

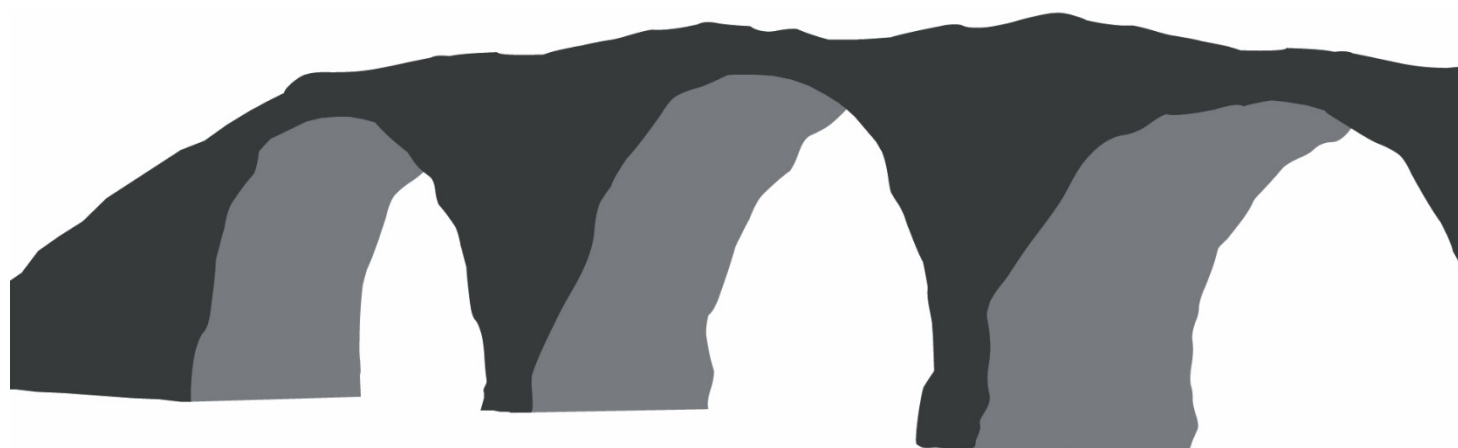
VESTÍGIOS – Revista Latino-Americana de Arqueologia Histórica  
Volume 17 | Número 1 | Janeiro – Junho 2023  
ISSN 1981-5875  
ISSN (online) 2316-9699

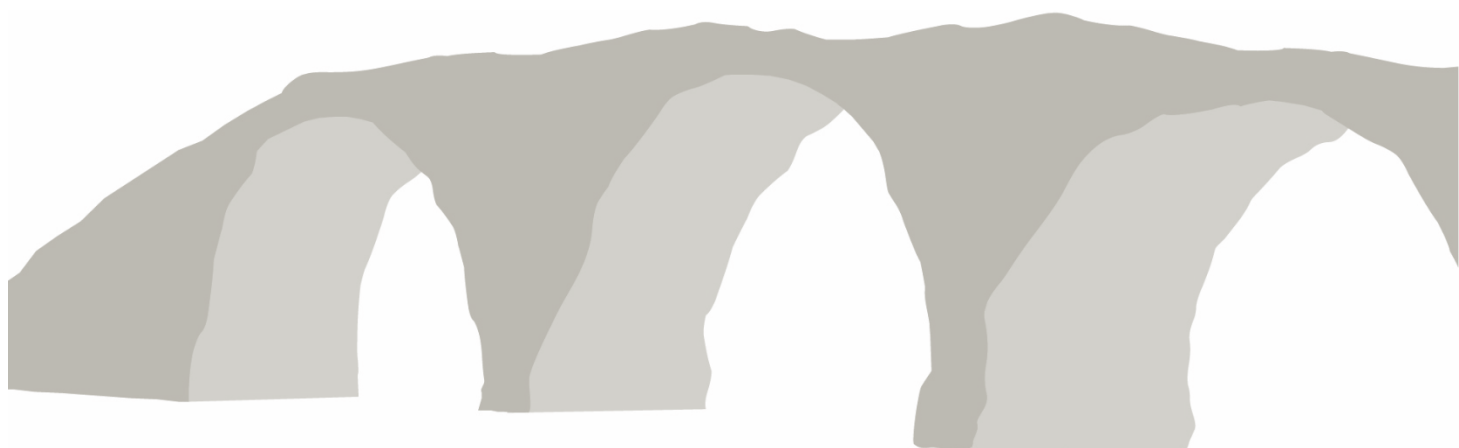
**AS RUÍNAS DO FORTE DE SÃO FRANCISCO DA LAJE: SUBSÍDIOS  
ARQUEOLÓGICOS PARA SUA PRESERVAÇÃO**

**LAS RUINAS DEL FUERTE DE SÃO FRANCISCO DA LAJE: SUBSIDIOS  
ARQUEOLÓGICOS PARA SU CONSERVACIÓN**

**THE RUINS OF THE FORT OF SÃO FRANCISCO DA LAJE:  
ARCHAEOLOGICAL SUBSIDIES FOR THEIR PRESERVATION**

Ezequiel Sena; Ricardo Medeiros; Clara Santos; Henry Sullasi; Lucas Bonald;  
Nicodemos Chagas; Demétrio Mutzemberg





*Submetido em 28/06/2021.*

*Revisado em: 04/12/2021.*

*Aceito em: 20/12/2022.*

*Publicado em 23/01/2023.*

# AS RUÍNAS DO FORTE DE SÃO FRANCISCO DA LAJE: SUBSÍDIOS ARQUEOLÓGICOS PARA SUA PRESERVAÇÃO

## LAS RUINAS DEL FUERTE DE SÃO FRANCISCO DA LAJE: SUBSIDIOS ARQUEOLÓGICOS PARA SU CONSERVACIÓN

### THE RUINS OF THE FORT OF SÃO FRANCISCO DA LAJE: ARCHAEOLOGICAL SUBSIDIES FOR THEIR PRESERVATION

Ezequiel Sena<sup>1</sup>; Ricardo Medeiros<sup>2</sup>; Clara Santos<sup>3</sup>; Henry Sullasi<sup>4</sup>; Lucas Bonald<sup>5</sup>;  
Nicodemos Chagas<sup>6</sup>; Demétrio Mutzemberg<sup>7</sup>

---

#### RESUMO

Este trabalho apresenta um diagnóstico de conservação e caracterização das ruínas do Forte de São Francisco da Laje localizado na cidade do Recife, capital de Pernambuco-BR, através dos mecanismos técnicos e metodológicos dos que dispõe a Arqueologia Histórica, assim sendo identificados os elementos primários do Bem e de seus agentes de degradação com o auxílio da Arqueometria, desta forma, esclarecendo a importância da sua preservação, tanto material quanto em memória social. Os resultados possibilitaram a caracterização química e mineralógica e sua morfologia microscópica de suas argamassas e tijolos, assim como a identificação de seus atuais danos com o auxílio da aerofotogrametria como uma das ferramentas de documentação dos Bens Patrimoniais Edificados.

