

CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSAS HISTÓRICAS DE REVESTIMENTO DA CASA DA FAZENDA “SABE MUITO” EM CARAÚBAS-RN.

Alexandre Peres Wanderley Júnior¹, Erica Natasche de Medeiros Gurgel Pinto².

¹Aluno do Curso de Engenharia Civil - Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA Campus Caraúbas; alexandre_junior000@hotmail.com.

²Prof.^a Dra. do Curso de Engenharia Civil - Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA Campus Caraúbas; erica.gurgel@hotmail.com.

Resumo: As argamassas de revestimento de uma edificação histórica fornecem diagnósticos a respeito das técnicas executivas e materiais utilizados, e, por isto, estuda-se a caracterização para a reabilitação destes patrimônios. Diante disso, este trabalho estuda a caracterização das argamassas de revestimento da casa grande do “Sabe Muito” do município de Caraúbas-RN, utilizando técnicas de análises físicas, químicas e microestruturais. Durante as visitas *in loco* foram feitas as coletas de amostras de seis locais diferentes (quatro externos e dois internos) e registros fotográficos, e, posteriormente foram realizados ensaios de FRX, DRX, teor de aglomerante, análise granulométrica, absorção de água e densidade de massa aparente. A análise de FRX indicam que as argamassas são ricas em CaO, SiO₂ e K₂O, e possuem composição de aglomerantes ricos em cal e areias silicosas que também possuem o mineral feldspato, confirmadas pelo DRX. O teor de aglomerante foi maior para as argamassas externas à edificação, distinguindo-se das argamassas internas com traços diferentes. A análise granulométrica dos agregados caracterizou um material fino, com particularidades de areias provenientes da região. A absorção de água foi praticamente a mesma para todas as amostras, aproximando-se a 14%. A densidade de massa aparente foi encontrada para todas as amostras, com grande variabilidade para a mostra 6. Com isso, conclui-se que é possível determinar as diferenças de degradações nas argamassas e a partir dos resultados propor nova formulações para recuperações desses patrimônios.

Palavras-chave: Argamassas antigas; argamassas de revestimento; caracterização de argamassas.

1. INTRODUÇÃO

Pesquisas sobre materiais construtivos tem granjeado maior perspectiva nos últimos anos devido interesses essencialmente culturais e econômicos. Dentro deste contexto, pode-se destacar a evidente preocupação de preservar o patrimônio histórico-cultural, que são marcos na arquitetura, história, cultura de um povo ou região específica. Os estudos destas edificações são realizados com diversas investigações, que fornecem diagnósticos com informações detalhadas sobre as técnicas construtivas empregadas na execução das obras, bem como, os materiais utilizados e suas composições.

Dos elementos antigos que são suficientemente ricos em informações, destacam-se as argamassas de revestimento, que possui a finalidade de proteger as alvenarias contra as intempéries [1]. Sua produção está entre as técnicas mais antigas executadas por seres humanos, e, de modo geral, são produzidas misturando aglomerante, agregados e água. As argamassas históricas têm se destacado em pesquisas internacionais, bem como no Brasil, devido ser um dos principais elementos associados à manutenção e restauro de edificações antigas, sendo estas, bastante suscetíveis a problemas de deterioração. Sua caracterização é de extrema importância no estudo da preservação do patrimônio histórico, por permitir avaliar tecnologias de produção, o estado de conservação do patrimônio e planejamento de metodologias de preservação [2]. Tal investigação de argamassas envolve várias técnicas químicas, físicas, mineralógicas e microestruturais para obter conhecimento amplo sobre a composição, sendo possível descobrir detalhes sobre a datação dos edifícios, potenciais intervenções passadas e reabilitações futuras [3].

Estudar estes patrimônios influencia diretamente na tomada de decisões quanto ao processo de reabilitação, corrigindo as prováveis patologias decorrentes do envelhecimento da edificação. Qualquer operação de restauro, necessita de garantia de compatibilidade dos materiais. Para as argamassas, é necessário que haja semelhantes resistências mecânicas, bem como, composição do traço, para que não haja relevantes discrepâncias entre as propriedades do material original. Esta é uma problemática nas intervenções hoje em dia, devido à negligência quanto aos estudos prévios das argamassas de tais edificações [4], pois são removidas por completo, perdendo valores estéticos e técnicos, sendo substituídas por argamassas novas, contribuindo para degradações aceleradas, gerando incompatibilidades no funcionamento global das paredes, podendo levar ao comprometimento da estrutura como um todo [5,6].

Diante disso, trabalhar com argamassas antigas requer estudos cautelosos de como se comportará novos materiais ao ser implantado em possíveis reconstituições. Como forma de otimização e intervenção mínima, a primeira opção de reabilitação do patrimônio histórico, deve ser a conservação dos revestimentos existentes, através de planos de manutenção e reparações pontuais, quando possível. Ou então, reparos parciais ou totais por argamassas de substituição, desde que, haja compatibilização das argamassas pré-existentes para que se tenha eficácia no papel de conservação dos edifícios históricos [7].

A prática de preservação no BRASIL, está a serviço do IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional), órgão federal criado desde 1937. No Rio Grande do Norte, a atuação do IPHAN iniciou em 1949 e atualmente, um dos prédios tombados no estado é a grande casa da fazenda do “Sabe Muito”, localizada em Caraúbas-RN, tombada em 2002. A casa do “Sabe Muito” possui grande valor histórico e cultural para a região e população caraubense, devido ser a única edificação tombada do município, bem como, a maior casa construída da região.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar as argamassas de revestimento da casa do “Sabe Muito”, patrimônio histórico da cidade de Caraúbas-RN, utilizando técnicas de análises físicas, químicas e microestruturais.

2. METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada em formas de visitas *in loco* para o reconhecimento do local, registro fotográfico e coleta das amostras de argamassas de revestimento, bem como, fazer levantamentos históricos sobre o logradouro e a edificação. Uma segunda etapa foi executada, a fim de caracterizar o material coletado da casa do “Sabe Muito” utilizando métodos de análise física, química e microestrutural, executados em Laboratórios.

