



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS**

JOSÉ ALYSSON DEHON MORAES MEDEIROS

**CIMENTO PORTLAND NA ILHA DE TIRIRI:
História, Vestígios e Caracterização dos Materiais**

**João Pessoa – Paraíba
2019**



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS

JOSÉ ALYSSON DEHON MORAES MEDEIROS

**CIMENTO PORTLAND NA ILHA DE TIRIRI:
História, Vestígios e Caracterização dos Materiais**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais, Área de Concentração em Materiais Não-Metálicos.

Orientador: Prof. Dr. Sandro Marden Torres, Ph.D.

**João Pessoa – Paraíba
2019**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M488c Medeiros, Jose Alysson Dehon Moraes.

Cimento Portland na Ilha de Tiriri: História, Vestígios
e Caracterização dos Materiais / Jose Alysson Dehon
Moraes Medeiros. - João Pessoa, 2019.

222 f. : il.

Orientação: Sandro Marden Torres.
Tese (Doutorado) - UFPB/CT/PPCEM.

1. Cimento Portland. 2. Evolução tecnológica. 3.
Ciências forenses. 4. Patrimônio cultural. I. Torres,
Sandro Marden. II. Título.

UFPB/BC

JOSE ALYSSON DEHON MORAES MEDEIROS

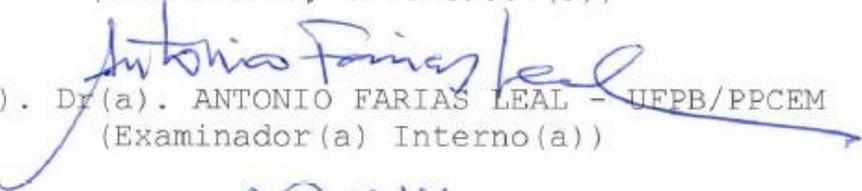
**CIMENTO PORTLAND NA ILHA DE TIRIRI:
História, Vestígios e Caracterização dos Materiais**

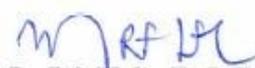
Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais. Área de Concentração: Materiais Não-Metálicos.

Aprovada em 25 de março de 2019.

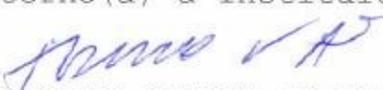
Banca Examinadora:


Prof(a). Dr(a). SANDRO MARDEN TORRES - UFPB/PPCEM
(Presidente, Orientador(a))


Prof(a). Dr(a). ANTONIO FARIAS LEAL - UFPB/PPCEM
(Examinador(a) Interno(a))


Prof(a). Dr(a). MARCÁL ROSAS F. LIMA FILHO - UFPB/PPCEM
(Examinador(a) Interno(a))


Prof(a). Dr(a). ANGELO JUST DA COSTA E SILVA (Examinador(a)
externo(a) à instituição)


Prof(a). Dr(a). TARCISO CABRAL DA SILVA (Examinador(a)
externo(a) à instituição)


JOSE ALYSSON DEHON MORAES MEDEIROS
(Discente)

À Ana Laura, por tudo e mais um pouco.

Aos meninos José e João, afinal, sem os questionamentos do primeiro e a vinda ao mundo do segundo, não teria sido tão divertido assim!

A todos aqueles que deixaram pistas sobre a fábrica de Tiriri, especialmente aqueles que, pelos golpes do destino, não concluíram suas obras, nem empreenderam como desejaram.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Sandro Marden, uma mente inquieta e brilhante, à frente do seu tempo e a serviço da Ciência, pela orientação sempre entusiasmada, desde o primeiro dia.

Aos professores Antônio Leal, Marçal Filho, Tarciso Cabral e Ângelo Just, pelos preciosos comentários e sugestões a fim de aprimorar o trabalho e a todos os professores do PPCEM que contribuíram com a minha formação. Aos colegas de disciplinas do PPCEM e aos técnicos dos laboratórios e servidores do programa, pelo conhecimento compartilhado e pelo apoio durante os exames e atividades do curso.

À Ana Laura, José Victor e João Henrique, minha linda família (agora ampliada), símbolo de amor, apoio incondicional e de esperança. À minha mãe, Nanete, pelas orações e aos meus irmãos, Cláudia e Júnior, pelo apoio. Aos meus sogros, Geraldo e Socorro, pelo acolhimento e por terem segurado a barra com os meninos, durante minhas ausências.

A José Arthur, chefe do Setor Técnico-Científico da SR/PB, que entendeu a proposta de estudo como parte da capacitação profissional pericial e aos Superintendentes, Nivaldo Farias e André Viana, que, ao homologarem institucionalmente tal iniciativa, permitiram uma maior dedicação à pesquisa. Aos colegas da Escola Nacional de Polícia e da equipe Treinamento & Desenvolvimento da SR/PB, pelo estímulo à pesquisa e por terem acreditado em sua viabilidade.

Aos meus colegas de perícias de Engenharia, Sídney e Thiago, e aos demais colegas da sala de Engenharia e Meio Ambiente, que compartilharam diariamente das minhas aflições e descobertas, sempre com muita atenção, bom humor e companheirismo. Aos demais colegas do SETEC que acompanharam andamento da pesquisa, por estarem sempre dispostos a conhecer o trabalho e a me incentivar.

Aos chefes do Serviço de Perícias de Engenharia do Instituto Nacional de Criminalística (INC), Acir e Raimundo, pelo estímulo à pesquisa e apoio institucional quando necessário, e ao perito André, do Serviço de Perícias do Laboratório de Balística, pelo apoio nos exames do MEV. Aos vários colegas Peritos Criminais de todas as partes do Brasil, pela disponibilização de bibliografia, troca de ideias e compartilhamento de contatos úteis ao trabalho realizado.

Ao pessoal da CAMAR, especialmente ao gerente Marcelo Pereira e os funcionários Ronaldo e José, por terem franqueado acesso à ilha e pelo apoio prestado no local.

Ao pessoal da Elizabeth Cimentos, especialmente Degmar, Vilmar, Ailton, Marlilton e Victória, pelas valiosas discussões técnicas e pelo apoio nos exames.

Ao pessoal da Secretaria de Patrimônio da União na Paraíba, especialmente Heleno, Henrique, Ana Cristina, Ariosto e João, pela receptividade e orientações técnicas prestadas durante a pesquisa.

À divisão técnica do IPHAN, especialmente às arquitetas Darlene e Christiane pela atenção e pelas orientações prestadas durante a pesquisa. Ao pessoal do IPHAEP, especialmente ao Prof. Carlos Azevedo, pelo estímulo à pesquisa e pelos trabalhos inspiradores em Arqueologia Industrial. A Hilton Gouvêa, pela entrevista concedida sobre as suas reportagens envolvendo a fábrica.

Ao fotógrafo Arion Farias, pela receptividade e pelas imagens compartilhadas. Ao professor Bertrand Lira e aos servidores da Coordenadoria do Patrimônio Cultural de João Pessoa e do NDIHR/UFPB, pelo compartilhamento de imagens e informações da Paraíba do século XIX.

Ao pessoal dos acervos históricos e do IHGP (João Pessoa e Bayeux), especialmente ao historiador Guilherme Lins, pelas orientações sobre bibliografia da Paraíba oitocentista. A Edival Varandas, pelas informações disponibilizadas sobre José e Antônio Varandas. Ao professor e historiador José de Arimatéia, de Santa Rita, pela disponibilidade em ajudar.

Aos servidores das instituições consultadas (Justiça Federal, Tribunal de Justiça do Estado da Paraíba, INTERPA, Exército Brasileiro, Marinha do Brasil, Prefeituras de João Pessoa e Santa Rita), pelo compromisso com o serviço e pela constante disponibilidade em ajudar.

À historiadora Diana Galliza pela seriedade acadêmica de sua pesquisa, pela conversa gentil e por ter ressaltado a importância da consulta às fontes primárias.

Ao engenheiro Antônio Augusto de Almeida pelas enriquecedoras conversas e pelo exemplo de pesquisador incansável; ao economista Heitor Cabral, pela entrevista concedida; à Monique Garibaldi, pelo acesso ao acervo de Maurílio de Almeida; à Tereza Maurício, pelas informações compartilhadas sobre o pesquisador João de Deus; e ao professor Magno Araújo, pelo compartilhamento de informações acerca da visita realizada às ruínas de Tiriri.

Às arquitetas Simone e Maria Helena, pela valiosa troca de ideias e materiais e pelo estímulo à concretização deste trabalho.

A William, pela presença nas últimas expedições e por ter me apresentado a este programa de Doutorado, bem como a Sofia e Ricardo, companheiros de turma nesta empreitada.

A Rhassanno Patriota e Franco Urzêda Júnior pelo incentivo e pelos aerolevantamentos realizados; a Erival Costa pelo apoio na elaboração da maquete eletrônica da fábrica; aos colegas Ícaro e Glautter, pelas dicas sobre o software i2 e a Willian Senna, pelo apoio na elaboração do MDT da ilha e na formatação do trabalho.

A Ricardo Costa e aos Gustavos (Arruda e Penalva), que tomaram sol, chuva e ferroadas de maribondo ao me acompanharem nesta aventura às ruínas de Tiriri.

A Maurílio, Branco e Edvan, moradores do Distrito de Livramento e entusiastas da história do município de Santa Rita, pela disponibilidade e companhia durante a terceira visita à ilha.

A João José Vallim, pelas pertinentes indagações durante a pesquisa e pela cuidadosa revisão da versão preliminar deste trabalho.

Aos pesquisadores britânicos Edwin Trout, Dylan Moore e Caroline Kirk, pelas dicas de bibliografia e esclarecimentos técnicos. À Carol Morgan, do ICE, pelo material enviado.

A Deus, pela força e paciência para vencer as limitações e dificuldades da jornada.

Aos que não nomeiei, por falha de memória, tenham consigo a minha gratidão. E incluam-se aqui aqueles que ajudaram e torceram por este trabalho, sem que eu sequer soubesse.

Sem ajuda de todos aqui elencados, o cimento desta tese não teria se tornado concreto.

“A coisa mais bela que podemos experimentar é o mistério. É a emoção fundamental que está no berço de toda arte e ciência verdadeiras. Aquele que desconhece esta emoção, que não mais questiona, que não mais se fascina, está como se estivesse morto, uma vela apagada.”

(Albert Einstein. *The world as I see it*. 1934.)

RESUMO

A Paraíba é um importante polo cimenteiro da região Nordeste brasileira, sendo lembrada no setor graças à implantação da 1ª fábrica moderna fora da região Sudeste, ainda na década de 1930. Pouco se comenta, no entanto, que o Estado foi, de fato, palco da instalação da 1ª fábrica de Cimento Portland no país, ainda no final do século XIX, cuja história ora foi explorada de forma fantasiosa, ora foi reduzida a uma mera disputa jurídica. O objetivo deste trabalho é recontar esta história a partir de seus vestígios, com lastro documental e técnico-científico, considerando o seu curto período de operação em 1892. Para tanto, além da revisão bibliográfica sobre a evolução tecnológica da produção de cimento e das características do produto à época, foram realizadas quatro visitas de campo nas ruínas da antiga fábrica, localizadas na Ilha de Tiriri, município de Santa Rita/PB. Foram utilizadas técnicas de levantamento de dados em campo aplicáveis às Ciências Forenses, que incluíram desde a caracterização das construções mediante fotogrametria aérea – com elaboração de um modelo digital 3D – à busca, identificação e coleta dos vestígios cimentícios essenciais ao estudo, visando à mínima intervenção no local. Além da identificação das jazidas e das construções remanescentes da fábrica, as três primeiras visitas destinaram-se à coleta de amostras: de argilas e de calcário; da argamassa de revestimento e de assentamento de tijolos; de vestígios do interior dos fornos *Dietzsch*; e de peça de cimento hidratado. A quarta visita destinou-se ao registro da localização desta peça no contexto do sítio e à sua remoção, a fim de preservá-la e analisá-la em laboratório. As amostras de matéria-prima foram caracterizadas por fluorescência de raios X, enquanto às dos vestígios de materiais cimentícios foram caracterizadas por fluorescência e difração de raios X. Amostras da colagem do forno foram analisadas ainda por microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura (MEV), incluindo espectrometria de energia dispersiva (EDS). O confronto entre os resultados das amostras da jazida identificada e os dos vestígios cimentícios resguardaram compatibilidade, rechaçando a hipótese mítica. Já as análises dos vestígios cimentícios e de suas características microestruturais permitiram classificar a fabricação de cimento Portland na ilha, em termos da evolução qualitativa do produto. As evidências obtidas, juntamente a outros achados descobertos ao longo da pesquisa, permitiram ressaltar o empreendimento dentre seus congêneres e alçar o conjunto remanescente a um distinto sítio de Arqueologia Industrial, ainda desprovido de proteção e de reconhecimento como patrimônio cultural do Estado da Paraíba e do Brasil.

Palavras-chave: Cimento Portland. Evolução tecnológica. Ciências forenses. Patrimônio cultural.

ABSTRACT

Paraíba is an important cement production centre in the Brazilian Northeast region, firstly remembered by this industry thanks to the pioneering of the first modern factory implanted outside the Southeast region, still in the decade of 1930. However, it is not very mentioned that the State had the first Portland cement factory in Brazil, still at the end of the 19th century, whose history has been explored in a fanciful way or reduced to a mere legal dispute. The objective of this work is to recount this history from its vestiges, with documentary and technical-scientific background, considering its short period of operation in 1892. In addition to the literature review on the technological evolution of cement production and product characteristics at the time, four visits were carried out at the ruins of the old factory, located on Tiriri Island, in Santa Rita, Paraíba. Data collect in situ techniques applied to Forensic Sciences were applied, since the characterization of the constructions by means of aerial photogrammetry – with elaboration of a 3D digital model – to the search, identification and collect of the cementitious traces essential to the study, aiming at the minimum intervention on site. Besides identifying the quarry and the remaining factory constructions, the first three visits were used to collect samples: clays and limestone; plaster mortars (plaster and bricks laying); traces from Dietzsch kilns inside materials; and an object of hydrated cement. The fourth visit was to record the location of this object in the context of the site and to remove it in order to preserve and analyse it in the laboratory. The samples of the raw material were characterized by X-ray fluorescence, whereas the traces of cementitious materials were characterized by X-ray fluorescence and X-ray diffraction. Kilns burnt material samples were also analyse by optical microscopy and scanning electron microscopy (SEM), including dispersive energy spectrometry (EDS). The comparison between the results of quarry samples and those of the cementitious remains were consistent, rejecting the mythical hypothesis. On the other hand, the analysis of the cement traces and their microstructural characteristics allowed to classify the Portland cement production in the island, in terms of the its qualitative evolution. Evidence obtained, along with other findings discovered during the research, allowed to emphasize the enterprise among its congeners and raise the remaining ruins to a distinct site of Industrial Archeology, still absent of protection and recognition as cultural heritage from Paraíba and Brazil.

Keywords: Portland cement. Technological evolution. Forensic Sciences. Cultural Heritage.

RÉSUMÉ

Paraíba c'est un important centre de production de ciment dans le nord-est du Brésil, dont le souvenir s'est fait sentir grâce à l'implantation de la première usine moderne implantée en dehors de la région du Sud-Est, toujours dans les années 1930. Cependant, il était la scène de la première usine de ciment Portland au Brésil, à la fin du XIXe siècle, dont l'histoire a été explorée de façon fantaisiste ou réduite à un simple litige juridique. L'objectif de ce travail est de raconter cette histoire à partir de ses vestiges, sur une base documentaire et technico-scientifique, compte tenu de sa courte période de fonctionnement en 1892. Par conséquent, outre la revue de la littérature sur l'évolution technologique de la production de ciment et les caractéristiques du produit à l'époque, quatre visites sur le terrain ont été effectuées dans les ruines de l'ancienne usine située sur l'île de Tiriri, à Santa Rita, à Paraíba. Des techniques de collecte de données in situ appliquées aux sciences forensiques, qui incluait depuis la caractérisation des bâtiments par photogrammétrie aérienne – avec l'élaboration d'un modèle numérique 3D – à la recherche, l'identification et la collecte des traces de ciment essentielles à l'étude, visant à l'intervention minimale sur le site. En plus d'identifier les dépôts et les constructions restants de l'usine, les trois premières visites ont été utilisées pour collecter des échantillons: argiles et calcaire; enduit de mortier et pose de briques; traces de l'intérieur des fours Dietzsch; et un objet de ciment hydraté. La quatrième visite consistait à enregistrer l'emplacement de cet objet dans le contexte du site et à l'enlever afin de le conserver et de l'analyser en laboratoire. Les échantillons de la matière première ont été caractérisés par fluorescence des rayons X, tandis que les traces de matériaux à base de ciment ont été caractérisées par fluorescence X et diffraction des rayons X. Des échantillons de matériaux brûlés dans des fours ont également été analysés par microscopie optique et microscopie électronique à balayage (MEB), y compris par spectrométrie à énergie dispersive (EDS). La comparaison entre les résultats des échantillons du dépôt identifié et ceux des restes de ciment était cohérente, rejetant l'hypothèse mythique. D'autre part, l'analyse des traces de ciment et de leurs caractéristiques microstructurales a permis de classer la production de ciment Portland sur l'île, en termes d'évolution qualitative du produit. Les preuves obtenues, ainsi que d'autres découvertes au cours de la recherche, ont permis de mettre en valeur l'entreprise parmi ses congénères et d'amener les ruines restantes sur un site distinct de l'archéologie industrielle, toujours absent de la protection et de la reconnaissance en tant que patrimoine culturel de Paraíba et du Brésil.

Mots-clés: Ciment Portland. Évolution technologique. Science forensique. Patrimoine culturel.

RESUMEN

La Paraíba es un importante polo cementerio de la región Nordeste brasileña, siendo recordada en el sector gracias a la implantación de la primera fábrica moderna fuera de la región Sudeste, aún en la década de 1930. Poco se comenta, sin embargo, que el Estado fue escenario de la instalación de la 1ª fábrica de cemento Portland en el país, a finales del siglo XIX, cuya historia ora fue explotada de forma fantasiosa, ora se redujo a una mera disputa jurídica. El objetivo de este trabajo es recontar esta historia a partir de sus vestigios, con base documental y técnico-científica, considerando su corto período de operación en 1892. Para ello, además de la revisión bibliográfica sobre la evolución tecnológica de la producción de cemento y de las características del producto en la época, se realizaron cuatro visitas de campo en las ruinas de la antigua fábrica, ubicadas en la Isla de Tiriri, condado de Santa Rita. Se utilizaron técnicas de levantamiento de datos en campo aplicables a las Ciencias Forenses, que incluyeron desde la caracterización de las construcciones mediante fotogrametría aérea – con elaboración de un modelo digital 3D – a la búsqueda, identificación y recolección de los vestigios cementosos esenciales al estudio, con miras a la mínima intervención en el lugar. Además de la identificación de los yacimientos y de las construcciones remanentes de la fábrica, las tres primeras visitas se destinaron a la recolección de muestras: de arcillas y de piedra caliza; del mortero de revestimiento y de asentamiento de ladrillos; de vestigios del interior de los hornos Dietzsch; y de pieza de cemento hidratado. La cuarta visita se destinó al registro de la ubicación de esta pieza en el contexto del sitio ya su remoción, a fin de preservarla y analizarla en laboratorio. Las muestras de materia prima se caracterizaron por fluorescencia de rayos X, mientras que las de los vestigios de materiales cementosos se caracterizaron por fluorescencia y difracción de rayos X. Las muestras del pegamento del horno fueron analizadas por microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido (MEB) incluyendo espectrometría de energía dispersiva (EDS). La confrontación entre los resultados de las muestras del yacimiento identificada y los de los vestigios cementosos resguardaron compatibilidad, rechazando la hipótesis mítica. Los análisis de los vestigios cementos y de sus características microestructurales permitieron clasificar la fabricación de cemento Portland en la isla, en términos de la evolución cualitativa del producto. Las evidencias obtenidas, junto a otros hallazgos descubiertos a lo largo de la investigación, permitieron resaltar el emprendimiento de entre sus congéneres y alzar el conjunto remanente a un distinguido sitio de Arqueología Industrial, aún desprovisto de protección y de reconocimiento como patrimonio cultural del Estado de Paraíba y del, Brasil.