**Palavras-chave:** Forte de São Francisco da Laje; conservação do patrimônio arqueológico; aerofotogrametria.

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pernambuco/ Departamento de Graduação em Arqueologia. E-mail: [ezequielsen001@gmail.com](mailto:ezequielsen001@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pernambuco/ Departamento de Graduação em Arqueologia. E-mail: [ricardopintomedeiros@gmail.com](mailto:ricardopintomedeiros@gmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pernambuco/ Programa de Pós-Graduação em Arqueologia. E-mail: [clara.diana@ufpe.br](mailto:clara.diana@ufpe.br) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3702-8085>

<sup>4</sup> Universidade Federal de Pernambuco/ Programa de Pós-Graduação em Arqueologia. E-mail: [henry.lavalle@ufpe.br](mailto:henry.lavalle@ufpe.br) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0690-6781>

<sup>5</sup> Departamento de Pós-Graduação em Arqueologia da Universidade Federal de Pernambuco (Doutorado). E-mail: [lucas.bonald@ufpe.br](mailto:lucas.bonald@ufpe.br) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7116-4692>

<sup>6</sup> Departamento de Pós-Graduação em Arqueologia da Universidade Federal de Pernambuco (Doutorado). E-mail: [nicodemoschagas@gmail.com](mailto:nicodemoschagas@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5598-7477>

<sup>7</sup> Universidade Federal de Pernambuco/ Programa de Pós-Graduação em Arqueologia. E-mail: [demetrio.mutzemberg@ufpe.br](mailto:demetrio.mutzemberg@ufpe.br) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7448-6539>

## RESUMEN

Este artículo presenta un diagnóstico de conservación y caracterización de las ruinas del Forte de São Francisco da Laje ubicado en la ciudad de Recife, capital de Pernambuco, Brasil, a través de los mecanismos técnicos y metodológicos provenientes de la Arqueología Histórica, identificando así los elementos primarios del bien y sus agentes de degradación por medio de la Arqueometría, de esta manera, identificando y resaltando la importancia de su conservación, tanto material como en la memoria social. Los resultados posibilitaron la caracterización química y mineralógica y la morfología microscópica de sus materiales de construcción. También fueron identificados sus actuales daños utilizando la aerofotogrametría como una de las herramientas de documentación de los Bienes Patrimoniales Edificados.

**Palabras clave:** Forte São Francisco da Laje; conservación del patrimonio arqueológico; aerofotogrametría.

## ABSTRACT

This work presents a conservation and characterization diagnosis of the ruins of São Francisco da Laje Fort, located in the city of Recife, capital of Pernambuco, Brazil. Through the technical and methodological mechanisms provided by Historical Archeology, we identify the primary elements of the remains and its agents of degradation by applying Archaeometric techniques, thus clarifying the importance of its material and social memory preservations. The results allowed for the chemical and mineralogical characterizations and the identification of the microscopic morphology of its mortars and bricks. Additionally, we identified its current damages using aerial photogrammetry as one of the documentation tools for heritage structures.

**Keywords:** Forte São Francisco da Laje; conservation of archaeological heritage; aerophotogrammetry.

## INTRODUÇÃO

A Arqueologia está intrinsecamente ligada à memória, podendo ser individual ou construída coletivamente. Segundo Halbwachs apud (Schmidt & Mahfoud, 1993, p. 4) esta é o que insere o indivíduo socialmente, sendo a vitalidade das relações sociais na qual o patrimônio está inserido o que constitui a sua memória. Esta memória coletiva e individual a respeito do patrimônio possui relação ativa com a identidade da sociedade que o edificou (Candau, 2011, p. 2019 apud Matheus, 2011, p. 305), o que somado a importância social do presente objeto de estudo, as fortalezas, caracterizam os processos de ocupação e desenvolvimento urbano dos núcleos sociais a que pertencem (Santos, 2012).

Toda esta multidisciplinaridade entre a Arqueologia, Sociologia, História e Arquitetura compõem os trabalhos de preservação cultural e patrimonial brasileiro. Dentro desse contexto existem as ruínas<sup>8</sup>, as quais estão presentes em todos os continentes e compõem parte do setor de patrimônio arquitetônico, muitas das quais são catalogadas pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) e recebem turistas que valorizam esses vestígios ativos das sociedades no tempo (Ashurst, 2006, p. 47).

Com o desenvolvimento da área da Preservação Cultural, as especificidades sobre os objetos de trabalho foram aumentando para se adequar a realidade de cada unidade estudada e ao contexto na qual está inserida. O trabalho deve estar pautado nos instrumentos teóricos, que não são regras fixas, dado a realidade de cada bem, esperando assim alcançar de forma efetiva a preservação documental, material, formal, memorial e simbólica do patrimônio (Santos *et al.*, 2020, p. 327-358).

A falta desse conhecimento de conservação e restauro acaba na constante deformação e destruição dos bens arquitetônicos, estes que são uma base tão importante da transmissão de nossa memória coletiva (Nascimento, 2019, p. 20).

O patrimônio arquitetônico está diretamente relacionado às construções que adquiriram alguma significação histórica e cultural para um determinado grupo. O objetivo da preservação destes elementos é aqui visto como uma forma de manutenção da identidade cultural de uma sociedade, onde trabalhamos com a sua história e os seus modos de vida (Nascimento, 2019, p. 21).

Nesse contexto, as ruínas trazem muitas respostas sobre uma sociedade, as suas estruturas revelam como foi construída, seu material, e as principais etapas e condições que determinaram seu desenho e as técnicas que tornaram a sua construção possível. A edificação, quando perde parcialmente sua estrutura, fica desprotegida contra as ações dos agentes atmosféricos, estando vulnerável contra os efeitos destrutivos do tempo (Santos & Sullasi, 2020, p. 35-58).

Atualmente, o trabalho de conservar ruínas tem envolvido uma pesquisa extensa sobre as singularidades do Bem e o meio em que ele está inserido. O trabalho de intervenção em um patrimônio é bastante específico para a realidade deste, cada trabalho é único, qualquer alteração na estrutura ou em parte do material que compõe o objeto de pesquisa será refletido e terá uma extensão sobre o bem no geral, podendo levar a sua desestruturação imediata, se não, a de ocasionar o aceleramento do processo de destruição com o tempo (Santos, 2019, p. 25).

---

<sup>8</sup>As ruínas são consideradas efetivamente bens culturais, artísticos históricos e arqueológicos, que apresentam uma grande importância para o patrimônio cultural dos povos. Vestígios vivos da materialidade construtiva dos grupos ou sociedades que o construíram, sendo assim representantes da memória cultural dos mesmos (Nascimento, 2019, p. 21)

O Forte de São Francisco da Laje, chamado também de Castelo do Mar, é uma estrutura construtiva de grande importância histórica que atualmente se encontra em ruínas. Estas estão expostas aos mais diversos agentes de degradação, entre eles o próprio mar, os quais têm acelerado a destruição e perda destas ruínas, por tanto a documentação e registro são de suma importância. A localização deste forte junto ao mar dificulta sua documentação e atual diagnóstico de danos, por este motivo foi testado neste trabalho a documentação através da aerofotogrametria.

