

Caracterização do traço original do revestimento de edifícios históricos utilizando o método de ataque com ácidos e a difração de raios-x

Almeida, Pedro Henrique Vieira de ^{a, *}; Sokolovicz, Bóris Casanova ^b; Beck, Silvio Maurício ^c.

^a Engenheiro Civil – URI-Santo Ângelo, Rio Grande do Sul - Brasil;

^b Professor do curso Engenharia Civil da URI-Santo Ângelo, Rio Grande do Sul - Brasil;

^c Professor do curso Engenharia Civil da URI-Santo Ângelo, Rio Grande do Sul - Brasil;
e-mails: contato@engheiropedrodealmeida.com.br; boriscs@san.uri.br; beck.sm@hotmail.com

Resumo

Este trabalho tem como objetivo fazer uma aproximação da composição química, física e o traço originalmente utilizado no revestimento do palacete da Prefeitura Municipal de Santo Ângelo para possibilitar seu restauro, além de evidenciar a importância das análises laboratoriais em tais determinações. Trabalhos de recuperação de revestimentos são tarefas delicadas devido à inexistência de materiais semelhantes aos originais, de forma que devolver ao revestimento a textura original é virtualmente impossível tornando necessária a determinação de um substrato compatível com o original podendo-se utilizar para tal os métodos da Difração de Raios-X e do ataque com ácidos. Seria viável a utilização destes dois métodos reunidos para esta tarefa? Para responder à essa questão buscou-se investigar e avaliar os resultados obtidos em ambos estudos científicos fazendo assim um paralelo com os traços tradicionais de argamassa utilizados na época de construção da edificação neoclássica, além disso este trabalho pretende ampliar as investigações, discussões e o estudo científico sobre o assunto.

Palavras Chave – Argamassa, Caracterização, Revestimento, Restauração, Traço

1. Introdução

Atendendo à crescente demanda da recuperação de edifícios históricos, a conservação de revestimentos exteriores, tais como os rebocos, elementos estéticos e pinturas, torna-se necessária, uma vez que tais elementos constituem grande parte da identidade arquitetônica do monumento portada de referências para a sociedade.

Nas recuperações de elementos argamassados deve-se levar em conta a necessidade de disfarçar ao máximo as diferenças de planicidade, prumo, textura, cor e brilho entre os panos originais e os recuperados, além da proteção geral contra as intempéries, procedendo-se à execução de manutenções preventivas e corretivas.

Desta maneira, a proporção de aglomerantes e agregados da argamassa original necessita de identificação, identificação esta que pode ser realizada através de estudos científicos como a difração de Raios-X e o ataque com ácidos, com os dados obtidos através de estudos científicos é possível compatibilizar o novo material com os locais onde se mantém o original, garantindo assim uma boa aderência e flexibilidade.

Como pode ser observado na monografia de ALMEIDA, P.H.V. (2018) [1] na qual este trabalho é baseado, identificou-se uma certa carência no que diz respeito ao estudo de materiais e técnicas utilizadas nacionalmente, desta forma, o objetivo desta pesquisa é aplicar técnicas conhecidas de identificação do traço original de revestimentos de monumentos históricos e avaliar os seus

*Autor en correspondencia.

resultados. Neste artigo é apresentada a metodologia para tais estudos (Seção 2), o programa experimental (Seção 3) e os resultados obtidos com base nos estudos propostos (Seção 4).

2. Estudo de caso

2.1. Revisão de literatura

O edifício em questão trata-se do prédio da Prefeitura Municipal da cidade de Santo Ângelo, mostrado na figura 1, atualmente tombado como Patrimônio Histórico através da Lei Municipal, desde 12 de abril de 1994.