Palabras clave: Cemento Portland. Evolución tecnológica. Ciencias forenses. Patrimonio cultural.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 – ILUSTRAÇÕES MOSTRANDO VISTAS DA FUNDAÇÃO E ASPECTOS CONSTRUTIVOS DOS TRABALHOS REALIZADOS NA RECONSTRUÇÃO DO FAROL DE <i>EDDYSTONE</i> | 38 |
| FIGURA 2 – PRIMEIRA TABELA, A QUAL APRESENTA A COMPARAÇÃO ENTRE AS DIVERSAS ESPÉCIES DE CAL HIDRÁULICA UTILIZADAS EM SEUS EXPERIMENTOS..... | 40 |
| FIGURA 3 – LINHA DO TEMPO EM RELAÇÃO AOS ESTÁGIOS DA EVOLUÇÃO QUALITATIVA DO PRODUTO..... | 44 |
| FIGURA 4 – MAPA POLÍTICO DA EUROPA EM 1890..... | 45 |
| FIGURA 5 – CORTE ESQUEMÁTICO DE UM FORNO DIETZSCH..... | 49 |
| FIGURA 6 – DETALHE DO FORNO DIETZSCH (NORTE) DA FÁBRICA DE TIRIRI... | 51 |
| FIGURA 7 – COMPARAÇÃO ENTRE O FORNO DE TIRIRI COM O DIETZSCH DA BIBLIOGRAFIA..... | 52 |
| FIGURA 8 – DESTAQUE DO LITORAL PARAIBANO SOBRE LEVANTAMENTOS FEITOS PELO CAPITÃO DE FRAGATA E. MOUCHEZ: Círculo indica Tiriri retratada como parte do continente..... | 60 |
| FIGURA 9 – LOCALIZAÇÃO DA ILHA DE TIRIRI EM RELAÇÃO À PARAÍBA E AO BRASIL..... | 61 |
| FIGURA 10 – COMPOSIÇÃO DE DIVERSOS TIPOS DE CIMENTO, COM DESTAQUE PARA O CIMENTO PORTLAND PARAIBANO..... | 62 |
| FIGURA 11 – PLANTA BAIXA DA FÁBRICA E MODELO 3D DA ELEVAÇÃO SUDOESTE..... | 69 |
| FIGURA 12 – MODELO DIGITAL 3D DAS RUÍNAS: Chaminé (1), Alojamento dos funcionários – edificação parcialmente recente (2), Parede da Casa do Motor (3), Prédio dos fornos (4) e Casa dos calcários (5). | 74 |
| FIGURA 13 – MOSAICO DE IMAGENS COM CENTRO NO MODELO DIGITAL DAS RUÍNAS: a) chaminé; b) parede da casa do motor; c) alojamento dos funcionários; d) prédio dos fornos; e) interior do prédio dos fornos; f) casa dos calcários..... | 75 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA 14 – IMAGEM ÁEREA DAS RUINAS: Círculo em vermelho indica o local de parede remanescente no contexto das construções pesquisadas na primeira visita do sítio..... | 76 |
| FIGURA 15 – INTERIOR DO PRÉDIO DOS FORNOS..... | 77 |
| FIGURA 16 – MOMENTO PRÉVIO À COLETA DE AMOSTRAS NO INTERIOR DOS FORNOS. | 78 |
| FIGURA 17 – VISTA DA JAZIDA VISITADA: PEQUENO LAGO SUGERE ANTIGA ATIVIDADE. | 79 |
| FIGURA 18 – MDT ELABORADO PARA FINS DE TENTATIVA DE LOCALIZAÇÃO DE JAZIDA. | 80 |
| FIGURA 19 – MOSAICO DE IMAGENS DA JAZIDA IDENTIFICADA À OESTE DA FÁBRICA: detalhe da jazida de argila (“a”, “b” e “c”) e dos afloramentos rochosos (“d” e “e”). | 81 |
| FIGURA 20 – MOSAICO ILUSTRANDO A TÉCNICA UTILIZADA PARA FILMAR A PARTE SUPERIOR DO FORNO..... | 82 |
| FIGURA 21– VESTÍGIOS DA ANTIGA SALINA EXISTENTE NA ILHA MARQUES. . | 83 |
| FIGURA 22 – AMOSTRAS EXTRAÍDAS DO INTERIOR DO FORNO AO NORTE (FN1). | 87 |
| FIGURA 23 – EXEMPLO DE AMOSTRAS RETIRADAS DE FORNOS SEM MAIORES VESTÍGIOS DE QUEIMA. | 88 |
| FIGURA 24 – EXEMPLO DE AMOSTRAS EMBUTIDAS PARA FINS DE MICROSCOPIA. | 88 |
| FIGURA 25 – EXEMPLO DE AMOSTRAS PREPARADAS PARA ANÁLISE DE MEV. . | 88 |
| FIGURA 26 – MATERIAL DA COLAGEM EXTRAÍDO DO INTERIOR PRIMEIRO FORNO (FN1): material vítreo à esquerda; material opaco à direita..... | 89 |
| FIGURA 27 – Composição química da matéria-prima da Paraíba do Norte, Brazil. | 102 |
| FIGURA 28 – MAPA POLÍTICO DO BRASIL EM 1889. | 104 |
| FIGURA 29 – ANÚNCIOS DO JORNAL “ESTADO DO PARAHYBA” REFERENTES À AQUISIÇÃO DE MADEIRA E TIJOLOS PARA A CONSTRUÇÃO E EQUIPAMENTOS DA FÁBRICA, EM 1891. | 105 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA 30 – PLANTA BÁSICA DE USINA DE CIMENTO PORTLAND NA DÉCADA DE 1890 (EUA)..... | 106 |
| FIGURA 31 – CROQUI DAS INSTALAÇÕES DA FÁBRICA DE CIMENTO ATRIBUÍDO A JOÃO DE DEUS MAURÍCIO | 108 |
| FIGURA 32 – VISTA DE UMA FÁBRICA DE CIMENTO PORTLAND NOS EUA AO FINAL DO SÉCULO XIX..... | 110 |
| FIGURA 33 – RECORTES DO JORNAL “O PARAHYBANO” EM ABRIL DE 1892 ILUSTRANDO O ESTÚDIO DE ROZA AUGUSTA E A DOAÇÃO DE DUAS FOTOGRAFIAS DA FÁBRICA DE TIRIRI. | 111 |
| FIGURA 34 – DIAGRAMA DE ELOS DOS EVENTOS, INSTITUIÇÕES E PERSONAGENS QUE ANTECEDERAM AO EMPREENDIMENTO DE TIRIRI..... | 114 |
| FIGURA 35 – LINHA DO TEMPO DOS PRINCIPAIS EVENTOS DE 1861 ATÉ 1888. . | 114 |
| FIGURA 36 – DIAGRAMA DE ELOS DOS EVENTOS, INSTITUIÇÕES, PERSONAGENS E NACIONALIDADE DA FUNDAÇÃO DA CIA. DE CIMENTO BRASILEIRO AOS PRIMEIROS ANOS DE CONSTRUÇÃO FÁBRICA. | 115 |
| FIGURA 37 – ANÚNCIOS PARA CONTRATAÇÃO DE ARCOS PARA BARRICAS E TANOEIROS. | 116 |
| FIGURA 38 – ANÚNCIOS DO CIMENTO DE TIRIRI NOS JORNAIS “ESTADO DO PARAHYBA” (ESQUERDA) e “O PARAHYBANO” (DIREITA)..... | 117 |
| FIGURA 39 – FACHADA SUL DO PRÉDIO DOS FORNOS: detalhes à direita de trechos onde houve queda do reboco, ilustrando a alvenaria de tijolos (acima) e alvenaria de pedra argamassada (abaixo). | 118 |
| FIGURA 40 – FACHADA OESTE DO PRÉDIO DOS FORNOS, ONDE FOI UTILIZADA ALVENARIA DE PEDRA ARGAMASSADA NO PAVIMENTO TÉRREO E ALVENARIA DE TIJOLOS MACIÇOS NOS PAVIMENTOS SUPERIORES. | 119 |
| FIGURA 41 – EXCESSO DE VEGETAÇÃO NO SOLO. | 120 |
| FIGURA 42 – RESTOS DE SUCATA E LIXO NO SOLO..... | 120 |
| FIGURA 43 – ILUSTRA OS PAVIMENTOS SUPERIORES DE UM DOS FORNOS GEMINADOS, DESTAQUE PARA OS TIJOLOS REFRAATÓRIOS DA ZONA DE RESFRIAMENTO (MAIS CLAROS). | 121 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA 44 – ILUSTRA O INTERIOR DE UM DOS FORNOS (DE BAIXO PARA CIMA), COM DESTAQUE PARA VESTÍGIOS DA ZONA DE QUEIMA NA PORÇÃO SUPERIOR, IDENTIFICADOS PELA DIFERENÇA DE TONALIDADE DOS TIJOLOS. | 122 |
| FIGURA 45 – COMPARAÇÃO ENTRE O CROQUI OBTIDO E IMAGEM DO AEROLEVANTAMENTO: círculos e elipses destacam alguns dos ambientes confrontados e as setas estabelecem a correspondência entre as imagens. | 123 |
| FIGURA 46 – COMPARAÇÃO ENTRE A FOTOGRAFIA DE ARION FARIAS COM FOTOGRAFIA REGISTRADA DURANTE A PRIMEIRA VISITA. | 124 |
| FIGURA 47 – DETALHES DO FABRICANTE CUNHADOS NA MÁQUINA DE TIRIRI (1890) COM ANÚNCIO DO FABRICANTE EM REVISTA INGLESA (1889). | 124 |
| FIGURA 48 – ESTRUTURAS REMANESCENTES DAS INSTALAÇÕES DESTINADAS À TANOARIA (FÁBRICA DE BARRICAS). | 126 |
| FIGURA 49 – INDICAÇÃO DOS GRUPOS DE FORNOS E NUMERAÇÃO ATRIBUÍDA. | 127 |
| FIGURA 50 – INTERIOR DO FORNO 3 (FN3): VESTÍGIOS DE QUEIMA E POUCA ADERÊNCIA DE MATERIAIS NAS PAREDES INTERNAS: IMAGEM À ESQUERDA DESTACA PERFIL METÁLICO CRUZANDO O FORNO. | 128 |
| FIGURA 51 – INTERIOR DO FORNO 4 (FN4): VESTÍGIOS DE QUEIMA E DE POUCO MATERIAL ADERIDO ÀS PAREDES: IMAGEM À DIREITA DESTACA PERFIL METÁLICO DO INTERIOR DO FORNO (SETA) E TIJOLO AVULSO ENCONTRADO NA ZONA DE COMBUSTÃO (CÍRCULO). | 128 |
| FIGURA 52 – DETALHE DO TIJOLO ENCONTRADO NO INTERIOR DO FORNO 4. | 129 |
| FIGURA 53 – INTERIOR DO FORNO 2 (FN2): VESTÍGIOS DE QUEIMA E ADERÊNCIA DE MATERIAIS NAS PAREDES INTERNAS: IMAGEM À DIREITA DESTACA PERFIL METÁLICO CRUZANDO O FORNO. | 130 |
| FIGURA 54 – IMAGENS DOS VESTÍGIOS DE COLAGEM DE MATERIAL NO INTERIOR DO FORNO 1 (FN1) SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO. | 130 |
| FIGURA 55 – DETALHE DOS VESTÍGIOS DE MATERIAL IDENTIFICADOS NA ZONA DE QUEIMA E DE RESFRIAMENTO NO INTERIOR DO FORNO 1. | 131 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA 56 – VISTA PARCIAL DO AFLORAMENTO ROCHOSO EXISTENTE NA ILHA MARQUES, VIZINHA À ILHA DE TIRIRI. | 132 |
| FIGURA 57 – CONSTRUÇÃO QUE INDICA A LOCALIZAÇÃO DO ANTIGO PORTO DE TIRIRI DESTINADO AO ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO DA FÁBRICA. | 133 |
| FIGURA 58 – PLANTA DOS TERRENOS DE MARINHA E ALUVIÃO QUE CONSTITUEM A ILHA DENOMINADA “TIRIRI”. | 135 |
| FIGURA 59 – TRAÇADO DESDE O PORTO ATÉ À ANTIGA PEDREIRA, PASSANDO PELAS INSTALAÇÕES DA FÁBRICA: 1.577,00 m. | 136 |
| FIGURA 60 – CORTES ESQUEMÁTICOS APRESENTANDO AS PLATAFORMAS DE ACESSO AOS PAVIMENTOS SUPERIORES DOS FORNOS DIETZSCH. | 137 |
| FIGURA 61 – ILUSTRA COLAGEM DE MATERIAL NA ZONA DE QUEIMA DO FORNO (FN1). | 138 |
| FIGURA 62 – ILUSTRA TIJOLO REFROTÁRIO AVULSO EM UMA DAS ABERTURAS DA ZONA DE ABASTECIMENTO DE COMBUSTÍVEL (FN3). | 138 |
| FIGURA 63 – TIJOLO REFROTÁRIO CUNHADO COM OS DIZERES “CROWN”. | 139 |
| FIGURA 64 – ANÚNCIO DE FIRMA ESCOCESA DE TIJOLOS REFROTÁRIOS AO FINAL DO SÉCULO XIX. | 140 |
| FIGURA 65 – ÁREA POSTERIOR AO PRÉDIO DOS FORNOS (FACHADA NORTE). | 141 |
| FIGURA 66 – ÁREA ENTRE A CASA DE MOTORES E A CHAMINÉ, COM DESTAQUE PARA TÚNEL DE EXAUSTÃO. | 142 |
| FIGURA 67 – ÁREA ENTRE A CASA DOS CALCÁREOS E O PRÉDIO DOS FORNOS, INCLUINDO SUA FACHADA LESTE: DETALHE DE PEÇA ENCONTRADA. | 143 |
| FIGURA 68 – INDICAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DOS AMBIENTES LOCALIZADOS ENTRE O PRÉDIO DOS FORNOS E A CASA DE CALCÁRIOS: seta destaca a localização de peça descoberta de cimento hidratado no contexto do sítio. | 144 |
| FIGURA 69 – DIFERENTES VISTAS DA PEÇA NA POSIÇÃO QUE FOI ENCONTRADA: IMAGEM DIREITA INFERIOR ILUSTRA SUPERFÍCIE BASTANTE IRREGULAR EM UMA DE SUAS FACES. | 145 |
| FIGURA 70 – IMAGEM OBTIDA EM ACERVO, APRESENTANDO A LEGENDA: “99.DESCARREGANDO CIMENTO – PARAHYBA d/N. 23.08.1922”. | 147 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA 71 – PEDREIRA LOCALIZADA NA ILHA DE TIRIRI (CAL2): VISTA A PARTIR DE COTA SUPERIOR E DETALHE DE AFLORAMENTO. | 148 |
| FIGURA 72 – VISTA GERAL DE PARTE DO CAPEAMENTO DA JAZIDA: a) material argiloso ao longo do maciço (seta indica escala de 1,80 m); b) local de retirada de ARG1; c) local de retirada de ARG2; d) local de retirada de ARG3..... | 148 |
| FIGURA 73 – FORNO DE CAL DESATIVADO LOCALIZADO PRÓXIMO À PEDREIRA DA ILHA DE TIRIRI..... | 149 |
| FIGURA 74 – IMAGEM ILUSTRA AS INSTALAÇÕES DA FÁBRICA (ELIPSES) E O LOCAL DO ANTIGO PORTO (SETA). | 151 |
| FIGURA 75 – IMAGEM ILUSTRA AS IMEDIAÇÕES DA JAZIDA DA ILHA DE TIRIRI (ELIPSE) E O LOCAL DO ANTIGO FORNO DE CAL (SETA). | 152 |
| FIGURA 76 – IMAGEM ILUSTRA AS IMEDIAÇÕES DA JAZIDA DA ILHA MARQUES (ELIPSE). | 152 |
| FIGURA 77 – IMEDIAÇÕES DOS PRINCIPAIS VESTÍGIOS CONSTRUTIVOS (EM AMARELO) DA FÁBRICA DE CIMENTO IDENTIFICADOS NA ILHA DE TIRIRI, INCLUINDO JAZIDA DA ILHA MARQUES. | 153 |
| FIGURA 78 – MAQUETE ELETRÔNICA DOS VOLUMES QUE COMPUNHAM A FÁBRICA (EXCETO PORTO). | 154 |
| FIGURA 79 – VISTA DO TOPO DAS EDIFICAÇÕES (ESQUERDA) E SOBREPOSIÇÃO DA IMAGEM EM ORTOMOSAICO GERADO POR VOO DE RPA (DIREITA). | 154 |
| FIGURA 80 – COMPARAÇÃO DA MAQUETE ELETRÔNICA COM FOTOGRAFIA AÉREA OBTIDA EM VOO DE RPA. | 155 |
| FIGURA 81 – EXEMPLO DE AMOSTRA OBTIDA NO INTERIOR DO FORNO 1..... | 155 |
| FIGURA 82 – MODELO DIGITAL 3D DO OBJETO ENCONTRADO..... | 156 |
| FIGURA 83 – DIFRATOGRAMA DA AMOSTRA DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO DE TIJOLOS..... | 160 |
| FIGURA 84 – DIFRATOGRAMA DA AMOSTRA DA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO (REBOCO)..... | 160 |
| FIGURA 85 – DIFRATOGRAMA DA AMOSTRA DO TIJOLO BRANCO ENCONTRADO NO INTERIOR DO FORNO. | 161 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA 86 – DIFRATOGRAMA DA AMOSTRA DO FORNO 1 (MAT. VÍTREO). | 162 |
| FIGURA 87 – PERFIL OBSERVADO (AZUL), CALCULADO (VERMELHO) E DIFERENÇA ENTRE ELES (CINZA) REFERENTE AO REFINAMENTO RIETVELD DOS DADOS DE DIFRAÇÃO DE RAIOS X DO PÓ DE AMOSTRA COLETADA DO INTERIOR DO FORNO (FN1C). AS MARCAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS ÂNGULOS DE DIFRAÇÃO DE BRAGG DAS FASES IDENTIFICADAS. | 163 |
| FIGURA 88 – DIFRATOGRAMA DA AMOSTRA DA ALVENARIA DO INTERIOR DO FORNO. | 163 |
| FIGURA 89 – PERFIL OBSERVADO (AZUL), CALCULADO (VERMELHO) E DIFERENÇA ENTRE ELES (CINZA) REFERENTE AO REFINAMENTO RIETVELD DOS DADOS DE DIFRAÇÃO DE RAIOS X DO PÓ DE AMOSTRA COLETADA DA PEÇA (BARRICA). AS MARCAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS ÂNGULOS DE DIFRAÇÃO DE BRAGG DAS FASES IDENTIFICADAS. | 164 |
| FIGURA 90 – IMAGENS DE MICROSCOPIA ÓPTICA, EM DIFERENTES AMPLIAÇÕES, ILUSTRANDO CRISTAIS APRISIONADOS NA FASE VÍTREA DA AMOSTRA FN1V. | 165 |
| FIGURA 91 – IMAGENS DE MICROSCOPIA ÓPTICA, EM DIFERENTES AMPLIAÇÕES, DA AMOSTRA FN1C. | 166 |
| FIGURA 92 – IMAGENS DE MICROSCOPIA ÓPTICA, EM DIFERENTES AMPLIAÇÕES, DA AMOSTRA FN2. | 166 |
| FIGURA 93 – IMAGENS DE MEV DAS AMOSTRAS DO FORNO 1 E DO FORNO 2. . | 167 |
| FIGURA 94 – IMAGEM E ESPECTROS DE EDS DA AMOSTRA F1NV NAS FASES IDENTIFICADAS. | 168 |
| FIGURA 95 – COMPOSIÇÃO QUIÍMICA ESTIMATIVA EM % PARA CADA ESPECTRO. | 168 |
| FIGURA 96 – IMAGEM DO MEV INDICANDO OS CRISTAIS ONDE FORAM OBTIDOS ESPECTROS. | 169 |
| FIGURA 97 – SUCATA DE MAQUINISMO NO INTERIOR DAS RUÍNAS. | 175 |
| FIGURA 98 – ILUSTRAÇÃO DO TIPO DE MOINHO UTILIZADO NA FÁBRICA DE TIRIRI. | 176 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA 99 – LINHA DO TEMPO DO EMPREENDIMENTO DE TIRIRI. | 178 |
| FIGURA 100 – DIAGRAMA DE ELOS ASSOCIADO À FALÊNCIA DA FÁBRICA. | 184 |
| FIGURA 101 – DIAGRAMA DE ELOS DAS PRINCIPAIS RELAÇÕES ESTABELECIDAS ENTRE OS PARTICIPANTES DA CIA. E CONCESSIONÁRIOS DE OBRAS PORTUÁRIAS. | 187 |
| FIGURA 102 – PONTO DESTACADO (MATADOURO) ILUSTRA A PROXIMIDADE DO LOCAL COM A JAZIDA DESCRITA POR REBOUÇAS EM 1864. | 191 |
| FIGURA 103 – DIAGRAMA DE ELOS COMPLETO RELACIONADO À FÁBRICA DE TIRIRI. | 192 |
| FIGURA 104 – PAÍSES QUE PRODUZIRAM CIMENTO PORTLAND NO SÉCULO XIX: 1840-1859 (em vermelho); 1860-1879 (em laranja); 1880-1899 (em amarelo). | 196 |
| FIGURA 105 – LINHA DO TEMPO DAS PRIMEIRAS FÁBRICAS DE CIMENTO NO BRASIL. | 198 |
| FIGURA 106 – LINHA DO TEMPO ILUSTRADA DE EVENTOS HISTÓRICOS ENTRE 1866 E 1894. | 198 |
| FIGURA 107 IMAGEM DE CARTÃO POSTAL DA GRUTA CONSTRUÍDA COM ARTEFATOS DE CIMENTO HIDRATADO, NO INÍCIO DO SÉCULO XX. | 200 |
| FIGURA 108 – DETALHE DA GRUTA DO <i>SHIP AND SHORE</i> , NOS ÚLTIMOS ANOS. | 201 |
| FIGURA 109 – FORNO DE ASPDIN, LOCALIZADO EM NORTHFLEET, INGLATERRA, À MARGEM SUL DO RIO TÂMISA. | 202 |
| FIGURA 110 – CONTRASTE ENTRE IMAGEM DE SATÉLITE DA REGIÃO DO CAIS DE NORTHFLEET APÓS 76 ANOS: retângulo vermelho destaca área de cerca de 100 m ² que resguarda o forno de Aspdin no interior de uma fábrica de papelão corrugado. | 203 |
| FIGURA 111 – NOVE FORNOS VERTICAIS DO TIPO SCHOEFER, DE TECNOLOGIA DINAMARQUESA, CONSTRUÍDOS ENTRE 1892 E 1893 PELA COPLAY, ADICIONADOS AO REGISTRO NACIONAL DE BENS HISTÓRICOS DOS EUA, EM 1980. | 205 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| TABELA 1 – COMPARAÇÃO ENTRE O MESO E O PORTLAND NORMAL. | 46 |
| TABELA 2 – CONSTITUINTES DO CALCÁRIO SEGUNDO ANÁLISES QUÍMICAS... .. | 64 |
| TABELA 3 – CONSTITUINTES DA LAMA/VAZA DO MANGUE SEGUNDO ANÁLISES QUÍMICAS. | 64 |
| TABELA 4 – RESUMO DOS MATERIAIS E SIGLAS RESPECTIVAS. | 85 |
| TABELA 5 – CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS QUANTO À FASE DE PROCESSAMENTO. | 86 |
| TABELA 6 – RELAÇÃO ENTRE O TIPO DE MATERIAL E A VISITA EM QUE FOI AMOSTRADO. | 91 |
| TABELA 7 – LISTA DOS ÓXIDOS IDENTIFICADOS NOS ENSAIOS DE FRX. | 92 |
| TABELA 8 – MODELOS ESTRUTURAIS DAS FASES UTILIZADAS NO REFINAMENTO DE RIETVELD DAS AMOSTRAS. | 93 |
| TABELA 9 – ESTIMATIVA DA DENSIDADE DA PEÇA E MASSA ESPECÍFICA DO MATERIAL. | 150 |
| TABELA 10 – LOCALIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS PONTOS IDENTIFICADOS NO TRABALHO | 153 |
| TABELA 11 – RESULTADO DAS ANÁLISES DE FRX DAS AMOSTRAS DE MATÉRIA-PRIMA. | 157 |
| TABELA 12 – RESULTADO DAS ANÁLISES DE FRX DAS AMOSTRAS DE MATERIAL EXTRAÍDO DOS FORNOS. | 158 |
| TABELA 13 – RESULTADO DAS ANÁLISES DE FRX DAS AMOSTRAS DE MATERIAL CIMENTÍCIOS. | 159 |
| TABELA 14 – INDICADORES RWP E GOF PARA OS MATERIAIS PESQUISADOS.. | 164 |
| TABELA 15 – LISTA DOS PAÍSES PIONEIROS NA FABRICAÇÃO DE CIMENTO PORTLAND NO MUNDO (ATÉ 1898), com destaque para o empreendimento brasileiro (em vermelho). | 195 |