Dentro destas perspectivas, o objetivo deste trabalho foi contribuir com a preservação das ruínas do Forte de São Francisco da Laje, mapeando os danos e causas, e documentando e divulgando o seu valor social. Para isto, foi realizado o levantamento histórico, iconográfico, cartográfico, compreendendo sua morfologia, função, arquitetura e entorno seguido de uma caracterização química e mineralógica dos materiais construtivos, e a identificação dos danos macroestruturais e microbiológicos, na tentativa de indicar os principais agentes e as possíveis soluções.

Amostras do forte foram coletadas no intuito de termos um inventário dos materiais construtivos utilizados nesta fortificação, assim como para análise macroscópico e microscópico como parte de seu registro. Devemos acrescentar que estas análises poderão reconstituir a cadeia operatória total ou parcialmente, e a caracterização química e mineralógica pode dar subsídios para estudos de procedência, fixação de agentes microscópicos e susceptibilidade dos materiais aos processos ativos de degradação.

#### O FORTE DE SÃO FRANCISCO DA LAJE

As ruínas desta fortificação se localizam conforme as coordenadas geográficas  $8^{\circ}03'19''S$   $34^{\circ}51'56''W$ , ver figura 01. Estas são de grande importância pelos fatos históricos que envolveram toda a existência da fortificação. Trata-se de um exemplar considerado marco de transição entre a arquitetura militar medieval e a fase moderna, e está diretamente ligado a alguns dos movimentos culturais que moldaram a identidade do povo e da cidade do Recife, sendo, portanto, de interesse público e portador de sentidos e significados importantes, estando presente como símbolo nas bandeiras da cidade do Recife e do estado de Pernambuco (Nascimento, 2019, p. 27).

A fortificação se situava na extremidade norte dos arrecifes, com a distância de 84 metros do farol - que está desativado atualmente - do porto do Recife, a cerca de 490 metros da Igreja de Nossa Senhora do Pilar, local do antigo forte de São Jorge, e a 590 metros da fortaleza do Brum.



Figura 1. Localização do Forte de São Francisco da Laje (Fonte: Google Earth, 2020).

Em 1612 a sua construção foi iniciada, projetada por Tiburcio Espanochi e executada por Francisco de Frias Mesquita, sendo somente concluída em 1614. A construção deste edifício foi projetada de modo a “cruzar fogo” com o forte de São Jorge em terra, e esses eram os dois fortes responsáveis por guardarem a entrada do porto do Recife (Costa, 1959, p. 63-65).

No ano de 1621, o forte já necessitava de reformas, pois logo após o fim das obras do forte de São Francisco em 1614, neste já faltavam alguns acabamentos. As construções da época necessitavam de reparos constantemente, dado que as obras eram feitas com materiais como madeira que estragavam rapidamente devido ao tempo e o local das construções (Albuquerque *et al.*, 1999, p. 180).

Em 1630, quando a fortificação foi sitiada pelos holandeses, passou a se chamar Forte Castelo do Mar, sendo ocupado por aproximadamente 50 homens. O forte em posse dos holandeses recebeu uma atenção maior dos novos governantes da terra. Em um escrito holandês do ano de 1637 é mostrada preocupação pela danificação que o forte sofre com o impacto das ondas do mar, abrindo um buraco na parte inferior. Na época, a reparação foi logo providenciada (Albuquerque *et al.*, 1999, p. 181). Isto nos mostra que os holandeses estavam cientes que a reparação era indispensável para prevenir futuros danos, e que o forte era naquele momento um ponto importante, e estratégico para defesa e permanência no povoado (Costa, 1959, p. 70-72).

Após a expulsão dos holandeses em 1654, ocorreram entre 1710 e 1711 diversos conflitos políticos entre as cidades de Recife e Olinda, que ficou conhecido como Guerra dos Mascates. O evento que provocou esse conflito foi o aumento da imigração portuguesa para o Recife, que desde a ocupação holandesa tinha se tornado um núcleo urbano próspero. Por outro lado, Olinda, que era a capital de Pernambuco, destruída em 1631 pelos holandeses, não tinha se recuperado e voltado a sua antiga posição de destaque no estado (Albuquerque *et al.*, 1999, p. 186).

Outro momento em que o forte fez parte da formação não apenas do estado, mas também do país, ocorreu durante o Movimento Constitucionalista de 1821, conhecido também como Convenção de Beberibe. Este

episódio que aconteceu em Recife refere-se a um movimento armado que culminou com a expulsão dos exércitos portugueses de Pernambuco. Esses conflitos marcam o início da Guerra da Independência do Brasil, o Movimento Constitucionalista de 1821 é considerado o primeiro episódio da Independência do Brasil. A fortificação foi utilizada para reter alguns prisioneiros portugueses, e nos documentos são encontradas citações sobre as mortes de prisioneiros no forte (Costa, 1959, p. 70).

Contudo, em 1835, esta fortificação já se encontrava abandonada em estado de ruínas e as peças e armas de guerras que ainda permaneciam nela foram recolhidas ao arsenal de guerra em 1839. Posteriormente, o forte foi cedido ao Ministério da Fazenda e passou a ser utilizado como posto fiscal aduaneiro (Nascimento, 2019, p. 35).

Com o início das obras de melhoramento do porto em 1910, um alargamento dos arrecifes foi realizado, ver figuras 2a e 2b, e as pedras que foram utilizadas para o alargamento eram transportadas em vagonetas, através dos trilhos colocados sobre toda a extensão dos arrecifes, até o ponto onde se localiza a fortificação. Os responsáveis pela obra decidiram então, que o único meio de continuar com os trabalhos seria demolir o forte, e assim foi feito. O Forte de São Francisco da Laje, com mais de 400 anos de história, foi demolido para dar passagem ao “progresso” (Nascimento, 2019, p. 30).

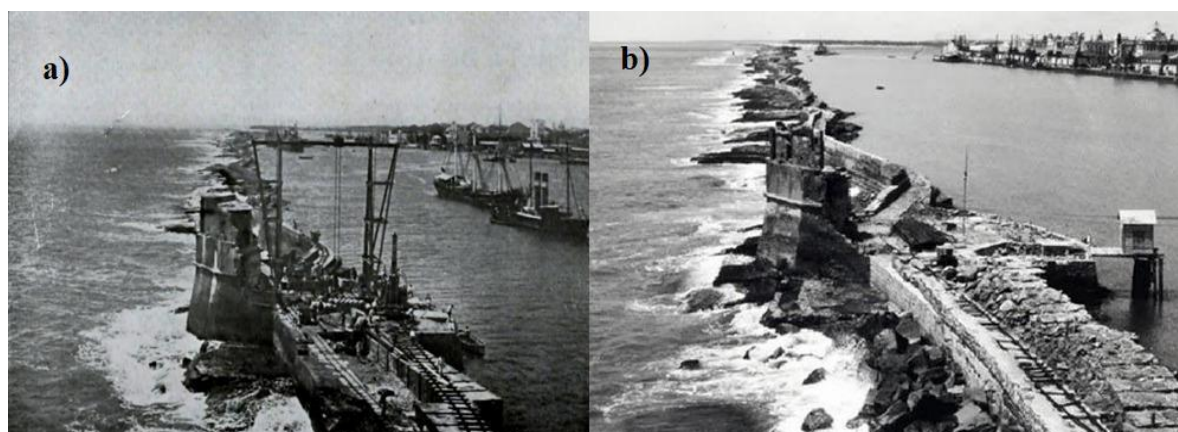


Figura 2. Forte de São Francisco da Laje (a) sendo demolido em 1910, (b) após demolição. (Fonte: Costa, 2021).