2.1 Análise histórica da casa grande do “sabe muito”

Sabe-se que a fazenda do “Sabe Muito” possui valores para o município de Caraúbas-RN, sendo esta nomeada assim por Antônio Pinto Coutinho, devido experiências com indígenas da região. A edificação construída em 1868, encontra-se tombada pela Fundação José Augusto, desde 2002 [8]. Oficialmente, esta é a única casa tombada de Caraúbas-RN.

A fazenda do “Sabe Muito” passou a ter vários proprietários por herança, e atualmente foi negociada para um empresário Júnior Fernandes, onde já apresenta algumas intervenções de reformas no telhado e revestimento da fachada (parte superior) (Figura 1) e será utilizada para fins familiares [9].



Figura 1. Casa do “Sabe Muito”. (Autoria própria)

2.2 Caracterização da edificação

A fazenda do “Sabe Muito” é localizada a 12 km da cidade de Caraúbas-RN, as margens da RN-117 que liga Caraúbas a Apodi. A edificação com paredes longas de 4 tijolos, possui 16 cômodos, 27 portas e 11 janelas e apresenta uma arquitetura colonial, reconhecida até os dias de hoje como a maior casa do município [8]. Após a visita à edificação para compreensão histórica e prováveis alterações nos elementos originais, devido manifestações patológicas, realizou-se a coleta das amostras em conjunto com o registro fotográfico, seguindo a metodologia de [10,11].

A coleta foi realizada com o auxílio de marreta e talhadeiras (de pequeno e grande porte), a 1,50 m do nível do piso, a fim de se obter materiais livres de intervenções, ou seja, com material o mais original possível, sem patologias, e, de diferentes cômodos (quatro fachadas e dois cômodos internos). As Figuras 2 a 7 a seguir, apresentam a retirada das amostras, identificando os locais de amostragem.



(a) Local de coleta



(b) Detalhe

Figura 2. Coleta - Fachada Frontal – Amostra 01.
(Fonte: Autoria própria)



(a) Local de coleta



(b) Detalhe

Figura 3. Coleta - Fachada Lateral Esquerda – Amostra 02. (Fonte: Autoria própria)



(a) Local de coleta



(b) Detalhe

Figura 4. Coleta - Fachada Posterior – Amostra 03.
(Fonte: Autoria própria)



(a) Local de coleta



(b) Detalhe

Figura 5. Coleta - Fachada Lateral Direita – Amostra 04. (Fonte: Autoria própria)



(a) Local de coleta



(b) Detalhe

Figura 6. Coleta - Interno Lado Direito – Amostra 05.
(Fonte: Autoria própria)



(a) Local de coleta



(b) Detalhe

Figura 7. Coleta - Interno Lado Esquerdo – Amostra 06. (Fonte: Autoria própria)

2.3 Caracterização das argamassas

Para a caracterização das argamassas, foram realizados os procedimentos descritos no fluxograma a seguir e explicados posteriormente (Figura 8).

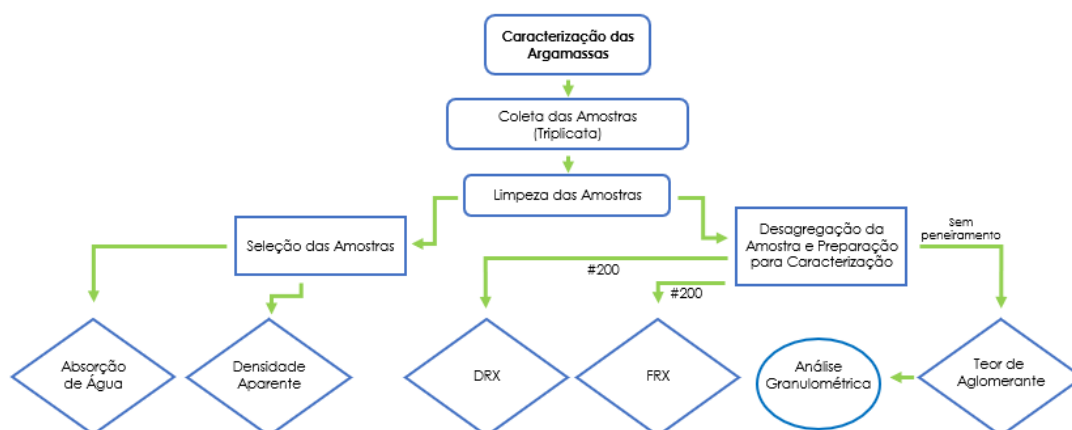


Figura 8. Sequência de processos para caracterização das argamassas. (Fonte: Autoria própria)

Para a caracterização das argamassas de revestimento coletadas, as amostras passaram pelo processo de tratamento, onde inicialmente, executou-se a limpeza dos fragmentos com auxílio de talhadeira, luva látex, espátulas e escova com cerda do tipo macia, com a finalidade de retirar os resíduos de tinta e alvenaria existente na superfície externa à alvenaria.

Posteriormente, tomou-se como base o processo descrito por [1], onde parte da amostra foi desagregada com auxílio da haste de adensamento para argamassas e soquete de compactação de solos de porte médio. Após a fragmentação, separou-se uma parte do material destorroado passando na peneira #200 (diâmetro = 0,075 mm) e foram encaminhadas amostras para as análises de composições química e microestrutural. O material intacto, sem passar pelo peneiramento, foi separado para a realização do ensaio para determinação do teor de aglomerante.

2.3.1 Fluorescência de Raios-X

A técnica de Fluorescência de Raios-X foi realizada com o objetivo de analisar qualitativamente e quantitativamente a composição química dos elementos, ou seja, os óxidos presentes nas amostras coletadas, por meio da energia e intensidade característica emitida por cada partícula, para a comparação com outros estudos encontrados na literatura. A análise química das argamassas coletadas foi realizada por meio de um espectrômetro de raios-x por energia dispersiva em um equipamento Shimadzu, modelo EDX-720.

2.3.2 Difração de Raios-X

A caracterização mineralógica das argamassas foi realizada através da Técnica de difração de Raios-X, utilizando o aparelho eco D8 ADVANCE da Bruker, com fonte de radiação Cu, filtro monocromador de níquel, varreduras de intervalo de leitura entre 5° e 80° e rotação do porta amostra de 15 rpm, com o objetivo de identificar os cristais presentes na amostras, através dos estudos de estrutura atômica e molecular destas partículas.

