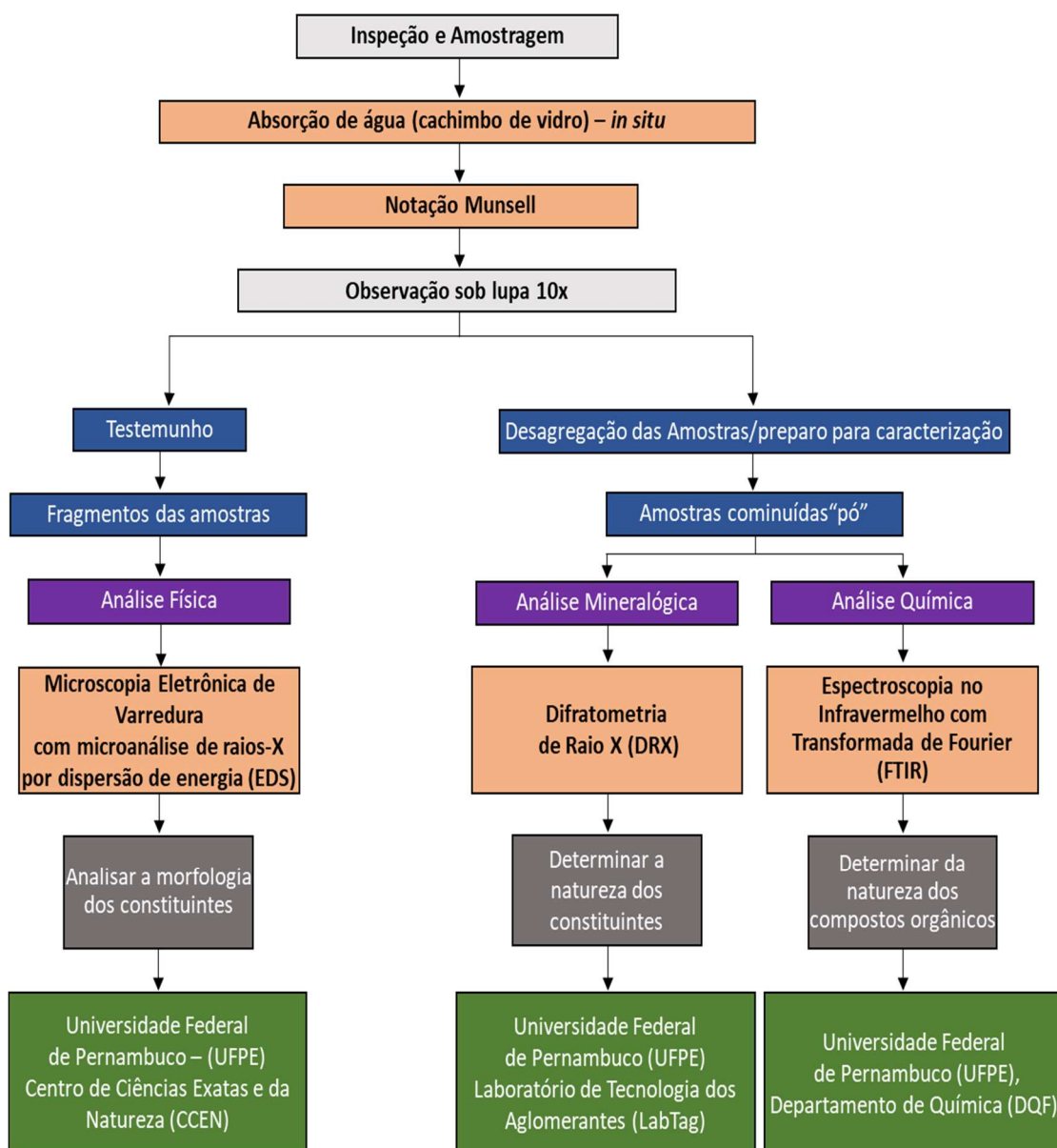


Fonte: Adaptado de Material cedido pela DPC - diretoria de Preservação Cultural da FUNDARPE, 2008 – Projeto do Centro de Referência Cultural e Turístico Engenho Monjope- Igarassu

3.2 Métodos

A figura 17 ilustra o resumo do programa experimental adotado neste trabalho. Inicialmente foi feita a Inspeção e retirada das amostras no local. O ensaio de absorção do tubo de Karsten também foi realizado *in situ*. Em seguida, foi realizado o ensaio de notação Munsell e observação sob lupa de 10x, para determinação da cor e algumas propriedades organolépticas das amostras. Posteriormente, foi feita a retirada dos testemunhos e os mesmos foram preparados conforme os ensaios a serem realizados.

Figura 17 – Caracterização adotada nesta pesquisa



Fonte: Autora, 2020.

3.2.1 Preparação das amostras

As amostras foram inicialmente observadas a olho nu e com auxílio de lupa 10x (Figura 18), para catalogação fotográfica, descrição das propriedades organolépticas e definição das cores, conforme a tabela de cores Munsell (1975).

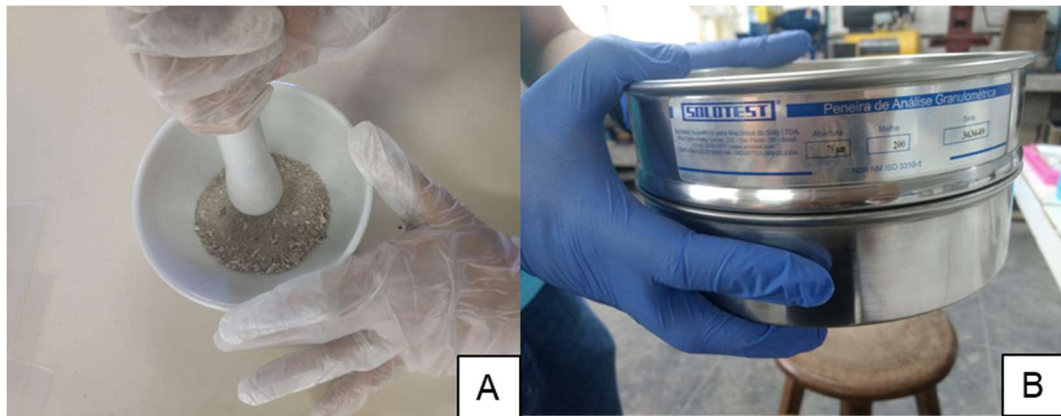
Figura 18 - Argamassa de assentamento da Senzala observada na lupa de 10x



Fonte: Autora, 2019.

A preparação das amostras para o ensaio de Difractometria de Raios X – (DRX), e para o Ensaio de Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) foi realizada no Laboratório de Construção Civil da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. As amostras de argamassa foram cominuídas com almofariz de porcelana (Figura 19A), em seguida utilizou-se a peneira de abertura de 75 μ m (200 *mesh*) (Figura 19B).

Figura 19 - Argamassas sendo cominuídas com Almofariz de porcelana (A) e peneira de 75µm



Fonte: Autora, 2019.

Visando evitar a contaminação, todos os acessórios eram esterilizados com álcool 70° INPM, secos em estufa por 30min a 100°C (Figura 20A). Após preparadas devidamente, as amostras eram coletadas com uma espátula e armazenadas em tubos criogênicos devidamente identificados e etiquetados (Figura 20B).

Figura 20 - Estufa do Laboratório de Construção Civil da UFPE utilizada para esterilização dos instrumentos (A) e tubos criogênicos para armazenar as amostras



Fonte: Autora, 2019.

Para o Ensaio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foram coletados fragmentos das amostras, com pinça devidamente esterilizadas com álcool 70° INPM.

Andrade, Olivi e Silva (2020) citam que amostras isolantes tendem a acumular carga elétrica, já que em um MEV podem ser analisados materiais de naturezas diversas. Por isto, faz-se necessário o recobrimento das amostras com carbono (processo de evaporação) ou ouro (processo de metalização), graças à capacidade que esses elementos têm de aterrar as amostras. Para esta pesquisa, as amostras foram coladas nos porta amostras de alumínio com fita adesiva dupla face e então metalizadas com ouro, para melhorar o nível de emissão de elétrons secundários.

3.2.2 Ensaio de Absorção do cachimbo de vidro (tubo de Karsten)

A porosidade é o mecanismo que controla o fluxo de umidade, a penetração do ar na estrutura e a carbonatação do hidróxido de cálcio, sendo um dos princípios mais relevantes a serem apontados nas argamassas de cal, pois reflete nos mecanismos de desgaste, no comportamento higroscópico, na resistência à compressão e flexão, bem como na durabilidade das argamassas (KANAN, 2008).

O tubo de Karsten consiste em aferir a água absorvida pela superfície, num determinado período de tempo, objetivando mensurar a permeabilidade da água sob baixa pressão (TORGAL et al., 2009).

O ensaio foi realizado *in situ* no dia 14 de novembro de 2019, utilizando o tubo com graduação de 0 a 4ml, nas argamassas de revestimento da Casa-Grande, da Capela, da Senzala e da Fábrica. No processo de preparo das alvenarias, foi feita uma raspagem com bisturi na superfície, para retirar a tinta, em seguida foi feita a limpeza com uma trincha (Figura 21A). Após a limpeza, o tubo de Karsten foi fixado nas alvenarias com massa acrílica (Figura 21B).

Figura 21 -A - Preparação e limpeza da superfície para aplicação do tubo de Karsten. B - Tubo de Karsten fixado na superfície com massa acrílica



Fonte: Autora, 2019.

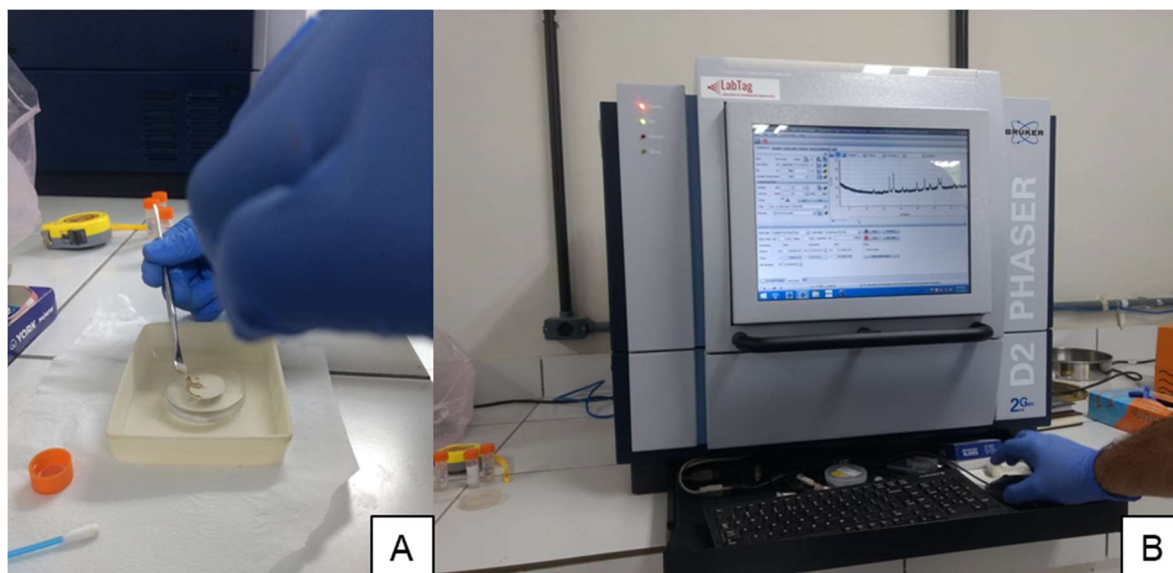
Logo após a fixação do cachimbo na parede, colocou-se água destilada pelo topo do instrumento com auxílio de um funil, até a mesma atingir a marca de 4ml, sendo iniciada a contagem do tempo. Foram coletados os dados de tempo, temperatura e umidade a cada 1 ml de água absorvido.

3.2.3 Difratometria de Raios X – DRX

O ensaio foi realizado na Universidade Federal de Pernambuco, no Centro de tecnologia e Geociências – CTG, no Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do Laboratório de Tecnologia dos Aglomerantes – LabTag. O equipamento utilizado foi o Bruker D2 Phaser (Figura 22B) operando com 300W (30kV e 10mA), radiação Cu-K α ($\lambda = 1,5406\text{\AA}$) utilizando o detector Bruker- Lynxeye.

As amostras pulverizadas foram compactadas numa porta amostra de acrílico (Figura 22A) e os parâmetros utilizados para a análise foram: faixa de varredura 5-80° (2 θ), com passo do goniômetro de 0,05° e 0,5 segundos por passo.

Figura 22 - Compactação das amostras (A). Difratometro de Raio X (B).



Fonte: Autora, 2019.

A análise de DRX feita em amostras finamente fragmentadas permite a identificação de substâncias cristalinas presentes que possuam a concentração acima de 5% na amostra. De uma forma geral, componentes amorfos não são detectados ou mesmo podem atrapalhar na detecção de certas substâncias cristalinas presentes,

por isso que a caracterização de argamassas não pode ser feita unicamente com tal ensaio (MOROPOULOU; BAKOLAS; BISBIKOU, 1995).

3.2.4 Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR).

A caracterização foi realizada no Departamento de Química Fundamental – DQF, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). As amostras das argamassas foram preparadas utilizando o método de pastilha de KBr. As análises foram conduzidas espectrofotômetro com Transformada de Fourier (FTIR) modelo Spectrum 400 Perkin Elmer, na região entre 4000 cm^{-1} a 400 cm^{-1} .

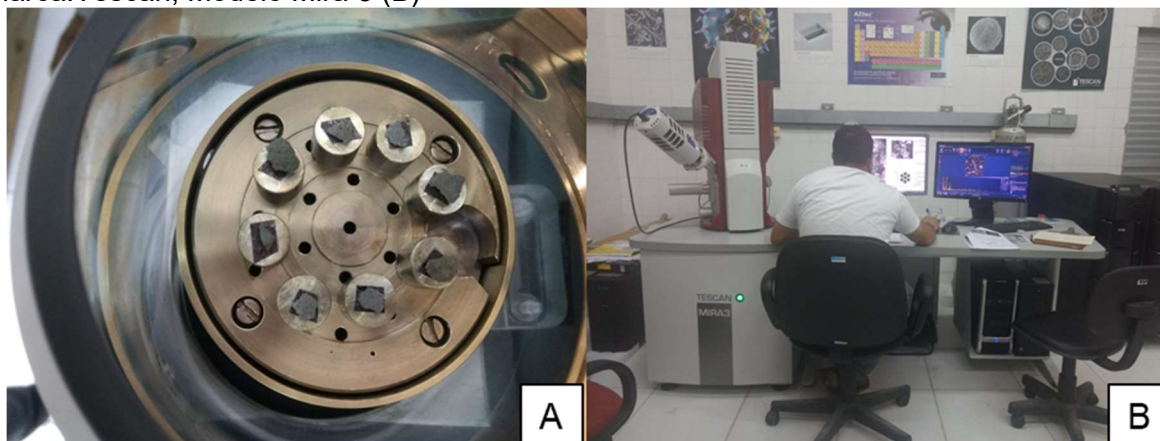
O FTIR permite identificar a natureza dos compostos orgânicos presentes nas amostras.

3.2.5 Ensaio de Microscopia Eletrônica de Varredura com EDS (MEV-EDS)

A caracterização foi realizada no Departamento de Física, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). As amostras das argamassas foram fragmentos do seu estado bruto, metalizadas com ouro, obtendo uma espessura de 10 nm, logo após foram visualizadas pelo método de elétrons secundários e EDS, obtendo as micrografias e mapas qualitativos e quantitativos das amostras no Microscópio Eletrônico de Varredura, marca: TESCAN modelo: MIRA 3 (Figura 23).

Seguindo os preceitos de Veiga et al (2004) *apud* SOUZA (2011), nesta pesquisa determinou-se a não realização de ataque químico nem análise química por via úmida nas amostras, visto que, se possíveis fragmentos de conchas fossem encontrados nas amostras, também seriam diluídos pelo ataque.