Fig. 1. Edifício da Prefeitura Municipal da cidade de Santo Ângelo (Administração municipal 2012)

Indícios apontam que o revestimento das fachadas, emboço e reboco eram originalmente pintados com tinta à base de cal, porém em algum momento, em alguma intervenção com data não especificada fora utilizada tinta acrílica para este fim, que se mantém até este momento. A aplicação desta camada de tinta acrílica acentuou os problemas causados pela umidade nas paredes externas da edificação, uma vez que a característica desta tinta é criar uma membrana impermeável que impede a “respiração” e a troca de umidade entre a alvenaria e o ambiente externo.

Através de inúmeras vistorias realizadas, tanto externas quanto internas, para verificar as condições do edifício e seu grau de conservação notou-se a presença de deslocamentos do revestimento, fissuras e descascamento da pintura acrílica que apresenta nível de degradação elevado em algumas áreas, sujidades e presença de vegetação, o mapeamento de danos da fachada exibido nas figuras 2 e 3 demonstra esse fato.



Fig. 2. Fachada Principal e suas lesões em destaque (ALMEIDA (2018))

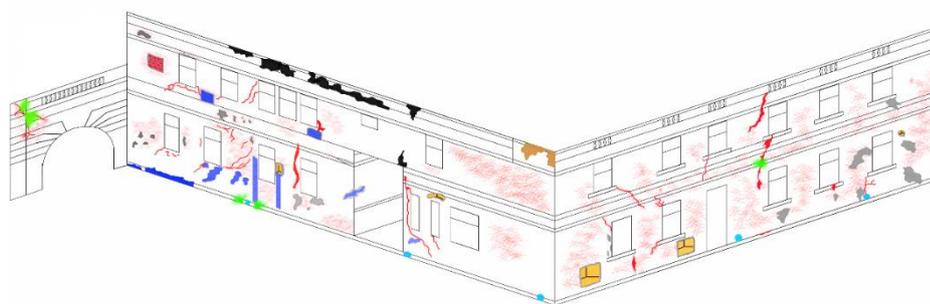


Fig. 3. Fachada Traseira e suas lesões em destaque (ALMEIDA (2018))

Diante de problemas tão numerosos, amostras de revestimentos externos foram extraídas nas vistorias para os posteriores estudos científicos em laboratório com o intuito de definir apenas seus constituintes e proporções. Conforme Oliveira (2006) [2], de uma forma simplificada, em casos de argamassas antigas, pode-se definir a mistura como sendo composta de um aglomerante e um elemento inerte, partindo desta premissa foram realizados estudos para determinar os componentes e suas parcelas presentes no material.

2.1.1. Técnicas de Caracterização das Argamassas Históricas

As técnicas de caracterização de materiais estão atualmente consolidadas no meio científico. A ciência dos materiais é utilizada exaustivamente para investigar a relação das propriedades da estrutura dos materiais. A caracterização, identificação e descoberta de novos materiais e dos já existentes propiciam a compreensão de suas aplicações e relações, para Callister (2006) [3].

Estudar a composição das argamassas antigas através das técnicas diversas técnicas conhecidas possibilita a escolha de uma nova argamassa de reparo compatível com a preexistente e com o substrato em caso de restaurações. Neste trabalho a análise da composição do revestimento fora feita através de dois métodos complementares entre si, a difração de raios-x e o ataque com ácidos, optou-se pelo emprego deste dois métodos devido à limitação de tempo, por se tratar de um estudo complementar de uma monografia bastante abrangente e devido à limitação em questão de equipamentos para a realização de outros estudos conhecidos como a espectroscopia no infravermelho por refletância total atenuada e análises térmicas mais complexas.