SUMÁRIO

| | | |
|---------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 22 |
| 1.1 | Exclusões e limitações do estudo | 24 |
| 1.2 | Justificativa..... | 26 |
| 1.3 | Objetivo | 30 |
| 1.3.1 | Objetivo geral | 30 |
| 1.3.2 | Objetivos específicos..... | 30 |
| 1.4 | Estrutura do trabalho | 32 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 33 |
| 2.1 | Notas preliminares sobre o cimento Portland atual..... | 33 |
| 2.2 | História do cimento e precedentes de sua fabricação no século XIX..... | 36 |
| 2.3 | Evolução tecnológica do cimento Portland ao longo do século XIX..... | 41 |
| 2.4 | Cimento Mesoportland, o “elo perdido”..... | 45 |
| 2.4.1 | Os fornos <i>Dietzsch</i> | 48 |
| 2.4.2 | Os moinhos de 1880 a 1890 | 52 |
| 2.5 | Antecedentes ao uso de cimento Portland no Brasil | 53 |
| 2.6 | As primeiras experiências com cimento Portland no Brasil..... | 57 |
| 2.7 | A Ilha de Tiriri..... | 59 |
| 2.8 | A fábrica de cimento Portland na ilha do <i>Tiriry</i> | 61 |
| 3 | MÉTODO: MATERIAIS E TÉCNICAS INSTRUMENTAIS..... | 67 |
| 3.1 | Levantamento preliminar de informações | 68 |
| 3.2 | Vistorias..... | 70 |
| 3.2.1 | A primeira visita de campo..... | 72 |
| 3.2.1.1 | Aerolevanteamento | 72 |
| 3.2.1.2 | Levantamento tradicional/convencional | 75 |
| 3.2.2 | A segunda visita de campo | 76 |
| 3.2.3 | A terceira visita de campo | 79 |
| 3.2.4 | A quarta visita de campo | 83 |
| 3.3 | Materiais | 84 |
| 3.4 | Técnicas instrumentais | 89 |
| 3.4.1 | Fluorescência de raios X..... | 90 |
| 3.4.2 | Difração de raios X do pó..... | 92 |
| 3.4.3 | Microscopia óptica | 93 |
| 3.4.4 | Microscópio eletrônico de varredura (MEV) | 94 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 95 |
| 4.1 | Perspectiva Histórica..... | 95 |
| 4.1.1 | O começo de tudo..... | 95 |
| 4.1.2 | A localização da fábrica e a patente do produto..... | 96 |
| 4.1.3 | Os projetistas..... | 100 |
| 4.1.4 | A construção..... | 103 |
| 4.1.5 | As instalações e o processo..... | 105 |
| 4.1.6 | A inauguração da fábrica..... | 110 |
| 4.1.7 | Resultado da análise documental..... | 113 |
| 4.2 | Perspectiva das Ciências Forenses..... | 117 |
| 4.2.1 | Visitas..... | 117 |
| 4.2.1.1 | Primeira visita..... | 117 |
| 4.2.1.2 | Segunda visita..... | 122 |
| 4.2.1.3 | Terceira visita..... | 133 |
| 4.2.1.4 | Quarta visita..... | 149 |
| 4.2.2 | Resultado da análise dos vestígios das ruínas e jazidas..... | 151 |
| 4.3 | Perspectiva da Ciência e Engenharia de Materiais..... | 157 |
| 4.3.1 | Análises das amostras..... | 157 |
| 4.3.1.1 | Fluorescência de raios X (FRX)..... | 157 |
| 4.3.1.2 | Difração de raios X do Pó (DRX)..... | 159 |
| 4.3.1.3 | Microscopia óptica..... | 165 |
| 4.3.1.4 | Microscopia eletrônica de varredura (MEV)..... | 166 |
| 4.3.1.5 | MEV sem EDS..... | 167 |
| 4.3.1.6 | MEV com EDS..... | 167 |
| 4.3.2 | Resultado das análises microestruturais dos materiais..... | 170 |
| 4.4 | Análise das possíveis causas da falência do empreendimento..... | 174 |
| 5 | CONCLUSÕES..... | 189 |
| 5.1 | A lama da Ilha de Tiriri..... | 189 |
| 5.2 | O clínquer da fábrica de Tiriri..... | 193 |
| 5.3 | A fábrica pioneira..... | 194 |
| 5.4 | O legado da fábrica para a Paraíba..... | 198 |
| 5.5 | O “fóssil” da barrica e o legado nacional..... | 199 |
| 6. | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 207 |
| | REFERÊNCIAS..... | 213 |

1 INTRODUÇÃO

“O passado não volta. Importantes são a continuidade e o perfeito conhecimento de sua história”.
(Lina Bo Bardi)

Em 2014, por ocasião do XIII Encontro da Sociedade Brasileira de Pesquisa em Materiais, um grupo de professores e técnicos da UFPB¹, IPHAEP² e IFPB³ realizou uma visita técnica às ruínas da antiga fábrica de cimento na ilha de Tiriri, município de Santa Rita, Paraíba. Seu intuito foi trazer à tona a discussão sobre o antigo empreendimento e sugerir iniciativas para um maior conhecimento sobre a usina pioneira na fabricação de cimento no Brasil, no âmbito da pesquisa científica e de programas de pós-graduação da UFPB (CAVALCANTI FILHO et al, 2014).

Na oportunidade do trabalho, foram apresentadas, dentre algumas suposições, as seguintes informações a respeito da fábrica de cimento de Tiriri:

- a) Teria sido a primeira usina do gênero da América do Sul, construída entre 1890 e 1892;
- b) Pertenceria à Companhia Industrial de Cimento Brasileiro, com sede no Rio de Janeiro;
- c) Teria como diretor-gerente o paraibano João Domingues dos Santos e contava com técnicos estrangeiros para sua operação;
- d) Seu produto teria sido utilizado na construção da própria usina, no revestimento dos antigos reservatórios de água existentes nos quatro cantos da Praça João Pessoa, bem como no Teatro Santa Roza e na Cadeia Pública, obras estas que teriam sido supervisionadas pelo Major João Claudino de Oliveira Cruz;
- e) Teria operado por cerca de vinte anos, persistindo até o ano de 1915;
- f) Teria um cimento de excelente qualidade: “Experimentado um briquete, foram empregados 750 libras de força para rompê-lo”;
- g) Teria fracassado, não pela qualidade do produto, mas devido à mudança do processo produtivo para fornos rotativos (utilizados até os dias de hoje).

¹ Universidade Federal da Paraíba.

² Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico do Estado da Paraíba.

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

Esta tese atende ao chamado do grupo expedicionário de Tiriri de 2014. Desvendar a história dessa fábrica, indo além da bibliografia tradicionalmente consultada sobre o assunto e com base na revisão dos registros documentais e nas evidências materiais que persistem há mais de um século de inatividade, trata-se de uma das motivações para esta nova expedição à ilha.

Este trabalho, portanto, não tem a pretensão principal dos estudos arqueológicos, qual seja, a de reconstruir a vida de povos antigos, mas nem por isso deixará de entender o sítio pesquisado como objeto de estudo da Arqueologia Industrial. Por outro lado, terá como diferencial os métodos de campo atualmente empregados – e outros passíveis de serem adotados – pela Engenharia Forense, tendo em vista que as edificações remanescentes podem ser tratadas como vestígios construtivos, e assim ajudar a revelar alguns dos principais mistérios da fábrica de Tiriri. Também não dispensará os conhecimentos consolidados pela Arquitetura e pelas Ciências Geodésicas, especialmente, aqueles referentes ao levantamento de dados aplicado ao estudo de edificações de relevância histórica, tampouco os conhecimentos das Engenharias e da Economia, ainda que seja para descartar algumas hipóteses históricas acerca do insucesso do empreendimento.

Evidentemente, por se tratar de uma tese na área de Ciência e Engenharia de Materiais, a essência do principal mistério a ser aqui desvendado – o principal objetivo deste trabalho – exige a fundamentação científica dessa área: investigar a natureza e qualidade dos materiais cimentícios de Tiriri, por meio de sua caracterização microestrutural, aplicando distintas técnicas disponíveis, mas complementares para a formação de um diagnóstico mais preciso sobre o empreendimento.

As principais hipóteses formuladas neste trabalho submetidas à análise e experimentação são:

- a) A ilha de Tiriri dispunha de matéria-prima e instalações adequadas à fabricação de cimento Portland, bem como de localização apropriada para instalação de uma usina do gênero, conforme pré-requisitos da época;
- b) A fábrica de Tiriri produziu cimento Portland, ainda que por pouco tempo;
- c) O cimento Portland produzido em Tiriri atendeu à composição prevista para o produto, à época.

Ao se confirmarem as hipóteses apresentadas, a partir da pesquisa documental e da experimentação dos vestígios de materiais cimentícios das ruínas de Tiriri, configurar-se-ia a ocorrência, de fato, da produção de clínquer na ilha de Tiriri, ainda que compatível com a tecnologia empregada à época, desfazendo qualquer mito acerca da sua inatividade. Será possível ainda, com base nos achados, posicionar o empreendimento dentre os congêneres pioneiros de todo o mundo, discutir com maior profundidade sobre as causas do declínio do empreendimento e até mesmo sobre a motivação para o local de sua instalação, ressaltando a importância deste sítio histórico industrial.

O método proposto pelo presente estudo, além de consistir em uma contribuição científica para área de Ciência e Engenharia de Materiais, também se torna uma contribuição para as Ciências Forenses, especialmente nas áreas de Engenharia Forense e de Perícias em Patrimônio Histórico, uma vez que o foco do método reside na investigação e caracterização de vestígios materiais diretamente coletados em sítio histórico, com a menor intervenção física possível, a fim de preservar a integridade do conjunto. Mesmo se tratando de um bem cultural imóvel ainda não tombado – o que poderá ser repensado e revertido pelos órgãos que respondem pela preservação do Patrimônio Cultural, após a repercussão deste trabalho – pretende-se, com os resultados desta pesquisa, estimular o reconhecimento e a proteção destas ruínas que resguardam os vestígios e parte da tecnologia empregado no século XIX, em um ramo industrial relevante para o Estado da Paraíba até os dias de hoje.

1.1 Exclusões e limitações do estudo

Não foi objeto de estudo deste trabalho a caracterização do cimento Portland da fábrica Tiriri em outros sítios que não o da própria usina. Além da fragmentação dos registros históricos encontrados acerca de uma suposta aplicação do material alhures, tais registros foram genéricos a respeito do local exato de aplicação. Um dos possíveis locais de aplicação seria o Teatro Santa Roza (ainda em atividade), no entanto, não há nenhuma precisão dos locais ou elementos construtivos que teriam recebido a suposta aplicação – à época o Teatro já havia sido inaugurado, então só poderiam tratar-se de obras complementares e não da construção propriamente dita. Os demais sítios onde se supõe a aplicação do cimento de Tiriri já não existem mais, a exemplo da antiga Cadeia Pública e dos reservatórios da Praça João Pessoa. Em relação às fundações de imóvel da empresa *Restilação e Tanoaria Mechanica Parahybana* – local de possível aplicação do cimento descoberto durante a pesquisa – localizado no Rio do

Meio (atualmente um bairro do município de Bayeux/PB), acredita-se que estas tenham sido demolidas ou sobrepostas, tendo em vista a expansão urbana evidenciada nos últimos 126 anos naquelas imediações.

Outro aspecto que não será aprofundado neste estudo diz respeito à reprodução fiel do cimento histórico em laboratório para fins de um eventual restauro ou recuperação da fábrica, pois se entende que tal esforço envolveria um número bem maior de variáveis a serem estudadas, ampliando demasiadamente a abrangência desta Tese. Trata-se, portanto, de um estudo de natureza seminal, destinado a inspirar outros estudos e apresentar achados exclusivamente relacionados aos materiais cimentícios.

Por outro lado, ao caracterizar o cimento histórico, a pesquisa permite, indiretamente, sugerir os constituintes minerais de uma argamassa de recomposição com materiais contemporâneos a fim de recuperar, de forma minimamente adequada, locais onde se deseje restaurar o revestimento da fábrica. Qualquer intervenção maior, no entanto, exigiria necessariamente um estudo mais aprofundado de restauro da edificação, envolvendo não apenas as características químicas dos materiais, mas ainda as físicas, a exemplo de valores cromáticos e textura dos seus elementos.