Figura 23- Amostras após a metalização (A) e Microscópio Eletrônico de Varredura Marca: Tescan; Modelo Mira 3 (B)



Fonte: Autora, 2019.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise Visual - Especificação de cores de acordo com o sistema de notação Munsell ABNT NBR 12694/ 1992

No quadro abaixo estão identificadas as nomenclaturas das cores das argamassas conforme as orientações da carta de cores do solo Munsell. O ensaio foi realizado na biblioteca do Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

Quadro 03 - Quadro de identificação das cores das argamassas através do sistema de notação Munsell

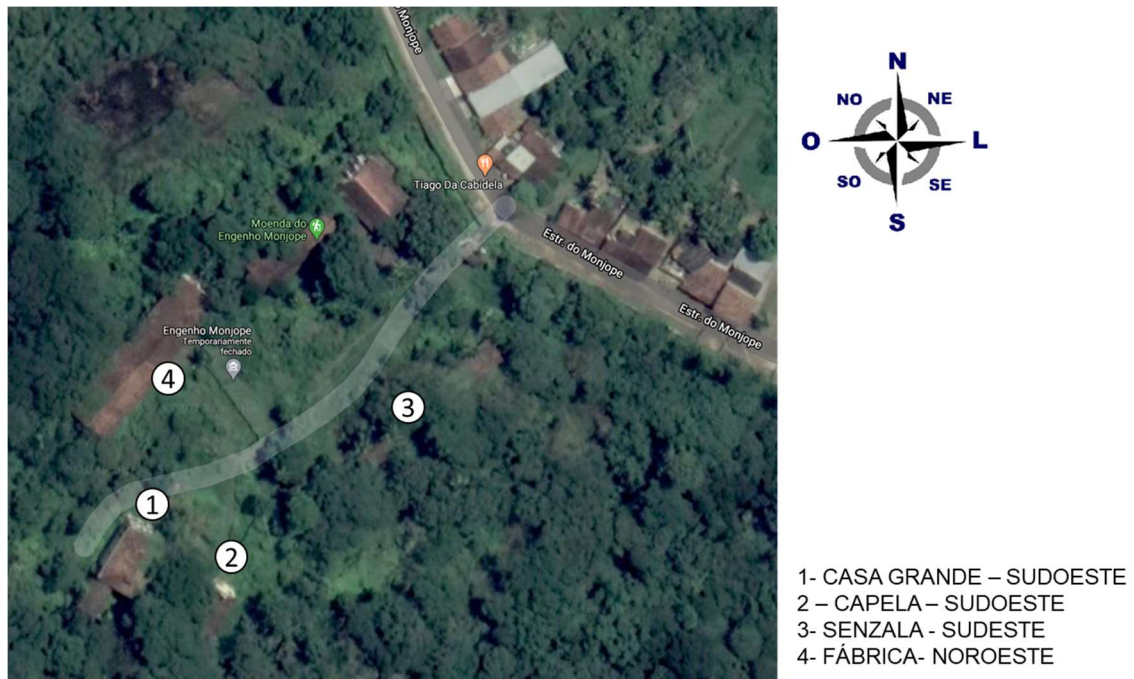
Identificação	Edificação	Hue (Matiz)	Value/ Chroma (Brilho/ Saturação)	Cor de acordo com o sistema de notação Munsell
Amostra:CG01	Casa - Grande	10YR	8/2	White
Amostra:CG02	Casa - Grande	10YR	8/3	Very Pole Brown
Amostra:CP01	Capela	5YR	7/3	Pink
Amostra:CP02	Capela	10YR	8/2	White
Amostra:SZ01	Senzala	10YR	7/4	Very Pole Brown
Amostra:SZ02	Senzala	10YR	7/3	Very Pole Brown
Amostra:FB01	Fábrica	10YR	7/2	Light Gray
Amostra:FB02	Fábrica	10YR	7/3	Very Pole Brown

Fonte: Autora, 2020.

4.2 Teste de porosidade por absorção capilar (Tubo de Karsten)

Neste ensaio foram observadas a localização das edificações (Figura 24), a direção dos ventos nas edificações, bem como temperatura e umidade no momento do experimento.

Figura 24 - Localização do Engenho Monjope e orientações das edificações históricas

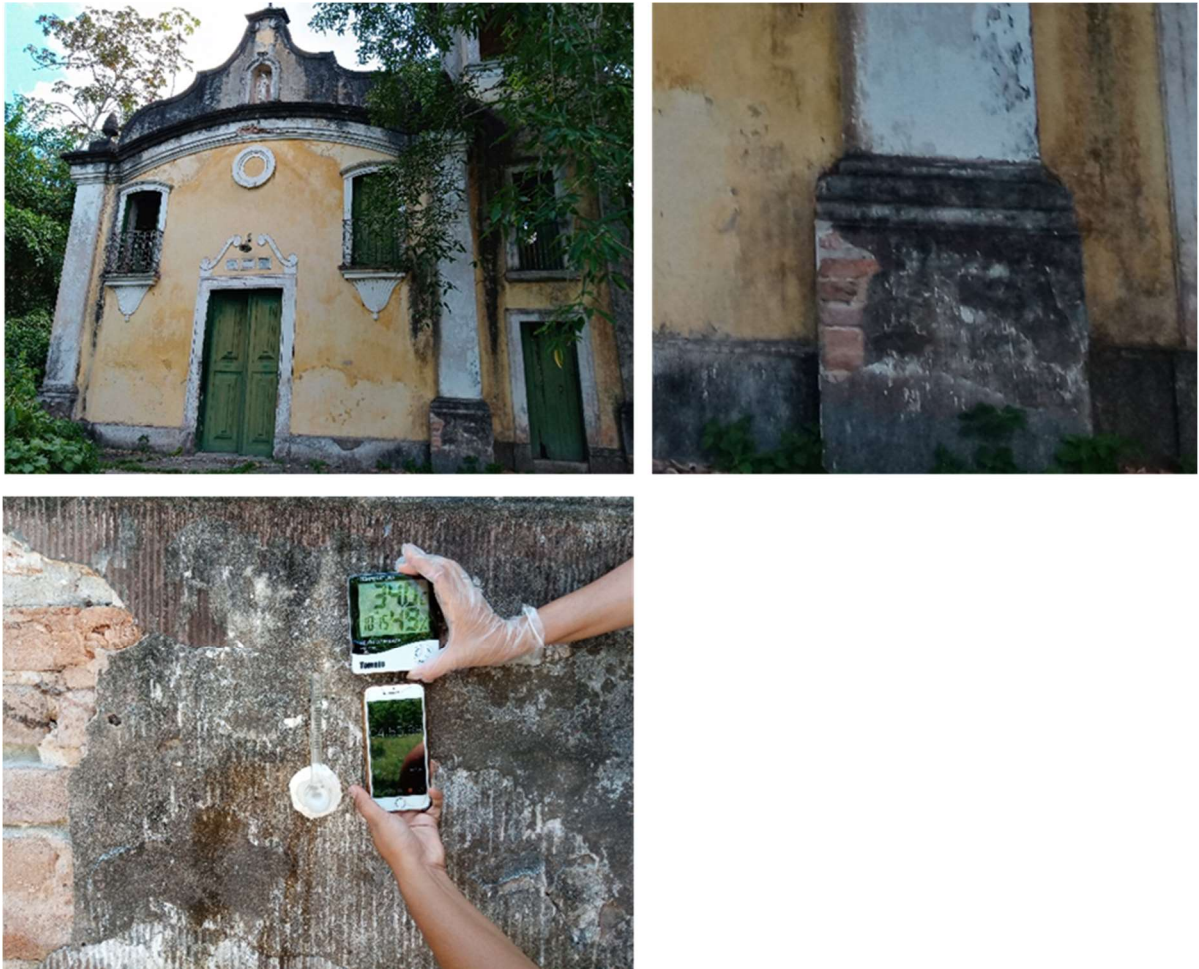


Fonte: Google Maps, 2020 adaptado.

4.2.1 Capela

O tubo de Karsten foi fixado na parede externa frontal (posição sudoeste), na argamassa de revestimento da base da coluna da fachada, à direita do observador, no pavimento térreo (Figura 25). Os testes foram realizados *in loco*, no dia 14 de novembro de 2019, às 10h e 10min.

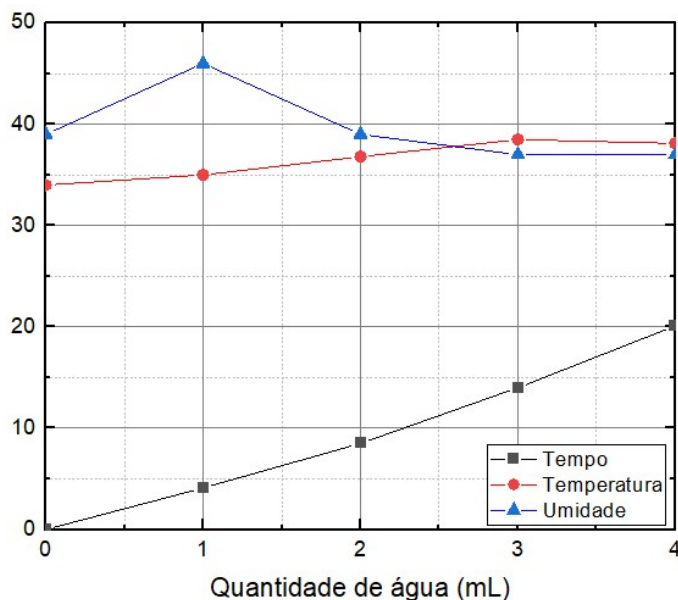
Figura 25 - Local de Fixação do tubo de Karsten na Capela



Fonte: Autora, 2019.

O teste de porosidade por absorção capilar (Figura 26) indica que inicialmente houve um aumento da umidade (de 39% para 46%), que foi rapidamente absorvida pela argamassa mantendo o equilíbrio do sistema (ficando entre 37 e 39%). A temperatura variou entre 34°C e 38,50°C. A umidade variou entre 39 e 46% e a absorção total dos 4ml ocorreu em 20'10".

Figura 26 -Teste de porosidade por absorção capilar realizado na Capela. A contagem do tempo foi realizada em minutos, segundos e milésimos de segundos, a temperatura em graus Celsius e a umidade em percentuais



Fonte: Autora, 2020.

A notação Munsell sugere a coloração rosa, e as observações na lupa sugerem uma argamassa predominantemente de cal e areia, tendo o aspecto rosado atribuído possivelmente a algum mineral.

4.2.2 Casa Grande

O experimento foi realizado na parede externa frontal, no revestimento externo, na base do pavimento térreo, na posição Sudoeste (Figura 27). Os testes foram realizados *in situ*, no dia 14 de novembro de 2019, às 10h e 55min.

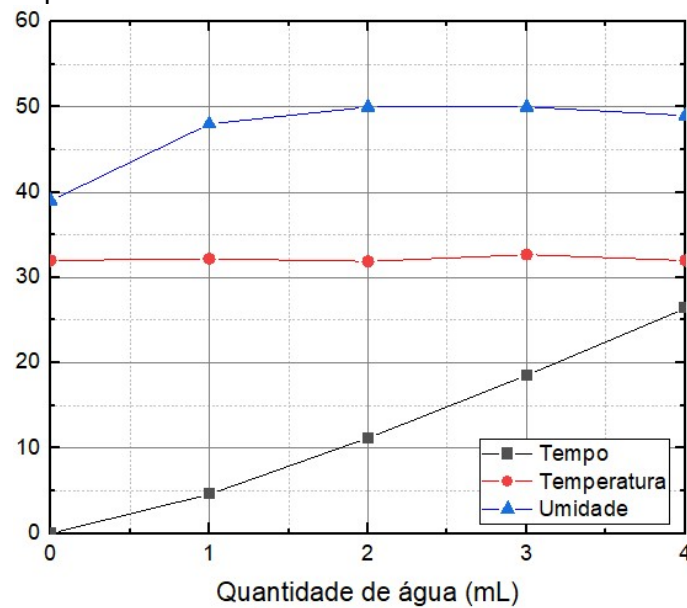
Figura 27 -Local de Fixação do tubo de Karsten na Casa – Grande



Fonte: Autora, 2019.

Como observado no gráfico da figura 28, inicialmente houve um aumento da umidade (de 39% para 48%), que foi rapidamente absorvida pela argamassa mantendo o equilíbrio do sistema (entre 49% e 50%). A temperatura variou entre 31,90°C e 32,90°C e absorção total dos 4ml ocorreu em 26'39". O tempo de absorção total foi maior que o da capela, mesmo sendo um material ainda mais poroso, o que pode estar relacionado aos maiores percentuais de umidade do ar no momento do ensaio e também à temperatura que estava mais amena.

Figura 28- Teste de porosidade por absorção capilar realizado na Casa-Grande. Tempo em minutos, segundos e centésimos de segundos, temperatura em graus Celsius e umidade em percentuais



Fonte: Autora, 2020.

A velocidade da absorção pela superfície, o aspecto observado na lupa e a cor branca determinada pela notação Munsell sugerem que a argamassa seja predominantemente composta por cal e areia.

4.2.3. Fábrica

O ensaio foi realizado na parede externa posterior revestimento interno, junto à mata, no 1º pavimento, no ambiente aberto, ventilado à Noroeste (Figura 29). Os testes foram realizados no local no dia 14 de novembro de 2019, às 11h e 36min.

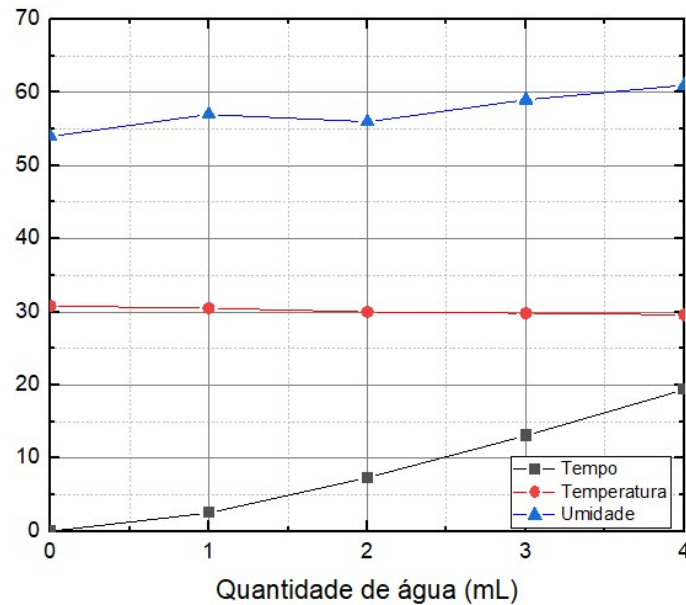
Figura 29 - Local de Fixação do tubo de Karsten na Fábrica



Fonte: Autora, 2019.

Ao longo do teste (Figura 30) houve aumento da umidade e redução da temperatura, o que fez com que a absorção fosse mais rápida no início. A temperatura variou entre 30,80°C no início do teste e 29,60°C no final. A umidade era de 54% na marca de 0ml e de 61% em 4ml. O tempo total de absorção dos 4ml foi de 19,36 minutos, o que pode ter ocorrido também por influência das condições climáticas.

Figura 30- Teste de porosidade por absorção capilar realizado na Fábrica. Tempo em minutos, segundos e centésimos de segundos, temperatura em graus Celsius e umidade em percentuais.



Fonte: Autora, 2020.

A notação Munsell sugere a cor cinza claro (quase branca), indicando a coloração de uma argamassa com provável predominância de cal e areia.

4.2.4. Senzala

Parede externa frontal, revestimento externo, base, pavimento térreo, na posição Sudeste. Área arborizada, permanência de sombra (Figura 31). O teste ocorreu no local, no dia 14 de novembro de 2019 às 12h e 15min.

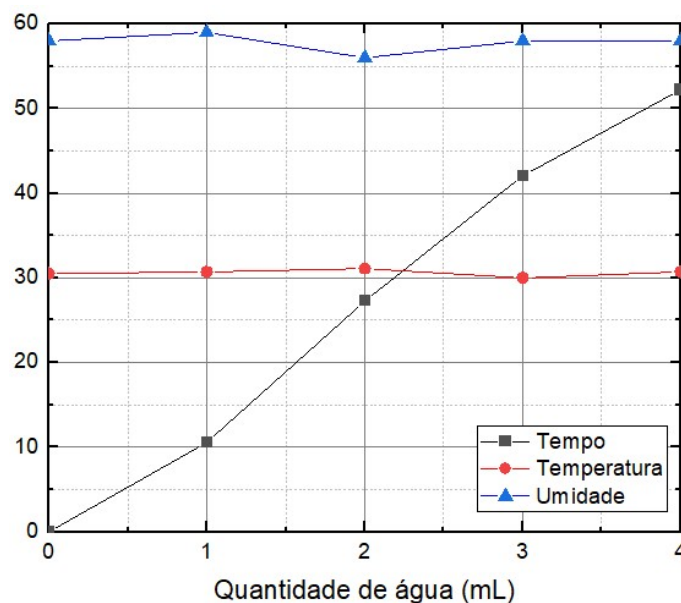
Figura 31 -Local de Fixação do tubo de Karsten na Senzala



Fonte: Autora, 2019.

A umidade e a temperatura do local se mantiveram e a absorção foi lenta. A temperatura variou entre 30,50°C e 31,10°C e a umidade entre 56% e 58% e Absorção total de 4ml ocorreu em 52'23" (Figura 32).

Figura 32- Teste de porosidade por absorção capilar realizado na Senzala. Tempo em minutos, segundos e centésimos de segundos, temperatura em graus Celsius e umidade em percentuais



Fonte: Autora, 2020.

A observação visual com a lupa e notação Munsell sugere a cor marrom, indicando uma argamassa bastarda, provavelmente composta por cal, areia e argila.

É notório que a alvenaria da senzala, que tem o aspecto de uma argamassa de revestimento bastarda levou muito mais tempo para absorver a água destilada do que as outras três amostras, que possuem aspecto esbranquiçado ou cinzento (provavelmente contendo mais areia do que argila na composição dos agregados). Em partes, isso pode ser atribuído à umidade elevada na hora do ensaio (entre 56 e 58%) e à temperatura mais amena que a dos outros experimentos, porém é válido reforçar que sendo uma argamassa que possivelmente contenha material mais argiloso, torna-se um material menos permeável.

Pinto (2006), cita que os coeficientes de permeabilidade reduzem conforme haja redução das partículas e também dos vazios do solo, o que é ratificado pela correlação estatística obtida por Hazen, para areias com $CNU < 5$ (coeficiente de não uniformidade), entre o coeficiente de permeabilidade e o diâmetro efetivo do solo:

$$K = 100 D^{2\text{efet}}$$

Sendo o diâmetro expresso em *cm* e o coeficiente de permeabilidade em *cm/s*. A tabela abaixo, obra do mesmo autor, cita valores de coeficientes de permeabilidade em solos sedimentares (Tabela 02).