2.1.1.1. *Difração de Raios-X*

Para Bleicher e Sasaki, (2000) [4] a fase cristalina das argamassas pode ser estudada através da difração de raios X, que é uma das técnicas de caracterização de materiais que permite determinar a composição mineralógica dos vários constituintes cristalinos. Sabe-se que, em estado sólido, os átomos de certos materiais podem assumir diferentes arranjos geométricos dependentes da natureza de cada átomo presente e do tipo de ligação atômica possível. Estes arranjos, por sua vez, podem formar uma matriz periódica que se repete ao longo de grandes distâncias atômicas, originando um padrão tridimensional recorrente, onde os átomos estão estruturados em planos cristalinos. O número de planos cristalinos possíveis, e as distâncias interplanares (medidas em termos de comprimento de onda) são próprios de cada material, e podem ser obtidos por um equipamento de DRX. (CALLISTER, 2006) [3].

Esse ensaio auxilia na recomposição da matéria original, uma vez que identifica todos os componentes do material.

Os resultados são obtidos através de gráficos e a análise da composição é feita através de comparações com componentes suspeitos no material.

2.1.1.2. *Ataque com ácidos*

Para determinar a composição e proporção de aglomerantes e agregados podem ser utilizadas técnicas baseadas no ataque com os ácidos clorídrico (HCl) e nítrico (HNO₃), que, segundo Quarcioni (1998) [5], se trata do método preconizado pelo IPT para concretos e que tem sido utilizado para argamassas com certas adaptações.

Para Motta (2004) [6], esta técnica no geral tem como objetivo obter as proporções mais próximas do agregado e do aglomerante, pois o procedimento dissolve a argamassa em solução ácida, relacionando quantitativamente o aglomerante (solúvel) e o agregado (insolúvel). Finalizando o procedimento a relação da proporção do aglomerante é determinada através da diferença entre a massa inicial da amostra e a massa final da areia mais os finos.

2.1.1.3. *Análise granulométrica*

É a técnica que trabalha com foco no agregado da amostra, onde esta é levemente fragmentada para que suas partículas fiquem inteiras e, com isso, a distribuição das frações distribuídas nas aberturas das peneiras seja classificada de acordo com as normas da ABNT.

Os autores Lima e Luz (2001) [7] e Santos e Veiga (2012) [8] acreditam que embora simples a análise, e sem equipamentos complexos, possui relevância para a investigação de argamassas antigas. A granulometria do agregado influencia diretamente na composição da nova argamassa, no requisito textura, cor, compacidade e nas principais propriedades das argamassas resistência, trabalhabilidade e retenção de água.

Para realizar a distribuição granulométrica a norma NBR NM 248/2003 [9] foi a utilizada, onde é possível através desta obter o módulo de finura do agregado e dimensão máxima. A limitação desta técnica neste estudo está ligada a quantidade de massa mínima necessária para sua determinação, pois a extração de material em prédios históricos é mínima.

3. Programa experimental

A pesquisa envolve dois momentos: o estudo das amostras extraídas do edifício, e outra, sendo descritivo-explicativa para os resultados encontrados.

Com base em Veiga et al (2001) [10] e Nascimento et al (2009) [11], cuja metodologia apresentada esquematiza a caracterização de argamassa antiga, utilizou-se destes modelos para compor um diagrama de procedimento e técnicas de acordo com as condições e recursos disponíveis para essa investigação, mostrando o mínimo necessário de técnicas destrutivas para uma investigação, conforme resume o diagrama da Figura 4.



Fig. 4. Fachada Principal e suas lesões em destaque (ALMEIDA (2018))

A retirada do material para amostragem foi baseada na metodologia descrita por Kanan (2008) [12], em que se busca extrair amostras representativas e íntegras das argamassas, visando à quantidade suficiente de material para que não houvesse excesso causando danos ao monumento.

Com autorização do prefeito municipal de Santo Ângelo Jacques Barbosa e da Secretaria Municipal da Cultura, as amostras do revestimento foram retiradas de locais apropriados conforme indicação dos técnicos – que preservaram as características estéticas do conjunto, sem grandes interferências visuais – e retirados de locais mais íntegros, pouco expostos e com menos problemas de conservação e de acordo com o estudo prévio do histórico referente às intervenções realizadas no monumento, para que não se cometessem equívocos.