O forte era de pequenas proporções, de forma eneagonal e lados irregulares variando de 5,94m a 6,60m com todos os seus ângulos salientes. Sua diagonal possuía 16,94m. Os parapeitos mediam 1,10m de espessura por 0,88m de altura. Devido às suas proporções serem tão limitadas, os espaços internos da fortificação eram úmidos, escuros e abafados, ver figuras 3a e 3b (Albuquerque *et al.*, 1999, p. 180).

Dentro da construção se encontravam quartéis, depósitos, um conjunto de objetos e acessórios que são considerados indispensáveis à navegação, paiol e um local para alojar presos, tudo isto em apenas seis pequenos compartimentos e um subterrâneo (Costa, 1959, p. 70).



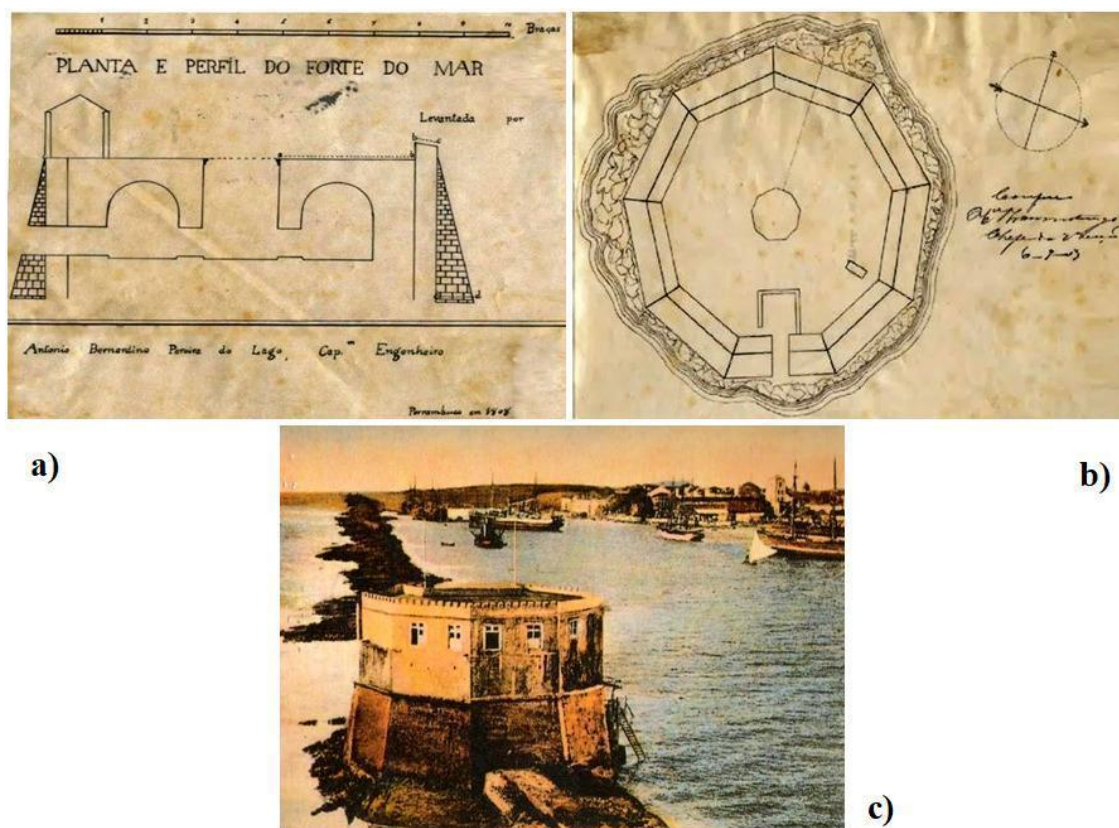


Figura 3. (a) Plantas do projeto de reconstrução de 1808; corte transversal do forte. (b) Plantas do projeto de reconstrução de 1808; vista superior. e (c) imagem do Forte de São Francisco da Laje em 1905. (Fonte: Costa, 2021).

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Como foi feito o registro 3D

A fim de observar os danos causados, sobretudo pela ação marinha que incide diretamente nas ruínas do Forte de São Francisco da Laje, foi feito um levantamento fotogramétrico de toda estrutura do Bem, acessando inclusive o muro voltado para o mar aberto, local de difícil acesso, mas que pôde ser facilmente documentado com aerofotogrametria. Desta forma, foi possível lidar com o sítio de uma maneira menos intrusiva, e oferecendo menos riscos de danos aos vestígios.

No que diz respeito à conservação e preservação patrimonial, a fotogrametria passa a ser uma grande aliada, sobretudo no que diz a respeito a criar, a partir da sua aplicação, mecanismos para formas de gerenciamento do patrimônio cultural. Utilizando-se de alguns softwares tais como o Cloud Compare, é possível comparar nuvens de pontos tridimensionais e a partir de aí observar mudanças no estado de conservação de um determinado objeto de estudo ao longo do tempo (Hassan & Fritsch, 2019, p. 76; Masini & Lasaponara, 2017, p. 23; Rossi *et al.*, 2019, p. 45).

Também pode ser feita a documentação arquitetônica através do levantamento planimétrico em um processo de retificação da imagem das fachadas. Podemos então determinar a dimensão métrica e formal dos objetos através das imagens obtidas (Henriques, 2012, p. 60), o que foi feito neste trabalho, como veremos mais adiante.

Para a realização do levantamento fotogramétrico desta pesquisa foi utilizado um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) de baixo custo, DJI Mavic Pro, que conta com uma câmera com um sensor de 12 megapixels acoplado a um estabilizador eletrônico, com variações angulares de 0 a 90°, tanto horizontalmente, quanto verticalmente (DJI, 2021). O equipamento mencionado possui integração com o aplicativo, DroneDeploy, que é capaz de realizar voos sem a necessidade de um operador. Este software foi utilizado nesta pesquisa e o processo para obtenção das fotos com o VANT seguiu um fluxo de tarefas padrão para qualquer trabalho do gênero.

Dentre as etapas desenvolvidas para o trabalho, a primeira delas é o planejamento de vôo. Durante a execução desta, foi delimitada a área de vôo no aplicativo DroneDeploy, e a partir disso o vôo pôde ser iniciado e o processo executado inteiramente de forma autônoma, com o VANT seguindo uma malha já pré definida pelo programa. No caso do Forte de São Francisco da Laje foi necessário também tirar fotos de forma manual (sem o uso do aplicativo), já que o mesmo apresentava locais muito baixos — que não é possível de serem realizados de forma automática — sobretudo a face do muro voltada para o mar. Essas fotos foram tiradas a um ângulo de cerca de 45°, ou quase horizontalmente a estrutura, de modo a capturar o máximo de fotos com angulações diferentes para preencher o modelo da melhor maneira possível.