Tabela 02- Alguns valores de coeficiente de permeabilidade

Argilas	$< 10^{-9}$ m/s
Siltos	10^{-6} a 10^{-9} m/s
Areias argilosas	10^{-7} m/s
Areias finas	10^{-5} m/s
Areias médias	10^{-4} m/s
Areias grossas	10^{-3} m/s

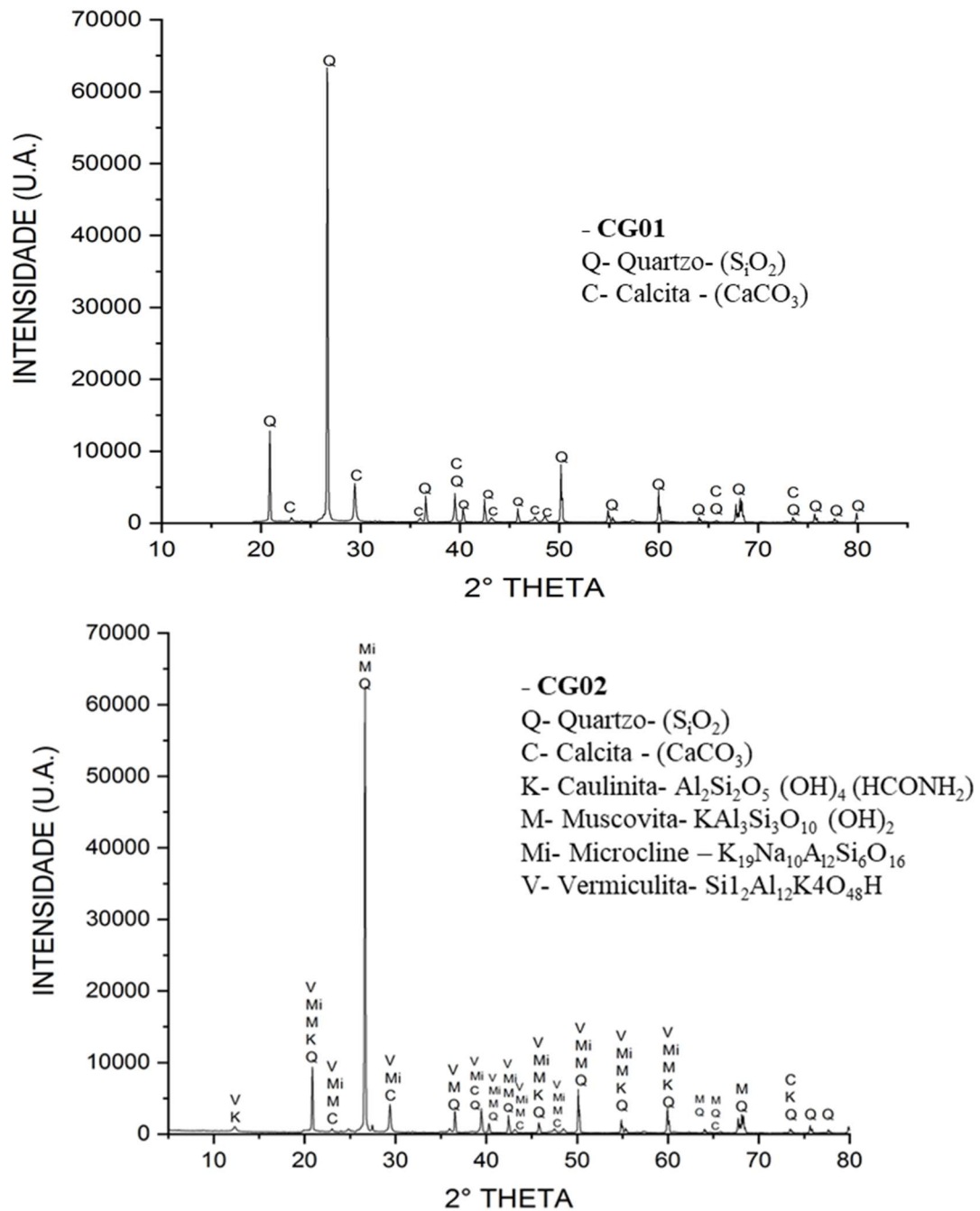
Fonte: Adaptado de Pinto, 2006.

4.3 Análise Estrutural (DRX)

4.3.1 Amostras da Casa Grande

A figura 33 representa as análises difratométricas das amostras da Casa-Grande.

Figura 33- Resultados da análise difratométrica das amostras das argamassas da Casa-Grande.



Fonte: Autora, 2020.

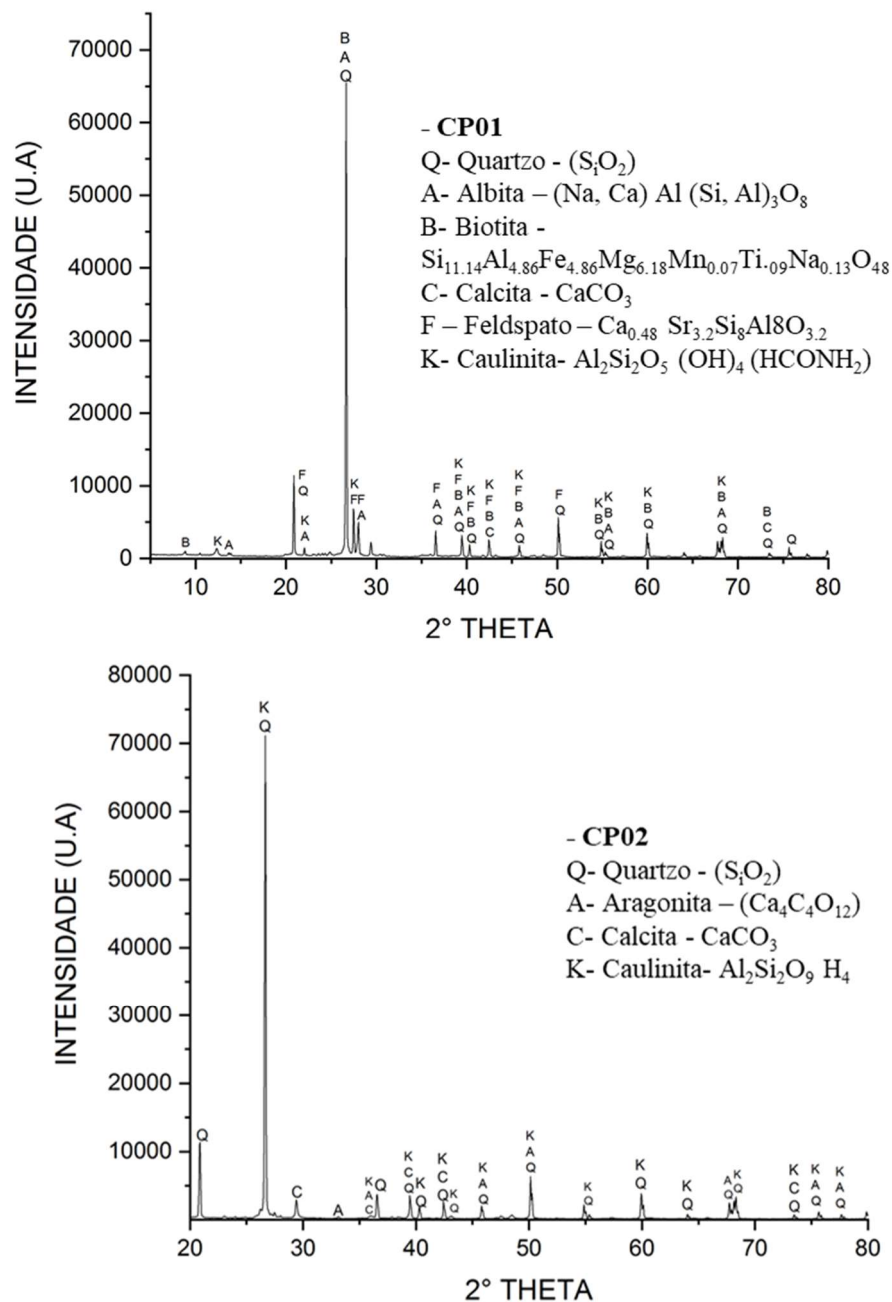
No difratograma correspondente à amostra CG01 (Figura 33) foram identificados os picos de quartzo e calcita, destacando-se o pico do ângulo de difração em 2θ : $26,7^\circ$; na distância interplanar $3,34\text{\AA}$ e o pico de sobreposição de quartzo e calcita na distância interplanar $2,28\text{\AA}$ e $1,42\text{\AA}$ em $2\theta=39,51^\circ$ e $65,8^\circ$, respectivamente. O pico máximo de quartzo foi encontrado em $3,34\text{\AA}$ ($2\theta=26,68^\circ$). O gráfico mostra que o material analisado possui 94% de óxido de silício (quartzo) e 6% de carbonato de cálcio (calcita). Esses resultados corroboram com o material encontrado, constituindo um material com predominância de areia e cal, conforme apresentado no difratograma.

No difratograma da amostra CG02 (Figura 33) os picos de maior intensidade na distância interplanar de $3,34\text{\AA}$ ($26,64^\circ; 2\theta$) contém quartzo, muscovita e microcline e na distância interplanar de $3,038\text{\AA}$ ($29,39^\circ; 2\theta$) foram observadas calcita, microcline e vermiculita.

Na distância interplanar de $4,26\text{\AA}$ ($25,85^\circ; 2\theta$) identificou-se caulinita, muscovita e vermiculita. Já nos picos na mesma distância interplanar, estando próximos a 2θ (50° e 60°) detectou-se quartzo, muscovita, microcline (feldspato alcalino) e caulinita. Esta argamassa provavelmente é formada por cal, areia e possivelmente uma argila, devido à presença de caulinita e feldspato (microcline).

4.3.2. Amostras da Capela

O quantitativo das fases cristalinas apresentadas para a amostra CP01 (Figura 34) foram de 62% de óxido de silício (quartzo), 2% de carbonato de cálcio (calcita), 9% de feldspato, 12% de biotita e 12% de albita. Na distância Interplanar $3,35\text{\AA}$ ($26,65^\circ; 2\theta$) foi observado o pico de maior intensidade, de um material policristalino contento quartzo, albita e biotita. O pico de maior intensidade de biotita está em $2\theta = 8,83^\circ$, na distância Interplanar de $10\text{\AA}$ e o de caulinita encontra-se em $7,17\text{\AA}$ ($2\theta=12,34^\circ$). Os picos de biotita são todos de baixa intensidade, destacando-se o de $10\text{\AA}$. Conclui-se que a argamassa provavelmente é formada por cal, areia e possivelmente uma argila, devido à presença de caulinita e feldspato.

Figura 34 - Resultados da análise difratométrica da argamassa de assentamento da Capela

Fonte: Autora, 2020.

Os percentuais das fases cristalinas encontrados na argamassa de assentamento CP02 (Figura 34) foram 88% de quartzo, 3% de caulinita, 5% de aragonita e 4% de calcita. Os picos de mais intensidade foram encontrados em $(20,99^\circ; 2\theta)$ $4,20\text{\AA}$ contendo quartzo, e $(26,65^\circ; 2\theta)$ contendo quartzo e caulinita. A aragonita se apresenta em $(33^\circ; 2\theta)$ $2,7\text{\AA}$.

A presença de caulinita indica uma mistura da argamassa com um material argiloso. Já a presença da aragonita indica a presença de calcário oriundo de conchas, provavelmente de moluscos bivalves. Bessler e Rodrigues (2008) citam que a “Aragonita é um polimorfo metaestável de carbonato de cálcio. Os exoesqueletos calcários de alguns organismos, como corais ou moluscos, consistem essencialmente em aragonita”. Segundo Ruppert e Barnes (1996, p.413): “As camadas calcárias [dos moluscos bivalves] podem ser completamente de aragonita (primitiva) ou mistura de aragonita e calcita, depositadas como prismas”.

Esta origem sedimentária ou animal da aragonita (encontrada em corais ou moluscos) torna possível afirmar a possibilidade de a cal ter sido extraída de conchas das proximidades do Engenho. Uma pesquisa realizada por Araújo e Oliveira (2020), levantou as espécies bivalves provenientes da Praia do Ramalho e do manguezal localizados em Igarassu, Litoral Norte de Pernambuco, totalizando em 12 espécies encontradas:

Os integrantes da classe Bivalvia encontrados na feira livre de Igarassu sendo comercializados para alimentação foram *Iphigenia brasiliensis* (Lamarck, 1818); *Tivela mactroides* (Born, 1778); *Americardia media* (Linnaeus, 1758); *Trachycardium muricatum* (Linnaeus, 1758); *Lucina pectinata* Gmelin, 1791; *Anomalocardia brasiliensis* (Gmelin, 1791); *Mytella guyanensis* (Lamarck, 1819); *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) e *Tagelus plebeius* (Lightfoot, 1786). As quatro últimas espécies tiveram maior ocorrência que as demais, corroborando com Nishida e colaboradores¹², que descreveram moluscos comercializados provenientes da costa litorânea da Paraíba, estado que limita-se ao Norte de Pernambuco, e observaram igual ocorrência (ARAÚJO; OLIVEIRA, *On-line*, 2020).

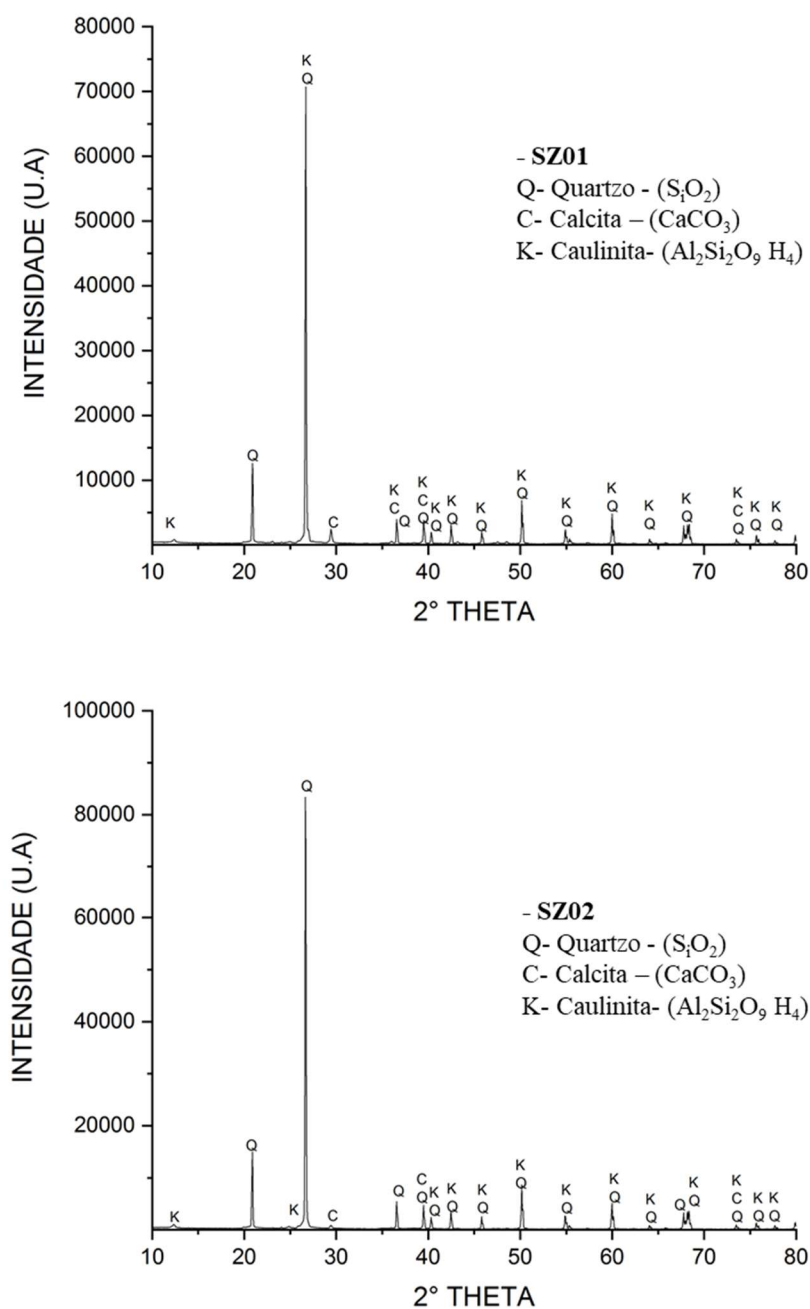
Outras espécies citadas por Araújo e Oliveira (2020) são: o “marisco pedra” – *A. brasiliensis*; a ostra *Crassostrea rhizophorae*; o *Tagelus plebeius* (conhecida como unha de velho; além de conchas das espécies *Tellina radiata* Linnaeus, *Lucina blanda* e *Codakia orbicularis*.

4.3.3. Amostras da Senzala

Os percentuais das fases cristalinas identificados na amostra SZ01 (Figura 35) foram de 95% de quartzo, 3% de caulinita e 2% de calcita. Pode-se destacar que a argamassa é constituída basicamente de cal e areia, com presença de algum material argiloso (pela presença da caulinita). A caulinita e a calcita difratam isoladamente em ($12,4^\circ$ e $29,44^\circ:2\theta$), respectivamente. O quartzo aparece isoladamente em $2\theta = 20,89^\circ$. Nos demais casos difratam com outras fases minerais.

A amostra SZ02 (Figura 35) possui basicamente o mesmo material da amostra SZ01, tendo os percentuais da análise semi quantitativa da estrutura cristalina 96% de quartzo, 3% de caulinita e 1% de calcita. Tal qual a amostra SZ01, a argamassa SZ02 é pouco heterogênea, com predominância de quartzo (proveniente da areia), caulinita (oriunda de material argiloso) e calcita (aglomerante aéreo).