2.3.3 Teor de Aglomerante

Para a determinação do Teor de Aglomerante, baseou-se na técnica de análise química por via húmida (AQVH) [9]. Neste caso, foram feitas algumas adaptações:

- utilização de maior percentual de massa (argamassa e ácido);
- maior espaço de tempo entre as etapas do procedimento experimental;
- não se utilizou da técnica de decantação para separação dos sólidos suspensos na solução;
- a secagem dos agregados foi feita em estufa e não à temperatura ambiente.

Utilizou-se ácido clorídrico (HCl), a fim de solubilizar compostos solúveis na amostra, ou seja, o ligante (basicamente CaCO_3). Restando assim a fração insolúvel composta essencialmente pelos agregados (inertes).

O procedimento experimental deste ensaio seguiu a sequência apresentada a seguir.

- a) Secou-se em estufa as amostras de cada local a temperatura de 105 (± 5) °C durante 24 horas;
- b) Separaram-se três amostras de cada local de coleta, cada uma pesando 50 gramas e anotou-se o peso (m_1) (Figura 8 (a));
- c) Depositou-se cada uma das três amostras em béquers de 500 ml;
- d) Adicionou-se 150 ml de HCl em cada béquer e homogeneizou-se (Figuras 8 (b) e (c));
- e) A solução de HCl + Argamassa foi deixada em local seco durante 24 horas (para ocorrer a total diluição do ligante);
- f) Pesou-se a massa de cada papel filtro drenante (m_2);
- g) Posteriormente, drenou-se a solução em funis com os filtros de papel drenante, para a retenção dos finos inertes, durante 24 horas (Figura 8 (d));
- h) Após a drenagem, secou-se em estufa os filtros de papéis junto aos finos inertes em estufa a 105 (± 5) °C, durante 24 horas (Figura 8 (e) e (f)).
- i) Pesou-se os papéis drenantes com agregados (m_3) para encontrar a massa de agregados ($m_3 - m_2$) (Figura 8 (g));
- j) Calculou-se o teor de aglomerante (M_{arg}) através da equação 1 a seguir:

$$M_{arg}(\%) = \frac{m_1 - (m_3 - m_2)}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

O procedimento experimental descrito anteriormente, está apresentado a seguir na Figura 9.



(a) Pesagem do material.



(b) Adição do HCl.



(c) Homogeneização.



(d) Filtragem.



(e) Secagem em estufa.



(f) Filtros com agregados secos.



(g) Pesagem dos filtros.

Figura 9. Sequência de procedimentos do ensaio de teor de aglomerante. (Fonte: Autoria própria)

2.3.4 Análise Granulométrica

O ensaio de análise granulométrica foi realizado seguindo a descrição da NBR NM 248 [12], com a finalidade de representar o tamanho das partículas dos agregados utilizados nas argamassas históricas em questão. O material utilizado foi o retirado dos filtros de papel drenantes cautelosamente, ou seja, fração insolúvel, utilizados na determinação do teor de aglomerante. Devido a intervenção mínima no monumento, não se utilizou a quantidade mínima descrita na norma, sendo executado apenas com a quantidade disponível para cada amostra, utilizando as peneiras da série normal.

2.3.5 Absorção de Água

Para o ensaio de absorção de água, foi necessário realizar uma adaptação da NBR 9778 [13], devido as amostras não possuírem volume mínimo indicado na norma em alguns casos, devido a irregularidade dos fragmentos coletados. Portanto, os ensaios foram feitos com as amostras disponíveis, e, o procedimento foi executado de acordo com a metodologia da norma (Figura 10).



(a)



(b)



(c)

Figura 10. Procedimentos do ensaio de absorção das argamassas: (a) amostras pós-secagem; (b) amostras imersas; (c) pesagem das amostras pós-imersão. (Fonte: Autoria Própria)

2.3.6 Densidade de Massa Aparente

O ensaio de densidade de massa aparente foi realizado seguindo os critérios da NBR 13280 [14]. Porém, devido não ter possibilidade de garantir o volume prismático prescrito na norma, devido irregularidades dos fragmentos de argamassa, determinou-se o volume de cada amostra utilizando o princípio de Arquimedes, de determinação de volume de um corpo a partir do volume do fluido deslocado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste item serão apresentados os resultados e discussões referente aos ensaios de caracterização das amostras, abordadas no trabalho.

3.1 Fluorescência de Raios-X

Os resultados obtidos dos ensaios de Fluorescência de Raios-X estão apresentados na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1. Resultados do ensaio de FRX para as seis amostras. (Fonte: Autoria própria)

Amostras	Composição (%)												
	CaO	SiO ₂	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	SrO	TiO ₂	MnO	ZrO ₂	Rb ₂ O	SO ₃	CuO	Y ₂ O ₃	Ag ₂ O
1	79,14	8,82	8,56	2,78	0,34	0,18	0,10	0,01	0,01	0,00	-	-	-
2	67,48	13,85	14,03	3,76	0,26	0,38	0,09	0,12	0,02	0,00	-	-	-
3	79,01	8,98	8,48	2,74	0,36	0,20	0,13	0,08	0,01	0,01	0,01	-	-
4	68,77	11,15	15,47	3,63	0,30	0,43	0,08	0,15	0,02	-	-	0,00	-
5	37,13	29,27	22,14	9,79	0,18	0,92	0,16	0,33	0,04	0,03	-	0,01	-
6	35,95	30,59	21,76	9,77	0,22	1,11	0,15	0,31	0,04	0,02	-	0,01	0,04

De acordo com o ensaio, foi possível identificar os elementos presentes na composição das amostras, sendo estes em maior quantidade: óxido de cálcio, conhecido como cal (CaO); dióxido de silício, sílica (SiO₂); óxido de potássio (K₂O) e óxido férrico (Fe₂O₃).

A presença da cal (CaO) pode ser explicada a partir de sua composição em aglomerantes, inclusive a própria cal, devido ser elementos derivados do calcário, matéria prima essencial, bem como em rochas e minerais. Observa-se maiores teores deste óxido nas amostras de argamassas externas, 1 a 4. Tal fato pode ser explicado por traços diferentes entre as amostras internas e externas, onde utilizou-se maior teor de aglomerante, ou seja, maior teor de CaO.