Foram capturadas 148 imagens aéreas juntando os dois modos de voo, tendo uma preocupação maior com a área voltada para o mar, a qual é a parte mais danificada situada do forte, a fim de gerar mais dados sobre a conservação da estrutura. É importante ressaltar que todas as imagens geradas tiveram um grau de sobreposição entre as fotos adjacentes (por volta de 80%). Esse fator é imprescindível para a construção de um modelo mais detalhado e sem peças faltantes (Li *et al.*, 2018, p. 17).

No que diz respeito ao processamento dessas imagens há outras etapas a serem seguidas. Dentro do fluxo de trabalho proposto pelo Agisoft Photoscan (software escolhido para esta etapa da pesquisa), a primeira etapa consiste no alinhamento das fotos ou câmeras (como são denominadas as fotos nos programas de processamento). A segunda etapa diz respeito a criação da nuvem de pontos densa, ou seja, há um acúmulo maior de informação, com pontos tridimensionais mais coesos e que já dão a forma ao modelo. A terceira etapa consiste na geração da malha de triângulos. Todo modelo 3d é composto por diversos triângulos que são unidos para dar os contornos sólidos do objeto de estudo.

Por fim, a partir das fotos, é possível extrair uma textura para preencher a camada externa do modelo e fazê-lo se assemelhar à realidade. Há ainda uma última etapa, que não necessariamente será feita por último, que é a de escalonar o modelo. O programa permite que alguns pontos de controle sejam inseridos direto à nuvem de pontos ou à malha, de modo a deixar o modelo totalmente em escala, permitindo assim fazer medições mais precisas (Agisoft, 2018).

A imagem 3D da fortificação pode ser acessada para pesquisa e divulgação através do formato PDF ou no site Sketchfab, ver figuras 4a-4b. Esse acesso facilitado através da internet permite que o modelo seja compartilhado inclusive em redes sociais, permitindo também dessa forma, que a comunidade local entre em contato com sua história, contribuindo em trabalhos de educação patrimonial.

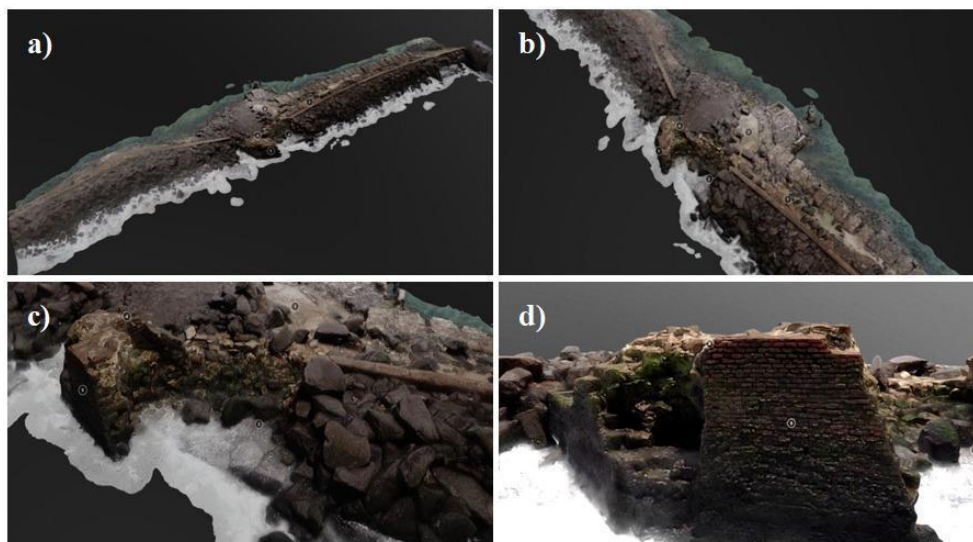


Figura 4. (a) Imagem com ruínas do forte ao centro, (b) imagem que mostra a variação de cores entre o granito que foi utilizado para ampliação dos arrecifes e o arenito que foi uma das rochas utilizadas na construção da fortificação, (c) detalhe da abertura da muralha, onde o forte está constantemente sofrendo com os impactos das ondas; pode-se observar a coloração esverdeada dos líquens que cobrem os arenitos, (d) detalhe da paginação da fortificação. Área de acesso limitado, uma contribuição do registro 3D, (Fonte: Arquivo pessoal, 2020).

### 1) Coleta de amostras

Materiais construtivos desfragmentados sob a superfície da ruína foram coletados para análise e registro macro e micro, ver figura 05, sob os quais foram realizadas medições das dimensões e peso conforme a tabela 1, fotografados conforme a figura 6a-6b dos tijolos; figuras 6c da argamassa e figura 6d da rocha; dos quais, posteriormente passados para uma análise macro e microscópicas, foram observadas as variáveis macroscópicas com auxílio de uma lupa estereomicroscópica a um aumento de 40x e 100x, ver figura 6e.



Figura 5. Vista superior da área do forte no modelo 3D. Os pontos circulos são os pontos das respectivas coletas: áreas em laranja correspondem aos tijolos; área em vermelho corresponde ao fragmento de rocha; área em azul claro corresponde à argamassa do tijolo 01, ao lado do tijolo 01 reciprocamente (Fonte: Arquivo pessoal, 2020).

Material Construtivo do Forte de S. Francisco da Laje					
Unidade	Tijolo01	Tijolo02	Rocha01	Arg. Do Tij.01	Argamassa.01
Comprimento (mm)	113,12	114,03	76,17	49,52	39,11
Largura (mm)	81,18	61,27	34,52	-	-
Expessura (mm)	74,23	39,26	75,97	-	-
Peso (g)	776,4	344	266,4	26	27,7

Tabela 1. Medições em mm das dimensões dos materiais coletados.