Figura 35 - Resultados da análise difratométrica das argamassas da Senzala

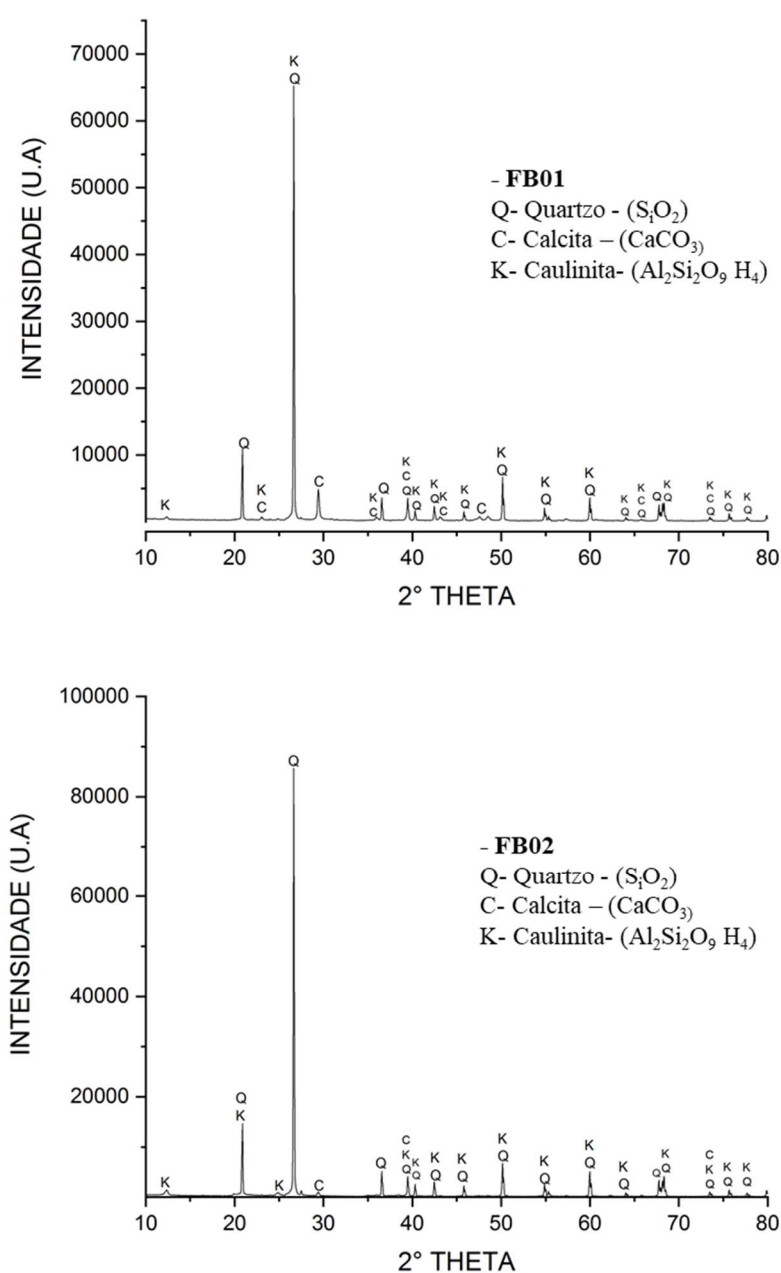


Fonte: Autora, 2020.

4.3.4 Amostras da Fábrica

As amostras FB01 e FB02 (Figura 36) apresentam estruturas cristalinas similares. Na amostra FB01 o pico de quartzo em $26,7^\circ$ (2θ) não se encontra isolado, mas contém presença de caulinita. Na amostra FB02 nota-se os picos isolados de quartzo a $26,7^\circ$ (2θ) e a $20,87^\circ$ (2θ). Um pico de caulinita a $12,35^\circ$ (2θ) e a calcita a $29,4^\circ$ (2θ). Há uma sobreposição dos picos em $39,5^\circ$ (2θ) de quartzo e caulinita.

Figura 0-36 - Resultados da análise difratométrica das argamassas da Fábrica



Fonte: Autora, 2020.

Quanto aos percentuais das fases cristalinas identificados na amostra FB01 foram de 89% de quartzo, 4% de caulinita e 7% de calcita e na amostra FB02 96% de quartzo, 3% de caulinita e 1% de calcita.

4.4 Análise Espectroscópica - Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)

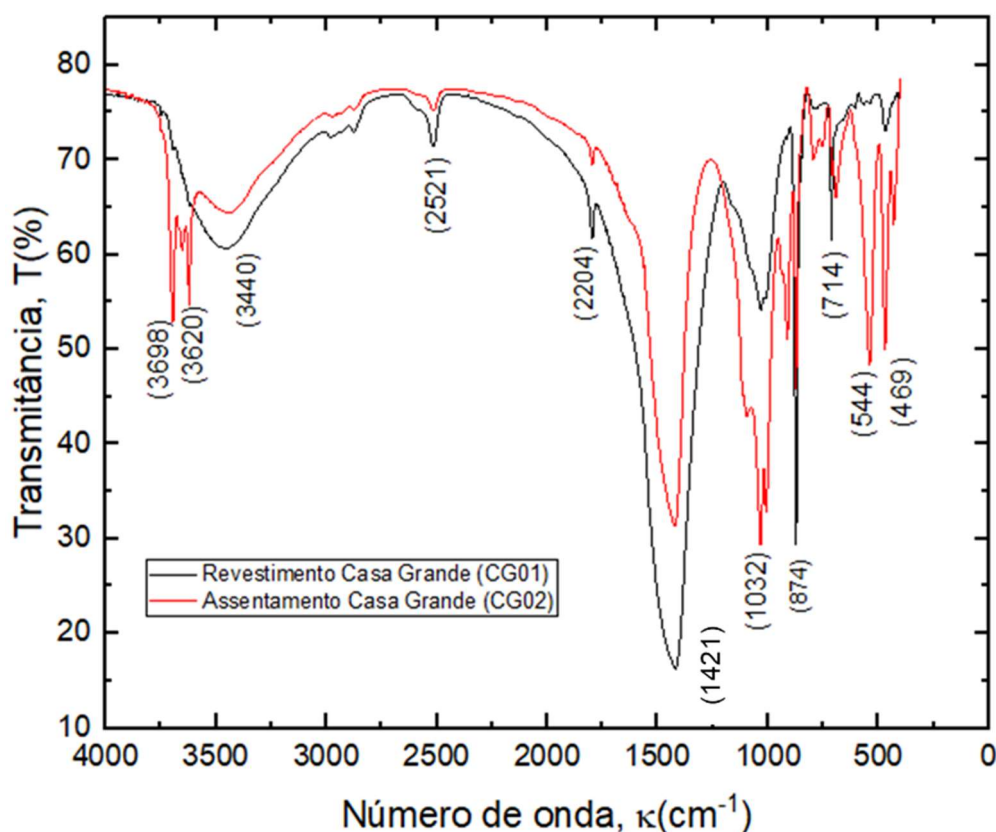
4.4.1 Casa- Grande

Nos espectros das amostras de argamassa da Casa – Grande (Figura 37) foi identificada a presença de água pelo estiramento e deformações (O – H) nas seguintes faixas:

CG01 – IV (KBr): estiramento na faixa 3691 cm^{-1} - 3175 cm^{-1} (O – H), deformação na região 1421 cm^{-1} .

CG02 – IV (KBr): estiramento na faixa 3727 cm^{-1} - 3250 cm^{-1} (O – H), deformação na região 1421 cm^{-1} .

Figura 37 - Espectro do Infravermelho das amostras das argamassas de revestimento e assentamento da Casa – Grande



Fonte: Autora, 2020.

Os picos de absorção observados foram:

CG01: 2521 cm^{-1} calcita; 1032 cm^{-1} caulinita; 874 cm^{-1} calcita/ vaterita; 714 cm^{-1} calcita/aragonita; 544 cm^{-1} caulinita; 469 cm^{-1} caulinita/quartzo.

CG02: 2521 cm^{-1} calcita; 1032 cm^{-1} caulinita; 874 cm^{-1} calcita; 714 cm^{-1} calcita/aragonita;

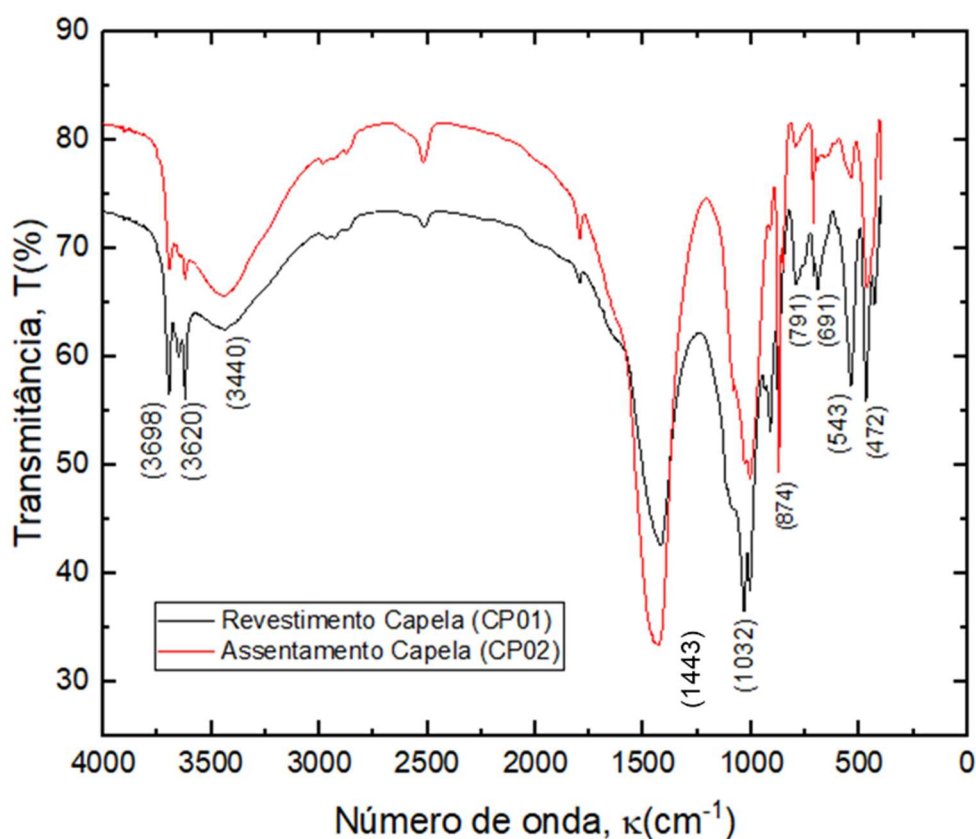
4.4.2 Capela

Nos espectros das amostras de argamassa da Capela (Figura 38) foi identificada a presença de água pelo estiramento e deformações (O – H) nas seguintes faixas:

CP01 – IV (KBr): estiramento na faixa 3747 cm^{-1} - 3223 cm^{-1} (O – H), deformação na região 1421 cm^{-1} .

CP02 – IV (KBr): estiramento na faixa 3716 cm^{-1} - 3223 cm^{-1} (O – H), deformação na região 1443 cm^{-1} .

Figura 38 - Espectro do Infravermelho das amostras das argamassas de revestimento e assentamento da Capela



Fonte: Autora, 2020.

Os picos de absorção observados foram:

CP01: 1032 cm^{-1} caulinita; 874 cm^{-1} calcita/vaterita; 791 cm^{-1} caulinita/ quartzo; 691 cm^{-1} quartzo/caulinita; 543 cm^{-1} caulinita; 472 cm^{-1} - hidroxiapatita

CP02: 1143 cm^{-1} – aragonita; 874 cm^{-1} calcita/vaterita 912 cm^{-1} - caulitina; 874 cm^{-1} - calcita/ vaterita; 469 cm^{-1} – caulinita/ quartzo.

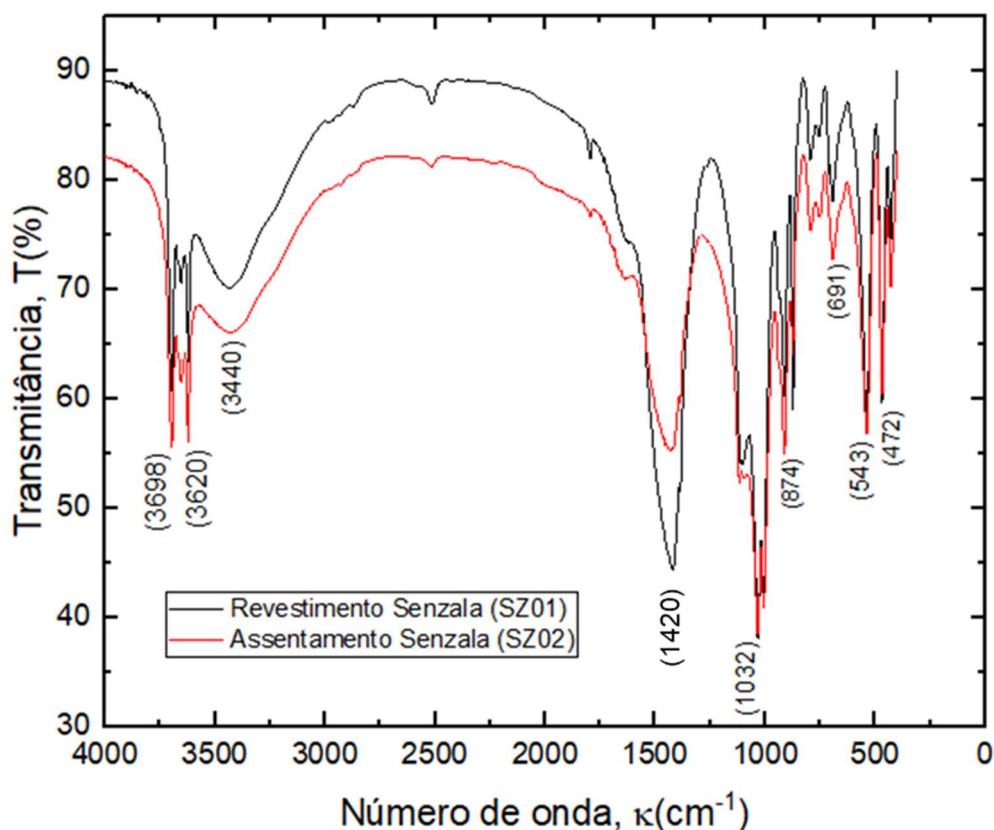
4.4.3 Senzala

Nos espectros das amostras de argamassa da Senzala (Figura 39) foi identificada a presença de água pelo estiramento e deformações (O – H) nas seguintes faixas:

SZ01 – IV (KBr): estiramento na faixa 3735 cm^{-1} - 3294 cm^{-1} (O – H), deformação na região 1421 cm^{-1} .

SZ02 – IV (KBr): estiramento na faixa 3744 cm^{-1} - 3171 cm^{-1} (O – H), deformação na região 1428 cm^{-1} .

Figura 39 - Espectro do Infravermelho das amostras das argamassas de revestimento e assentamento da Senzala



Fonte: Autora, 2020.

Os picos de absorção observados foram:

SZ01- 1032 cm^{-1} caulinita; 874 cm^{-1} calcita/vaterita; 691 cm^{-1} quartzo; 543 cm^{-1} caulinita 472 cm^{-1} hidroxiapatita.

SZ02- 1032 cm^{-1} caulinita; 874 cm^{-1} calcita/vaterita; 691 cm^{-1} quartzo; 543 cm^{-1} caulinita 472 cm^{-1} hidroxiapatita.

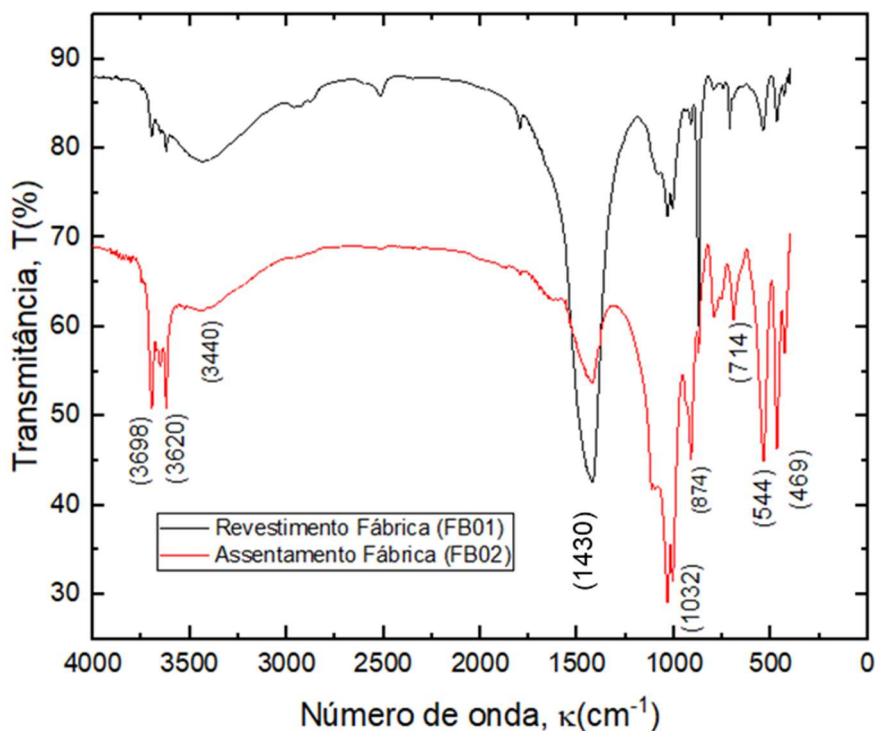
4.4.4 Fábrica

Nas amostras de argamassa da Fábrica (Figura 40) foi identificada a presença de água pelo estiramento e deformações (O – H) nas seguintes faixas:

FB01 – IV (KBr): estiramento na faixa 3718 cm^{-1} – 3097 cm^{-1} (O – H), deformação na região 1430 cm^{-1} .

FB02 – IV (KBr): estiramento na faixa 3740 cm^{-1} – 3315 cm^{-1} (O – H), deformação na região 1420 cm^{-1} .