Ressalta-se que a abordagem adotada em relação aos exames *in loco*, especialmente aquela relacionada à busca, identificação e coleta dos vestígios desenvolveu-se a partir de técnicas minimamente evasivas, costumeiramente adotadas pela área de Engenharia Forense, no âmbito da Criminalística, tendo em vista a especificidade do objeto de pesquisa, a formação e a atuação profissional do autor-pesquisador.

Não foram aplicadas, portanto, técnicas claramente associadas à Arqueologia Industrial, a exemplo de demarcação de áreas, sondagens geofísicas e escavações, até mesmo com a finalidade de preservar o sítio para uma eventual realização deste trabalho no futuro. Não obstante, algumas técnicas se sobrepõem entre as diversas disciplinas do saber, como a identificação de documentação pertinente ao caso, levantamento de dados junto a testemunhas ou informantes, uso de imagens de satélite ou aéreas do local e suas imediações, entre outras. Por fim, pode este trabalho ser entendido como uma etapa aprofundada e específica (com foco nos materiais cimentícios) de identificação de um importante sítio arqueológico industrial localizado na Ilha de Tiriri.

1.2 Justificativa

“A vida só pode ser compreendida para trás, mas tem
que ser vivida para frente”.
(Stanley Milgram)

Dentre as diversas aplicações da ciência encontra-se a de desvendar mitos ou, pelo menos, a de tentar chegar mais próximo da verdade. Certas vezes, quando um caso atinge certa repercussão popular, este passa a ser contado e recontado na maioria das vezes desacompanhado do registro técnico sobre o assunto. O caso, então, vai assumindo versões distintas, tornando-se cada vez mais distante do ocorrido. Já costumava repetir Edmond Locard⁴, um dos pioneiros da Criminalística: “...o tempo que passa, é a verdade que foge” (RIBAUX, 2014). Investigar, portanto, um caso cuja principal repercussão se deu há mais de um século, além de um grande desafio, é uma grande oportunidade de aprendizado, independentemente de área de estudo do pesquisador. “Tiriri” é um desses casos.

Curiosamente, a maior repercussão a respeito da extinta fábrica de Tiriri deu-se na esfera jurídica, com a chamada “*Questão da Ilha Tiriri*”, em razão da exigência de indenização referente ao acervo entregue pela Companhia de Cimento Portland ao Estado da Paraíba, com a desativação de sua fábrica na ilha. Aparentemente, em nada teriam repercutido as características do empreendimento ou do produto cimentício em si, se comparada à dimensão atingida por sua questão jurídica que se estendeu até os primeiros anos da década de 1930, conforme testemunhado por meio de sua extensa sentença (ALMEIDA FILHO, 1998). No bojo do processo, houve até a especulação de que o empreendimento não teria passado de um engodo desde sua origem, conforme argumentação do procurador do Estado à época (ALMEIDA FILHO, 1998).

Outro aspecto de discussão evidenciado nas pesquisas que reconhecem Tiriri como primeira usina de cimento no país diz respeito aos motivos que teriam implicado na derrocada do empreendimento, desde a falhas nos equipamentos, até mesmo uma eventual dificuldade de competir com os preços do produto importado, a exemplo do que foi apresentado por Siqueira:

⁴ A citação de Locard tornou-se um dos jargões da Criminalística. A citação completa, no idioma original, está disponível na exposição virtual produzida pelo Arquivo Municipal de Lion (http://www.archives-lyon.fr/static/archives/edmond_locard/): « *La recherche des traces n'est fructueuse, que dans la mesure où elle est immédiate, car le temps qui passe, c'est la vérité qui s'enfuit* ».

No caso da Usina da Ilha do Tiriri, próxima à capital do Estado da Paraíba - que esteve ativa durante poucos meses em 1892 - a alegação oficial dos empreendedores para o fracasso (quebra do volante da uma máquina a vapor) é contestada por Simonsen que manifesta opinião de que a questão central foram as dificuldades de lutar contra os preços do produto importado. (SIQUEIRA, 2001, p. 62)

Nota-se com a opinião de Simonsen (1967 apud CHAVES, 2005, p.3), que também houve tentativa da área econômica para explicar o mistério do fracasso de Tiriri:

A cessação definitiva das atividades é um mistério para o qual não se encontrou ainda uma explicação aceitável...É possível que a causa do abandono da fábrica fosse a verificação da impossibilidade de lutar com o cimento importado, pelo alto custo de produção em Tiriri, devido ao trabalho em pequena escala e tendo que conquistar mercados muito distantes da zona de produção, ou talvez ainda por desinteligência entre os financiadores e o animador do empreendimento. Um articulista atribui a paralização definitiva das atividades à campanha de desmoralização contra o produto nacional desencadeada pelos importadores de cimento. (SIMONSEN, 1967 apud CHAVES, 2005, p. 29)

Em edição especial sobre a história do Cimento, a Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP (2016, p.31), por sua vez, simplifica o insucesso da fábrica à sua localização (dificuldade em termos de logística/distribuição). Evidentemente, não é um aspecto ou outro que, isoladamente, contribui para o declínio de qualquer empreendimento, mas o fracasso desta fábrica foi emblemático no tocante ao pioneirismo no país, ao seu curtíssimo período de operação e ao grandioso projeto frustrado que se vislumbrava para a época e região, como veremos mais adiante. Como bem afirmado por Simonsen, que tentou apontar algumas causas plausíveis para o fim do empreendimento, uma explicação mais contundente para tal abrupto declínio permanecia como um grande mistério. A ciência e a engenharia (materiais e processo) de todo aquele empreendimento e de suas conjecturas posteriores, o cimento e a tecnologia envolvida na fábrica, parecem ter sido, simplesmente, relegados a um segundo plano pelos historiadores e estudiosos.

Nos documentos históricos, como será apreciado nos capítulos seguintes, as informações sobre a qualidade do produto da fábrica paraibana se apresentam sempre em um tom positivo, até mesmo supondo uma associação direta entre o produto e a qualidade das jazidas de calcário do litoral paraibano, até hoje frutíferas e promissoras à indústria do cimento.

Por outro lado, uma boa matéria-prima não implica, necessariamente, em um produto final de boa qualidade. A fábrica de cimento de marca Santo Antônio do comendador Antônio Proost Rodovalho⁵, inaugurada em 1897 e localizada a 80 Km da cidade de São Paulo, empreendimento imediatamente posterior ao de Tiriri, teve seu fracasso associado à qualidade do produto. Chaves (2005, p. 29) resume a tentativa de Rodovalho como uma experiência de produção irregular, marcada por paralisações, cujo encerramento deu-se em 1918. Já Siqueira (2001, p. 33) apresenta maiores detalhes sobre as idas e vindas do empreendimento, destacando, com base em parecer do Departamento do Patrimônio Histórico de São Paulo de 1992, a sua interrupção inicial em 1904, bem como sua aquisição posterior por outras companhias, até seu desfecho em 1918, em virtude de sua baixa qualidade. Ambos autores, citando o estudo de Simonsen, destacam problemas na qualidade do cimento do comendador Rodovalho, seja pela indispensabilidade de uma assistência tecnológica adequada (CHAVES, 2013, p. 29), seja pelos resultados insatisfatórios nos testes em laboratórios da Escola Politécnica e do Gabinete de Ensaio da Estrada de Ferro Central do Brasil, no Rio de Janeiro (SIQUEIRA, 2001, p. 63).

Já a terceira iniciativa de implantação de uma fábrica de cimento no Brasil, que, juntamente com as iniciativas da Paraíba e de São Paulo, segundo Carvalho e Rocha (2003, p.70), marcam o primeiro momento da indústria do cimento no país, foi estatal, realizada pelo Governo do Estado do Espírito Santo. Segundo Chaves (2013, p.30), a fábrica capixaba, iniciada em 1912, teria sido a primeira a ser dotada de forno rotativo no país, e, ainda segundo o estudo de Simonsen, teria fracassado não pela tecnologia produtiva, mas devido à “fatores de ordem externa” – problemas de transporte, distribuição e consumo (SIMONSEN apud CHAVES, 2005, p. 29).

O segundo momento da indústria do cimento no Brasil, que perdura até hoje, iniciou-se apenas em 1926 quando a Fábrica de Perus (Companhia Brasileira de Cimento Portland Perus) entrou em funcionamento, em São Paulo. A então fábrica de capital canadense, consolidou-se no país justamente no período (1926 – 1930) em houve o primeiro grande impulso da tecnologia do concreto armado no Brasil, como bem observado por Carvalho e Rocha (2003, p.70), e conseguiu manter-se ativa até a década de 1980.

⁵ Foi identificada uma confusão de datas, por parte de alguns autores, em relação à iniciativa do comendador Rodovalho na fabricação de Cimento Portland. Apesar destes indicarem que esta precedeu à de Tiriri, acabam por se contrariar ao confirmar que, de fato, a data de produção de seu cimento teria se dado apenas em 1897, ou seja, 5 anos após a produção de Tiriri. Os registros encontrados apontam que, antes disso, Rodovalho teria atuado como industrial apenas na fabricação de cal, cerâmica e papel.

A obra singular “*História da Engenharia no Brasil: Séculos XVI a XIX*”, de Pedro C. da Silva Telles dedica apenas quatro linhas à pioneira fábrica paraibana, e nelas a ressalta como um marco importante na história da nossa engenharia. Por outro lado, em seu prefácio, Telles (1984) apresenta as limitações e delimitações de seus pesquisas e descobertas, ao passo que convida outros pesquisadores a participarem da “montagem deste imenso *puzzle*, cujas pedras estão espalhadas e perdidas em um enorme número de fontes por esse Brasil afora.”

Poder contribuir no resgate desta *peça* da história da engenharia nacional, que resguarda parte do acervo tecnológico e industrial do século XIX, e investigar as características microestruturais dos materiais cimentícios extraídos das ruínas da fábrica de Tiriri, à luz de técnicas modernas aplicadas à caracterização dos materiais, é uma tarefa semelhante a viajar no tempo e resgatar uma relíquia arqueológica, uma vez que as evidências apontam para que tenha sido a primeira usina do cimento Portland não só do Brasil, mas de toda América Latina. O método científico utilizado para alcançar os objetivos deste trabalho, de natureza exploratória, pode indicar um caminho a ser seguido em casos que envolvam análises microestruturais de materiais industrialmente processados após grande lapso temporal decorrido.

Tendo em vista a riqueza de vestígios que o sítio do empreendimento pesquisado apresenta e as grandes lacunas deixadas ao longo de sua história, tal estudo exploratório ensejou a caracterização das construções, a busca, identificação e coleta de amostras, o reconhecimento de jazidas, o conhecimento de técnicas de caracterização microestrutural e, por fim, a rediscussão sobre a origem e causas do empreendimento. Tratou-se, portanto, de um abrangente experimento de caráter técnico-científico, com destaque para o método utilizado, que pode ser adotado em eventuais casos semelhantes de atuação das Ciências Forenses, sendo capaz de contribuir com as atividades atualmente desempenhadas pelas áreas de Engenharia Forense ou de Perícias sobre o Patrimônio Cultural, por exemplo.

Por fim, a presente tese visa contribuir com o estudo da evolução desse importante material cimentício, partindo de um caso emblemático. Tais ruínas, que são capazes de testemunhar, passados quase 127 anos do fim das atividades da fábrica, a tecnologia empregada em sua época, merecem o devido destaque como um importante sítio arqueológico industrial nacional.

1.3 Objetivo

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral *esclarecer se houve produção de cimento Portland na Ilha de Tiriri* considerando três perspectivas: a Histórica, a das Ciências Forenses e a da Ciência e Engenharia de Materiais.

A primeira visa esclarecer, com base na documentação levantada, se as instalações da fábrica, a matéria-prima e a localização da ilha seriam potencialmente adequadas à produção de cimento Portland à época.

A segunda visa esclarecer, com base na análise dos vestígios das ruínas e jazidas, se houve atividade na fábrica, incluindo a respectiva produção de cimento no local.

A terceira visa esclarecer, com base nas análises microestruturais dos materiais coletados na ilha, se o eventual produto fabricado pode ser considerado cimento Portland da época e o que o distingue como tal.

Por conseguinte, ao se atingir este objetivo, o presente estudo poderá contribuir com discussões relacionadas à evolução tecnológica do produto, bem como renovará os apelos destinados ao resgate e à preservação do patrimônio tecnológico e industrial nacional do século XIX, especialmente aquele identificado na Ilha de Tiriri, no município de Santa Rita/PB.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para se atingir o objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Apresentar a historiografia da fábrica de cimento da ilha Tiriri, incluindo os aspectos técnicos que nortearam a formação do empreendimento, a tecnologia de processamento adotada e as características do cimento Portland fabricado à época;
- b) Empregar uma metodologia destinada à visita de campo e à coleta de amostras em um sítio histórico e em seu entorno;
- c) Identificar *in loco* os pontos e materiais mais promissores para retirada de amostras destinada ao objetivo principal da pesquisa (cimento Portland);
- d) Empregar uma metodologia para o preparo de amostras para os exames laboratoriais;

- e) Definir os padrões de referência dos elementos microestruturais a serem utilizados para fins de confronto com os materiais coletados em campo;
- f) Utilizar técnicas de caracterização microestrutural (FRX, DRX, Microscopia Óptica e MEV) para identificar a composição química e mineralógica dos materiais, bem como para realizar análises visuais e qualitativa complementares;
- g) Identificar, dentre os materiais analisados, aqueles que melhor evidenciam as características do cimento Portland fabricado à época e relacionar o tipo de cimento encontrado ao respectivo estágio evolutivo de qualidade do produto;
- h) Apresentar subsídios voltados: a eventuais estudos arqueológicos no sítio pesquisado; à consolidação e ao aperfeiçoamento de métodos aplicados em vistorias de natureza forense; para discussões técnicas sobre a evolução tecnológica do cimento Portland.

Apesar do objetivo geral ter se apresentado subdividido em três perspectivas, visando uma estrutura mais didática e adequada ao formato acadêmico, ressalta-se que estas perspectivas se complementam e não poderiam ser dissociadas sob o risco de se obter resultados pouco expressivos ou, até mesmo, inócuos, diante da complexidade do problema escolhido como objeto de pesquisa.

1.4 Estrutura do trabalho

Este trabalho é estruturado em capítulos, seis ao todo, incluindo o de introdução.

A estrutura da tese conta com uma parte de revisão bibliográfica, necessária à contextualização do estudo, onde é realizada uma revisão histórica sobre os materiais cimentícios e sobre o cimento Portland até o final do século XIX, no mundo e no Brasil, com base em uma análise crítica. Segue-se com uma descrição dos principais aspectos destacados pelos trabalhos de referência sobre a fábrica até então, além de descrição da Ilha de Tiriri e de aspectos historiográficos e técnicos sobre o empreendimento.

O terceiro capítulo é destinado aos materiais e métodos utilizados na pesquisa, e inclui a discussão minuciosa sobre as fases de levantamento de campo, tais como busca, identificação, coleta de vestígios e classificação de amostras, assim como sua relação com os exames de laboratório previstos. Nesta parte do trabalho, as técnicas de caracterização microestrutural em materiais cimentícios são descritas e explicadas.

O quarto capítulo dedica-se aos resultados da pesquisa, subdividido em três perspectivas, onde serão dissecados os principais registros bibliográficos, os avanços obtidos em cada visita de campo realizada e ainda os resultados das análises experimentais. Serão evidenciados os confrontos de natureza documental, entre fatos e versões, bem como os de natureza experimental, entre as características dos vestígios e os valores de referência esperados e relacionados à tecnologia adotada, a partir de dados da bibliografia levantada. As discussões apresentadas neste capítulo têm caráter específico e não geral.

No quinto capítulo, destinado às conclusões, são sintetizadas e discutidas as interpretações dos principais achados evidenciados ao longo da pesquisa. Além da resposta à questão que ensejou a pesquisa, representada pelo atendimento ao objetivo geral proposto, também serão discutidos aspectos sobre a origem, as causas da falência do empreendimento em tão curto período de duração e seus principais personagens, com destaque para aqueles de relevância técnica ou industrial, explorados ao longo deste trabalho. Alguns empreendimentos congêneres remanescentes em outros países serão apresentados, a fim de se estimular uma reflexão sobre o legado do empreendimento de Tiriri para o Estado da Paraíba e para o Brasil.

Por fim, nas considerações gerais, será apresentada uma percepção geral do trabalho realizado, apresentando as suas principais contribuições e as áreas que podem dele usufruí-lo e reafirmando as ruínas como um valiosíssimo sítio de arqueologia industrial a ser explorado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo trata da revisão da literatura que embasará a presente pesquisa. Neste sentido, serão discutidos conceitos referentes à produção de cimento Portland e seus componentes, com destaque para o clínquer. Um dos diferenciais da pesquisa, trata-se do contexto histórico e geográfico em que o tema será abordado.

2.1 Notas preliminares sobre o cimento Portland atual

“O passado nos revela a construção do futuro”.

(Teilhard de Chardin)

Praticamente desde alguns anos após a sua patente, em 1822, o cimento Portland é tido como o principal aglomerante hidráulico utilizado pela humanidade até os dias de hoje. Misturado à água, este pó cinzento adquire propriedades de aglomerante (ligante), sendo capaz de aglutinar materiais granulares (areia e pedra, por exemplo) e conferir resistência e durabilidade ao conjunto. Além de utilizado em argamassas para assentar produtos cerâmicos e dar acabamento em superfícies, o cimento é, simplesmente, o principal aglomerante do material de construção mais consumido no mundo: o concreto. Considerando uma produção mundial de concreto de mais de 20 bilhões de toneladas por ano, alguns autores estimaram o respectivo consumo de cimento em cerca de 3,4 bilhões de toneladas por ano (COSTA *et al*, 2013).

Os dados apresentados expressam, inequivocamente, que se trata de um produto indispensável no setor da construção civil e extremamente significativo à economia mundial. E a influência da produção e utilização do material na vida das pessoas vai muito além disso, pois atinge a qualquer pessoa que sequer venha a consumir diretamente o produto. Além de um alto consumo de matéria-prima mineral (primordialmente, rocha calcária e argila), a fabricação de cimento Portland envolve um grande consumo energético e gera emissões de CO₂ significativas para a atmosfera. Apenas no Brasil, a fabricação de cimento corresponde a 55% do total de emissões causadas pelo consumo de combustíveis (álcool e gasolina) no país, conforme dados reunidos e apresentados por Costa *et al* (2013).

As grandes emissões de CO₂ para a atmosfera durante a fabricação de cimento Portland são oriundas da queima do clínquer, seu principal componente. O clínquer é composto, essencialmente, de quatro fases⁶: alita (C3S), belita (C2S), aluminato tricálcico (C3A) e ferrita (C4AF). Ele é obtido da queima em fornos rotativos e a temperaturas de até 1450 °C de uma mistura⁷ de rochas calcárias e argilas, previamente dosadas e moídas. Sua composição predominante é de cálcio, silício, alumínio e ferro. A fim de que o material possa ser considerado clínquer Portland, nos dias de hoje, são esperados que os teores de cada uma destas fases estejam dentro de faixas pré-estabelecidas de valores, que variam de acordo com o tipo de cimento (classificado a partir da adição que recebe). A Associação Brasileira de Cimento Portland lista atualmente pelo menos 8 tipos de cimento (e variações de alguns destes), destinados a aplicações distintas (ABCP, 2018).