Em campo, foram utilizadas fichas descritivas para todas as amostras, bem como foram utilizadas para as fotografias e para outros estudos complementares, para realizar uma avaliação visual das condições e situações encontradas no momento da retirada das amostras, bem como a do seu entorno próximo.

As amostras foram manuseadas com cuidado para não haver contaminação com outros materiais, sendo selado assim que retirado do local de origem. Após ser levado ao laboratório de análises este material foi posto em estufa para secar e só então ter suas características químicas e físicas analisadas.

Embora neste trabalho o objetivo não seja a reconstituição de uma nova argamassa, contudo há embasamento para tal, é importante organizar registros mais completos sobre a composição das argamassas antigas para que não se percam os vestígios das tecnologias tradicionais.

Durante a retirada das amostras de revestimento não haviam indicativos visuais suficientes para caracterizar a separação do mesmo em mais do que uma camada constituinte além do emboço e barramento constituindo o reboco sobre o substrato.

3.1. Análise visual das amostras

Antes de serem acondicionadas e preparadas para as caracterizações físico-químicas, as amostras foram analisadas visualmente, notou-se que para as amostras extraídas nas fachadas externas do edifício possuíam boa aderência e não se desagregavam facilmente.

Em algumas amostras foram encontradas vesículas de cal, que poderiam iniciar uma ruptura do revestimento, também foi registrada a presença de fibras de origem vegetal enclausuradas no revestimento.

Não foram encontrados fragmentos de concha de caracol e nem de caramujo.

3.2. Preparação das amostras

Após o procedimento de extração das amostras, prosseguiu-se com a preparação destas em laboratório.

Cada amostra armazenada à vácuo em sacos plástico foi posteriormente posta em estufa a 60°C, por 24hs para que houvesse perda de umidade.

Fora utilizado uma almofariz de cerâmica e um pistilo de ponta emborrachada para não mascarar o agregado para preparar o material para a difração de raios-x, para o ataque com ácidos não fora necessário.

3.3. Análises Físico-químicas

As análises físico-químicas realizadas visaram determinar os materiais que compõem a amostra, suas proporções e dimensões possibilitando a determinação do procedimento de preparo da mistura.

Inicialmente fora separada uma pequena parcela para que pudesse ser feita a determinação através da Difração de Raios-X, o instrumento utilizado para este ensaio fora o *Benchtop X-ray diffractometer miniflex 600*, da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, e através da análise do material fora gerado um difratograma mostrado posteriormente na figura 5, que possibilitou a análise dos componentes que constituem a amostra.

O restante do material fora reservado para ser atacado com os ácidos clorídrico e nítrico, para realizar a separação dos carbonatos dos agregados não calcários e dos hidráulicos, podendo assim determinar suas proporções, no caso desta argamassa procurou-se quantificar a proporção cal: areia, para este ensaio foram utilizados dois ácidos, o ácido clorídrico (HCl) e o ácido nítrico (HNO₃) mostrados na figura 6, na quantidade de 200 ml de cada.

Ao término do ensaio os teores de cimento calculados deveriam ser, em teoria, iguais. Na prática o que se espera são resultados aproximados. A partir dos três valores é possível obter a porcentagem a relação cal: agregado.

Para o ensaio foram separadas duas amostras do revestimento com pesos semelhantes, para o ácido clorídrico uma amostra pesando 22,0381g e para o ácido nítrico pesando 21,5793g, ambas as amostras, após pesadas, foram dispostas em beckers para receberem o ácido, a quantia de amostras

utilizadas neste ensaio não foi muito grande devida à incerteza da reação que seria obtida, a pequena quantidade de revestimento utilizada nesta caracterização se deve ao estudo ser apenas complementar, para obter uma maior fidelidade com a realidade seriam necessários diversos ataques com ácidos e realizar uma média de seus resultados.