Figura 40 - Espectro do Infravermelho das amostras das argamassas de revestimento e assentamento da Fábrica



Fonte: Autora, 2020.

Os picos de absorção observados foram:

FB01- 1032cm^{-1} caulinita; 874cm^{-1} calcita/vaterita; 714cm^{-1} calcita/aragonita; 544cm^{-1} caulinita; 469cm^{-1} caulinita/quartzo.

FB02- 1032cm^{-1} caulinita; 874cm^{-1} calcita/vaterita; 714cm^{-1} calcita/aragonita; 544cm^{-1} caulinita; 469cm^{-1} caulinita/quartzo.

No FTIR foram identificados em diferentes amostras os 3 polimorfos cristalinos anidros do carbonato de cálcio (CaCO_3) – a calcita, a vaterita e a aragonita.

A calcita (CaCO_3) tem a forma romboédrica e é o polimorfo do carbonato de cálcio mais abundante na Terra, sendo encontrado mais frequentemente nos calcários, os quais são formados por consideráveis proporções de contínuas sequências de sedimentos marinhos. Pode ser detectado também em mármore, travertinos, carbonatitos, dentre outras fontes.

A aragonita (CaCO_3) tem formato cristalino de agulha, e como definida anteriormente, é encontrada em sedimentos de corais ou animais marinhos.

A vaterita (CaCO_3) tem forma cristalina esférica é um polimorfo do carbonato de cálcio de ocorrência natural rara, sendo pequenas quantidades de seus cristais achados em crustáceos de água doce e salgada, ovos de aves, rochas, dentro de ouvidos de salmão e meteoritos.

De acordo com Raymond Wightman (2018) a vaterita se desenvolve em soluções aquosas sob circunstâncias espontâneas, mas é instável e pode ser rapidamente convertida em calcita.

Também foi identificada a presença de um componente de rochas fosfatadas: a hidroxiapatita ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$), que constitui numa variação da apatita, sendo esta composta essencialmente por fosfato tricálcico contendo flúor (MARTINS; ABRAS; COSTA, 1975).

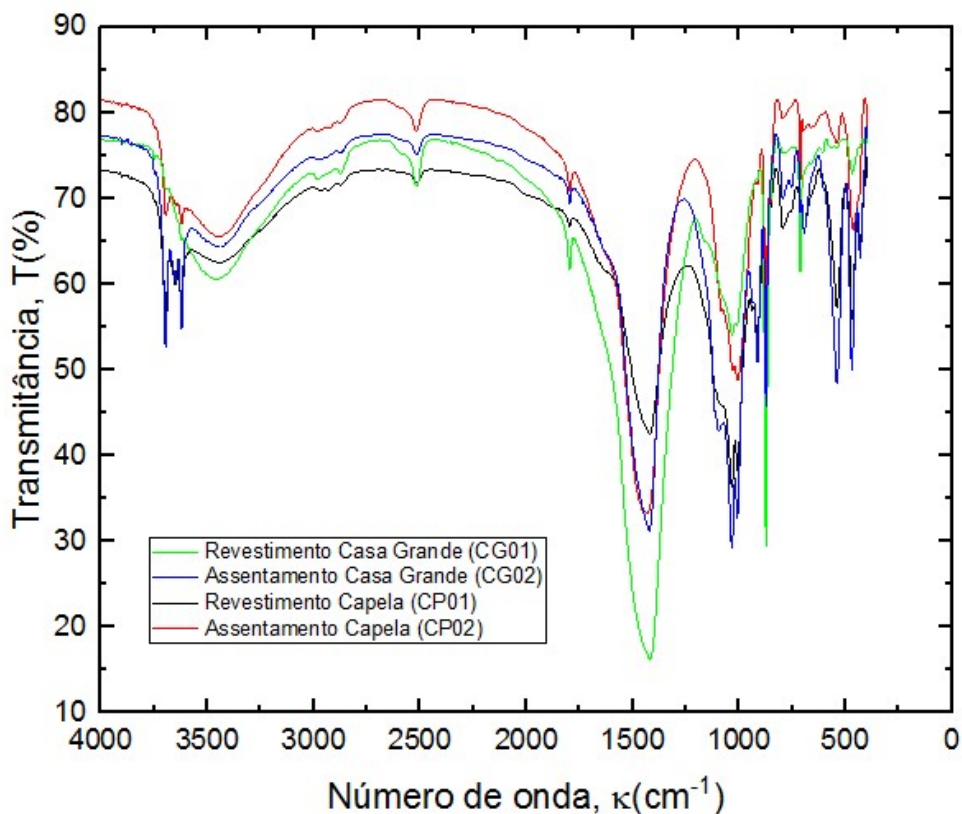
Em estudo realizado por Costa et al. (2009) cita que a hidroxiapatita é um componente mineral natural que compõe de 30 a 70% da massa óssea dos dentes, sendo afirmado pela Pontifícia Universidade Católica (2020) que este elemento também é encontrado em ossos de vertebrados.

4.4.5 Análise comparativa entre Casa-Grande e Capela (absorção, DRX e FTIR)

Nas amostras da Casa-Grande e da Capela (Figura 41), as análises do infravermelho mostraram que a intensidade da banda referente ao estiramento -OH

das moléculas de água indicam a presença em maior quantidade de água, tanto no assentamento, como no revestimento. Isso pode indicar maiores quantidades de areia na estrutura, já que a argila se mostrou menos permeável no teste do tubo de Karsten.

Figura 41 -Espectro do Infravermelho das amostras das argamassas de revestimento e assentamento da Casa Grande e da Capela



Fonte: Autora, 2020.

A alta intensidade do pico do quartzo no DRX da Casa Grande e da Capela (Figuras 37 e 38, respectivamente) também indica a presença de muita intensidade de materiais arenosos. Na amostra CP01 os espectros do infravermelho encontraram picos de carbonato de cálcio nas formas cristalinas de calcita e vaterita e na CP02 identificou-se também a aragonita. Isso pode indicar que a cal foi extraída de fontes diversas: rochas calcárias e sedimentos de animais marinhos. Ainda na CP01 o FTIR apontou a presença de fosfato de cálcio com a hidroxiapatita, o que pode apontar para fontes de extração da cal de origem animal. Nesta mesma amostra o difratograma apontou um pico significativo de Biotita (junto com quartzo e albita). Este mineral pertence à classe dos silicatos, subgrupo das micas e comumente encontrado em xistos, gnaisses e granitos (SÃO PAULO, 2020).

O quartzo e a calcita estão nas 4 amostras, o que foi ratificado pelo DRX. A caulinita também foi identificada neste conjunto de amostras, porém na argamassa de revestimento da Casa Grande (CG01) este elemento não foi identificado pelo DRX, o que pode indicar pouca intensidade do material nesta amostra. Ainda na amostra de revestimento da capela, o FTIR apontou a presença dos três polimorfos anidros do carbonato de cálcio (calcita, aragonita e vaterita), o que sugere maiores teores de cálcio do que na argamassa de revestimento da capela, contendo apenas calcita e vaterita. Isso pode justificar a maior permeabilidade da amostra CP01 em relação à amostra CG01, que levou um maior tempo para absorver os 4ml de água destilada no ensaio do tubo de Karsten.

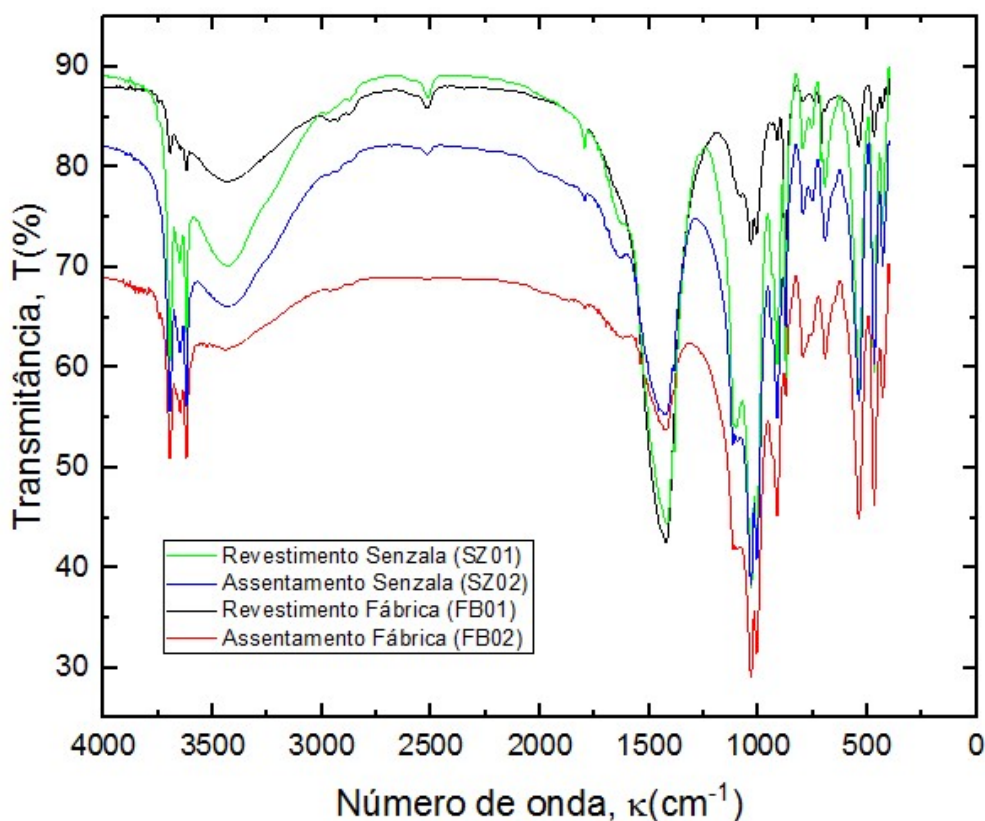
Na amostra CG02 foi apontado pelo DRX um pico significativo de muscovita e microcline no DRX, o que não foi identificado pelo FTIR. Microcline é uma variação de feldspatos alcalinos e é oriundo de diversas rochas, dentre elas xistos, gnaisses e granitos. Já a muscovita é um mineral da classe dos silicatos, subgrupo das micas, também muito comum entre xistos, gnaisses e granitos, e também é encontrado em arenitos e pegmatitos (SÃO PAULO, 2020).

A vermiculita, outro mineral da classe dos silicatos, subgrupo dos argilominerais indica mais um constituinte de formação argilosa no solo, além da caulinita, o que pode apontar para a presença de materiais argilosos, ainda que os picos no DRX sejam de baixa intensidade (SÃO PAULO, 2020).

4.4.6 Análise comparativa entre Fábrica e Senzala (absorção, DRX e FTIR)

Nas amostras da Fábrica e da Senzala (Figura 42) tanto no revestimento quanto no assentamento a análise do infravermelho mostrou que a intensidade da banda referente ao estiramento -OH das moléculas de água indicam a presença em menor quantidade de água, uma característica de uma construção que possui muito material argiloso, mais encontrado nas edificações de cunho menos nobre do engenho.

Figura 42- Espectro do Infravermelho das amostras das argamassas de revestimento e assentamento da Senzala e da Fábrica



Fonte: Autora, 2020.

Os espectros do Infravermelho apontaram vários picos intermediários de materiais argilosos (caulinita) tanto na Fábrica quanto na Senzala, porém a argamassa de revestimento da senzala apresentou no difratograma 1 pico intenso de caulinita/quartzo. Na fábrica foram apontados pelo FTIR picos de variações de 3 polimorfos cristalinos anidros do carbonato de cálcio (calcita/vaterita, calcita/aragonita) e na senzala foram identificados 2 desses polimorfos (calcita/vaterita). Nas duas amostras da senzala também foi identificada a presença da hidroxiapatita, podendo sugerir uma das fontes de extração de cal como sendo de origem animais vertebrados.

Os difratogramas das 4 amostras (FB01, FB02, SZ01 e SZ02) apontaram os mesmos componentes: quartzo, calcita e caulinita.

A argamassa de revestimento da fábrica mostrou-se bem mais permeável no ensaio do tubo de Karsten, o que aponta pra uma maior intensidade de material argiloso na senzala, que demorou mais do que o dobro do tempo para absorver os 4ml de água destilada do tubo. É importante observar que a localização da fábrica é mais voltada para o poente do que a senzala, o que pode ter influenciado na

velocidade da absorção, apesar da temperatura estar bastante semelhante no momento do ensaio.

As amostras mais bastardas, que possuem maior quantidade de argila apresentaram pouca quantidade de água, enquanto que nas amostras mais brancas apresentaram grande quantidade de água, o que pode ser atribuído à maior porosidade das argamassas que contém mais cal demonstrando a importância de utilizar a cal no campo do restauro, pois materiais que contém mais argila, tornam o ambiente mais seco, mais passível à ocorrência de fissuras e rachaduras, já que a superfície de contato do material com a estrutura a ser restaurada fica bem menor na ausência de água.

O quadro 04, apresenta diferentes bandas no espectro de infravermelho reportadas na literatura para os principais componentes das argamassas históricas.

Quadro 04 - Bandas de espectros no infravermelho reportadas na literatura

Banda cm ⁻¹	Identificação	
3714	estiramento OH ⁻ plano basal (Friolo 2003)	caulinita
3696	estiramento OH ⁻ plano basal [Bougeard 2000. Saikia 2003]. 3689 argilas [Reig 2002]	caulinita
3664	estiramento OH ⁻ intrarede (Jiang 2009. Friolo 2003. Bougeard 2000)	caulinita
3624	estiramento OH ⁻ intercamada (Bougeard 2000. Friolo 2003. Jiang 2009. Saikia 2003). argilas [Reig 2002]	caulinita
3570	estiramento OH ⁻ hidroxiapatita [Rehman 1997]	hidroxiapatita
3420	estiramento OH ⁻ (v ₁ + v ₃) água	água
3375	estiramento OH ⁻ v ₃ água adsorvida	água
3230	estiramento OH ⁻ v, água adsorvida	água
2510	carbonato CO ₃ ²⁻ (v ₁ + v ₃) (Andersen 1991. Zeng 2008. Biscontin, 2002)	calcita
1793	carbonato CO ₃ ²⁻ (v ₁ + v ₃) (Andersen 1991. Zeng 2008. Biscontin, 2002)	calcita
1640	estiramento H-O-H v ₂ água adsorvida	água
1488	carbonato CO ₃ ²⁻ v ₃ [Andersen 1991]	aragonita
1487	carbonato CO ₃ ²⁻ v ₃ [Andersen 1991]	vaterita
1445	carbonato CO ₃ ²⁻ v ₃ [Andersen 1991]	vaterita
1440	carbonato CO ₃ ²⁻ v ₃ [Andersen 1991]	aragonita
1420	carbonato CO ₃ ²⁻ v ₃ [Andersen 1991. Reig 2002, Chu 2008, Rehman 1997. Biscontin, 2002]	calcita
1165	estiramento Si-O (Biscontin. 2002]. 1170 (Friolo 2003)	quartzo
1110	estiramento Si-O-Si v ₃ (Saikia 2003. Bougeard 2000]	caulinita
1090	fosfato PO ₄ ³⁻ v ₃ (Rehman 1997). quartzo [Reig 2002. Biscontin. 2002]	hidroxiapatita. quartzo
1088	carbonato CO ₃ ²⁻ v ₁ [Andersen 1991]	vaterita
1082	carbonato CO ₃ ²⁻ v ₁ , aragonita (Chengyu 2009. Martinez-Ramirez 2003) estiramento Si-O, quartzo [Friolo 2003]	aragonita. quartzo
1042	fosfato PO ₄ ³⁻ v ₃ [Rehman 1997]	hidroxiapatita

1034	estiramento Si-O caulinita piang 2009. Saikia 2003. Bougeard 2000] 1033 argilas (Reig 2002]	caulinita
1007	estiramento Si-O caulinita (Bougeard 2000. Saikia 2003]. argilas [Reig 2002], silicato SiO_4^{4-} v ₃ [Tavangarian 2010]	caulinita. forsterita
986	silicato SiO_4^{4-} v ₃ [Tavangarian 2010]	forsterita
962	fosfato PO_4^{3-} v ₁ (Rehman 1997)	hidroxiapatita
960	silicato SiO_4^{4-} v ₁ [Tavangarian 2010]	forsterita
912	deformação Al-OH. caulinita [Bougeard 2000]. argilas [Reig 2002]	caulinita
874	carbonato CO_3^{2-} v ₂ [CHU 2008] 873 (Rehman 1997. Reig 2002. Zeng 2008. Biscontin. 2002]	calcita / vaterita
873	silicato SiO_4^{4-} v, [Tavangarian 2010)	forsterita
857	carbonato CO_3^{2-} v ₂ fora do plano de ligação [Chengyu 2009. MartinezRamirez 2003]	aragonita
850	Carbonato CO_3^{2-} v ₂ [Hughes 1995. Biscontin. 2002]	calcita
838	silicato SiO_4^{4-} v ₁ [Tavangarian 2010]	forsterita
798	estiramento Si-O quartzo [Reig 2002. Biscontin. 2002) . Fnolo 2003)	quartzo
795	estiramento Si-O [Fnolo 2003). estiramento Si-O-Si v ₁ (Bougeard 2000. Saikia 2003)	caulinita
779	estiramento Si-O [Reig 2002. Biscontin. 2002) [Friolo 2003)	quartzo
752	estiramento Si-O [Fnolo 2003. Bougeard 2000]. estiramento Si-O-Si v ₁ (Saikia 2003)	caulinita
746	Carbonato CO_3^{2-} v ₄ [Andersen 1991]	vaterita
713	Carbonato CO_3^{2-} v ₄ [Andersen 1991. Luzinova 2011. Chu 2008, Reig 2002. Zeng 2008]	calcita aragonita
700	Carbonato CO_3^{2-} v ₄ [Andersen 1991]	aragonita
694	estiramento Si-O quartzo (Reg 2002. Biscontin. 2002) estiramento Si-O caulinita [Fnolo 2003, Saikia 2003. Bougeard 2000]	quartzo caulinita
632	fosfato PO_4^{3-} v ₄ [Rehman 1997]	hidroxiapatita
616	silicato SiO_4^{4-} (v ₂ ou v ₄) [Tavangarian 2010]	forsterita
602	fosfato PO_4^{3-} v ₄ [Rehman 1997]	hidroxiapatita
566	fosfato PO_4^{3-} v ₄ [Rehman 1997]	hidroxiapatita
538	estiramento O-Si-O [Frio]o 2003. Bougeard 2000). estiramento Al-Si-O [Jiang 2009. Saikia 2003]	caulinita
527	silicato SiO_4^{4-} (v ₂ ou v ₄) [Tavangarian 2010)	forsterita
507	silicato SiO_4^{4-} (v ₂ ou v ₄) [Tavangarian 2010]	forsterita
475	modos do MgO_6 da forsterita [Tavangarian 2010]	forsterita
474	estiramento O-Si-O [Fnolo 2003]	caulinita
472	fosfato PO_4^{2-} v ₂ [Rehman 1997]	hidroxiapatita
469	estiramento Si-O caulinita [Sailua 2003. Bougeard 2000]. 467 quartzo [Reig 2002)	caulinita. quartzo
428	estiramento Si-O caulinita [Saikia 2003. Bougeard 2000]	caulinita

Fonte: Adaptado de Rodrigues, 2013

Legenda: v1- estiramento simétrico, v2- deformação angular simétrica, v3- estiramento assimétrico, v4- deformação angular assimétrica.