Do ponto de vista tecnológico e comercial, a ameaça de novos produtos substitutos ao cimento Portland, pelo menos a curto prazo, continua mínima, como já foi anunciado há quase duas décadas por Barreiro Júnior *et al* (2001). Assim sendo, *Costa et al* (2013) estimam que, em razão do aumento populacional e da crescente industrialização dos países em desenvolvimento, a produção de cimento – e a respectiva emissão de CO₂ – crescerão expressivamente nas próximas décadas. Por outro lado, tanto a indústria como a academia discutem incessantemente alternativas voltadas à redução das emissões, a exemplo da tentativa de reaproveitamento de resíduos de outras indústrias em substituição de parte de matérias-primas naturais da farinha destinada à produção de clínquer Portland.

Considerando pouco menos de dois séculos de hegemonia do cimento Portland como material cimentício e sem qualquer previsão de que isso mude – a curto prazo – é importante que se pesquise e reflita sobre a evolução tecnológica do produto, tendo em vista que, do começo do século XIX para cá, o mundo sofreu drásticas transformações em seus processos produtivos e, mais ainda, em relação ao uso (e abuso) dos recursos naturais e de lançamento de gases e poluentes na atmosfera.

Ao se falar na evolução tecnológica de um produto, não se quer dizer necessariamente que este melhore qualitativamente em todos os seus aspectos. Costumeiramente, quem dita os rumos e usos de um produto são as exigências do mercado consumidor, e, portanto, de tempos

⁶ C3S = (3.CaO).(SiO₂); C2S = (2.CaO).(SiO₂); C4AF = (4.CaO).(Al₂O₃).(Fe₂O₃); C3A = (3CaO).(Al₂O₃), onde C=CaO; A= Al₂O₃; S = SiO₂ e Fe = Fe₂O₃.

⁷ Industrialmente denominada de *farinha*.

em tempos, os fabricantes são estimulados a ajustarem os parâmetros que permeiam a produção industrial, visando sua adequação a tais exigências.

Se destacarmos a fabricação de concreto, por exemplo, uma das principais características técnicas exigida do cimento do século XX, tendo em vista o processo de verticalização das cidades, tem sido a de um produto que possibilite altas (ou altíssimas) resistências desde suas primeiras idades, de forma a permitir desformas mais rápidas, conferindo, assim, uma maior velocidade no andamento das obras. A busca pela maior durabilidade do conjunto e manutenção de suas propriedades sob ação da água, apesar continuar sendo almejada, deixou de ser a condição balizadora que costumava recomendar seu emprego ao longo do século XIX. Ressalta-se que o concreto armado⁸ somente começou a ser empregado a partir do último quarto daquele século, enquanto o desenvolvimento de sua produção só ocorreu por volta de 1890 (CARVALHO E ROCHA, 2003). Outro fator que tem estimulado o uso de cimentos com alta resistência, de uma forma geral, é o controle da resistência do concreto aos 28 dias, conforme destaca Thomaz (2009, p. 28).

Concomitantemente à gradativa mudança de perfil do mercado consumidor e do controle tecnológico, ao longo dos quase duzentos anos de fabricação de cimento Portland, sua fabricação deu saltos gigantescos em termos de controle do processo produtivo, a exemplo da invenção revolucionária do forno rotativo, dentre outras tecnologias incorporadas na virada do século XIX para o século XX, bem como a intensificação da automação industrial no século XXI.

Apesar do salto evolutivo na produção do cimento, problemas como fissuração precoce em elementos estruturais e deterioração do concreto ocorridos com maior frequência, especialmente a partir da década de 1970, também têm sido associados à mudança gradativa nas características do aglomerante. Este aspecto também foi destacado por Thomaz (2009, p.1):

Há décadas participando e convivendo com projetos e obras de concreto armado ou de concreto protendido, observo o contínuo crescimento dos problemas de fissuração e de deterioração nessas obras de concreto.

A procura dos motivos mostra ser necessária uma revisão nas características dos cimentos atualmente usados, uma vez que as pedras e areias usadas nos concretos são as mesmas, as fôrmas são similares e as técnicas de construção são, em geral, até mais avançadas. (THOMAZ, 2009, p. 1).

⁸ Chamado, à princípio, de “cimento armado”.

Além disso, o autor ressalta que, ao se tentar mitigar os problemas de qualidade estrutural, oriundos da composição dos cimentos modernos – especialmente aqueles fabricados a partir da década de 1970 – seria possível repercutir favoravelmente com o meio ambiente. Isso ocorreria, pois uma das características que atenderia, ao mesmo tempo, a uma menor fissuração da estrutura (retração térmica nos primeiros dias) e menor emissões de CO₂ na atmosfera, seria a fabricação de um cimento com baixo teor de C3S (alita). Autores como Popescu *et al* (2003) reforçam essa ideia, ao indicarem que um clínquer com maior teor de C2S (cimento belítico) é capaz de consumir menos energia e liberar menos CO₂ durante o processo produtivo, além do benefício adicional do provável aumento da durabilidade.

Tais discussões remetem à composição de cimentos mais antigos, a exemplo de algumas características encontradas no antigo Cimento Portland Comum (CP-I), e ilustram que uma revisitação às origens do produto e a sua demanda original ainda continua válida. Portanto, investigar os primórdios desta indústria no Brasil, associando o contexto histórico à tecnologia empregada na época e aos vestígios passíveis de confronto, consiste em uma das formas de identificação dos saltos evolutivos da tecnologia do processo produtivo e do seu respectivo produto.

2.2 História do cimento e precedentes de sua fabricação no século XIX

“...Pães de Açúcar, Corcovados
Fustigados pela chuva e pelo eterno vento...”
(Gilberto Gil)

O uso de materiais construtivos pelo homem remonta a longa data, provavelmente, tão longa quanto remonta ao período em que abandonou as cavernas e passou a se fixar em territórios, em meio a esse seu jovem período de peregrinação pela Terra.

Em relação ao emprego de materiais cimentícios, cujo objeto deste estudo – cimento Portland – é apenas um deles, seu uso é um pouco mais recente nessa trajetória, pois exigiu maior técnica por parte do homem. Esta técnica ou processamento envolvia, desde sempre, a transformação de matéria-prima, reduzindo-a a pó, que, misturada adequadamente à água, adquiria propriedades ligantes capazes de unir outros materiais ou conferir solidez ao conjunto. Dentre os materiais cimentícios utilizados desde a Antiguidade podemos citar a argila, o sistema

cal-pozolana⁹ e o gesso. Dentre os mais recentes, a partir do século XIX), podemos citar o cimento Romano (Parker), o cimento Portland e o cimento geopolimérico (BARBOSA, 2016).

Ao se resgatar a história do Cimento Portland, por sua vez, não há como deixar de mencionar o elo de inspiração entre a tecnologia da Antiguidade e da Idade Contemporânea: o Panteão Romano. Reconstruído, em sua terceira versão, há quase 19 séculos (127 d.C.) pelo imperador Adriano (PANTHEON ROME, 2018), além de um exemplo de durabilidade, o templo destaca a excelência da engenharia romana à época, especialmente em relação ao domínio da tecnologia do concreto (não armado) das paredes e da cúpula. Com a queda do Império Romano, esta tecnologia – também utilizada em fundações e aquedutos (TROUT, 2015) – foi perdida, tendo sido objeto de inspiração e curiosidade para engenheiros e arquitetos nos séculos seguintes.

As técnicas utilizadas no Império Romano, no entanto, foram registradas por Vitruvius¹⁰ em seu tratado “*De Architectura*”. Além de utilizarem a cal como material cimentício, os romanos valeram-se do sistema cal-pozolana, como reportara Vitruvius (2007, p. 128): uma mistura de cal, pozolana e pedregulho garantia não só a consistência de vários tipos de edificações como a solidez dos molhes. Em relação a estas estruturas, o autor chega a detalhar o traço¹¹ da argamassa utilizado (1:2 de cal e pozolana), no livro dedicado à arquitetura pública (2007, p. 284).

A obra vitruviana, por sua vez, passou a ser resgatada a partir do período renascentista (séculos XV a XVII), e teria influenciado grandes arquitetos da Idade Moderna, a exemplo de Saperedo, Serlio e Palladio (RUA, 1998). No entanto, a principal tentativa de se reproduzir as características dos antigos cimentos romanos para confecção de argamassas ou concreto teria maior êxito somente a partir do século XVIII, com a pesquisa e experimentos dos ingleses John Smeaton e James Parker, consolidando-se, por fim, ao longo do século XIX, a partir da experimentação e publicação científica do francês Louis Vicat e do produto – então denominado de “Cimento Portland” – patenteado pelo inglês Joseph Aspdin. O registro de Aspdin é tido por

⁹ A pozolana (natural) é um material de origem vulcânica e de natureza ácida utilizada nas duradouras obras do Império Romano, cujo nome remete à localidade de *Pozzuoli*, nas imediações do Monte Vesúvio, Itália. Já os materiais pozolânicos, os quais também incluem as pozolanas artificiais, são definidos pela NBR 12653 (ABNT, 2014, p.2) como sendo aqueles “silicosos ou silicoaluminosos que, sozinhos, possuem pouca ou nenhuma propriedade ligante mas que, quando finamente divididos e na presença da água, reagem com o hidróxido de cálcio à temperatura ambiente, formando compostos com propriedades ligantes”.

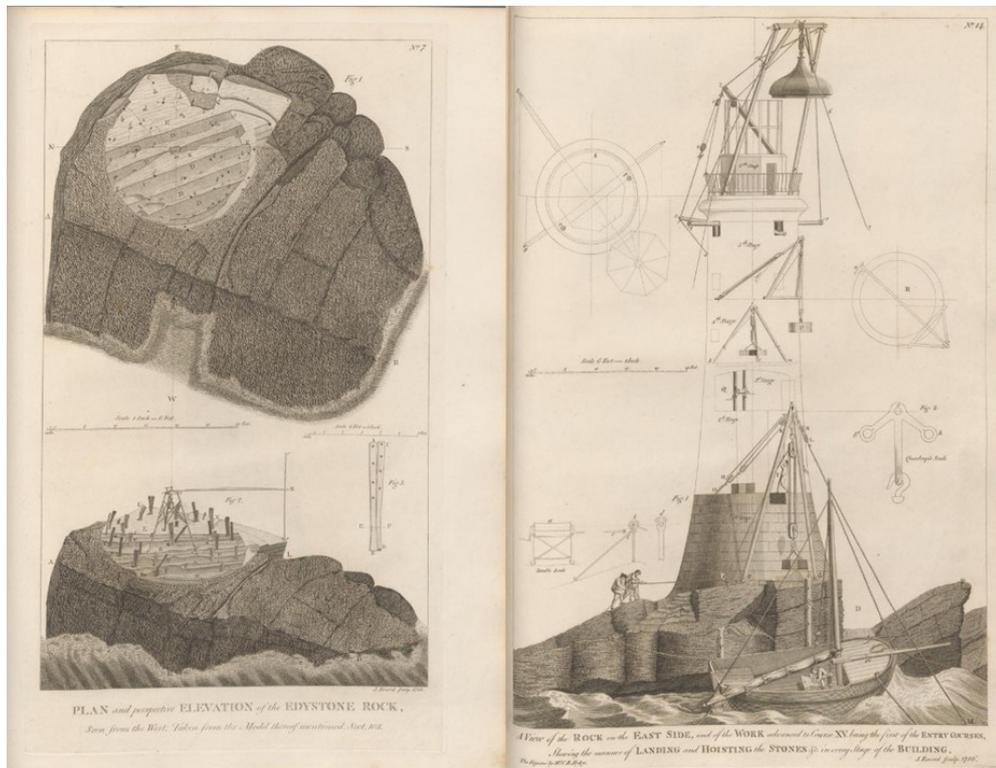
¹⁰ Marco Vitruvius Polião, arquiteto romano durante o século I a.C., é considerado o autor do primeiro tratado de arquitetura, disposto em 10 livros. O segundo livro aborda os materiais (tijolos, areia, areia, cal, pozolana, pedras etc.) e suas potencialidades.

¹¹ Proporção dos materiais.

muitos autores, portanto, como o marco zero de uma nova era dos materiais cimentícios, apesar das ressalvas feitas às características qualitativas daquele seu produto, conforme será visto mais adiante.

Voltemos ao século XVIII. Destinado a reconstruir o Farol de *Eddystone* na Inglaterra, na década de 1750, o engenheiro civil John Smeaton (1724-1792) necessitava de uma argamassa resistente à ação agressiva do ambiente marinho ali existente que, além de durável, fosse capaz de se manter coesa e endurecer embaixo d'água. Após um estudo sistemático – inclusive de custo-benefício – dos materiais mais promissores à época (calcários, argilas, resíduos cerâmicos etc.), terminou por aplicar uma mistura de calcário inglês impuro (percentual de argila variando de 6% a 20%), juntamente a uma pozolana importada da Itália, formando um composto de silicato de cálcio, conforme aponta Trout (2015, p. 8). Assim, Smeaton descobriu que a liga do produto, sob água, dependia da queima de rocha calcária contendo argila, conforme registrado em sua obra “*A narrative of the building and a description of the construction of the Eddystone lighthouse with stone*”, de 1791. O conceito de “cimento hidráulico” começou, então, a se delinear. A FIGURA 1 apresenta ilustrações que refletem a dificuldade da tarefa de reconstruir o farol de Eddystone em ambiente marinho.

FIGURA 1 – ILUSTRAÇÕES MOSTRANDO VISTAS DA FUNDAÇÃO E ASPECTOS CONSTRUTIVOS DOS TRABALHOS REALIZADOS NA RECONSTRUÇÃO DO FAROL DE EDDYSTONE.



Fonte: Retirado de Smeaton (1791, ilustrações nº 7 e 14 do apêndice).

O reverendo James Parker, por sua vez, patenteou em 1796 um produto que ficou conhecido no mercado como “*Cimento Romano*”, no intuito de remeter à qualidade do produto ao da Antiguidade Clássica. Segundo Van Oss (2005, p.3), além do material de Parker não conter pozolana, teria composição bem distinta de seu homônimo, sendo mais adequado o termo de “cimento natural”, afinal dependia mais da matéria-prima naturalmente encontrada na jazida, do que de sua dosagem. A produção do cimento de Parker, descrito em sua patente, cujos direitos comerciais foram vendidos em seguida, consistia na quebra em pequenos fragmentos de nódulos de calcário argiloso – conhecidos como *septaria* ou pedras de cimento – e queima em forno ou fornalha (como os de calcário) até sua vitrificação; então o material resultante da queima era moído (sem precisar o tipo de tecnologia), até tornar-se um pó que seria a base do cimento (PARKER, 1796, apud MOORE, 2010). Nota-se que sua patente, denominada “*A certain Cement or Terras to be used in Aquatic and other Buildings and Stucco Work*” era bem genérica, descrevendo apenas um esboço do processo, conforme destaca Trout (2015, p.8). Mesmo depois que sua patente expirou, em 1810, o “Cimento Romano” continuou sendo produzido por vários fabricantes, além da Inglaterra, com destaque para o cimento de James Frost (apelidado de “Cimento Britânico”), até ser substituído gradativamente pelo cimento Portland, ao longo do século XIX.

Já o pioneiro a discutir os princípios científicos e aplicá-los na produção de um cimento artificial é um francês: Louis-Joseph Vicat. Assim como Smeaton, Vicat também era engenheiro civil e tinha um serviço importante a realizar: construir uma ponte sobre o Rio Dordogne, no sudoeste da França, na então rota entre Paris e Toulouse. O jovem engenheiro iniciou os trabalhos em 1812 e, movido pela necessidade de executar as fundações da ponte em ambiente submerso, realizou ensaios com misturas de calcário com argila em diferentes proporções até atingir resultados satisfatórios em termos de resistência e tempo de pega, premissas indispensáveis à construção de estruturas que receberão grandes cargas e que se encontram submersas. Em 1818, publica o célebre trabalho *Recherches expérimentales sur les chaux de construction, le bétons et les mortiers ordinaires*, apresentando à Academia de Ciência Real os resultados dos seus ensaios e consolidando-se como o primeiro a explicar a pega de um cimento a partir de sua relação com os minerais constituintes (silício, alumínio, ferro etc.), denominando-o de “cal hidráulica artificial”¹². Vicat (1818) ainda faz considerações sobre o trabalho de Smeaton, discute o conceito de pozolanas artificiais e deixa como legado um

¹² *Chaux hydraulique artificielle*.

“aparelho para testar a resistência do concreto”, conhecido até hoje como “Aparelho de Vicat”, destinado a caracterizar a consistência da pasta de cimento e determinar o tempo de pega. O concreto (não armado) da ponte sobre o Rio Dordogne permanece de pé até hoje, após passados cerca de dois séculos, não sendo à toa, portanto, que Vicat tenha seu nome gravado na fachada da Torre Eiffel, em meio a outros cientistas, engenheiros ou industriais notáveis¹³.

A FIGURA 2 apresenta a primeira tabela da obra de Vicat, ilustrando sua natureza minuciosa e técnica ao descrever 15 tipos de calcário e classificá-los quanto as suas características principais (cor, fratura e dureza relativa) e as da respectiva cal produzida (cor antes e depois da extinção e quantidade de água a ser adicionada). Por fim, o autor classifica cada cal hidráulica de acordo com sua qualidade (consistência e hidraulicidade).

FIGURA 2 – PRIMEIRA TABELA, A QUAL APRESENTA A COMPARAÇÃO ENTRE AS DIVERSAS ESPÉCIES DE CAL HIDRÁULICA UTILIZADAS EM SEUS EXPERIMENTOS.

| Numéros d'ordre. | INDICATIONS. | CARACTÈRES PRINCIPAUX DE LA PIERRE A CHAUX. | | | | CARACTÈRES PRINCIPAUX DE LA CHAUX QUI EN PROVIENT. | | | QUALITÉ DE LA CHAUX |
|------------------|--|--|-------------------------------------|------------------|-----------------------|---|---------------------------------|--|--|
| | | Couleur. | Cassure. | Dureté relative. | Pesanteur spécifique. | Couleur avant l'extinction. | Couleur après l'extinction. | Quantité d'eau dont peut se saturer un kil. de chaux vive. | |
| 1. | Pierre de Montelimar, dite de Serdiparc. | Gris cendré, coupé de bandes d'un jaune sale. | Irrégulière et terne. | 0,263 | 2,367724 | Blanc un peu sale. | Blanc sale. | 1,18 | Très maigre et éminemment hydraulique. |
| 2. | Stalactite ocreuse tirée des environs de Souillac. | Jaune pain d'épice. | Irrégulière et brillante. | 0,175 | 2,419353 | Merde d'oie sèche. | Merde d'oie un peu jaun. | 1,45 | Très maigre et éminemment hydraulique. |
| 2 bis. | Pierre de Viviers en Vivarais. | Blanc sale. | Irrégulière et terne. | 0,150 | 2,540000 | Blanc sale. | Blanc sale. | 1,55 | Très maigre et éminemment hydraulique. |
| 3. | Pierre des environs de Nismes. | Blanc sale. | Irrégulière et brillante. | 1,000 | 2,500000 | Blanc très sale. | Blanc très sale. | 1,67 | Très maigre et éminemment hydraulique. |
| 4. | Pierre de Labourgade, près de Montauban. | Blanc légèrement sale. | Irrégulière, aspect marneux. | 0,096 | 2,060975 | Terreuse, tirant sur la brique crue. | Mastic de vitrier un peu foncé. | 1,76 | Très maigre et éminemment hydraulique. |
| 5. | Pierre des rochers qui entourent Pérignieux. | Blanc sale. | Irrégulière, grenue et terne. | 0,092 | 2,240506 | Blanc sale. | Gris blenâtre. | 1,96 | Maigre et hydraulique. |
| 6. | Pierre dite de Chouin, tirée des bords du Rhône. | Gris de boue. | Irrégulière, avec points brillants. | 1,000 | 2,651760 | Légèrement fauve. | Blanc sale. | 2,43 | Moyenne et hydraulique. |
| 7. | Pierre de St.-Céré, départ. du Lot. | Café au lait. | Schisteuse et dendritique. | 0,770 | 2,653543 | Jaune sale foncé. | Mastic de vitrier foncé. | 2,46 | Moyenne et hydraulique. |
| 8. | Pierre de Cabessut, à Cahors. | Gris de boue. | Esquilleuse. | 0,700 | 2,573172 | Fauve, tirant sur le vert pâle. | Mastic de vitrier. | 2,46 | Moyenne et hydraulique. |
| 9. | Pierre de St.-Georges, à Cahors. | Gris blenâtre. | Esquilleuse. | 0,597 | 2,625000 | Mastic de vitrier. | Mastic de vitrier. | 2,49 | Moyenne, médiocrement hydraulique. |
| 10. | Pierre de Rabot, à Grenoble. | Gris noir. | Esquilleuse. | 2,000 | 2,692240 | Blanc de lait. | Très blanc. | 2,63 | Grasse, commune. |

Fonte: Retirado de Vicat (1818, Tabela nº 1 do apêndice).