O despejamento do ácido foi feito de forma lenta e a imersão centrifugada durou aproximadamente 30 minutos, depois de concluída as amostras passaram por uma filtragem a vácuo para que fosse possível se livrar da maior quantia possível de ácido antes de levar o material não solúvel até a estufa onde ocorreu a secagem do material em uma temperatura próxima a 85°C por um dia, e o peneiramento ocorreu na sequência. Para determinar a composição granulométrica, não foi usada a quantidade recomendada para esta análise, conforme norma NBR NM 248/2003 [9], de mínimo 500 g por amostra para agregado miúdo, por motivos já mencionados anteriormente

4. Resultados e Discussão

Em posse do difratograma foi possível a identificação das espécies cristalinas presentes nas amostras, por padrões de DRX, para interpretação dos resultados, recorreu-se a um banco de dados, e fez-se a comparação com os padrões produzidos por estruturas conhecidas e previamente analisadas. As análises revelam claramente a presença abundante de calcita e quartzo (agregado). Os padrões de DRX indicaram também a intensidade de um pico distinto de portlandita.

Na figura 6 pode-se observar o difratograma obtido com os componentes identificados em seus respectivos picos.

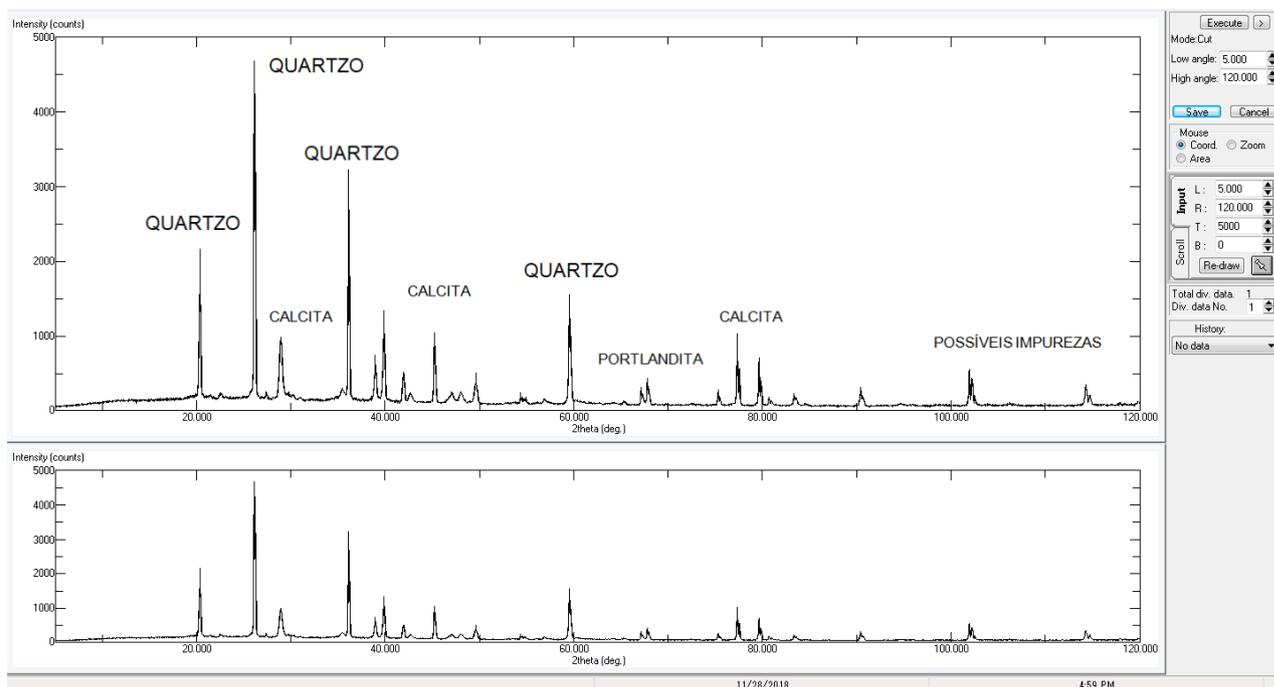


Fig. 5. Difratograma com components indicados (ALMEIDA (2018))