A evidência do dióxido de silício (SiO₂) nas amostras é bastante esperada, visto que é um componente presente em areias, elemento bastante utilizado em argamassas como agregado miúdo. Os maiores teores de sílica foram observados nas amostras internas (5 e 6), aproximadamente 2 a 3 vezes mais que os teores das demais amostras, podendo haver um maior teor de agregado miúdo.

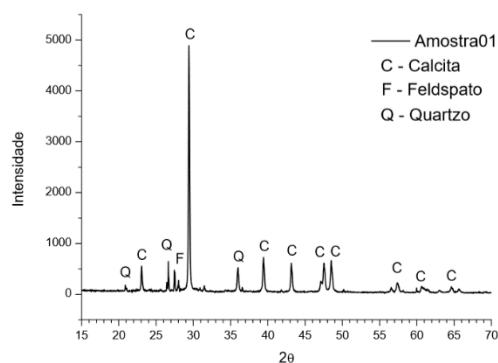
Já o óxido de potássio (K₂O) identificado nas amostras, explica-se pela sua presença em minerais, tais como o feldspato. O maior teor encontrado foi nas amostras internas da edificação, totalizando cerca de 20% da composição, podendo também observar um aumento no teor de agregados para estas amostras, devido o feldspato ser encontrado em areias.

A presença do ferro (Fe), explica-se por sua presença nos solos. Sendo assim, a maior ocorrência na parte interna da edificação, nas amostras 5 e 6. Possivelmente, os agregados miúdos destas argamassas sejam de origem diferente dos utilizados nas amostras externas (1 a 4).

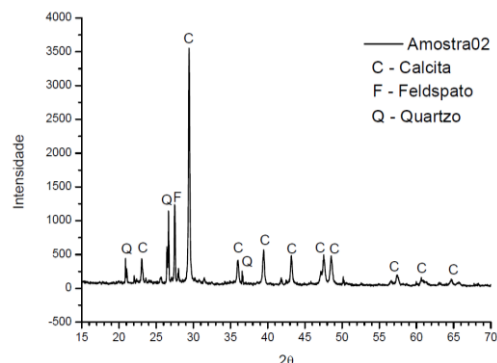
Em proporções menores, foram encontrados os óxidos de estrôncio (SrO), dióxido de titânio (TiO₂), Óxido de manganês (MnO), dióxido de zircônio (ZrO₂), óxido de rubídio (Rb₂O), trióxido de enxofre (SO₃), óxido de Cobre (CuO), trióxido de ítrio (Y₂O₃) e óxido de prata (Ag₂O). Tais elementos podem ser explicados pela sua presença na composição de minerais que compõe os solos, bem como a utilização em tratamentos de água, ou até mesmo impurezas relacionadas à coleta e limpeza das amostras, como resíduos de tinta, como é o caso do ZrO₂.

3.2 Difração de Raios-X

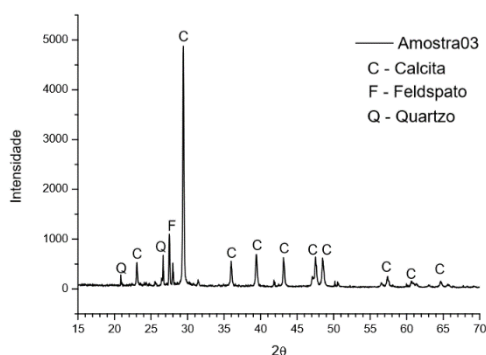
Os picos do ensaio de DRX para cada amostra foram identificados segundo outros trabalhos referentes à caracterização de argamassas dispostos na literatura e, a partir disso, montou-se os difratograma apresentados na Figura 11 abaixo.



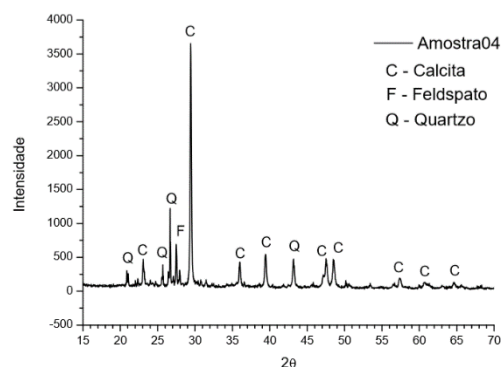
(a) Amostra 01 – Fachada Frontal



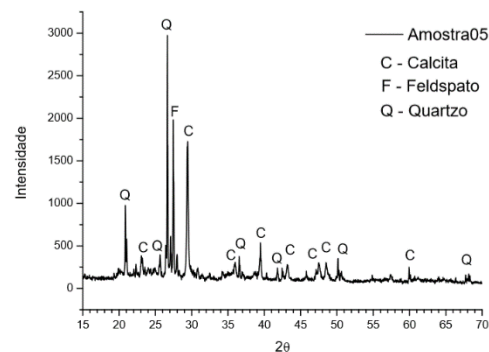
(b) Amostra 02 – Fachada Lateral Esquerda



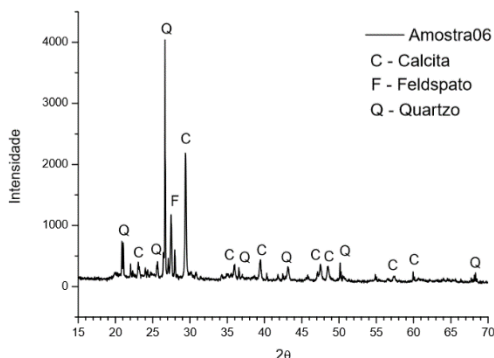
(a) Amostra 03 – Fachada Posterior



(b) Amostra 04 – Fachada Lateral Direita



(a) Amostra 05 - Lado Interno Direito



(b) Amostra 06 – Lado Interno Esquerdo

Figura 11. Difratogramas das amostras. (Fonte: Autoria própria)

Para o pico identificado no ângulo 2θ igual a 21, identificou-se o elemento como sendo o elemento gipsita no primeiro momento [15]. Já para outro estudo este pico foi identificado como quartzo [16]. Para a gipsita, um dos elementos presentes em sua composição é o enxofre (S), encontrado em pequenas proporções para cada amostra (cerca de 0,03%). Associando os elementos encontrados com o ensaio de FRX, optou-se por escolher para esta angulação o quartzo, devido maior quantidade de SiO_2 em todas as amostras.