¹³ <http://www.fondationlouisvicat.org/La-Fondation-Louis-Vicat/L-Histoire> .

Finalmente chega-se ao legado do pedreiro/empreiteiro Joseph Aspdin, em 1824, cuja patente de nº 5022 batizou seu cimento artificial com o nome de “Cimento Portland”. Tal denominação, que perdura até hoje, faz referência à cor e à boa qualidade das famosas pedras extraídas da Ilha de Portland, ao sul da Inglaterra, destinadas ao uso arquitetônico, segundo afirma Blezard (2004). Conforme descrito na famosa patente (ASPDIN, 1824), ele “esmagava um calcário duro, calcinava-o e misturava-o com argila e água – manualmente ou com auxílio de máquinas – até formar uma pasta “impalpável” que, após seca, era separada em porções para serem calcinadas em um forno similar a um forno de cal, até a expulsão do ácido carbônico¹⁴; eis que tal mistura calcinada, após moída e reduzida a pó, tornava-se cimento – ou “pedra artificial” – e estava pronto para ser misturado a uma quantidade de água (suficiente) que o daria consistência de argamassa, deixando-o aplicável aos fins desejados”.

Trout (2015) destaca que os requisitos da patente foram tão sucintos que os historiadores do cimento tiveram dificuldade para precisar as propriedades químicas daquele produto, ressaltando apenas que era bem inferior aos de seus sucessores, uma vez que estes conseguiram atingir a temperatura de clinquerização da mistura – a partir da qual a matéria-prima torna-se vítrea. Este e outros progressos serão discutidos na seguinte seção.

2.3 Evolução tecnológica do Cimento Portland ao longo do século XIX

“...quando três coisas formadas pela veemência do fogo se reúnem em misturas de um modo inteiramente semelhante, se a água entrar nelas de repente, serão unidas numa só, rapidamente consolidando-se, endurecidas pelo elemento líquido, e nem as ondas nem a força da água poderão dissolvê-las.”

(Vitrúvio, Século I. a.C.)

Enquanto Vicat estabeleceu as bases científicas do cimento artificial, Aspdin homologou comercialmente o produto e cunhou o termo sob o qual foi popularizado e evoluiu tecnologicamente. Apesar da patente de Aspdin em 1824, foi na França que o cimento artificial

¹⁴ Naquela época, era comum denominarem de “ácidos” os produtos de uma calcinação. Neste caso, considerando que a amostra já estava seca, a menção à ácido carbônico diz respeito à dióxido de carbono (CO₂), que, em inglês, também era denominado de *carbonic acid gas*.

foi aplicado inicialmente em maior escala, acompanhando o crescimento da demanda de concreto. Segundo Moore (2010), o cimento de Vicat, apesar de ter pega mais lenta, era bastante confiável e teria dominado o cenário tecnológico por cerca de 30 anos, quando houve o primeiro salto de qualidade na fabricação do Cimento Portland.

Segundo Blezard (2004), foi apenas a partir da década de 1840 que o Cimento Portland começou a ser significativamente produzido na Inglaterra, onde surgiram as primeiras fábricas sob um clima de forte concorrência. Destacaram-se as iniciativas de William Aspdin (filho de Joseph), a partir de 1843, que o produziu ainda em fornos do tipo “garrafa”, e de Isaac Johnson, a partir de 1851, nos fornos do tipo “Câmara”, por ele consolidado. A partir daí a produção de Cimento Portland se disseminou pela Europa, com destaque para França e Alemanha que iniciaram a produção do “mesmo”¹⁵ produto, em 1853 e 1855, respectivamente.

Por falar na Alemanha, se Inglaterra e França foram os países precursores no lançamento das bases científicas e na popularização do cimento artificial, o país germânico teve papel fundamental no melhoramento da qualidade do produto ao longo do século XIX. Enquanto autores franceses e ingleses acabam ressaltando os feitos de suas respectivas pátrias no contexto dessa evolução, ambos reconhecem o papel de destaque dos alemães nesse contexto. Dentre eles, pode-se citar Reid (1877) e Candlot (1906), ao destacarem a busca dos alemães pela racionalização do processo e padronização do produto. Autores atuantes nos Estados Unidos da América (EUA), a exemplo de Macley (1890) e Bamber (1892), também creditam aos alemães o estabelecimento de um sistema uniforme para testar¹⁶ os cimentos, especialmente nas últimas décadas do século XIX, que teria inspirado o sistema americano. Sobre a iniciativa de padronizar o produto no território americano, Macley (1890, p.6) ainda faz uma interessante ressalva: a de que na Inglaterra, França e Alemanha os governos tinham o poder de exercer uma supervisão “quase pessoal” na iniciativa privada, o que facilitava atos de regulação e padronização de produtos, enquanto nos EUA isso dificilmente seria tolerado à época.

Alguns anos depois, a expansão da indústria de cimento Portland se estendeu para além da Europa, inicialmente para os EUA (onde se produzia e utilizava cimento natural em larga escala), nos primeiros anos da década de 1870. Até então, o produto utilizado pelos norte-

¹⁵ Os franceses costumavam evitar o termo Cimento Portland, mesmo quando passaram a fabricar a mesma tecnologia, preferindo o termo “cal hidráulica” ou simplesmente “cimento”. O cimento de *Boulogne-sur-Mer* também era comumente utilizado à época, pois fazia referência ao local de extração de sua matéria-prima, na costa norte do país.

¹⁶ Iniciativa motivada por casos de adulteração no produto.

americanos era exclusivamente importado. Importantes obras sobre a fabricação de cimento Portland (Meade, 1906, Desch, 1911, Halstead, 1961 e Skempton, 1962 e o próprio Blezard, 1998) reduziram a história da epopeia técnica dos empreendimentos cimenteiros pioneiros a alguns países europeus e ao país norte-americano, até o ano de 1875.

Não é à toa que os pioneiros tenham sido o Reino Unido e a França – cujo legado de Vicat foi fundamental neste sentido. A França, além de ser uma das nações onde a Revolução Científica havia florescido nos séculos anteriores, ainda teve seu desenvolvimento industrial beneficiado por algumas conquistas provenientes de seus movimentos de reorganização sociopolítica e da Era Napoleônica¹⁷, cuja derrocada marcou o início do período de maior expansão do Império Britânico – conhecido por *Pax Britannica* – que duraria até o início do século XX. Assim sendo, o Reino Unido estabeleceu-se como a maior potência mundial militar, econômica e tecnológica do século XIX, em boa parte graças ao seu pioneirismo no processo da Revolução Industrial, ainda no século XVIII.

Ainda em relação à produção de cimento Portland no século XIX, destaca-se que a classificação comumente adotada, quanto à evolução dos seus componentes, baseia-se nos distintos estágios do produto ao longo daquele século, que, por sua vez, relacionam-se à tecnologia utilizada ao longo de três períodos.

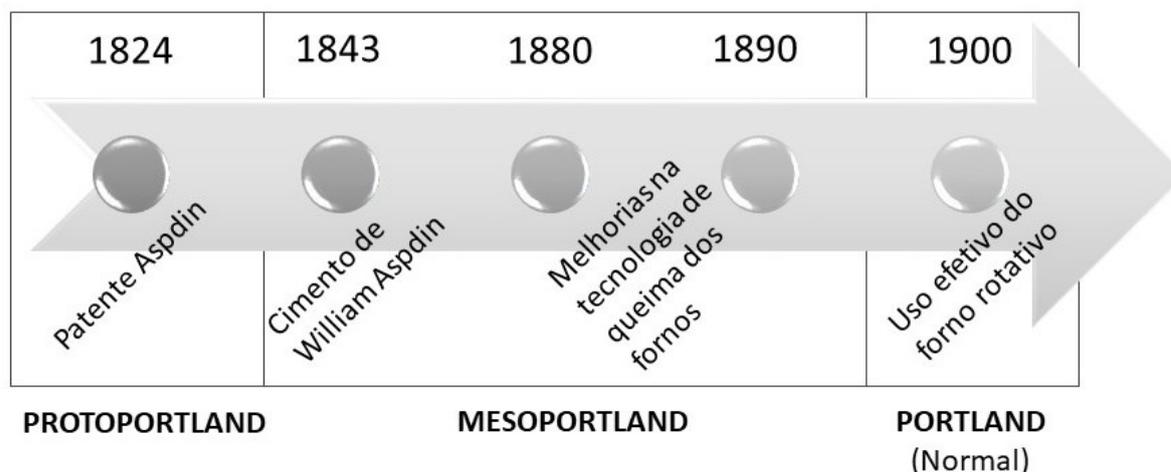
Costuma-se, portanto, classificar a evolução qualitativa do cimento Portland, conforme proposto por Blezard (1998), a partir da associação da sua composição mineralógica com a tecnologia que o produziu – que a remete, por sua vez, à época em que foi produzido. Tal relação, mais precisamente, está diretamente associada à tecnologia de queima, de moagem e ao controle de qualidade empregados em cada época. Assim sendo, Blezard classificou o cimento Portland nos seguintes estágios de desenvolvimento: Protoportland (produto fabricado nos termos da patente original de Joseph Aspdin – de 1824 até meados da década de 1840); Mesoportland (produto fabricado em fornos verticais de eixo ou de câmara – da década de 1840 até o fim do século XIX); e Portland normal (produto fabricado a partir do emprego de fornos rotativos – a partir dos últimos anos do século XIX).

Apenas em relação ao Mesoportland, o autor ainda distingue duas fases: da década de 1840 ao final da década de 1870, correspondendo a um produto bastante heterogêneo; de 1880 ao final da década de 1890, correspondente a um produto melhor graças a intervenções no

¹⁷ Código Civil Napoleônico e adoção do sistema métrico.

projeto nos fornos (de câmara ou de eixo). De uma forma geral, o autor ainda distingue o período de fabricação do Mesoportland pelo início do controle químico e do afinamento da moagem (na Alemanha), em relação ao período anterior. Ao período posterior, por sua vez, o autor destaca o emprego de fornos rotativos, a consolidação do controle de qualidade e a especialização na química do cimento. A FIGURA 3 ilustra os estágios apresentadas e seus respectivos períodos.

FIGURA 3 – LINHA DO TEMPO EM RELAÇÃO AOS ESTÁGIOS DA EVOLUÇÃO QUALITATIVA DO PRODUTO.

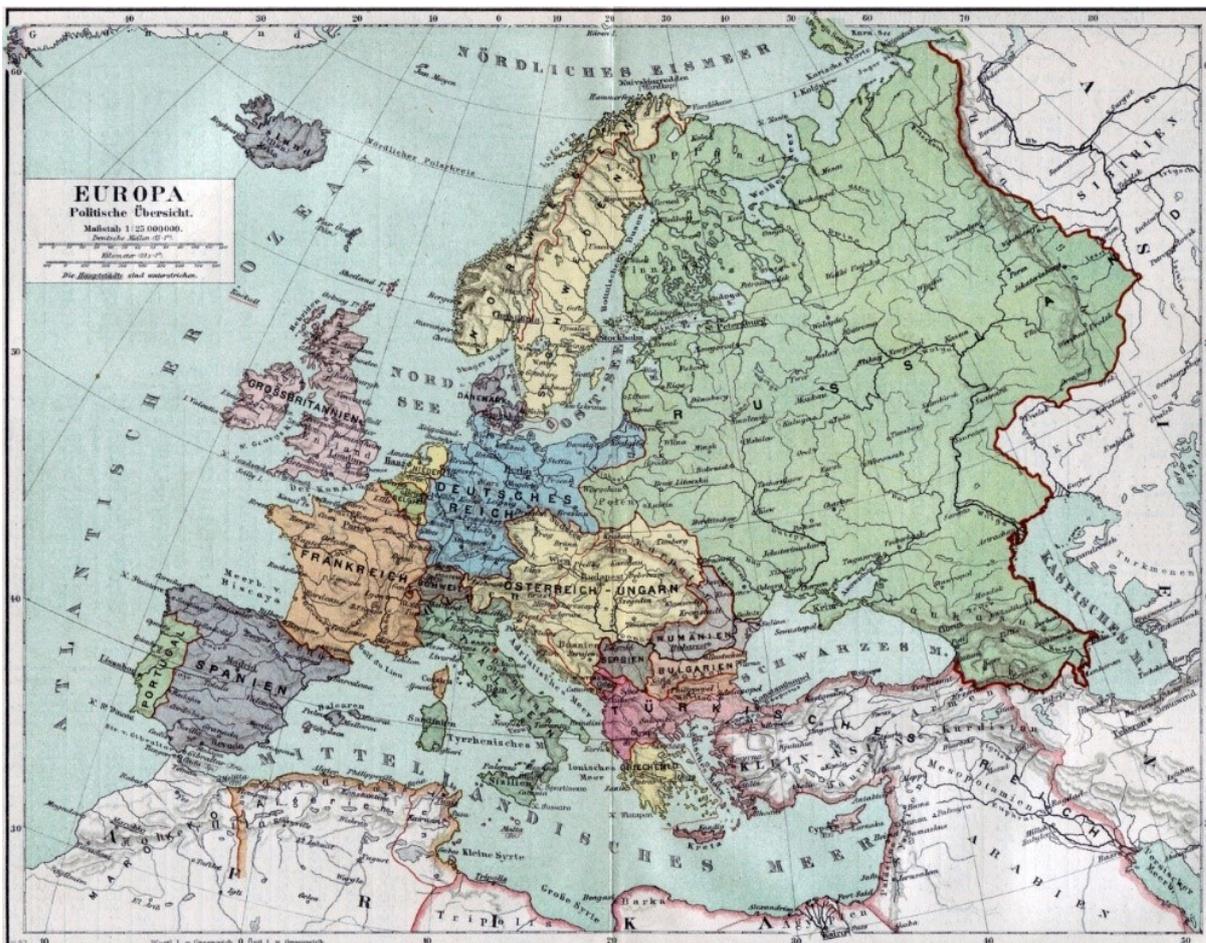


Fonte: Produzido pelo autor.

Há, portanto, uma lacuna na literatura sobre empreendimentos semelhantes em outras regiões do planeta, e, especialmente, no último quarto do século XIX. Tal período, como foi visto, foi uma importante fase de transição na indústria cimenteira, pois, além de compreender o início da consolidação do controle químico do produto, com maior rigor científico – destaque para o produto alemão –, teve, ao seu final, a introdução de procedimentos e inovações que até hoje perduram nessa indústria.

Para uma melhor compreensão da divisão territorial da Europa no auge do período de fabricação do Mesoportland, segue mapa político de 1890 (FIGURA 4), onde se evidencia o contraste em relação à divisão política atual, especialmente nos territórios que faziam parte da Rússia, do Império Alemão, e do Império Austro-Húngaro.

FIGURA 4 – MAPA POLÍTICO DA EUROPA EM 1890.



Fonte: Enciclopédia Meyers Kleines (Konversationslexikon), 1892.

2.4 Cimento Mesoportland, o “Elo Perdido”

Os anos compreendidos entre as primeiras ações (oficiais) referentes ao empreendimento paraibano e a instalação da planta da fábrica (1885-1892), além de terem envolvido um período marcado por expressiva inovação tecnológica e disputas científicas memoráveis, a exemplo da “guerra das correntes” entre Thomas Edison¹⁸ e Nikola Tesla¹⁹, tratava-se de um momento histórico efervescente na indústria do cimento. O inglês Frederick Ransome ainda tentava implementar sua patente de forno rotativo (1885) – que só iria revolucionar a fabricação de cimento mais de 10 anos depois; o francês Henri Le Chateleier publicara a tese que daria início à era moderna da química do cimento (1887); e a gigante alemã

¹⁸ Defensor da Corrente Contínua (DC).

¹⁹ Defensor da Corrente Alternada (AC).

Polysius começava a se destacar na indústria de base para o setor cimenteiro, com a introdução de uma tecnologia de moagem que perdura até hoje: o moinho de bolas (1891).

Apenas para ressaltar o que temos hoje à disposição em conhecimento e tecnologia em contraponto àquele período, basta dizer que o norte-americano Robert H. Bogue, famoso por suas equações sobre a constituição do clínquer, acabara de nascer em 1889; já a descoberta dos raios X, pelo alemão Wilhelm Röntgen, só se daria em 1895, feito que revolucionou a medicina e as pesquisas em caracterização de materiais, cujas técnicas apenas se consolidariam ao longo do século XX.

Continuando nos estágios de evolução do produto, segundo Blezard (2004), enquanto a diferença química entre *Protoportland* e *Mesoportland* resumiu-se à sintetização de silicatos de cálcio (descoberta acidentalmente por William Aspdin, e aperfeiçoada por Isaac Johnson), a diferença entre *Mesoportland* e *Portland Normal* consistiu na possibilidade de se formar uma matriz fundida, a partir de uma mistura de componentes calcários e argilosos preparada de forma proporcional e homogênea. Tal evolução teria sido possível graças à tecnologia de mistura e queima iniciada com a implementação forno rotativo ao processo (mudança do sistema de produção por batelada para o sistema de produção efetivamente contínuo), bem como ao aperfeiçoamento da tecnologia de moagem.

O autor apresenta uma tabela comparativa entre o meso e o Portland normal, a partir das características dos cristais dos principais silicatos (BLEZARD 2004 apud BLEZARD 1981²⁰), reproduzida na TABELA 1:

TABELA 1 – COMPARAÇÃO ENTRE O MESO E O PORTLAND NORMAL.

| Fator operacional relativo (parâmetro de medição) | Cimento Mesoportland Clínquer de Aspdin (1848) | Cimento Portland Normal Clínquer de forno rotativo atual |
|--|---|---|
| Taxa de queima relativa | Lenta (fraca) | Rápida (excelente - média) |
| Tamanho da alita | 60µm | 10µm |
| Temperatura máxima relativa | Baixa (fraca) | Alta (boa) |
| Birrefringência da alita | 0,002 | 0,007 |
| Tempo de queima relativa | Longa (fraca) | Rápida (boa - excelente) |
| Tamanho da belita | 5 – 10 µm | 20 – 60 µm |
| Taxa de resfriamento relativa | Lenta (fraca) | Rápida (média – boa) |
| Cor da belita | Âmbar | Amarelo claro |
| α -2CaO – SiO ₂ | Nihil (Ausente) | 10 – 20% |
| Escala do processo | Fornada | Contínuo |
| Forno | Forno vertical estático em cúpula | Forno rotativo tubular longo |

Fonte: Traduzido pelo autor de BLEZARD 1981 apud BLEZARD, 2004, p. 11.