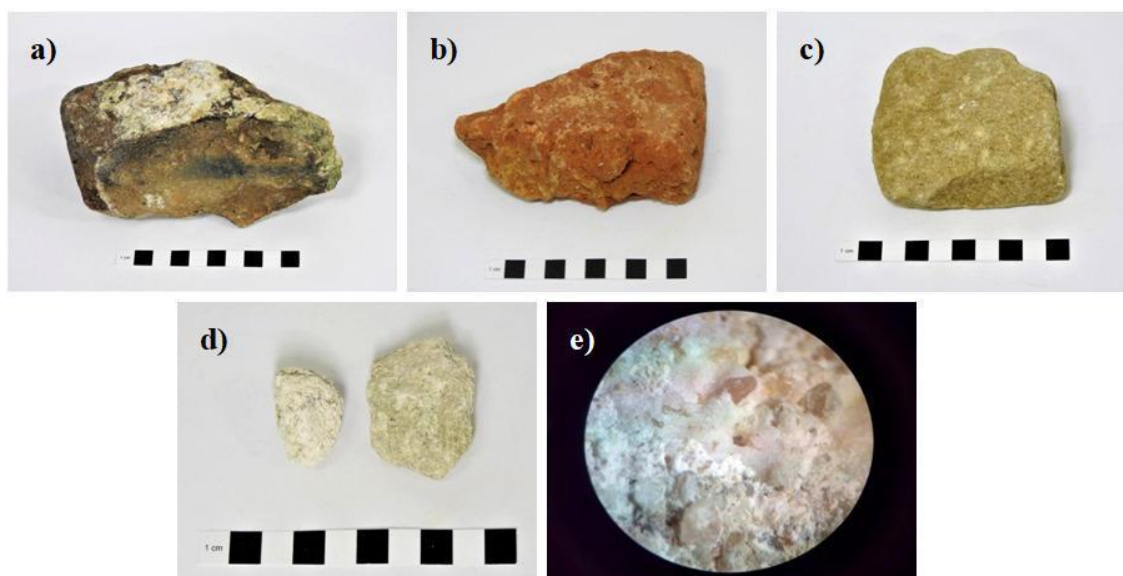


Figura 6. (a) Tijolo T.01, (b) Tijolo T.02, (c) Arenito C.01, (d) Argamassa A.01, (e) Argamassa do tijolo A.T.01 em microscópio (Fonte: Arquivo pessoal, 2019).

## 2) Caracterização das amostras por Fluorescência de raios-X e Difração de raios-X

Para a caracterização mineralógica das amostras, foi utilizada a técnica de DRX, onde todas as amostras foram trituradas e peneiradas até obter uma granulometria menor que 75µm. O difratômetro utilizado foi do modelo Miniflex II da Rigaku, equipado com um tubo de Cobre, a radiação utilizada foi a do  $K\alpha$  do Cu; os parâmetros utilizados nas medidas foram: passo de 0,02° e uma velocidade de varredura de 1°/min. A identificação e quantificação de fases cristalinas foi feita usando o software Match!

Para a caracterização química elementar foi utilizada a técnica de fluorescência de raios X (FRX) por dispersão de energia, a amostra utilizada foi na forma de pó, granulometria abaixo de 75µm, o equipamento foi o X-MET modelo 5100 da Oxford Instrument, no modo soil\_LE\_PF (medição calibrada para solos com ênfase nos elementos leves, usando parâmetros fundamentais), tempo de medição de 30 seg, cada ponto analisado é produto de 3 medidas.

### **Resultados e discussões**

Na análise macroscópica dos tijolos foram observadas superfícies irregulares em ambas as amostras. A aparência irregular na parte externa dos tijolos T.01 e T.02 é um indicativo sobre a técnica utilizada na produção manufaturada até o século XVIII, onde os tijolos eram colocados em fôrmas de madeira com a base do tijolo em contato direto com chão, que deixava o material irregular (Santos, 2019, p.35). Durante o preparo e trituração das amostras para as difrações foi observada uma menor friabilidade no tijolo 01 comparada ao tijolo 02, o que demonstra a este um grau maior de conservação e resistência mecânica. Outro aspecto observado foram as tonalidades de cor distintas, indicativo de distintas temperaturas de queima e/ou argilas utilizadas. Tais informações são condizentes com os diversos momentos construtivos pelos quais a fortificação passou.

Na análise microscópica da argamassa A.01 foi observada uma pasta moderadamente selecionada conforme as tabelas de Compton (Compton *apud* Santos, 2019, p. 47), onde são observados desde o refinamento na seleção dos materiais até o preparo da pasta. Nesta amostra foi notada uma coloração mais esbranquiçada devido ao teor de cal. A argamassa A.T.01 apresentou uma pasta pobremente selecionada, com uma quantidade maior de quartzo (areia) na mistura, e com uma coloração mais escurecida, com presença de líquens.

O grau de seleção da pasta está diretamente relacionado aos itens agregados a estas, sejam eles inseridos propositalmente, como antiplásticos, ou despropositadamente, como as intrusões, sendo descritos em pobremente, moderadamente ou bem selecionados através das análises das formas dos grãos, a granulometria da porosidade, assim como a sua fonte de origem e o estado de pureza dessas pastas argilosas, areias e cal, o que é diretamente proporcional ao comportamento mecânico dos materiais construtivos (Santos, 2017, p. 41), uma vez que estas observações representam o índice de trabalhabilidade da pastas destes materiais, e quanto menor esta for, menor é o grau de resistência mecânica e conseqüentemente de conservação destes.

Estas análises, macro e microscópicas permitem observar técnicas de produção desses materiais construtivos e se existe alguma similaridade entre os mesmos. Também foi observado uma quantidade razoável de eflorescência no tijolo T.01 e material malacológico na argamassa A.T.01; para compreender melhor esses resultados foi necessário realizar análises mineralógico e químico com o auxílio de técnicas como a Difração de Raios-X (DRX) e a Fluorescência de Raios-X (FRX).

Os resultados das análises de DRX nas amostras possibilitaram a observação das quantidades e variedades das fases cristalinas nessas amostras. No resultado da análise do tijolo T.01, assim como na T.02, foi observada unicamente a presença de quartzo ( $\text{SiO}_2$ ). O que difere o tijolo T.01 do T.02 é a presença de duas colorações entre a superfície que se apresentou mais avermelhada e o meio da amostra com uma coloração mais escurecida, o que pode representar uma queima parcial dessa peça ou a utilização do carvão como antiplástico. Também na amostra de tijolo T.01 foi observada a presença de eflorescências, diretamente relacionadas ao acúmulo de sais provenientes da água do mar (Nascimento, 2019, p. 51).

Nos resultados de DRXs das argamassas pudemos observar que a argamassa A.T.01 continha ao redor de 71% de quartzo ( $\text{SiO}_2$ ) e 28% de calcita ( $\text{CaCO}_3$ ). Esta argamassa, por possuir uma quantidade maior de quartzo comparada à calcita, possui uma baixa resistência mecânica em relação a argamassa A.01, onde foram identificados ~50% de calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) e ~50% de quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), cujos resultados estão diretamente ligados a proporção de cal e areia no preparo das argamassas, principalmente até o século XVIII. Os exemplares com maiores quantidades de cal possuem uma melhor coesão dos elementos da pasta, pois a cal atua como ligante.

Sendo assim, costumam possuir melhores resistências mecânicas nas edificações históricas (Santos, 2019, p. 70).

A análise do difratograma da rocha mostrou uma composição a base de quartzo, por conseguinte trata-se de um arenito quartzoso. Este arenito é um representante da estrutura remanescente que faz parte da base desta fortificação (Nascimento, 2019, p. 56). Nos resultados da FRX, nos tijolos foram encontrados traços de potássio, associados à presença de feldspato, e uma menor presença de cálcio e titânio, ver figura 07. A argila de ambos os tijolos é caracterizada como silicosa, devido ao alto teor de Si observado, tendo o sílex como a fonte de origem, que é uma rocha sedimentar facilmente encontrada na forma de quartzo cristalino extremamente fino (Santos *et al.*, 2020, p. 55).