Os espectros de FTIR obtidos para as amostras apresentadas neste trabalho apresentam bandas de absorção no infravermelho que podem ser divididas

basicamente em três regiões de acordo com a tabela apresentada com dados da literatura:

- 1- Região entre 3600 cm^{-1} a 3000 cm^{-1} , que se refere a presença de água livre e adsorvida nas amostras juntamente com estiramentos OH das argilas.
- 2- Região entre 1600 cm^{-1} a 1300 cm^{-1} , que se refere a presença de diferentes variações do carbonato de cálcio devido a sobreposição de picos de absorção a estiramentos assimétricos do CO_3^{2-} .
- 3- Região entre 1150 cm^{-1} a 900 cm^{-1} , que se refere a presença de argilominerais e aglomerado de quartzo (além de outros minerais presentes), devido a sobreposição relacionados a estiramentos simétricos e assimétricos de SiO^- .

Analisando os picos de absorção característicos de cada amostra, foi observado:

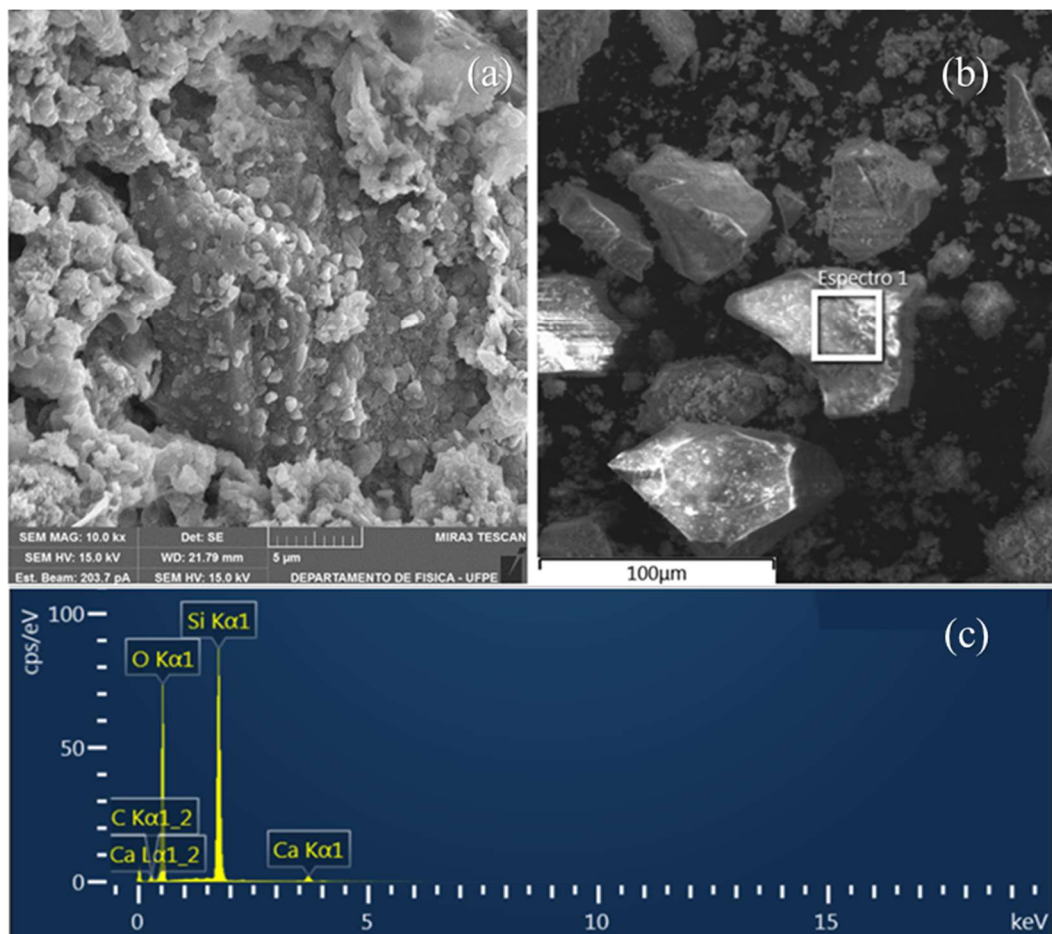
- Diferentes variações cristalinas do carbonato de cálcio (CaCO_3), estando a calcita presente nas 8 amostras em picos variados.
- A aragonita foi identificada pelo FTIR na amostra CP02 (confirmada pelo DRX) e nas amostras da fábrica o FITR indica um pico de aragonita/ calcita, o que pode indicar a presença de vaterita nestas amostras, já que a aragonita não se fez presente no DRX.
- A vaterita, não foi confirmada pelo DRX, porém foi encontrada nas amostras da Casa- Grande e na Capela, no pico 874 cm^{-1} junto com a calcita, o que pode apontar para a possibilidade da extração da cal destas edificações também ser atribuída possivelmente a crustáceos das águas salobras do manguezal ou das águas salgadas da Praia do Ramalho, ambos em Igarassu, situados nas proximidades do Engenho.
- O quartzo foi identificado em todas as amostras, porém nas argamassas aparentemente mais argilosas, os picos indicavam menor intensidade deste material.
- A caulinita também foi encontrada em todas as amostras pelos espectros de infravermelho, e em 7 amostras no DRX, com exceção da amostra CG01, o que pode apontar a baixa concentração de materiais argilosos.
- A calcita foi encontrada em todas as amostras, tanto no DRX quanto no FTIR, não deixando dúvidas de que a cal é o aglomerante de todas elas, mudando as fontes de extração.

4.5 Análise Microestrutural (MEV) e composicional (EDS).

4.5.1 Casa – Grande

É visível na micrografia da amostra de argamassa de revestimento da Casa Grande (Figura 43a) a presença de agregados, sendo observável partículas menores sobrepostas a grãos maiores de agregados. A predominância de agregados é confirmada (Figura 43b). O mapa de EDS apresentado (43c) indica que o agrado em questão é o quartzo, em função dos maiores níveis de energia de Si. O EDS também indicou presença de Ca, sendo compatível com as principais estruturas cristalinas encontradas no difratograma desta amostra.

Figura 43 - Micrografias eletrônicas da amostra CG01 obtidas com aumento de 10.000 X (a), 1000 X (b) e espectroscopia por energia dispersiva (EDS) (c)

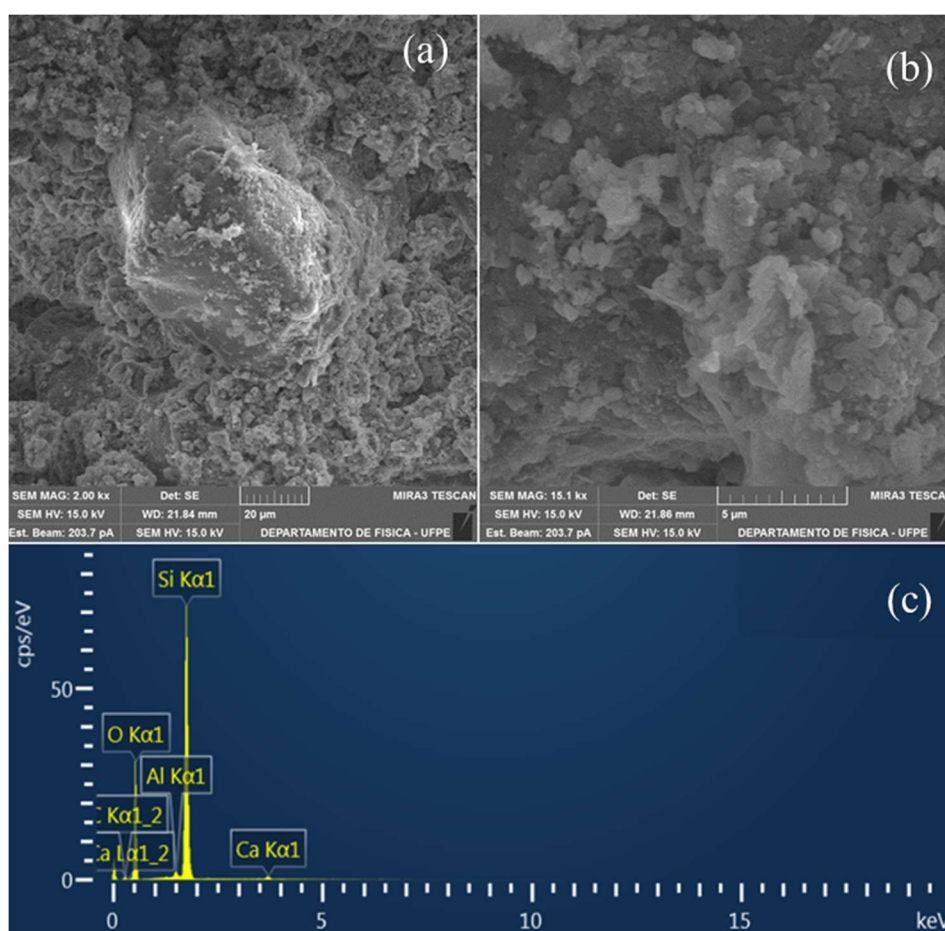


Fonte: Autora, 2020.

Na micrografia da amostra de assentamento da Casa- Grande (Figura 44), não foram encontradas precipitações oriundas de produtos de hidratação de aglomerantes

minerais. A maior ocorrência de agregados fica evidente de acordo com a energia de Si, Ca e Na presentes no EDS (Figura 44c). Tais elementos são constituintes do quartzo e da calcita. O Na pode ser oriundo da caulinita, muscovita e microclina, tais minerais foram encontrados na DRX do material analisado.

Figura 44 - Micrografias eletrônicas da amostra CG02 obtidas com aumento de 2.000 X (a), 15.000 X (b) e espectroscopia por energia dispersiva (EDS) (c)



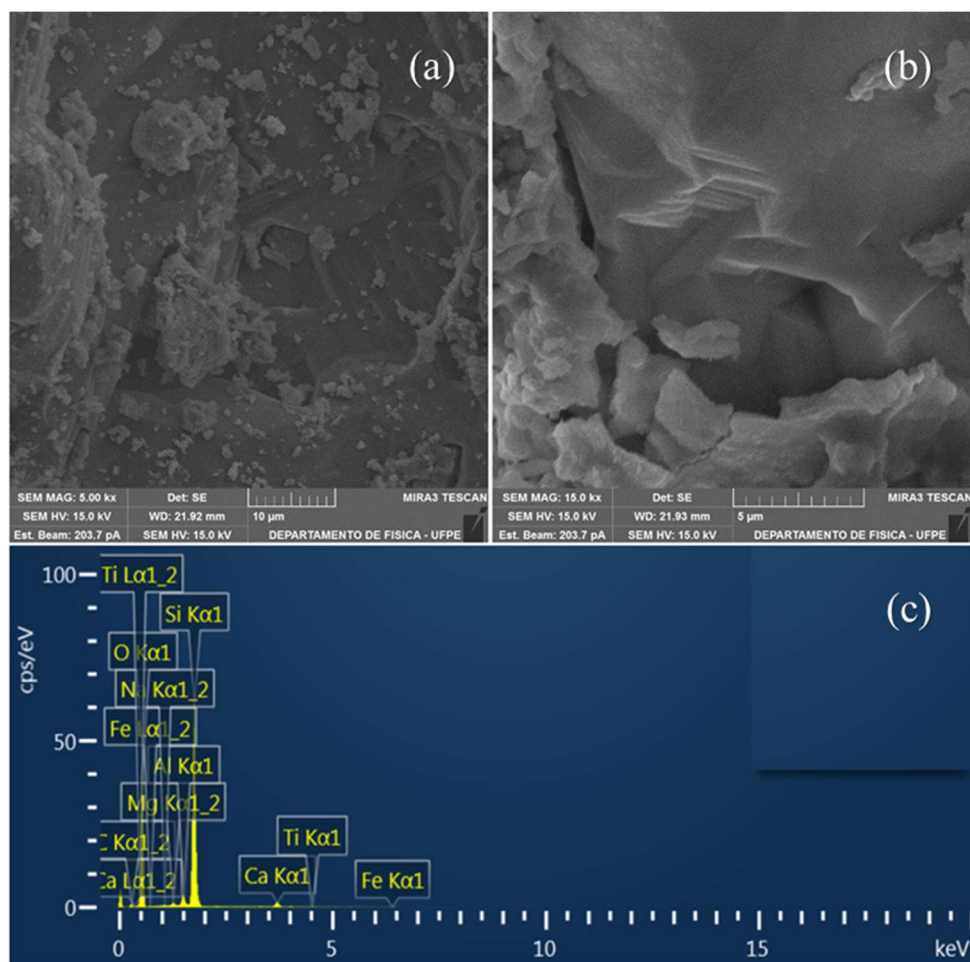
Fonte: Autora, 2020.

4.5.2 Capela

Na micrografia da argamassa CP01 figura (45a) evidencia-se a presença de partículas angulares na ordem de grandeza de 1µm espalhadas sobre um plano límpido. A figura (45.b) indica um fragmento de quartzo, com a presença de algumas partículas angulares e irregulares, indicando a presença de material fino oriundo de agregados ou fragmentos micrométricos da própria argamassa. Os espectros

presentes na figura (45.c) corroboram as fases minerais presentes no difratograma deste material. A presença de magnésio pode ser oriunda da biotita.

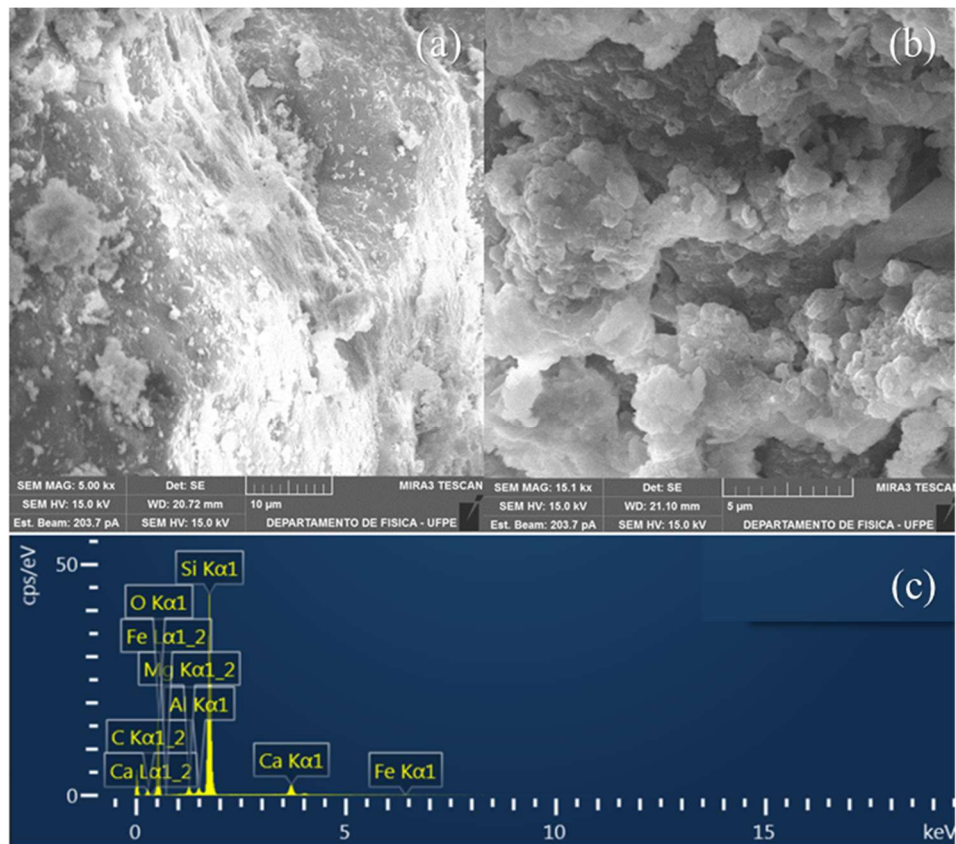
Figura 45 - Micrografias eletrônicas da argamassa CP01 obtidas com aumento de 5.000 X (a), 15.000 X (b) e espectroscopia por energia dispersiva (EDS) (c)



Fonte: Autora, 2020.