²⁰ Blezard RG. Technical aspects of Victorian cement. Chemistry and Industry (London), 1981; 19 Sept.: 632.

Para entender a evolução do cimento Portland também é essencial entender como se deu a evolução pela demanda do produto. As revistas de engenharia do século XIX (*The Engineer*, na Inglaterra, e a Revista de Engenharia, no Brasil) já sinalizavam que o aumento da resistência vinha se tornando a principal propriedade discutida por fabricantes e estudiosos da química do cimento, mas geralmente associando tal propriedade à necessidade de rapidez de pega, especialmente abaixo d'água. E de lá para cá, essa discussão em torno da resistência nunca parou. Blezard (2004) destacou que, desde o desenvolvimento do mesoportland de William Aspdin e I.C. Johnson, a capacidade do produto adquirir resistência era a principal propriedade almejada no produto hidratado do cimento calcário. Segundo o autor, o emprego de altas temperaturas de queima permitiu a produção de silicatos com maior teor de cal, algo essencial para conferir maior rapidez ao desenvolvimento da resistência no concreto.

Pode-se extrair da TABELA 1 que o mesoportland era um cimento de queima longa (taxa de queima lenta). Tanto o tipo de queima, quanto a moagem, que à época ainda estava em processo de aperfeiçoamento, tornavam o mesoportland um produto heterogêneo – até a década de 1870). Ainda segundo Blezard (1998), esse caráter heterogêneo propiciou um produto de pega lenta (as características eram tais que não havia a necessidade de incorporar um componente retardador, a exemplo do gesso). Pode-se concluir, então, que a medida que se aumentava a exigência de maior resistência inicial do cimento Portland, especialmente visando seu emprego em estruturas de concreto armado (também novidade aquela época), havia, em contrapartida, a constante necessidade de se aprimorar a tecnologia de queima e moagem, chegando-se ao que Blezard chamou de “contínuo redesenho do processamento térmico da matéria-prima”.

Tendo em vista a intenção de resgatar a história da fábrica de Tiriri, a partir dos estudos de seus vestígios cimentícios, as características do cimento mesoportland serão nosso principal objeto de estudo no âmbito deste trabalho, a partir da tecnologia empregada à época e as características de projeto da fábrica brasileira.

Considerando, ainda, a separação da produção do mesoportland em pelo menos duas fases (inicial e final), e o fato do projeto da fábrica paraibana ter contemplado a tecnologia mais eficiente de fornos à época, não há como tratar do produto brasileiro de 1892, sem destacar o papel dos fornos *Dietzsch*, tecnologia que remonta à fase aperfeiçoada do *mesoportland* e cujos exemplares permanecem erguidos nas ruínas paraibanas. Além da tecnologia de queima,

também será ressaltada a tecnologia de moagem empregada em Tiriri, cujos equipamentos não mais se encontram no sítio pesquisado.

2.4.1 OS FORNOS *DIETZSCH*

Os fornos Dietzsch estão dentre as inovações alemãs no processo de aperfeiçoamento da qualidade do cimento Portland. Seu projeto ousado implicava em um forno geminado, o que alguns chamam de forno duplo, e visava diminuir o consumo de combustível e aumentar a eficiência da queima. Era indicado para o uso em locais onde a mão-de-obra era mais barata do que a oferta do combustível (Alemanha, por exemplo), por isso era conhecido por ser uma alternativa bastante econômica se comparada ao forno de câmara. Podia-se usar como combustível carvão betuminoso ou mesmo carvão vegetal, sendo, nesse aspecto, versátil.

Conforme destacado por Butler (1899), um dos projetistas de Henry Faija, em cujo escritório foram elaborados os projetos das instalações da fábrica de Tiriri, os fornos Dietzsch eram recomendados para locais carentes de coque e com mão-de-obra abundante e barata – tendo em vista exigir trabalho pesado. Deve ter sido, por tais motivos, uma tecnologia viável ao projeto da fábrica brasileira. Segundo o autor, para locais como a Inglaterra, onde o custo do coque era razoável (e a mão-de-obra nem tanto), os fornos intermitentes²¹ eram mais indicados, sendo utilizado naquele país em épocas de racionamento de coque (MOORE, 2018). Enquanto os fornos intermitentes estavam associados ao processo úmido, os fornos Dietzsch, que são um tipo de forno de eixo vertical, estão associados ao processo seco, uma vez que a farinha era colocada seca ou pré-aquecida, em formato de briquetes ou tijolos.

Foi patenteado na Alemanha por Carl Dietzsch, nos primeiros anos da década de 1880 (BIEDERMANN, 1884; DIETZCH, 1886; BUTLER, 1899 e FORSCHUNGSINSTITUT DER ZEMENTINDUSTRIE, 2002) e funcionava assim, conforme descrito em sua patente registrada na Inglaterra, a posteriori:

O processo consiste em aquecer primeiro o calcário, cal, ou substâncias semelhantes por meio do calor de escape do forno, em seguida, adicionando combustível à massa aquecida à medida que ela afunda na câmara de combustão e, em seguida, resfriando ou parcialmente esfriando a massa antes de retirá-la. Os fornos são construídos de modo a possuir uma câmara de aquecimento preliminar acima, conectada por brotações inclinadas ou canais com uma, duas ou mais câmaras de combustão abaixo. As partes inferiores da câmara de combustão ou câmaras são contraídas em forma de

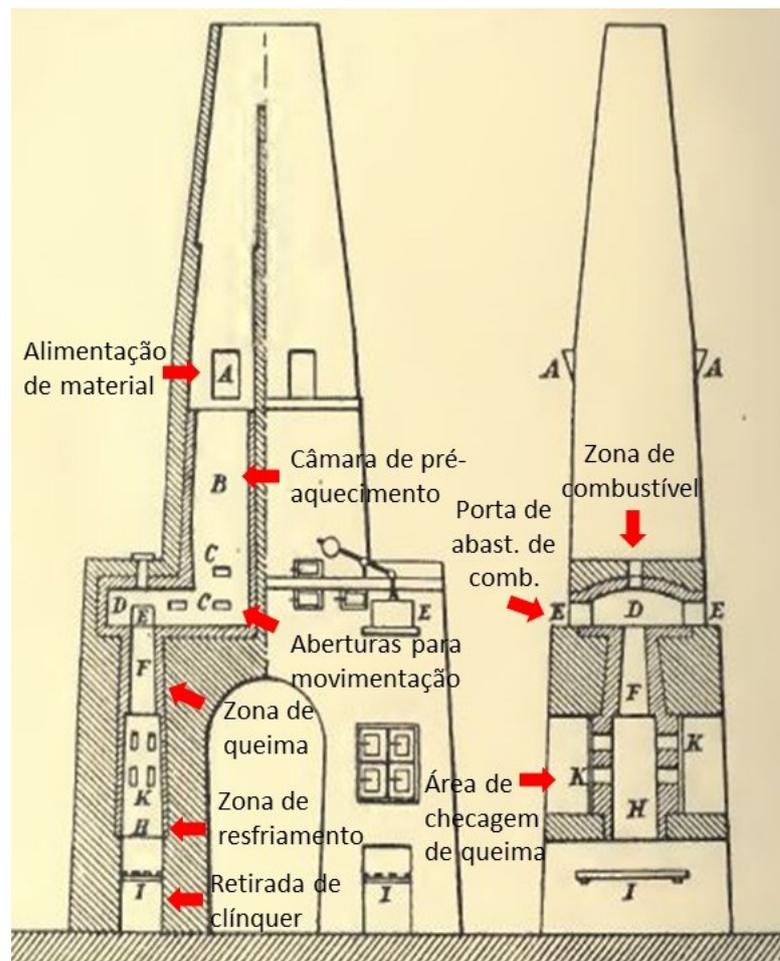
²¹ Em relação às tecnologias anteriores os fornos Dietzsch podem ser considerados “contínuos”.

funil em direção ao fundo e formam a porção ou zona de resfriamento da câmara principal. (DIETZCH, 1886, p. 328)

A queima de materiais em seu interior envolvia um processo por batelada, ou seja, era recarregável, no entanto podia ser alimentado continuamente a depender da capacidade da força de trabalho que o abastecia. Tratava-se de uma evolução do forno tipo garrafa, cujo ciclo envolvia carga, queima, esfriamento e esvaziamento. No forno *Dietzsch*, a carga poderia ser queimada, esfriada e removida sem a necessidade de extinção do fogo, tendo em vista a presença de câmaras distintas para cada fase, desde o abastecimento até a retirada.

O seu funcionamento foi apresentado em ilustrações por vários autores da época (LEWIS, 1899; CANDLOT, 1906; AST, 1907 e NASKE, 1909), tendo sido escolhidos os desenhos de Butler (1899), participante do projeto da fábrica de Tiriri, para melhor explicá-lo, conforme pode ser visto na FIGURA 5.

FIGURA 5 – CORTE ESQUEMÁTICO DE UM FORNO DIETZSCH.



Fonte: Adaptado da Fig. 18, Butler, 1899, p. 92.

Pode-se depreender da figura que esta tecnologia se utiliza fortemente da ação da gravidade. O material seco é carregado por meio da abertura superior (A) e vai preenchendo a câmara de pré-aquecimento (B) com a finalidade de percorrer todos os compartimentos até chegar à plataforma de descarregamento (I). Nesse percurso, o material passa pela zona de queima (F) – localizada imediatamente após a zona destinada ao combustível (D) e abastecida por uma porta de acesso com alavanca (E) – até chegar à zona de resfriamento (H). À medida que o clínquer é retirado da plataforma de descarregamento, mais material pode ser adicionado (manualmente) na abertura inicial, que podem ser movimentados por meio de portinholas (C) localizadas junto à base da zona de pré-aquecimento. O orifício localizado acima da zona de combustível permite verificar o andamento da queima, enquanto as aberturas (K) localizadas imediatamente acima da zona de resfriamento permitem a verificação da marcha de queima do material, bem como sua exaustão.

Se por um lado o forno Dietzsch tinha suas vantagens em relação aos fornos do tipo garrafa e de câmara, por outro lado, estava bem longe do dinamismo da tecnologia que o substituiu, o forno rotativo, cujo processo de queima é totalmente contínuo. Um dos problemas daquela tecnologia é que boa parte do material queimado ficava impregnado nas paredes no interior do forno, muitas vezes formando um “tampão” e impedindo o fluxo descendente, conforme aponta Moore (2018). Isso exigia a retirada do clínquer por baixo do forno²², mediante fricção com barras metálicas para sua remoção. Outra desvantagem era a variação da temperatura de queima que, segundo Moore (2011), geravam uma grande quantidade de produtos queimados a mais ou a menos do que o desejado.

Seu uso foi adotado no último quarto do século XIX em vários países, tanto na Europa (Alemanha, França, Áustria, etc.), como no continente americano (EUA e Brasil). Em alguns lugares, foi implementado ou teve seu uso prolongado até mesmo ao longo das primeiras décadas do século XX, a exemplo da Croácia e Itália, significando que a tecnologia não inviabilizava a fabricação de cimento Portland quando até mesmo a tecnologia do forno rotativo estava consolidada e dominava o cenário da indústria cimentícia (ZIZIC, 2015; MODICA, 2017).

Os fornos Dietzsch tiveram como modelos aperfeiçoados – antes mesmo do forno rotativo se consolidar – os fornos *Schoefer* (principalmente nos EUA) e o *Schneider*

²² O entendimento desta peculiaridade foi essencial à pesquisa de campo realizada neste trabalho, conforme apresentado no Capítulo 3.

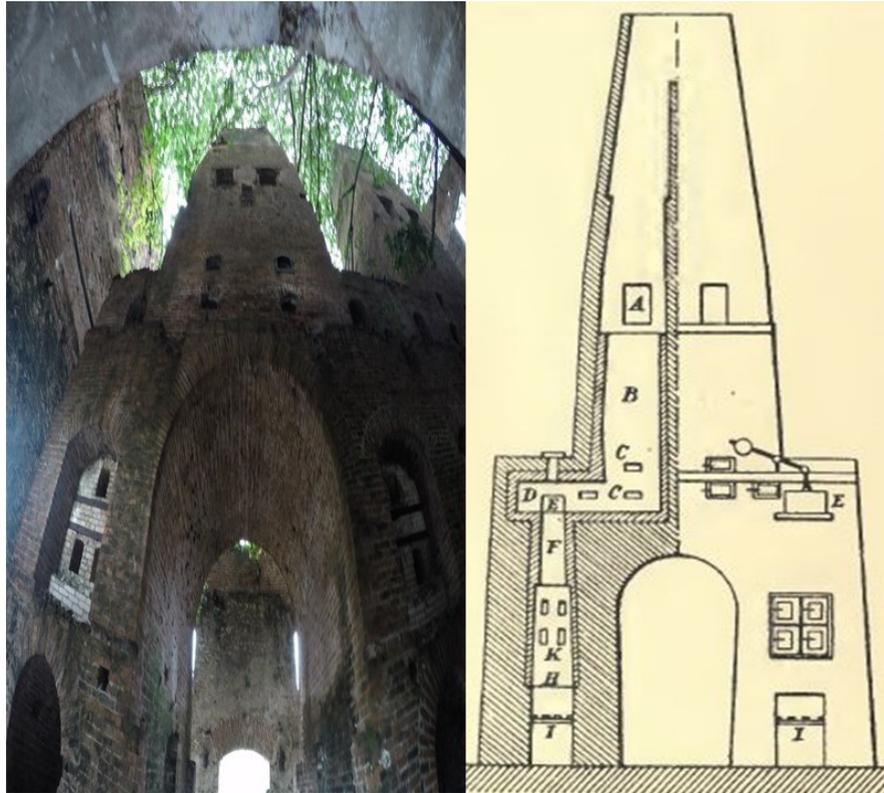
(principalmente no Reino Unido). Tais projetos de fornos apresentavam algumas melhorias em relação à tecnologia alemã, especialmente no tocante à eliminação do estágio intermediário de manuseio (MOORE, 2018), mas utilizavam princípios e processos bastante semelhantes.

Um exemplo da robustez de seu projeto construtivo e de sua imponência no contexto industrial da época pode ser encontrado nas ruínas da fábrica de cimento de Tiriri, cujo dois fornos duplos *Dietzsch*, de mais de 20 m de altura, permanecem de pé, sem qualquer manutenção, após mais de 127 anos de construção. Juntamente com a solitária chaminé da fábrica, de cerca de 40 m, são os exemplares de edificações remanescentes daquele conjunto que mais aparentam solidez e os que mais despertam a atenção de seus visitantes, conforme pode ser visto na FIGURA 6. A FIGURA 7 ilustra uma comparação entre o forno da ilha com a referência de Butler (1899).

FIGURA 6 – DETALHE DO FORNO DIETZSCH (NORTE) DA FÁBRICA DE TIRIRI.



Fonte: Produzido pelo autor.

FIGURA 7 – COMPARAÇÃO ENTRE O FORNO DE TIRIRI COM O DIETZSCH DA BIBLIOGRAFIA.

Fonte: Produzido pelo autor (esquerda) e adaptação de ilustração de Butler (1899, p. 92).

2.4.2 OS MOINHOS DE 1880 A 1890

Ao contrário da tecnologia de queima, que se encontrava consolidada ao final da década de 1880 com os fornos Dietzsch ou suas versões aprimoradas, a tecnologia de moagem encontrava-se em um período de tentativas e incertezas.

Segundo Trout (2015), cuja obra foi inteiramente dedicada à tecnologia de moagem tradicional na indústria de cimento inglesa entre 1796 e 1899, na década em que o empreendimento de Tiriri foi idealizado, projetado e iniciado, havia tantos modelos de moinho empregados na indústria de cimento que foi necessário classificá-los em pelo menos dois tipos: os de ação percussiva e os de pressão por rolagem. Tais modelos eram movidos à vapor e substituíram as fontes de energia tradicionais até então: hidráulica, eólica e até mesmo a força motriz equestre. À época, a tecnologia mais eficiente adotada na indústria de cimento, em termos de qualidade de finura, era a dos moinhos de pedra (mós), tecnologia originalmente utilizada para reduzir grãos de trigo e outros cereais a farinha (pó). No entanto, era uma tecnologia que exigia manutenção rigorosa, especializada e contínua, a fim de nivelar os mós e mantê-los constantemente afiados, tornando-se onerosa, mesmo porque exigia pelo menos dois pares em cada planta, a fim de evitar interrupções consecutivas dos trabalhos.

Moore (2018), outro especialista britânico na história da fabricação de cimento Portland, denomina os equipamentos do mesmo período de “moinhos de rolos”, e os classifica em relação ao eixo de rotação e ao tipo de força aplicada para exercer a pressão de moagem (normal ou centrífuga). Neste sentido, o autor lista os moinhos que operavam por ação da força centrífuga, subdividindo-os quanto ao tipo de arranjo (de eixo vertical ou horizontal), e quanto ao equipamento de pressão (cilindros ou bolas).

Ressalta-se que, como bem destacado por ambos autores, o último quarto do século XIX foi um período de intensa transformação técnica na área de moagem, momento em que várias alternativas surgiram a fim de competir com a moagem tradicional (mós), visando à redução dos custos de operação. Por fim, destaca-se que muitos daqueles produtos novos, de fato, funcionaram bem apenas para tarefas intermediárias (TROUT, 2015), uma vez que nem sempre garantiam uma qualidade superior de moagem final. A produção insuficiente de finos teria sido um dos motivos que levaram a derrocada de várias destas soluções, na década seguinte (MOORE, 2018), quando foram complementadas ou substituídas pelos moinhos de tombamento, a partir de 1890, e pelos moinhos de tubo²³, a partir de 1893.

2.5 Antecedentes ao uso de Cimento Portland no Brasil

Até a 2ª metade do século XIX, o material cimentício mais utilizado no país era a cal, especialmente para confecções de argamassas de assentamento ou de revestimento. Na ausência da tecnologia do concreto (simples ou armado) utilizavam-se nas estruturas das construções materiais tradicionais como tijolos cerâmicos maciços e/ou pedra.

A produção de cal teria sido tão remota e importante no Brasil que Vita et al (2007) especulam que o óxido de cálcio poderia ser considerado o primeiro produto químico obtido no Brasil, se o açúcar não fosse levado em conta, destacando como um de seus usos a cimentação de blocos de pedra na construção de edifícios, quando misturada a óleo de baleia ou de peixe.

A cal era fabricada, geralmente, em fornos rudimentares de alvenaria e utilizando lenha como combustível, podendo ser originada de dois grupos de matéria-prima, conforme

²³ A princípio os moinhos de tubo usavam seixos e não bolas, sendo o atual moinho de bolas um aperfeiçoamento das duas tecnologias.

classificado por Santiago (2007): rochas calcárias (calcários e mármore) ou calcários marinhos (corais, cascas de ostras e conchas).