Ao se trabalhar com tijolos é necessário ter uma compreensão básica sobre as argilas. As argilas podem ser definidas como uma matéria orgânica natural, terrosa e de granulação fina. As pastas que compõem os tijolos são materiais constituídos por argilominerais, que são silicatos hidratados de alumínio e ferro, e podem possuir proporções de diferentes minerais não argilosos como quartzo, feldspato, micas, calcita, hematita e as matérias orgânicas. Uma observação a ser feita sobre a tonalidade avermelhada das amostras é que esse efeito é causado pela presença em quantidades razoáveis de óxidos e hidróxidos de ferro, como mencionado anteriormente; a presença de óxido de titânio ( $TiO_2$ ) desvia a cor para uma tonalidade mais alaranjada, o que pode ser observado na amostra T.02, sendo uma das diferenças entre as duas amostras o percentual inferior de titânio na amostra T.01, que possui um tom mais escuro que o tijolo T.02. Outra observação a ser feita é a presença da sílica ou óxido de silício ( $SiO_2$ ). Ambos os tijolos possuem alto teor de  $SiO_2$ , que oferece resistência na fabricação de cerâmica, age como um redutor de plasticidade, e é importante no controle de retração que acontece durante a queima (Santos, 2017, p. 63).

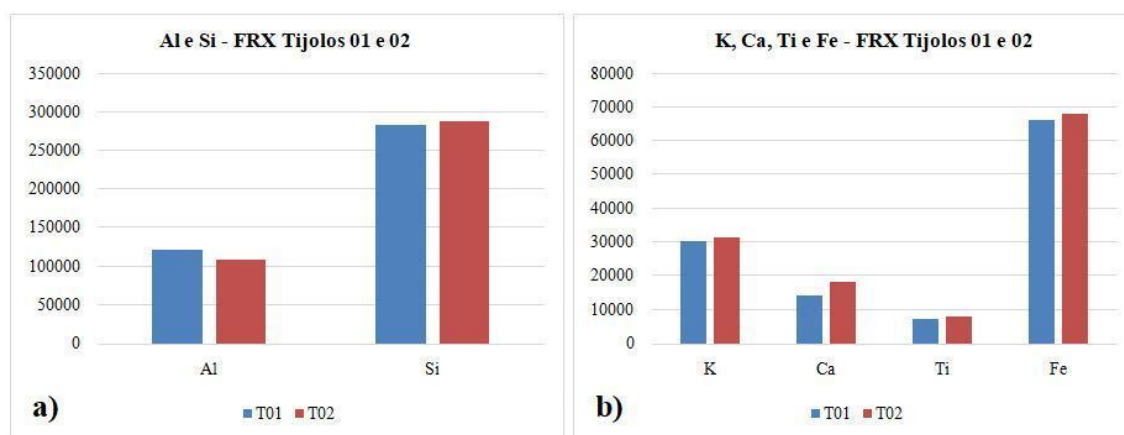


Figura 7. Resultado das (a) concentrações de Si e Al nos tijolos 01 e 02, (b) concentrações de K, Ca, Ti e Fe nos tijolos 01 e 02 (Fonte: Arquivo pessoal).

Nas FRX das argamassas, foram encontrados nas amostras A.T.01 e A.01 altos índices de silício (Si) e cálcio (Ca), além de alumínio (Al) e ferro (Fe), e apenas na A.T.01 foi encontrado potássio (K), ver figura 08. É notável que a maioria dos componentes químicos da argamassa também podem ser encontrados nos tijolos, como o silício, ferro, alumínio e cálcio, com exceção do titânio dos tijolos e o potássio na argamassa A.T.01.

Como foi observado na análise de DRX das amostras, a argamassa A.01 possui uma resistência maior que a A.T.01, por ser uma argamassa mista, porém com uma grande quantidade de cal; a A.T.1 tem uma maior

presença de silício detectado no FRX e quartzo no DRX, tanto o silício quanto o quartzo são associados à presença da areia que foi adicionada para preparar a argamassa mista, e a sua maior quantidade comparada com a quantidade de cálcio é um indicativo de que no preparo para fazer render a quantidade de cal foi adicionada uma quantidade maior de areia (Santos *et al.*, 2020, p. 57).

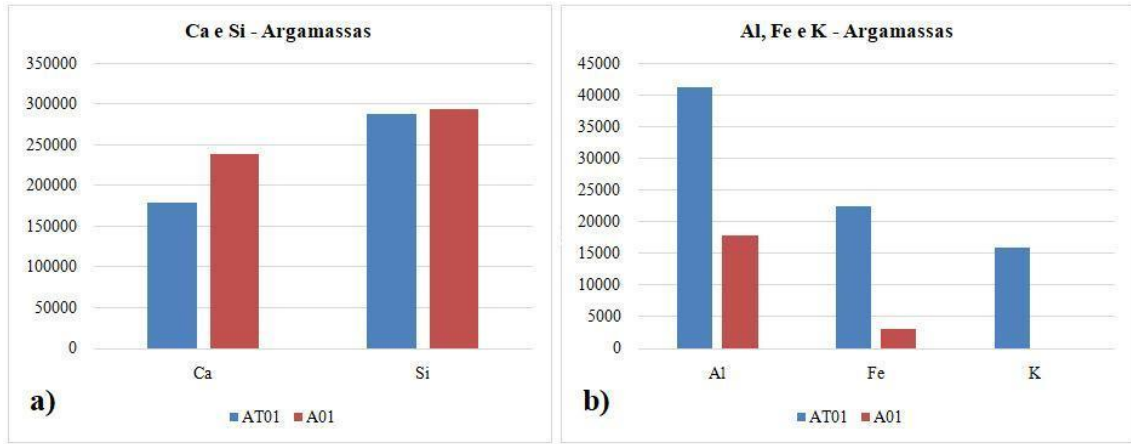


Figura 8. Resultado da análise por FRX, (a) concentrações de Ca e Si nas argamassas, (b) concentrações de Al, Fe e K nas argamassas. (Fonte: Arquivo pessoal, 2020).

No geral as argamassas são feitas a partir de uma mistura de cal, areia e água, mas pode ocorrer de também serem adicionados à mistura pó de material cerâmico, britas e materiais orgânicos (Santos *et al.*, 2020, p. 55). A análise de FRX da rocha identificou a quantidade e qualidade dos elementos na amostra, que são medidas elevadas de silício (Si), calcário (Ca) e uma quantidade menor de alumínio (Al). A partir desses dados que revelam proporções maiores de silício na rocha, podemos indicar que essa amostra utilizada na construção do forte não é o calcário, pois o silício é considerado como uma impureza do calcário, confirmando que a amostra é um arenito quartzoso.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como exposto, é através do conhecimento desta fortificação em toda a sua estrutura, situação possibilitada pela análise de aerofotogrametria, que pudemos observar a dimensão total dos danos estruturais e assim selecionamos de forma mais precisa as zonas de coleta de material construtivo e com isso analisá-los em suas propriedades físicas, químicas e entender suas patologias dentro do contexto no qual estão inseridos.