Os picos identificados nos ângulos 2θ de 23°, 37° e 39° foram identificados como calcita, quartzo e calcita, respectivamente [3]. Esta mesma pesquisa identificou as angulações de 50°, 55° e 68° como quartzo e 57°, 61° e 65° como CaCO_3 . Nota-se que estes últimos picos são mais frequentes em quase todas as amostras.

Os picos de 26° e 27° foram considerados como quartzo, 28° como feldspato, 29°, 30°, 44°, identificados como calcita e 42 e 43° como quartzo, todos compatíveis com outra caracterização estudada [16]. Encontrou-se picos de

calcita a 48° e 49° e são picos compatíveis com as análises deste trabalho [17]. As demais angulações em que não houveram incidência de picos caracterizam o material amorfo das amostras.

Conforme os resultados obtidos e apresentados nos gráficos de DRX (Figura 11), pode-se observar que foi possível identificar a presença dos minerais calcita, feldspato e quartzo através dos picos de difração, sendo a calcita o elemento mais representativo com maior número de picos, e em segundo, o quartzo.

A presença do carbonato de cálcio CaCO_3 em todas as amostras, permite avaliar que a composição do aglomerante utilizado possui proporções de CaO significantes segundo o ensaio de FRX e, ainda, sua utilização nas argamassas compostas por areia conforme identificação dos elementos KAlSi_3O_8 (Feldspato) e SiO_2 (Sílica) que estão presentes na composição deste agregado miúdo, a depender do local em que foi coletada [18].

Para as amostras de 1 a 4, pôde-se identificar maior evidência do carbonato de cálcio (CaCO_3), possibilitando a proposição de que estas argamassas possuam quantidades mais significativas de cal ou argilas, do que as demais.

A presença do cristal CaCO_3 indica que há degradação da argamassa através das reações de carbonatação, envolvendo o dióxido de carbono (CO_2). Esta degradação das amostras de 1 a 4, pode ser explicada por ser argamassas utilizadas em revestimento externo, nas fachadas da edificação, e, por ser os locais mais expostos às intempéries, inclusive chuva e gás carbônico (presente na atmosfera), e por isto apresentar maior deterioração.

As amostras 05 e 06 apresentaram difratogramas diferentes das demais amostras, e, semelhantes entre si. É notável um pico maior de sílica (quartzo – SiO_2), coerente com o ensaio de FRX que apresenta maiores teores de SiO_2 para tais amostras, totalizando aproximadamente 30% de sua composição.

Um pico de feldspato com maior intensidade também pode ser observado na amostra 05, evidenciando uma discrepância entre as outras análises. Esta comprovação pode ser explicada com maior teor de K (potássio) e Si (Silício) determinado a partir da Fluorescência de Raios-X.

Não foi detectada a presença de Portlandita (Ca(OH)_2), evidenciando que houve total carbonatação das argamassas em estudo, ou seja, a reação final com o ácido carbônico (formado por água e dióxido de carbono), formando a calcita. Este resultado é esperado em argamassas superficiais e normalmente muito porosas [19].

3.3 Teor de aglomerante

Como proposto, foi possível obter o teor de aglomerante para cada amostra. Na Tabela 2 abaixo, estão os valores correspondentes ao ensaio de determinação do Teor de aglomerante e traço aproximado, referente à análise em triplicata de cada amostra.

Tabela 2. Resultados da determinação de aglomerante e traço aproximado. (Fonte: Autoria própria)						
Amostras	1	2	3	4	5	6
Marg _{méd} (%)	16,33	8,93	15,87	8,33	4,20	5,40
Aglomerante:Agregado	1:5,12	1:10,19	1:5,3	1:11,0	1:22,81	1:17,52

Conforme os resultados obtidos, pode-se observar que as amostras 1 e 3, dentre todas analisadas, apresentaram maiores teores de aglomerante (16,33 % e 15,87 %). Em seguida, as amostras apresentam 2 e 4 apresentam valores menores (8,93 % e 8,33 %), em relação as amostras anteriormente citadas e maiores quando comparadas às amostras 5 e 6 de 4,2 % e 5,4 %, respectivamente.

O fato das amostras 1 e 3 apresentarem maiores teores pode ser explicado por possível data de aplicação do revestimento externo da edificação ser mais recente. Ou seja, o revestimento ser mais novo, quando comparado a revestimentos internos. Com o passar dos anos, as dosagens das argamassas sofreram modificações, uma destas conferindo a utilização de composições mais simples e homogêneas do que as utilizadas nos patrimônios mais antigos [20]. Outro fato é a maior porcentagem de CaO encontrada no ensaio de FRX para estas amostras, comprovando assim a utilização de aglomerantes com este elemento, e por isto, quanto para maiores quantidades de teor de aglomerante, maior será a presença da cal em argamassas históricas.

Os traços das amostras 1 e 3 se aproximam (ainda em maior quantidade de agregados) aos mais estudados e dosados hoje em dia, e até tomados como referência de composição aproximada a 1:3. [21-23].

Para as amostras 2 e 4, pode-se utilizar a mesma proposição para as amostras 1 e 3, sendo que estas estão localizadas na parte externa do patrimônio. Apesar de apresentarem teores inferiores às amostras 1 e 3, existe a probabilidade das amostras 2 e 4 ter sido executadas no mesmo período, pois, são referentes às Fachadas Laterais e pouco se acredita que a técnica construtiva tenha seguido traços diferentes e tempo de execução diferente para a Fachada Frontal e Posterior em relação as Fachadas Laterais. Portanto, precisa-se de um estudo mais detalhado para averiguar se houve intervenções nas fachadas laterais mudando assim as características da argamassa original ou se houve falta de homogeneidade nas amostras, imprecisão nas pesagens e/ou influência da umidade.

Para 5 e 6, amostras de áreas internas, foi determinado valores de teores inferiores quando relacionado com os demais (aproximadamente 33% do maior valor – amostra 1). Pode ser explicado pela idade das argamassas ser

maior à das argamassas externas, bem como, pelos maiores teores de SiO_2 e menores teores de CaO encontrados no FRX. Tal fato justifica o traço aproximado encontrado, com proporções de agregados bem maiores. Ou seja, quanto maior for o teor de agregado da amostra, mais sílica não reativa será encontrada na composição da argamassa, devido sua presença em agregados miúdos do tipo areia.