Portanto em síntese, as análises dos difratogramas evidenciam a forte presença de cal nos revestimentos amostrados em conjunto ao quartzo, sendo o quartzo que constitui a areia presente na argamassa e a portlandita é um material de base cimentícia, não necessariamente significando a presença de cimento na mistura, até pela época da construção do edifício, dessa forma o ensaio se mostrou bastante representativo confirmando a suspeita da mistura.

O processo de filtragem do material residual do ataque ácido foi um processo lento, após ela as duas amostras foram postas em placas de petri separadas e identificadas e lá ficaram até que o ácido fosse completamente eliminado do material residual.

Depois de secas as amostras foram pesadas e os resultados encontram-se na tabela 1.

Tabla 1. Ataque com ácidos, materiais solubilizados e não solubilizados

Amostras	Ácido clorídrico	Ácido nítrico
Peso seco antes do ensaio (g)	22,0381	21,5793
Material insolúvel (g)	13,40	15,911
Material solubilizado (g)	4,7381	5,6683

Como ocorre processo de filtragem e mudança de recipientes, uma perda é esperada, ainda mais pelo fato de que não é possível lavar com água os recipientes e filtrar esta quantia com água devido à reação explosiva que os ácidos têm ao entrarem em contato com a água. Além disso, a ação da umidade e do tempo podem ter deteriorado a amostra e dessa forma alguma parcela de material fora perdida. Analisando os dados obtidos e relacionando com a quantia de sais solúveis presentes na tabela 2 podemos estimar as proporções em valores aproximados do material presente nesta argamassa de revestimento, esta estimativa encontra-se na tabela 4.

Tabla 2. Material solúvel em água destilada presente nas amostras

Quantidade de Sais solúveis na amostra			
Amostra	Peso úmido (g)	Peso seco (g)	Material solúvel (g)
Argamassa de revestimento	9,292	8,968	0,324

Tabla 3. Proporções estimadas de aglomerante e agregado

Amostras	Ácido clorídrico	Ácido nítrico
Proporção aglomerante:agregado (kg)	1:3	1:3

Após os ensaios com ácido o material residual antes de ser descartado segura e corretamente para que não houvesse riscos de contaminação, o material residual passou por um peneiramento seguindo o protocolo de ensaios físicos de agregados miúdos da ABNT NBR 7211 [13], os resultados podem ser vistos nas tabelas 4 e 5.

Tabla 4. Proporções estimadas de aglomerante e agregado

Composição granulométrica			
Peneiras		Determinação	
N°	Mm	Peso retido (g)	% retida
8	2,4	0,292	2,18
16	1,2	0,168	1,25
30	0,6	1,86	13,88
50	0,3	10,37	77,38
100	0,15	0,75	5,59
Fundo	< 0,15	0,050	0,37
Total		13,40	100%

Tabla 5. Material não solubilizado após ataque com Ácido Nítrico

Composição granulométrica			
Peneiras		Determinação	
N°	Mm	Peso retido (g)	% retida
8	2,4	0,30	1,88
16	1,2	0,20	1,25
30	0,6	2,51	15,78
50	0,3	11,58	72,83
100	0,15	0,95	5,97
Fundo	< 0,15	0,060	0,38
Total		15,90	100%

Mesmo com o uso de dois ácidos diferentes, a diferença entre as proporções de material solubilizado com o ataque de ácidos foi muito pequena, e o material restante em ambos os casos possui uma granulometria bastante parecida, demonstrando consistência nos resultados obtidos, sendo possível estimar a constituição da argamassa sendo na proporção 1:3 de aglomerante e agregado respectivamente e que este mesmo agregado, por possuir grande parte de sua granulometria no intervalo de 0,3 à 1,2 mm se constitui majoritariamente de areia média.