A micrografia da argamassa CP02 (Figura 46) apresenta superfície similar a CP01, o espectro dos elementos identificados aponta a possibilidade de utilização de materiais semelhantes. A presença do Al tem origem na caulinita.

Figura 46 - Micrografias eletrônicas da argamassa CP02 obtidas com aumento de 5.000 X (a), 15.000 X (b) e espectroscopia por energia dispersiva (EDS) (c)

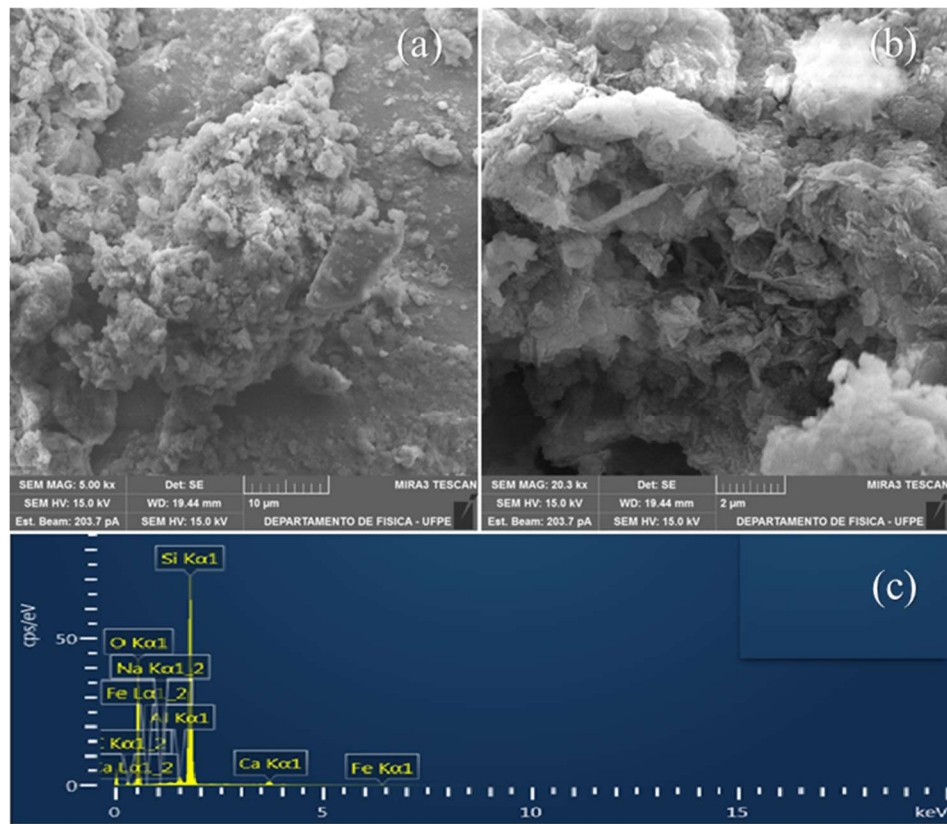


Fonte: Autora, 2020.

4.5.3 Senzala

É possível observar na micrografia da argamassa de revestimento da senzala (Figura 47a) partículas de quartzo de maiores dimensões e conglomerados de outros agregados. Já na figura (47.b) é possível observar uma matriz aglomerante porosa composta por material fibroso. A porosidade provavelmente foi produzida pelos mesmo processo relatado na imagem (49b).

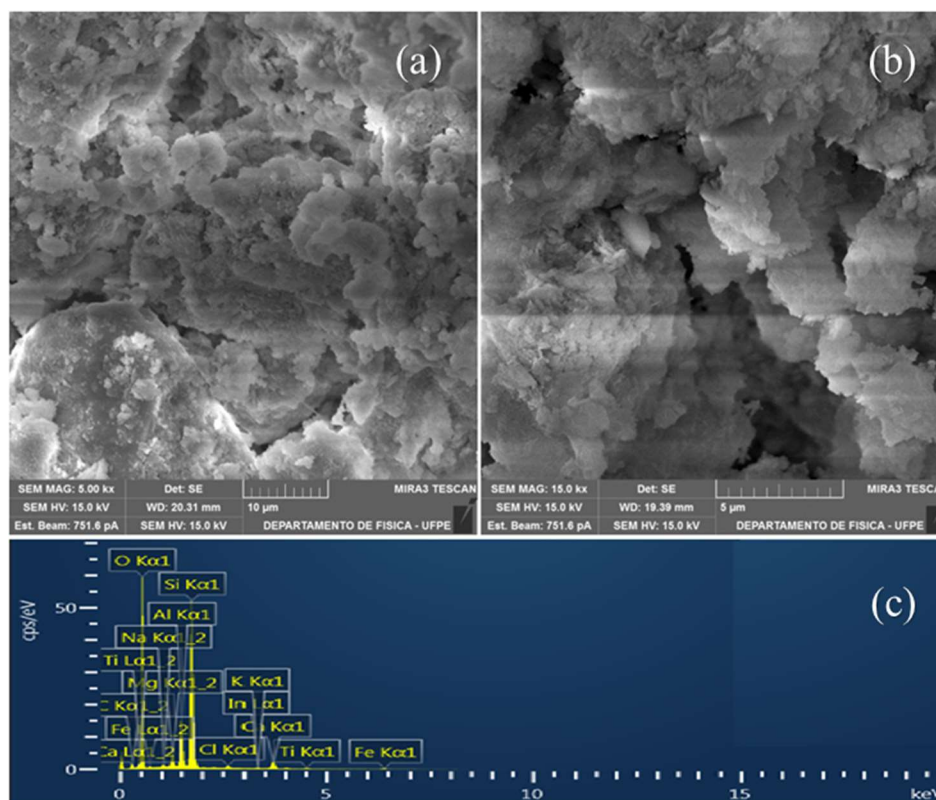
Figura 47 - Micrografias eletrônicas da argamassa SZ01 obtidas com aumento de 5.000 X (a), 15.000 X (b) e espectroscopia por energia dispersiva (EDS) (c)



Fonte: Autora, 2020.

A figura 48 apresenta superfície semelhante à figura 47. É possível notar na figura (48.b), em escala menor, a presença de fragmentos fibrosos na ordem de grandeza de 1 μ m.

Figura 48 - Micrografias eletrônicas da argamassa SZ02 obtidas com aumento de 5.000 X (a), 15.000 X (b) e espectroscopia por energia dispersiva (EDS) (c)



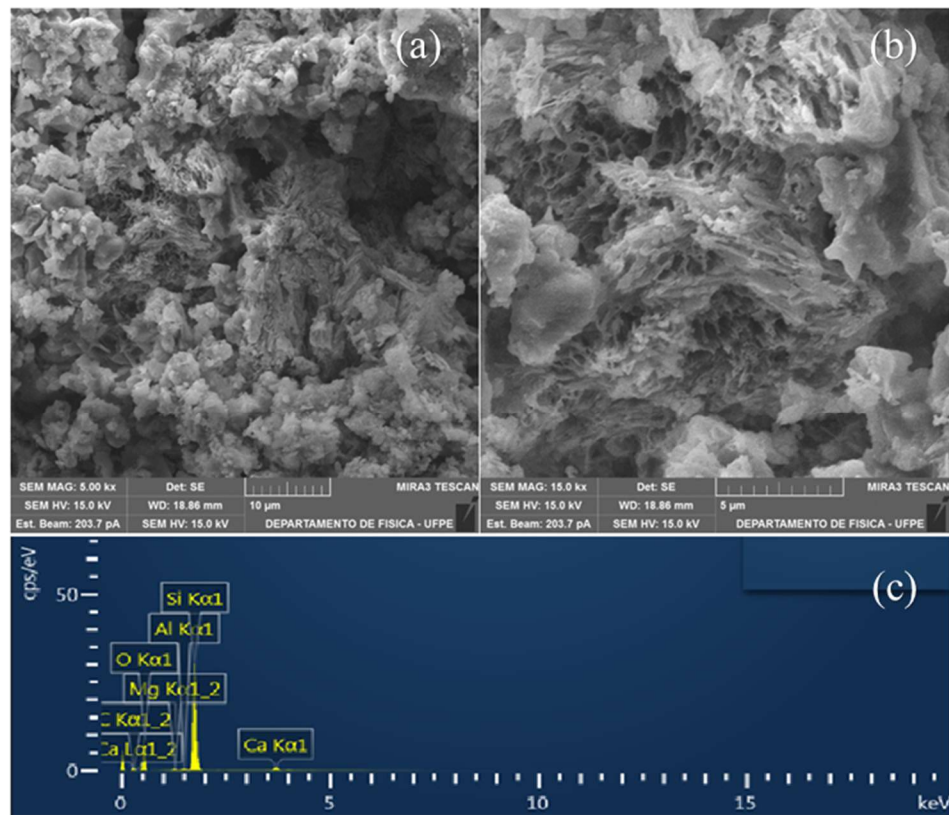
Fonte: Autora, 2020.

Devido à semelhança dos materiais expostos na superfície, das fases cristalinas presentes e dos espectros presentes no EDS (Figura 48c), é possível que as matérias primas utilizadas para produção das argamassas FB01 e FB02 sejam as mesmas.

4.5.4 Fábrica

A micrografia da argamassa de revestimento da Fábrica expõe uma superfície bastante irregular (Figura 49a), existindo uma área porosa mais evidente na imagem (49b) ampliada 15.000 x. A porosidade pode ser oriunda da ausência de grãos inertes na matriz aglomerante, ativa ou inerte.

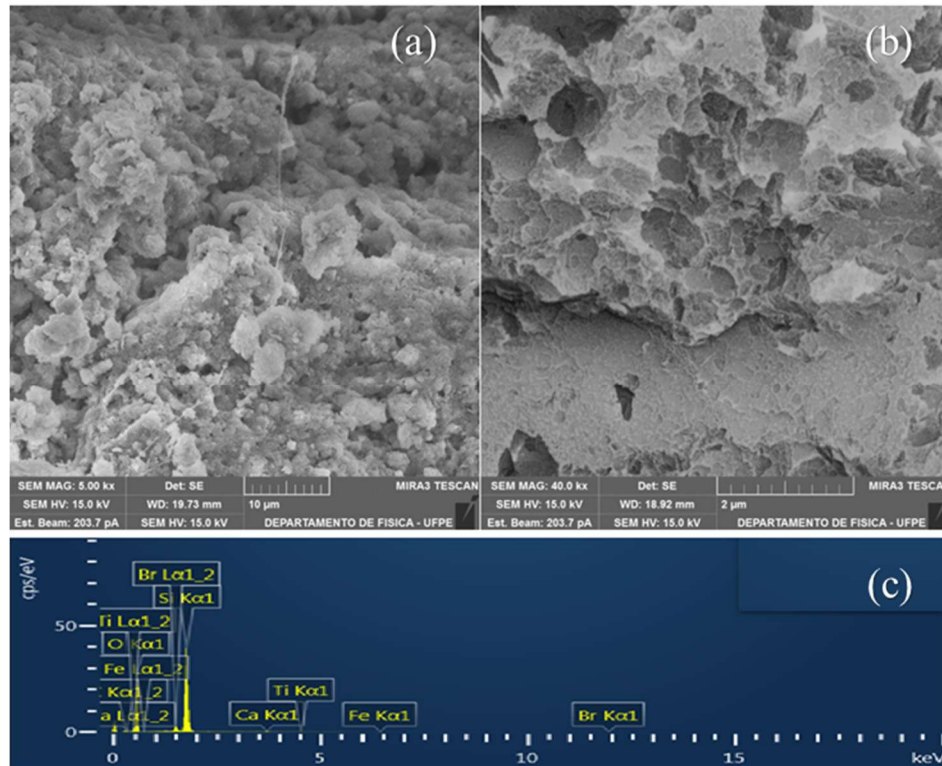
Figura 49 - Micrografias eletrônicas da argamassa FB01 obtidas com aumento de 5.000 X (a), 15.000 X (b) e espectroscopia por energia dispersiva (EDS) (c)



Fonte: Autora, 2020.

Uma estrutura porosa semelhante à encontrada na argamassa de revestimento figura 49 foi encontrada na argamassa de assentamento figura 50. A figura (50.a) apresenta uma estrutura bastante irregular coberta predominantemente por agregados ricos em sílica. Observa-se na superfície porosa presente na figura (50.b) toda extensão do poro, provavelmente oriundo do arrancamento ou deslocamento de partículas agregadas presentes na matriz aglomerante.

Figura 50 - Micrografias eletrônicas da argamassa FB02 obtidas com aumento de 5.000 X (a), 40.000 X (b) e espectroscopia por energia dispersiva (EDS) (c)



Fonte: Autora, 2020.

O difratograma das argamassas FB01 e FB02 (Figura 36) apresentaram as estruturas cristalinas do quartzo, calcita e caulinita, sendo indicativo de uma possível mistura aglomerante.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho desenvolvido nesta dissertação objetivou caracterizar as argamassas das edificações históricas do Engenho Monjope. Partindo da interpretação do contexto histórico do Engenho e dos resultados das análises visuais feitas *in situ*, da especificação de cores pelo sistema de notação Munsell, da análise física através do ensaio do tubo de Karsten, da análise espectroscópica (FITIR), mineralógica (DRX) e microscopia (MEV-EDS), realizadas nas diferentes amostras coletadas no Engenho Monjope, situado no município de Igarassu, no Estado de Pernambuco, foi possível alcançar os seguintes resultados:

- As amostras CG01 e CG02, argamassas de revestimento e assentamento, respectivamente, retiradas da Casa-Grande, apresentaram composições mineralógicas diferentes. A análise visual (Quadro 03) e o teste de permeabilidade (Figura 28) sugeriram que estas argamassas possuíam mais areia do que argila em sua composição, o que pode ser ratificado pelos altos percentuais das fases cristalinas do quartzo nas amostras do DRX (Figura 33). A análise estrutural apontou ainda que a amostra CG01 era composta essencialmente por quartzo e calcita, enquanto a CG02 apresenta também argila e outros minerais. Na análise espectroscópica foram apontados picos de absorção dos 3 polimorfos do carbonato de cálcio (aragonita, calcita e vaterita), sugerindo a utilização da cal calcítica proveniente de rochas calcárias e de organismos marinhos. Os espectros do infravermelho (Figura 37) revelaram a presença de outros minerais na argamassa de assentamento da capela, sugerindo a presença de picos de baixa intensidade de materiais argilosos e picos de intensidade elevada de materiais que sugerem agregados retirados de rochas como gnaisses, xistos ou granitos. A micrografia (Figuras 44 e 44) aponta diferentes tamanhos de grãos de agregados e o mapa geral do EDS (Figuras 43c e 44c) corrobora com os dados obtidos no DRX.
- As amostras CP01 e CP02 argamassas de revestimento e assentamento, respectivamente, retiradas da Capela, também apresentaram diferenças apontadas no DRX, sendo a primeira composta por quartzo, albita, biotita, calcita, feldspato e caulinita e a segunda composta por quartzo, aragonita, calcita e caulinita. A aragonita sugere a extração da cal por espécies de

moluscos bivalves oriundos da praia do Ramalho e do manguezal de Igarassu, litoral Norte de Pernambuco. A espectroscopia (Figura 38) identificou ainda na argamassa de revestimento picos de vaterita e hidroxiapatita, e na argamassa de revestimento calcita, aragonita e vaterita, sugerindo a extração da cal tendo origem em rochas calcárias e em sedimentos ou exoesqueletos de animais marinhos. As análises visuais (Quadro 03) e o teste de absorção (Figura 26) apontaram alta permeabilidade à água e coloração predominantemente branca, tendo a CP01 o aspecto rosado devido à presença de feldspato. Essa permeabilidade pode ser proveniente de uma maior quantidade de areia como agregados e pequena quantidade de material argiloso, o que pode ser observado na baixa alta intensidade dos picos de quartzo e na baixa intensidade dos picos de caulinita no DRX (Figura 34), embora na amostra CP02 o difratograma tenha apontado 1 pico significativo de caulinita. Ainda na argamassa de revestimento da capela o difratograma apontou a presença da biotita, sugerindo a origem de agregados em rochas como xistos, gnaisses e granitos. A micrografia (Figuras 45 e 46) observa a presença de partículas de quartzo e presença de finos oriundos de material fino (mineral) ou fragmentos da própria argamassa. Os espectros do EDS (Figuras 45c e 46c) corroboram com as fases minerais apontadas no difratograma.

- As amostras SZ01 e SZ02 apresentaram-se como argamassas bastardas nas análises visuais (Quadro 03) e no teste de absorção (Figura 32), demorando mais que o dobro do tempo das outras amostras para absorção total da água pela estrutura. A análise estrutural apontou que a estrutura mineralógica das argamassas é semelhante, ambas apresentaram intensidade de mais de 95% de quartzo e demais percentuais distribuídos entre calcita e caulinita, porém o FTIR (Figura 39) apresentou picos de hidroxiapatita e um pico de calcita/vaterita. A vaterita e a hidroxiapatita não foram identificadas nas análises difratométricas, mas sugerem que a fonte de extração da cal, além de rochas calcárias tenha origem animal. Apesar do DRX apontar um pico de caulinita significativo apenas na amostra SZ01 (Figura 35), as observações visuais, o teste de absorção e os picos intermediários das duas amostras apontam uma argamassa bastarda nas duas amostras, o que pode ser atribuído ao cunho menos nobre desta edificação em relação às demais

edificações do Engenho na época. A micrografia de ambas amostras (figuras 47 e 48) apontou dimensões de agregados que sugerem argilas e também a presença de materiais fibrosos possivelmente de origem orgânica.