Por uma análise tátil-visual, as amostras internas apresentavam menor resistência, cor mais escura, maior degradação na tentativa de coleta de amostras, o que se verifica menor coesão devido uma menor quantidade de aglomerante, resultando em maiores quantidades de agregados observados nos traços destas amostras (1:22,81 e 1:17,52). Estas informações podem confirmar que foram utilizados menores teores de material aglomerante conforme características da época, culturas e técnicas construtivas em desuso.

3.4 Análise granulométrica

Com resultados do ensaio granulométrico, montou-se curvas granulométricas dos agregados para cada tipo de amostra e curva média utilizando a média dos valores obtidos entre as seis amostras (Figura 12).

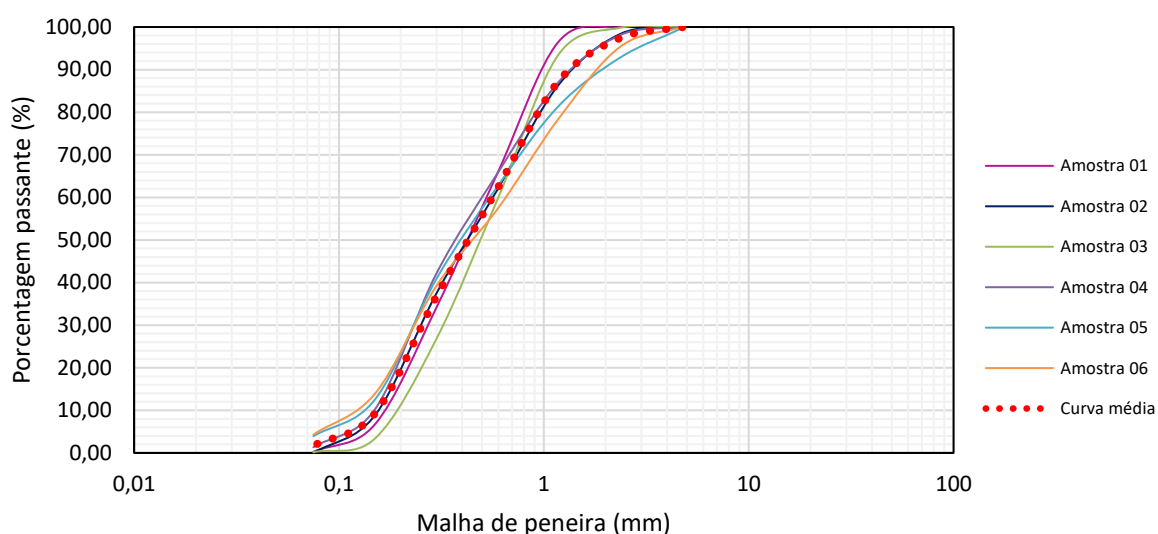


Figura 12. Gráfico das curvas granulométricas das amostras e curva média. (Fonte: Autoria própria)

Para as curvas apresentadas, observa-se uma similaridade dos agregados utilizados nas argamassas da edificação entre si, podendo considerar o material como bem graduado (contínuo) a partir da configuração do gráfico-curva.

Para os materiais analisados, montou-se uma curva média a fim de conhecer o provável material a ser utilizado em uma reconstrução e observou-se que possuem características de maior parte de areia, sendo esta com as informações da Tabela 3.

Tabela 3. Resultados de granulometria para a curva média. (Fonte: Autoria própria)

Φ peneira (mm)	% retida em cada peneira	% que passa em cada peneira
4,75	0,04	99,96
2,36	2,54	97,42
1,18	10,18	87,25
0,6	24,79	62,46
0,3	25,57	36,88
0,15	35,22	1,66
Fundo	1,66	0,00
Σ	100,00	-

Além das curvas granulométricas, calcularam-se os valores de Diâmetro Máximo dos Agregados ($D_{\text{máx}}$) e Módulo de Finura (MF), apresentados na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4. Diâmetro máximo do agregado e módulo de finura. (Fonte: Autoria própria)

Amostras	1	2	3	4	5	6
D _{máx} - mm	1,18	2,36	2,36	2,36	4,75	2,36
MF	2,03	2,15	2,20	2,05	2,18	2,25

Pela análise da Tabela 3, pode-se observar que a amostra com agregado mais fino é a 1, apresentando uma menor dimensão máxima do agregado, bem como, menor módulo de finura. O maior valor de diâmetro máximo do agregado foi o da amostra 5, retendo cerca de 0,23 % do material (único valor inferior a 5 % retido acumulado). Pelo módulo de finura, o maior valor foi o da amostra 6. Porém, todos os valores estão muito próximos, caracterizando assim argamassas de agregados similares, provavelmente de mesma jazida encontrada na região, visto que há a predominância de solos arenosos em determinados locais do município de Caraúbas-RN [24] e em Apodi-RN a maior representatividade são dos solos de areias quartzosas [25]. Com isto, como a fazenda do Sabe Muito está entre os dois municípios citados, pode-se supor que os agregados utilizados foram da própria região.

Com relação aos agregados analisados, pode-se concluir que são finos de acordo com os valores baixos do módulo de finura [26]; e são classificados como areias de quartzo fina, de acordo com a presença de quartzo verificada no ensaio de DRX já apresentado no item 3.2.

3.5 Absorção de água

Os resultados do ensaio de absorção de cada amostra foram calculados individualmente para as três determinações de cada amostra e estão apresentados em média na Tabela 5 a seguir.

Tabela 5. Resultados da absorção média por amostra. (Fonte: Autoria própria)

Amostras	1	2	3	4	5	6
Absorção média (%)	13,57	14,08	15,50	12,96	13,21	13,41

Como pode-se observar, os valores de absorção média foram muito próximos entre si, caracterizando a argamassa 3, retirada da fachada posterior, como o material com maior absorção de água dentre os analisados. O menor valor de absorção foi o da argamassa 5 com 13,21 %, muito próximo da amostra 6 (13,41 %). Tal fato pode ser explicado por caracterizarem materiais internos, de textura e teor de aglomerante bastante parecidos, provavelmente executados simultaneamente ou ligeiramente próximos em curto espaço de tempo.