5. Conclusões

Os ensaios com ambos os ácidos mostraram-se convergentes entre si, e a difratometria apontou para uma composição que já era esperada vista a época de construção do edifício, provando que no caso do edifício em questão ambos são suficientes para fazer uma aproximação muito representativa, estimando de maneira coerente a mistura original do revestimento do envelope.

Por se tratar de um edifício de grande importância e também pelo fato de se localizar no centro histórico do município, esta representatividade já era esperada devido ao maior cuidado que a edificação recebe em relação aos demais edifícios que partilham da mesma época de construção, mas nem mesmo isto o protegeu dos danos que os edifícios históricos comumente apresentam, entretanto, para obter uma maior exatidão nos resultados é orientada a realização de um maior número de extrações e de estudos científicos, com o intuito de aproximar ainda mais os dados dos valores reais sempre com o cuidado de não extrair material em demasiada quantia, pois é incerto o momento no qual este material será repostado, deixando assim a área em questão desprotegida.

Para um próximo trabalho acerca de outro edifício é sugerido o emprego de técnicas complementares de análise da composição do revestimento e também replicar o estudo sobre o histórico e a região onde se encontram a edificação, como fora feito na monografia de ALMEIDA, P.H.V. (2018).

Referencias

- [1] ALMEIDA, P. H. V. Restauro de edifícios tombados sob a ótica da Engenharia: Reabilitação da Prefeitura Municipal de Santo Ângelo. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões campus de Santo Ângelo, Curso de Engenharia Civil, Santo Ângelo, 2018.
- [2] OLIVEIRA, Mário Mendonça de. Tecnologia da conservação e da restauração – materiais e estruturas: um roteiro de estudos. 4th. ed. rev. and enl. Salvador: EDUFBA, 2011. 243p.
- [3] CALLISTER, W. D. Jr. Fundamentos da ciência e engenharia de materiais: uma abordagem integrada. Rio de Janeiro, LTC, 2006.
- [4] BLEICHER, L.; SASAKI, J. M. Apostila de Introdução a Difração de raios X em Cristais. UFC, 2000.
- [5] QUARCIONI, V. A. Reconstituição de Traço de Argamassas: Atualização do Método IPT. 1998, 188f. Dissertação de Mestrado, USP, São Paulo.
- [6] MOTTA, E. V. Caracterização de Argamassas de Edificações Históricas de Santa Catarina. 2004, 114f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- [7] LIMA, R. M. F.; LUZ, J. A. M. Análise granulométrica por técnicas que se baseiam na sedimentação gravitacional: Lei de Stokes. Rev. Esc. Minas vol.54 no.2 Ouro Preto. 2001.
- [8] SANTOS, A. Rita; VEIGA, M. do Rosário. Argamassas compatíveis para edifícios antigos. Jornadas LNEC. Engenharia para a sociedade: investigação e inovação. LNEC. Lisboa. 2012.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 248. Agregados - determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- [10] VEIGA, M.R., Aguiar, J., SANTOS, Silva. A., CARVALHO, F. Methodologies for characterisation and repair of mortars of ancient buildings. Proceedings of the 3rd International Seminar on Historical Constructions, Guimarães, 2001, 353-362.
- [11] NASCIMENTO, C. B. do; Oliveira, M. C. B. de; Quarcioni, V. A.; Katinsky, J. R. Silva, H.A.A. Método de Caracterização de Argamassas Históricas: Proposição e Estudos de Caso. 1er. Congreso Iberoamericano y VIII Jornada “Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio” 2009 – La Plata, Buenos Aires, Argentina
- [12] KANAN, M. I. C.. Manual de Conservação e Intervenção em Argamassas e Revestimentos á Base de Cal. Cadernos Técnicos 8. IPHAN/Programa Monumenta, Brasília, 2008
- [13] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009.