- As amostras FB01 e FB02 apresentaram coloração cinza clara e marrom, respectivamente. O rápido tempo de absorção (figura 30) sugere que a argamassa da fábrica apresente menos materiais argilosos do que as da senzala. O DRX (figura 36) apontou os mesmos elementos nas duas amostras: alta intensidade de quartzo acima de 89% e os demais percentuais distribuídos entre calcita e caulinita. O FTIR (figura 40) apontou, além das mesmas substâncias do DRX, a vaterita e aragonita sugerindo que a cal do aglutinante seja cal calcítica, extraída de rochas sedimentares calcários e também oriunda de moluscos bivalves e outros moluscos ou corais. A micrografia apontou irregularidade e porosidade na superfície de ambas amostras (figuras 49 e 50) e apresentou materiais fibrosos de possível origem orgânica. Os espectros do EDS (figuras 49c e 50c) apontam que, possivelmente, as matérias primas da argamassa de revestimento e assentamento sejam as mesmas.

É válido frisar que as edificações mais nobres do Engenho eram a Casa Grande e a Capela. Tais edificações apresentaram na composição de suas argamassas minerais que sugerem agregados retirados de pedras como gnaisses, xistos ou granitos, além de areia e argila identificados pelos picos de quartzo. Não havia preocupação estética com a Fábrica nem com a Senzala, visto que eram locais de produção e alojamento dos escravos, respectivamente.

As argamassas da Senzala e da Fábrica, eram, portanto, mais bastardas do que das edificações que simbolizavam importância cultural e econômica para o engenho e sua semelhança mineralógica pode apontar que estas edificações foram erguidas no mesmo período. Além disso, estas edificações de cunho menos nobre para o complexo, apresentaram na microscopia constituintes fibrosos que conforme Santiago (2007) poderiam ser materiais como crina de cavalo, bagaço de cana, folhagens dentre outros componentes orgânicos fibrosos. A ausência de minerais que indiquem fontes de extração de agregados e a morfologia das amostras na microscopia sugerem que os agregados eram componentes essencialmente argilosos.

Em todas as edificações foram identificados, além da calcita outros polimorfos do carbonato de cálcio, e um material de rocha fosfatada, sugerindo que as fontes de extração da cal ocorreram de rochas sedimentares calcárias, de calcários oriundos de corais ou moluscos bivalves presentes no mangue e praia das proximidades do Engenho ou ainda de dentes e ossos de animais vertebrados. Além disso, através da análise dos tijolos das edificações foi possível concluir que as alvenarias eram do século XIX, o que sugere que as argamassas sejam do mesmo século, ou do início do século XX, já que a partir de meados do século XX o uso do cimento estaria sendo difundido no Brasil.

A caracterização de argamassas antigas é de suma importância no processo de restauro das edificações históricas. Estudar materiais e técnicas antigos possibilita aos profissionais unir a tecnologia contemporânea aos saberes seculares, ampliando cada vez mais as possibilidades no campo da preservação.

Para estudos futuros sugere-se:

- Realizar ensaios complementares como: análises térmicas (ATG, DTG, ATD), análises químicas (fluorescência de raios-X- FRX) e análises granulométricas.
- Investigar a ação de agentes biológicos nas argamassas.
- Desenvolver uma argamassa de restauro compatível com as argamassas analisadas nesta pesquisa.
- Realizar uma pesquisa histórica e arqueológica detalhada, para certificar os séculos das argamassas de cada edifício.
- Realizar uma pesquisa histórica sobre a confecção da cal utilizada nos engenhos de Pernambuco.
- Executar um mapeamento de caracterização das argamassas em todo o engenho, identificando onde há interferência de materiais contemporâneos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Adalgisa Rodrigues de; OLIVI, Paulo; SILVA, Rodrigo Ferreira. **Microscopia eletrônica de varredura e microanálise elementar**. Disponível em: <<http://emu.ffclrp.usp.br/mev/>>. Acesso em: 23 jan. 2020.
- ARAÚJO, Andreza Ximenes de; OLIVEIRA, José Antônio Bezerra de. Bivalves oriundos de ecossistemas locais comercializados no litoral norte de Pernambuco, Brasil. **Rev. Educação Ambiental em Ação**. Disponível em: <<http://www.revistaeea.org/pf.php?idartigo=1901>>. Acesso em: 23 jan. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **12694**: Especificação de cores de acordo com o sistema de notação Munsell. Rio de Janeiro: Abnt, 1992. 22 p.
- BAUER, L. A. F. (1987) **Materiais de Construção 1**. Livros Técnicos e Científicos Editora, 3ª Edição, Rio de Janeiro – Brasil.
- BESSLER, Karl E.; RODRIGUES, Laécio C. Os polimorfos de carbonato de cálcio: uma síntese fácil de aragonita. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 178-180, 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422008000100032> Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422008000100032. Acesso em: 18 jan. 2020.
- BRAGA, Márcia (org.) **Arquitetura brasileira coleção conservação e restauro**, livro 3, Unidade 1. Rio de Janeiro: Editora Rio. p. 1-12. 2003.
- BURY, John; DE OLIVEIRA, Myriam Andrade Ribeiro. **Arquitetura e arte no Brasil colonial**. San Pablo: Nobel, 1991.
- CARASEK, Helena. **Argamassas**. In: ISAIA, G. C (Org.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2ªed. São Paulo, IBRACON, 2010. Vol.1. p. 893-943.
- COELHO, Ana Zulmira Gomes; TORRAL, F. Pacheco; JALALI, Said. **A CAL NA CONSTRUÇÃO** [online]. Guimarães, Portugal: Tecminho, 2009. 132 p. Disponível em: <<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/28972/1/A%20cal%20na%20constru%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2019.
- COSTA, A. C. F. M. *et al.* Hidroxiapatita. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**: Obtenção, caracterização e aplicações, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 29-38, 10 jul. 2009. Disponível em: <http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/viewArticle/105>. Acesso em: 10 jul. 2020.
- COUTINHO, J.S (2006) **Materiais de construção 2. Ligantes e caldas**. Departamento de engenharia civil. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- DALTO, Daniele Pereira da Silva; RIBEIRO, Roberto Carlos da Conceição; MOURA, Luanna Cavalcanti Rebecchi de. Characterization of the Lime Mortars of the Rui

Barbosa House Museum in Rio De Janeiro, Brazil. **Minerals**, [s.l.], v. 8, n. 2, p. 50, 3 fev. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/min8020050> . Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-163X/8/2/50/xml#cite>. Acesso em: 10 fev. 2020.

DE VILLE, Antoine. **Les Fortifications**. Lyon: Phillipe Borde, 1641. Parte I, L. I, p. 89. – Les murailles de Charra, ville d'Arabie, estoient encore plus merueilleuses, care elles estoient toutes massives de pierre de sel, & n'avoient autre mortier que de l'eau pure pour les assembler.

FERNANDES, Fernanda. **História, preservação e projeto**. Entre o passado e o futuro. Arqtextos, São Paulo, ano 17, n. 195.03, Vitruvius, ago. 2016. Disponível em <<https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arqtextos/17.195/6173>>. Acesso em 29 de fevereiro de 2020.

FERREIRA, A. F. de A. **Levantamento de intervenções e caracterização de argamassas históricas dos revestimentos de fachadas de edifícios religiosos em olinda – brasil**. Porto: UP, 2009. 148 p. Dissertação, Mestrado em Metodologias de Intervenção no Patrimônio Arquitetônico, Faculdade de Arquitetura, Universidade do Porto, Porto, 2009.

FUNDARPE. Processo de tombamento do Engenho Monjope. Histórico para o tombamento.Sd.

GALLI, Claudio et al. **A Teoria e prática do restauro arquitetônico: A influência da cultura europeia e seus desdobramentos na realidade brasileira**. arq. urb, n. 16, p. 7-20, 2016.

GASPAR, Lúcia. **Patrimônio imaterial de pernambuco**. Pesquisa Escolar Online, Fundação Joaquim Nabuco, Recife. Disponível em: <<http://basilio.fundaj.gov.br/pesquisaescolar/>>. Acesso em: 30 de junho de 2019.

GOMES, Geraldo. **Engenho e arquitetura: tipologia dos edifícios dos antigos engenhos de açúcar de Pernambuco**. Recife: Fundação Gilberto Freyre, 1997. 136 p.

GUIMARÃES, T.L.B. **Determinação da cor do solo pela carta de Munsell e por colorimetria**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2016, 57 Páginas. Monografia.

JAPIASSÚ, P.; CARASEK, H.; CASCUDO, O.; VELOSA, A. L.; DE OLIVEIRA, M. C. B.; CHOTOLI, F. F.; QUARCIONI, V. A. Caracterização da interface azulejo/argamassa de fachadas históricas. **Revista ALCONPAT**, v. 4, n. 1, p. 52 - 73, 30 Jan. 2014.

KANAN, Maria Isabel. **Manual de conservação e intervenção em argamassas e revestimentos à base de cal**. –Brasília, DF: Iphan / Programa Monumenta, 2008.

MARGALHA, Maria Goreti, 2008. **Conservação e recuperação de construções em taipa: acção de formação**. Taliscas, Odemira. Disponível em:

<http://conservarcal.inec.pt/pdfs/Taliscas_Odemira_2008.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2019.

MARTINS, Maria José Gruppi; ABRAS, Miguel Cesar Ferraz; COSTA, João Braga. **Rochas fosfatadas**. Patos de Minas: CPRM, 1975. 40 p. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/13784/Rochas_fosfatadas_eco_min.pdf?sequence=1. Acesso em: 10 jul. 2020.

MELLO NETO, Ulysses Pernambucano de; MELLO, Virgínia Pernambucano de; LIMA, Jeanette Maria Dias de. O cabo de Santo Agostinho e a Baía de Suape. **Revista do Instituto Arqueológico, Histórico e Geográfico Pernambucano: Arqueologia e História**, Recife, v. LIII. p.102-106, 1981.

METHA, P. Kumar; MONTEIRO, PAULO J.M., Paulo. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 3. ed. São Paulo: Ibracon, 2008.

METHA, P. Kumar; MONTEIRO, PAULO J.M., Paulo. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 2. ed. Nicole Pagan Hasparyk. São Paulo: Ibracon, 2014.

MORILLAS, Héctor, et al. **Characterization of restoration lime mortars and decay by-products in the meditation area of machu picchu archaeological site**. Science of The Total Environment, 2019, 692: 23-31.

MOROPOULOU, Antonia; BAKOLAS, Asterios; BISBIKOU, K. **Characterization of ancient, byzantine and later historic mortars by thermal and x-ray diffraction techniques**. Thermochemica Acta, 1995, 269: 779-795.

MOTTA, E.V. **Caracterização de argamassas de edificações históricas de Santa Catarina**. Santa Catarina, UFSC, 2004. 114p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2004.

MUNSELL, Alberty Henry. **Munsell soil color charts**: With genuine Munsell Color Chips. Baltimore, Maryland: Macbeth Division of Kollmorgen Corporation, 1975.

NASCIMENTO, C. B. DO. **Deterioração de forro em estuque reforçado com ripas vegetais: O Caso “Vila Penteado”** – FAUUSP. São Paulo: USP, 2002. 265p.

NASCIMENTO, Francisco Paulo do; SOUSA, Flávio Luís Leite. **Metodologia da pesquisa científica: Teoria e Prática**. 2. ed. Fortaleza-CE: INESP, 2017. 390p.

OLIVEIRA, Daniel Schommer de. **Resgate de técnicas construtivas mais sustentáveis: análise e descrição do sistema enxaimel**. 2011.

PALOMO, A., et al. **Historic mortars: characterization and durability: new tendencies for research**. *Eduardo Torroja Institute (CSIC), Madrid, 2002*. Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2002.

PEREIRA, Juliana Renata. **Caracterização pedológica de materiais utilizados para construção de paredes de pau-a-pique no período colonial em minas**

gerais: estudo de caso na igreja de São José, Ouro Preto, MG. 2010. 130 f. Monografia (Especialização) - Curso de Tecnólogo em Conservação e Restauro, Instituto Federal de Minas Gerais Campus Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso básico de mecânica dos solos em 16 aulas.** 3ª edição. São Paulo: Oficina de textos, 2006.

POLLAK, Michael. Memória e identidade social. **Revista Estudos Históricos**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 10, p. 200-215, jul. 1992. ISSN 2178-1494. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/reh/article/view/1941>>. Acesso em: 30 Jun. 2019.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA (Brasil) (org.). **Hidroxiapatita.** Disponível em: http://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0912570_2011_cap_2.pdf. Acesso em: 10 jun. 2020.

RAYMOND WIGHTMAN (Cambridge) (org.). **Biólogos encontram vaterita mineral rara e instável em plantas alpinas.** 2018. Disponível em: <http://www.sci-news.com/biology/vaterite-alpine-plants-05787.html>. Acesso em: 10 jul. 2020.

RIBEIRO, Nelson Pôrto. Técnicas construtivas das Alvenarias Históricas no Brasil. In: In: BRAGA, Márcia (org.) **Arquitetura brasileira coleção conservação e restauro**, livro 3, Unidade 3. Rio de Janeiro: Editora Rio. p. 51-94. 2003.

RODRIGUES, Paula Nader. "Caracterização das argamassas históricas da ruína de São Miguel Arcanjo/RS." (2013). Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, RS, 2013.

ROQUE, João Carlos Almendra. **Reabilitação estrutural de paredes antigas de alvenaria.** 2002. 352 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Braga, 2002.

RUPPERT, Edward E., Barnes, Roberto D. **Zoologia dos invertebrados.** 6 ed. São Paulo: Roca, 1996.p. 413.

SANJURJO-SÁNCHEZ, J.; TRINDADE, M.j.; BLANCO-ROTEA, R.; GARCIA, R. Benavides; MOSQUERA, D. Fernández; BURBIDGE, C.; PRUDÊNCIO, M.i.; DIAS, M.i.. Chemical and mineralogical characterization of historic mortars from the Santa Eulalia de Bóveda temple, NW Spain. **Journal Of Archaeological Science**, v. 37, n. 9, p. 2346-2351, set. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2010.04.008>.

SANTIAGO, Cybèle Celestino. **Argamassas tradicionais de cal.** Salvador: EDUFBA, 2007. 202 p.

SANTIAGO, Cybèle Celestino. **O solo como material de construção.** Salvador, Bahia: Edufba - Editora da Ufba, 2001. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/1153/1/uso%20do%20solo%20como%20material%20de%20construcao.pdf>>. Acesso em: 05 jul. 2019.

SEQUEIRA, A.C.; FRADE, D.; GONÇALVES, P. (2007) **Cal hidráulica – um ligante para a reabilitação**. 2º Congresso Nacional de Argamassas de Construção, APFAC, Lisboa.

SILVA, A. S. **Caracterização de Argamassas Antigas - Casos Paradigmáticos**. In: Cadernos Edifícios nº 2. Lisboa: LNEC, 2002. p.97-101.

Centro de referência cultural engenho Monjope. Recife, PE: Fundação do Patrimônio Histórico e Artístico de Pernambuco (FUNDARPE), 2008. 26 slides, color.

SMITH, Robert. **O caráter da Arquitetura Colonial no Nordeste**. *Estudos brasileiros*, Rio de Janeiro: 1940.

SOUZA, Marília Lopes de. **Caracterização de argamassas históricas de conventos franciscanos do estado de Pernambuco**. 2011. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE. 2011.

TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said. **Algumas considerações sobre as argamassas de reabilitação**. 2009.

WEN, Y., XIANG, L., JIN, Y. Synthesis of plate-like calcium carbonate via carbonation route. **Materials Letters**, v. 57, n. 16-17, p. 2565-2571, mai. 2003.

ANEXO A- OFÍCIO DE SOLICITAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO DA FUNDARPE PARA REALIZAÇÃO DE VISITAS TÉCNICAS NO ENGENHO MONJOPE –PE


UNIVERSIDADE CATÓLICA DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL – MESTRADO

Ofício 001 Recife, 08 de ABRIL de 2019.

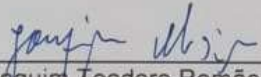
À Gerência Geral da GGPPC (GERÊNCIA GERAL DE PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO CULTURAL DA FUNDARPE),

Vimos por meio deste, solicitar a Vossa Senhoria, **autorização** para **VANESSA YASMINE FERREIRA DA ROCHA TELES**, portadora do CPF sob o nº **060.4580.094-08**, e-mail **v.yasmine@gmail.com**, aluna do programa de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Católica de Pernambuco (**matrícula nº 2017604198**), para **realizar visitas técnicas ao ENGENHO MONJOPE-PE**, situado no endereço: Estrada do Monjope, 54 - Monjope, Igarassu - PE, 53600-000, permitindo-a realizar coleta de material construtivo para estudo laboratorial.

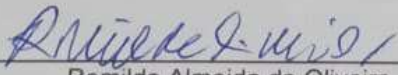
Imperioso informar, que a visita técnica objetiva o maior contato da aluna com Engenho, pois, está desenvolvendo um projeto de pesquisa sobre as argamassas históricas utilizadas na construção do referido Engenho. A aluna terá que desenvolver experimentos em laboratório usando amostras de argamassas retiradas das quatro principais edificações do Engenho: Fábrica, Senzala, Capela e Casa Grande. Ressalte-se que todos os dados levantados, tais como depoimentos e fotografias, serão utilizados somente para fins acadêmicos e serão posteriormente **fornecidos à FUNDARPE**, ante o valor histórico que a presente pesquisa representará.

Antecipadamente, agradecemos a atenção dispensada a nossa solicitação, com a certeza da colaboração deste respeitoso órgão.

Atenciosamente,



Joaquim Teodoro Romão de Oliveira
(Coordenador do Programa)



Romilde Almeida de Oliveira
(Orientador da Pesquisa)