Para este ensaio, sugere-se que seja refeito com outras amostras de tamanhos diferentes para a confirmação dos resultados, visto que, foram executados com adaptações nas dimensões. Tais valores de absorção são levados em consideração na proposição de argamassas de restauro, para haver garantia da aderência dos materiais.

Uma argamassa de absorção similar as amostras estudadas, 14 %, foi elaborada com um traço 1:2 (aglomerante:agregado), utilizando 0,17% (em relação ao peso de aglomerante) de nano fibras de celulose, porém houve diminuição dos valores de resistência a compressão e módulo de elasticidade [27]. Para este trabalho, a resistência e módulo de elasticidade não foi avaliado das amostras coletadas. Portanto, é necessário levar em consideração tais características mecânicas e a compatibilização das outras análises realizadas para que este traço possa ser aplicado em caso de reabilitação.

3.6 Densidade de massa aparente

A partir dos dados de massa e volume obtidos, determinou-se a densidade de massa aparente e montou-se a Tabela 6 a seguir com os valores das três análises realizadas de cada local, valor médio obtido e desvio padrão entre cada amostra.

Tabela 6. Resultados ensaio de densidade. (Fonte: Autoria própria)

	Amostras	ρ (kg/m ³)	$\rho_{\text{méd}}$ (kg/m ³)	Desvio Padrão
1	1-A	1804,00	1638,00	159,90
	1-B	1625,00		
	1-C	1485,00		
2	2-A	1565,00	1649,30	106,92
	2-B	1769,57		
	2-C	1613,33		
3	3-A	1530,00	1493,00	38,40
	3-B	1495,65		
	3-C	1453,33		
4	4-A	1518,57	1565,82	65,04
	4-B	1538,89		
	4-C	1640,00		
5	5-A	1440,00	1510,80	67,74
	5-B	1517,39		
	5-C	1575,00		
6	6-A	1669,23	2093,35	368,93
	6-B	2270,83		
	6-C	2340,00		

Como observado, o menor valor de densidade aparente calculado foi o da amostra 3. Tal fato pode ser explicado em conjunto ao ensaio anterior, onde quanto maior for a absorção de água, menos denso será a amostra devido haver mais volumes de vazios do interior das mesmas. Quanto mais denso o material, maior será a junção entre as partículas e, conseqüentemente, menor a absorção de água. A amostra 3 apresentou maior absorção de água e menor densidade aparente, sendo assim uma análise coerente.

Para as amostras externas (1 a 4), o maior valor foi o da Fachada Lateral Esquerda (1649,3 kg/m³) representando um material mais denso. Cerca de 9,48 % maior que a menor amostra (argamassa 3).

Os resultados de densidade de massa aparente para as amostras de 1 a 5, são valores próximos aos estudados por [28], que caracterizou argamassas de monumentos históricos da Tunísia: 1540 Kg/m³ para um aqueduto e 1670 para cúpula externa.

Para a sexta amostra (interna lado esquerdo), pode-se observar uma discrepância nos resultados em relação às demais amostras: cerca de 21,21 % maior que o valor da amostra 2 (maior valor entre as demais amostras). Neste caso, pode-se explicar através do alto valor de desvio padrão obtido entre as três determinações de densidade para esta mesma amostra.

Estas argamassas utilizadas devem cumprir com a NBR 12281 [29], e baseando-se nesta norma pôde-se caracterizá-las e segue os resultados na Tabela 7 abaixo:

Tabela 7. Classificação das argamassas. (Fonte: Autoria própria)

Amostras	1	2	3	4	5	6
Classificação	M4	M4	M3	M3	M3	M6

Como houve adaptação em todas as amostras no volume padrão, é necessário que haja a confirmação das densidades através de outros ensaios, com várias determinações, a fim de obter com melhor precisão este resultado para ser utilizado na composição de futuros traços de argamassas de restauração.

4. CONCLUSÃO

Para as argamassas estudadas da casa grande da fazenda do “Sabe Muito” no município de Caraúbas-RN, analisadas através de técnicas laboratoriais para a caracterização das amostras, pode-se tirar algumas conclusões gerais:

- Através da realização deste trabalho, pode-se confirmar a importância da determinação das características das argamassas históricas para a realização de reabilitações compatíveis;

- As argamassas de revestimento da casa grande do “Sabe Muito” são ricas em cal, com aglomerantes de origem calcítica e areias ricas em sílica, confirmados nos resultados de FRX e DRX;
- Os teores de aglomerante para as amostras externas foram maiores quando comparados às amostras internas. Os traços calculados confirmam maior proporção de agregados para as argamassas internas, concluindo que são traços de argamassas diferentes, executados em períodos distintos e/ou materiais diferentes;
- Para o agregado utilizado, caracterizou-se como de natureza fina e de acordo com características de solo da região;
- Os valores de absorção foram praticamente iguais para todas as amostras, porém houve adaptações neste ensaio e é importante que sejam refeitos para confirmação dos resultados.
- Para a densidade de massa aparente, pode-se concluir que as amostras de 1 a 5 apresentam similaridade nos valores e uma discrepância no valor da argamassa interna 6. Precisando, também, de uma confirmação dos resultados com ensaios posteriores.
- Este trabalho contribuiu para a caracterização das argamassas da casa do “Sabe Muito”, podendo ser utilizado como base em uma futura pesquisa sobre as argamassas da localidade, bem como, em futuras reabilitações.