Diante dos resultados apresentados foi então realizado o mapeamento das fontes dos materiais que se encontravam disponíveis para produção destes tijolos e argamassa e de onde possivelmente foi extraído o arenito. A área em que está a Ilha do Bairro do Recife e do Forte de São Francisco da Laje estão localizados no ambiente marinho costeiro, que é uma área sujeita ao efeito diário das marés e erosão marinha, e possui depósitos de areia que pode ser utilizada em argamassas quando lavadas. Os locais onde o solo possui sedimentos argilominerais são as áreas de Formação Barreira, as mais próximas estão em Olinda a ~15 km, e no bairro do Ibura ~20 km.

No mapeamento das fontes de rocha arenítica foi observado que as fontes estão a uma distância de 15 km para o norte da fortificação, onde existe a formação Beberibe que possui arenito com grandes quantidades de óxido de silício, o que indicaria sua provável origem (Nascimento, 2019, p. 60).

Seus principais danos, como eflorescências salinas, perda de blocos construtivos, fissuras e formação de liquens estão diretamente relacionados à forte ação do mar direta nas ruínas em constante diálogo com as propriedades mecânicas destes materiais empregados, uma vez que o arenito é uma rocha sedimentar de alta porosidade que está sujeita a altos níveis de absorção de umidade, sofrendo assim junto à ação do mar ainda maiores estresses mecânicos estruturais.

A fortificação é um ícone físico, simbólico e também prático, que transmite uma mensagem para quem o observa. O contexto político, social, cultural e econômico são os condicionantes das características de uma obra arquitetônica, e durante o período que o forte de São Francisco da Laje foi derrubado, certas políticas públicas não existiam ou não eram respeitadas pelos que estavam no poder. A perda desse bem foi o resultado da expressão dos desejos dos promotores e suas circunstâncias (Cruzen, 2011, p. 88), assim como ocorre até a atualidade.

É esperado com este trabalho que o Bem fique mais visível e acessível para a coletividade, e essa reinserção do Bem no contexto contemporâneo se torne um fator a mais para preservação das suas ruínas, memória ativa da cidade do Recife e da formação do estado de Pernambuco.

Essas ruínas que encontramos hoje, abandonadas, nos arrecifes próximo ao bairro do Recife, são um local de grande circulação de turistas, reconhecido pela população local como patrimônio cultural, um cartão postal da cidade, que deve ser resgatado e inserido a esse círculo de monumentos que integram o bairro do Recife. Sendo assim, este trabalho apresenta uma breve consideração sobre uma etapa inicial na preservação de ruínas, conhecer a materialidade e seus contextos, hoje ferramenta base da Arqueologia Histórica, contribuindo assim com a conservação e divulgação dos Bens Patrimoniais.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq e CAPES pelas bolsas concedidas.

Agradecemos ao Laboratório de Estudos Arqueométricos (LEARQ) da Universidade Federal de Pernambuco que permitiu a realização das análises deste trabalho.

#### REFERÊNCIAS

- Agisoft. (2021, abr 09). *AgisoftPhotoScanUser Manual Professional Edition*, Version 1.4. Retrieved from: [https://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro\\_1\\_4\\_en.pdf](https://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_4_en.pdf)
- Albuquerque *et al.* (1999) *Fortes de Pernambuco: Imagens do passado e do presente*. 1. ed. Recife: Graftorre.
- Ashurst, J. (2006). *Conservation of ruins*. 1ª. ed. Salisbury: A Butterworth-Heinemann.
- Castro, G. (2021, dez 02). *Recife Antigo: Forte de São Francisco*. Retrieved from: <http://bairrodorecife.blogspot.com/2014/02/forte-de-sao-francisco.html>.
- Costa, F. P. D. (1959) *Enciclopédia prática da construção civil: Obras de alvenaria*. Lisboa: *Portugália*, v. 13.



- Cruxen, E. (2011, Dec). A Arquitetura Militar Portuguesa no Período de Expansão Ultramarina e suas Origens Medievais. *AEDOS*, Rio Grande do Sul, 3(9). 113-129.
- DJI. Mavic Pro. (2021, Abr 08). Retrieved from: <https://www.dji.com/br/mavic>.
- Hassan, A. & Fritsch, D. (2019, Jan) Integration of Laser Scanning and Photogrammetry in 3D/4D Cultural Heritage Preservation – A Review. *International Journal of Applied Science and Technology*. 9(4). 76–91.
- Li *et al.* (2018, Jan). Inspection method of images' overlap of UAV photogrammetry based on features matching. *MATEC Web of Conferences*. 173(1). 20-22.
- Masini, F. & Lasaponara, R. (2017). *Sensing the Past from Space: Approaches to Site Detection*. Cham: Springer International Publishing AG. 16(2). 23-60.
- Matheus, L. (2011, Dez). Memória e identidade segundo Candau. *Revista Galáxia*, São Paulo. 22. 302-306.
- Nascimento, E. S. D. (2019). *As ruínas do Forte de São Francisco da Laje: subsídios arqueológicos para sua preservação*. Universidade Federal de Pernambuco. Recife.
- Rossi *et al.* (2019). Systematic Photogrammetric Recording of the Gnalić Shipwreck Hull Remains and Artefacts. In: J., M. et al. (Eds.). *3D Recording and Interpretation for Maritime Archaeology*. Cham: Springer International. 45–65.
- Santos, C. D. F. (2017). *Datação e caracterização de tijolo e argamassa da Portada Principal do Forte Orange, Itamaracá, PE*. Universidade Federal de Pernambuco. Recife.
- Santos, C. D. F. (2019). *Unidades domésticas do bairro da Boa Vista do Recife: variação tecnológica em tijolos e argamassas*. Universidade Federal de Pernambuco. Recife.
- Santos, C. D. F. *et al.* (2020). Análise de Conservação do Patrimônio Edificado: Um Estudo de Caso na Igreja da Madre de Deus. *Revista Noctua*, Recife. 23-39, Janeiro.
- Santos, C. D. F. *et al.* (2020). Estudo de argamassa e tijolos da portada principal do Forte Orange, Itamaracá, PE - Brasil. *Fundamentos*, Recife. XVII. 35-58.
- Santos, C. D. F. & Sullasi H. L.. (2020, Dec). Unidades domésticas do século XIX do Bairro da Boa Vista do Recife: um estudo do perfil técnico e das características estilístico-arquitetônicas. *Antropê*. Recife. 12. 327-358.
- Santos, M. A. (2012). *O papel das fortificações no espaço urbano de Salvador*. Universidade Federal da Bahia. Salvador.
- Schmidt, M. L. & Mahfoud, M. (1993). Halbwachs: memória coletiva e experiência. *Revista de Psicologia USP*. São Paulo. 4 ½. 285-298.
- Silva, C. (2019). *Comparação entre plataformas de aquisição de imagem e indicação de danos nas estruturas do Forte Castelo do Mar e Quartel Velho - Cabo de Santo Agostinho - PE*. Universidade Federal de Pernambuco. Recife.

AS RUÍNAS DO FORTE DE SÃO FRANCISCO DA LAJE:  
SUBSÍDIOS ARQUEOLÓGICOS PARA SUA PRESERVAÇÃO