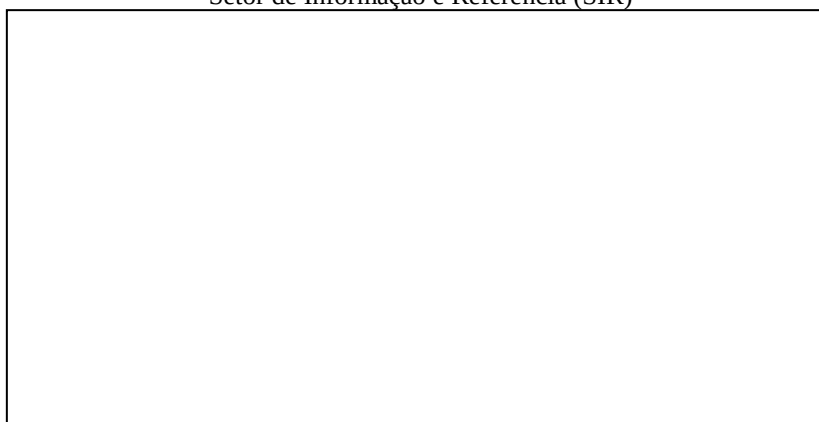
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SOUSA, A. K. D. Argamassas do grupo escolar Augusto Severo/RN: caracterização e incidência de manifestações patológicas. 2014. 140 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.
- [2] RAMPAZZI, L. et al. A chemometric approach to the characterisation of historical mortars. *Cement And Concrete Research*, v. 36, p.1108-1114, fev. 2006.
- [3] HORMES, J. et al. The characterization of historic mortars: A comparison between powder diffraction and synchrotron radiation based X-ray absorption and X-ray fluorescence spectroscopy. *Microchemical Journal*, v. 125, p.190-195, mar. 2016.
- [4] VEIGA, M. R. – Argamassas para revestimento de paredes de edifícios antigos. Características e campo de aplicação de algumas formulações correntes. Atas do 3º ENCORE, Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios. Lisboa, LNEC, maio de 2003.
- [5] ANAGNOSTOPOULOS, C.A.; ANAGNOSTOPOULOS, A. C. Polymer-cement mortars for repairing ancient masonries mechanical properties. *Construction and Building Materials*, v. 16, p. 379-384, out. 2002.
- [6] VEIGA, M. R. Intervenções em revestimentos antigos: conservar, substituir ou...destruir. In 2º Encontro sobre Patologia e Reabilitação de edifícios (PATORREB), Porto, 2006.
- [7] SANTOS, A. R.; VEIGA, M. R. Argamassas compatíveis para edifícios antigos. Jornadas LNEC, Lisboa, 2012.
- [8] FUNDAÇÃO JOSÉ AUGUSTO. Decreto nº 16.219, de 29 de julho de 2002. Natal, RN, 30 jul. 2002.
- [9] OLIVEIRA, V. H. Restauro e intervenção - casa da fazenda “Sabe Muito” Caraúbas/RN. 79 f. Monografia (Especialização) - Curso de Arquitetura, Universidade Portuguesa, Mossoró, 2017.
- [10] VEIGA, M.R., A., J., SANTOS, S.. A., CARVALHO, F. Methodologies for characterization and repair of mortars of ancient buildings. *Proceedings of the 3rd International Seminar on Historical Constructions*, Guimarães, 2001, 353-362.
- [11] KANAN, M. I. C. Manual de Conservação e Intervenção em Argamassas e Revestimentos a Base de Cal. Cadernos Técnicos 8. IPHAN/Programa Monumenta, Brasília, 2008.
- [12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- [13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos- Determinação da absorção de água por imersão – índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.
- [14] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13280: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro, 2005.
- [15] BLASCO-LÓPEZ, F.j.; ALEJANDRE, F.j.; FLORES-ALÉS, V. Methodology for characterising microlayers in historical plasterwork. *Construction And Building Materials*, v. 93, p.463-470, jun. 2015.
- [16] CONTE, Aida Maria et al. Characterization of mortars from the medieval Abbey of Cerrate (southern Italy). *Journal Of Archaeological Science: Reports*, v. 12, p.463-479, fev. 2017.
- [17] SANDROLINI, Franco; FRANZONI, Elisa. Characterization procedure for ancient mortars' restoration: The plasters of the Cavallerizza courtyard in the Ducal Palace in Mantua (Italy). *Materials Characterization*, v. 61, p.97-104, out. 2010.

-
- [18] GAMEIRO, A. et al. Physical and chemical assessment of lime–metakaolin mortars: Influence of binder:aggregate ratio. *Cement & Concrete Composites*, v. 45, p.264-271, out. 2014.
- [19] FALCÃO, S. L. T. G. Caracterização das argamassas antigas da igreja do colégio de Portimão. 2010. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química Aplicada Ao Patrimônio Cultural, Departamento de Química e Bioquímica, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2010.
- [20] SCHMID, T.; DARIZ, P. Chemical imaging of historical mortars by Raman microscopy. *Construction And Building Materials*, v. 114, p.606-516, abr. 2016.
- [21] LIMA, S. A. et al. Análise de argamassas confeccionadas com a cinza do bagaço da cana-de-açúcar em substituição ao agregado miúdo. *Revista Tecnológica: Edição Especial ENTECA 2009*, p.87-97, 2009.
- [22] GRILO, J. et al. Argamassas compatíveis com alvenarias históricas com base em cal hidráulica natural. In: conferência internacional sobre reabilitação de estruturas antigas de alvenaria, 2012. Lisboa: Cirea2012, 2012., 10 p.
- [23] VEIGA, M. R.; SANTOS, A. R. As argamassas de cal hidráulica natural na reabilitação: Avaliação e otimização do seu desempenho. *Materiais*, Lisboa, v. 58, p.38-40, jun. 2015.
- [24] SILVA, A. N. et al. ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DO SOLO E SUA INFLUÊNCIA NO PROCESSO CORROSIVO DE POSTES METÁLICOS NA UFERSA-CARAÚBAS. *Química: Ciência, Tecnologia e Sociedade*, Mossoró, v. 5, n. 1, p.54-69, 2016.
- [25] SANTANA JÚNIOR, H. E. Zoneamento agroecológico do município de Apodi-RN. 2010. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.
- [26] PEREIRA, Mara Monaliza Linhares; PINTO, Erica Natashe de Medeiros Gurgel. Caracterização das argamassas de revestimento externo de um sobrado em Belém do Brejo do Cruz-PB. 2018. 13 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Civil, Caraúbas-RN, 2018.
- [27] ROSATO, L. et al. Study and evaluation of nano-structured cellulose fibers as additive for restoration of historical mortars and plasters. *Materials Today: Proceedings*, v. 4, p.6954-6965, 2017.
- [28] LABIADH, M. R. et al. Characterization of waterproof-covering mortars on Ottoman monuments of “Ghar El Melh” (Tunisia). *Construction And Building Materials*, v. 23, p.423-433, 2009.
- [29] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Requisitos. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2005. 11 p.
-

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência (SIR)



Bibliotecário-Documentalista
Nome do profissional, Bib. Me. (CRB-15/10.000)