Um relato curto, porém preciso, sobre o funcionamento de uma antiga caieira foi registrado pelo francês Auguste de St. Hilaire, quando de viagem pelo interior do Brasil. Saint Hilaire (1833, p. 59) relatou que na Praia do Anjo, perto da Vila de Cabo Frio, no Rio de Janeiro, dava-se preferência à pedra calcária às conchas, cujos pedaços eram removidos com picaretas de um local plano e alagadiço, sob uma camada de terra de cerca de um palmo e meio. Ainda acrescentou que o forno utilizado era circular e aberto em um lado até o topo, onde camadas de pedras e madeiras eram alternadas ao redor de uma pilha de madeira, sobre a qual teria o fogo ateadado por cima.

Uma importante observação entre a relação da indústria da cal e a indústria cimenteira foi destacada por Chaves (2005) em seu trabalho sobre a fábrica de cimento de Perus, em São Paulo, pioneira na fase moderna de fabricação de Cimento Portland. Segundo o autor, que qualifica a indústria da cal como “pré-história” da produção cimenteira no Brasil, haveria uma íntima relação entre o sucesso da fábrica paulista e a pré-existência de um complexo contendo: uma indústria de cal consolidada na região e uma estrada de ferro, no caso representada pela Companhia Estrada de Ferro Perus Pirapora (CIEFPP). A cidade da Parahyba (atual João Pessoa) ainda na remota década de 1880 já dispunha de várias caieiras que atendiam às necessidades da Província (Estado), bem como da recente Estrada de Ferro Conde D’Eu, em processo de expansão ao longo do final do século XIX.

Na Paraíba, o emprego de calcário e seus produtos como material construtivo remonta ao Brasil-Colônia, com destaque para as cidades litorâneas de Cabedelo, Santa Rita, Lucena e João Pessoa, esta última fundada em 1585 sob o nome de Nossa Senhora das Neves e terceira capital de Estado mais antiga do Brasil. Construções como o Forte de Santa Catarina, em Cabedelo, a Capela de Nossa Senhora do Socorro, em Santa Rita, a Capela de Nossa Senhora da Guia, em Lucena, a Igreja da Misericórdia, a Casa da Pólvora e a Fonte de Tambiá, localizadas no centro da capital, são exemplares que testemunham o uso do material.

A relação entre a abundância de jazidas de calcário e o desenvolvimento da capital paraibana é tão forte que até mesmo a definição do local escolhido para sua implantação já foi objeto de correlação, conforme proposto por Araújo (2012). Para o autor-geólogo, a existência de uma falha geológica que perpassa os limites entre a Cidade Alta e a Cidade Baixa responderia pela grande quantidade de rochas calcárias de fácil extração, pela ocorrência de fontes de água

potável nas encostas do morro, e pela existência de um porto abrigado dos ventos e com um bom calado – considerando as embarcações da época. Tais aspectos teriam sido fundamentais, no sentido geográfico, para a escolha do sítio, o que pressupõe a existência de caieiras na região a fim de explorar esse material. O autor ainda apresenta um mapa geológico da área estudada e seu entorno, que contempla, por sua vez, uma pedreira na Ilha de Tiriri²⁴ (ARAÚJO, 2012, p. 191).

A pedreira de Tiriri foi citada, originalmente, por João Domingues dos Santos, que dedica uma obra exclusivamente aos calcários do estuário do Rio Parahyba e seus arredores. Santos (1928) apresenta um minucioso relato, acompanhado dos resultados de análises químicas de amostras de várias jazidas da região, dentre elas as localizadas nas Ilhas de Tiriri e Marques²⁵, em Santa Rita e da Graça, na então Cidade da Parahyba. Esta última, uma “superpedreira” em termos de volume e qualidade, viria anos depois a ser a jazida da primeira fábrica de cimento Portland moderna fora da região sudeste do país, apenas após as plantas de Perus em São Paulo e Mauá no Rio de Janeiro.

O autor que, na verdade, foi um dos personagens da história da fábrica de Tiriri durante a tentativa de retomada do empreendimento, ainda enumerou as caieiras em operação e descreveu o processo de fabricação de cal utilizado no início do século XX. A própria enumeração das jazidas e a indicação de sua atividade, por si só, consistem em pistas dos possíveis locais de produção de cal no estuário do Rio Paraíba, ao longo do século XIX, sendo a ilha de Tiriri um deles.

Sobre a pedreira da Ilha de Tiriri, Santos (1928, p. 20) a descreve como um bloco de 3 a 4 metros de altura, localizada à noroeste da Ilha, estima um volume de 90.000 m² de superfície. Seu calcário seria de cor amarelada em alguns pontos e acinzentada em outros, apresentando, textura variável, em trechos de rocha rija e trechos de rocha mole. Ao falar sobre a extinta fábrica de cimento, menciona que a composição de calcário da ilhota teria sido objeto de dúvida a respeito de sua utilidade para a indústria de cimento, tendo em vista o teor de magnésio em excesso que conteria. No entanto, confronta o relatório do projetista Henry Faija com o relatório do químico da fábrica, Sr. Downess, que assume não ter encontrado o alto teor de magnésio indicado pelo primeiro. Por fim, ressalta uma análise posterior de 1908 do químico francês Jean

²⁴ A pedreira indicada por Araújo (2012) é, de fato, a pedreira localizada na Ilha Marques, conforme denominação utilizada pela SPU.

²⁵ A Ilha Marques tem uma relação direta com a Ilha de Tiriri, que será explicada posteriormente.

Andrieux que teria indicado a prestabilidade da jazida, desde que selecionadas as camadas não magnesianas.

Um dos destaques da obra de Santos (1928) é o quadro de características das jazidas de calcário comentadas em sua obra. Além dos teores dos principais óxidos constituintes das pedreiras amostradas, ele apresenta a percentagem de argila, o índice de hidraulicidade, o módulo-silicato e por fim classifica os calcários quanto à sua qualidade, com destaque para as pedreiras da propriedade denominada *Graça*. É possível notar que os calcários considerados com excesso de magnésio foram aqueles com teor de MgO superior a 5%.

Outro indicativo da transição da cal como material cimentício para outros substitutos pode ser identificado na literatura técnica de engenharia a partir da segunda metade do século XIX, aqui no país muito bem representada pela Revista de Engenharia e pela Revista do Instituto Polytechnico Brasileiro, ambas do Rio de Janeiro, contando com o engenheiro civil André Rebouças na comissão de redação e como colaborador de artigos.

Enquanto na Europa, Inglaterra, França e Alemanha já produziam cimento Mesopotland (à temperatura suficiente para produzir clínquer e com proporções bem definidas de seus ingredientes), em agosto de 1879, um artigo do engenheiro civil José Américo dos Santos, sobre a então preferência pelo uso da cal de marisco em detrimento da cal de pedra no Rio de Janeiro, prenunciava que a indústria da fabricação daquele produto caminhava para a decadência à medida que o uso do cimento Portland nas construções fosse se generalizando.²⁶

No início de 1883, pouco antes do inglês Frederick Ransome patentear o primeiro forno rotativo, alguns já vislumbravam a instalação de uma fábrica de cimento no país. Mas não se tratava de cimento Portland ainda. Em artigo de Orville A. Derby²⁷, intitulado *Calcareos Hydraulicos de S. Paulo*, de fevereiro daquele ano, foram divulgados resultados satisfatórios sobre o calcário encontrado nos arredores de Taubaté, em São Paulo, sugerindo que o mesmo apresentava as propriedades de rocha de cimento natural, semelhantes às dos cimentos romanos. Tais propriedades significavam que o material queimado, pulverizado e amassado com ou sem areia, tomaria corpo debaixo d'água. Segundo o autor, em virtude de uma maior velocidade no endurecimento, o uso do cimento natural seria mais vantajoso que o cimento Portland, denominado por ele de “cimento artificial de Portland”. Ressaltou ainda que nos Estados Unidos

²⁶ Texto publicado na Revista de Engenharia, Rio de Janeiro, Ed. nº 001 de 1880, p. 4 a 7.

²⁷ Texto republicado na Revista de Engenharia, Rio de Janeiro, Ed. nº 001 de 1884, p. 116 e 117.

seriam empregados quase que exclusivamente os cimentos naturais ou romanos – na verdade, em meados da década de 1880, o uso de Cimento Portland nos EUA já estava bem mais consolidado do que sugere o autor, conforme se constatou na bibliografia norte-americana da época.

Após algumas especulações sobre a viabilidade industrial do produto naquela região, o autor concluiu, por fim, que a perspectiva financeira de uma fábrica de cimento no Brasil seria bastante promissora. Ressalta-se que não estava se falando, ainda, em cimento Portland, mas em cimento *natural*, cujo produto é distinto, conforme apresentado na seção anterior.

Contrariando as previsões de Derby, àquela altura o Brasil já vinha empregando Cimento Portland importado da Europa em suas obras, e a consolidação daquele produto no mercado como material cimentício já se mostrava um caminho sem volta, tão quanto a necessidade do país vir a fabricar esse produto.

2.6 As primeiras experiências com Cimento Portland no Brasil

São atribuídas ao engenheiro André Pinto Rebouças as primeiras experiências com Cimento Portland no país, envolvendo misturas, resistência à tração e à compressão e tempo de pega, inclusive com a fabricação de aparelhos, conforme descrito por Telles (1984). Assim como Vicat, cujas experiências foram provenientes de necessidade de enfrentar uma obra submersa – as fundações da ponte de Dordogne – Rebouças realizou as suas tendo em vista a incumbência de construir a Doca da Alfândega, obras de melhoramento do porto do Rio de Janeiro que ficaram sob sua responsabilidade técnica entre 1866 a 1872. Teria sido por sua iniciativa que, logo em seu primeiro ano à frente dos trabalhos, o cimento Portland teria sido utilizado como substituto da cal hidráulica, tornando esta obra a primeira, senão uma das primeiras – como especula Telles – a empregar o produto no Brasil.

No artigo de Rebouças (1868), além da qualidade técnica do relatório apresentado sobre o uso de cimento Portland em obras portuárias, é interessante constatar a diversidade de materiais cimentícios utilizados e sua respectiva nomenclatura, cuja referência principal à época advinha da escola de Engenharia francesa: cal de marisco, cal hidráulica de Lyme Regis

(Dorsetshire); cal hidráulica do Theil (Ardèche); cimento de Portland natural ou de Boulogne-sur-mer; cimento de Portland artificial de Robins & C. de Londres²⁸.

Formado em 1860 na antiga Escola Central, antecessora da Escola Politécnica do Rio de Janeiro, Rebouças seguiu para Europa em 1861, juntamente com seu irmão Antônio – também engenheiro de destaque à época do Império – a fim de se especializar em obras portuárias e ferroviárias. Conforme descrito em seu diário (FLORA e VERÍSSIMO, 1938, pg.16 e 17), no primeiro ano passa na França visitando obras de linhas férreas, pontes em construção e os trabalhos de execução de um túnel, sob supervisão da Escola de Pontes e Calçadas, em Paris. Em 1862, segue para Inglaterra e estuda as docas de Londres, Liverpool e Manchester. Ao final do período escreve com seu irmão a obra “Estudos sobre Portos do Mar”. Sua passagem pela Europa, especialmente pela França, o colocou a par das características das jazidas, das principais técnicas de execução e dos ensaios de experimentação da resistência²⁹ dos principais cimentos (artificiais e naturais) empregados à época, conforme relata em seu artigo.

Um pequeno, mas interessante registro feito por Rebouças em seu diário, durante sua viagem feita ao Nordeste³⁰ do Brasil, em 1864, revela o potencial das terras paraibanas para a produção de cimento Portland:

À tarde fui com o Presidente ao Sítio do Riacho, onde se pretende estabelecer o novo Matadouro. Por todo o caminho vêm-se grandes massas de *calcareos*, que surgem à flor da terra, Em uma das extremidades do sitio estava em exploração uma pedreira com 6 bancos de *calcareo* perfeitamente distintos, a qual fornecia belíssimas lages e grandes pedras de cantaria algumas com mais de 2 metros de comprimento. (FLORA e VERÍSSIMO, 1938, pg.49)

²⁸ Rebouças diferenciou os cimentos de Portland natural (francês) do artificial (inglês) pela origem da matéria-prima: apesar do processo ser o mesmo, o francês era diferenciado pela jazida, que continha “naturalmente” entre 18 e 25% de argila; o inglês era proveniente de uma dosagem “artificial” de cré, ou qualquer calcário puro, com argila.

²⁹ Ressalta-se que o Sistema Métrico, antecessor do Sistema Internacional de Unidades (SI), apesar de utilizado na Europa, só entrou em vigência em outros países no último quarto do século XIX. As unidades referentes à resistência dos concretos no artigo de Rebouças foram apresentadas em kg/cm² e não em kilograma-força (kgf/cm²) ou Megapascal (MPa).

³⁰ No Brasil-Império havia apenas as regiões Sul e Norte, a qual englobava a atual região Nordeste.

2.7 A Ilha de Tiriri

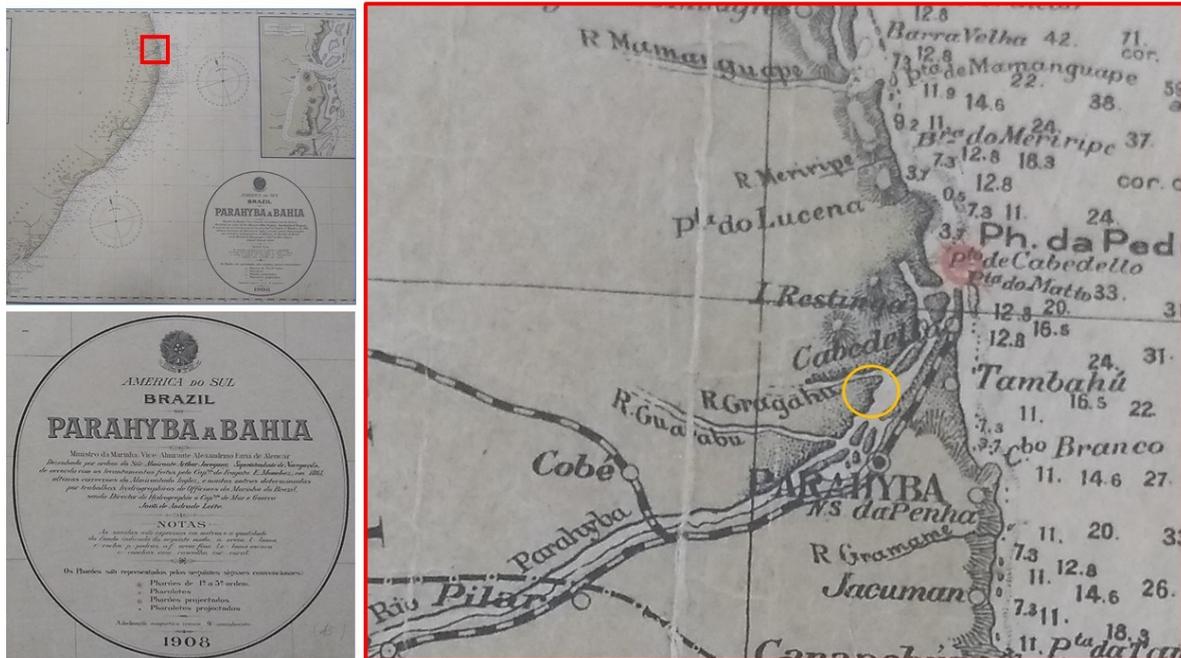
A ilha de Tiriri localiza-se no município de Santa Rita/PB, à margem esquerda do Rio Paraíba, e seu acesso se dá, exclusivamente, por meio fluvial. Segundo dados obtidos na Secretaria do Patrimônio da União (SPU), a ilha tem área de 4.590.626,50 m² (continental) e faz parte do patrimônio da União, mas atualmente encontra-se sob ocupação de empresa que ali desenvolve atividade de carcinicultura.

A etimologia do nome remete à “água escassa” ou “terra que treme”, segundo Medeiros (2016). Ainda segundo o historiador-dicionarista a Ilha de Tiriri – antigamente escrita com a letra “y” ao final – seria uma “ilhota de oito quilômetros quadrados” e “12 metros de altitude” que parecia um pedaço destacado do continente, tendo em vista as características férteis de seu solo e sua flora tão variada, assemelhando-se a de um jardim botânico. Além do Rio Paraíba, a ilha de Tiriri é banhada pelos rios Cabocó e Gargaú, ambos afluentes da bacia do Rio Paraíba.

A ilhota, de fato, tem área bem superior àquela registrada na SPU, se incluída a área de manguezais. Sua inserção em relação ao seu entorno, que a faz parecer como “um pedaço destacado do continente”, é tão característica que foi retratada pelos artistas e cartógrafos holandeses³¹ que primeiro retrataram a Paraíba como sendo parte do continente, conforme pode ser visto na iconografia do período colonial apurada por Pereira (2017). Até mesmo o experiente navegador Ernest Mouchez, oficial naval francês famoso por seus estudos hidrográficos e mapeamento de costas em vários países ao longo do século XIX, retratou a Ilha de Tiriri como parte do continente, conforme pode ser visto em mapa obtido junto à Diretoria do Patrimônio Histórico e Documentação da Marinha (DPHDM), em levantamento realizado em 1861 (FIGURA 8). Esta peculiaridade não aconteceu, por exemplo, com as Ilhas de Stuart e da Restinga, que sempre foram retratadas como ilhas.

³¹ Claes Jansz Visscher (1634), Johannes Vingboons (1640) e Jan Von Brosterhuisen (1637-1645), este último estampando a paisagem natural do curso inferior do Rio Paraíba e a cidade de Frederica na obra de Gaspar Barléus, durante a ocupação holandesa de Maurício de Nassau.

FIGURA 8 – DESTAQUE DO LITORAL PARAIBANO SOBRE LEVANTAMENTOS FEITOS PELO CAPITÃO DE FRAGATA E. MOUCHEZ: Círculo indica Tiriri retratada como parte do continente.



Fonte: Adaptado de Mouchez (1908).

Um dos primeiros documentos – senão o primeiro – que versam sobre a propriedade particular da Ilha, conforme registrado por Mello (2017, p. 54), trata-se do testamento de André Vidal de Negreiros, cujo falecimento ocorreu em 1680. No documento, além de diversas terras na capitania da Paraíba, constava “terras na Ilha do Tiriri, com rede de pescas e cinco escravos”.

A ilha também abrigou um lazareto, em 1850, na época de ocupação do coronel Joaquim Gomes da Silveira, a fim de abrigar aqueles acometidos pela febre amarela trazida por navios estrangeiros à Paraíba, e assim evitar a contaminação dos habitantes da província, conforme relatório apresentado à Assembleia Provincial, destacada na obra do historiador Irineu Pinto (1908). O relatório ainda menciona estrangeiros que passaram a ser tratados na ilha, sob anuência do cônsul britânico, podendo ter sido a motivação que primeiro levou cidadãos ingleses a ocuparem aquelas imediações.

Do historiador Coriolano de Medeiros, autor do Dicionário Corográfico do Estado da Paraíba, inicialmente editado em 1950, cabe extrairmos do verbete da Ilha de Tiriri a descrição sucinta – ainda que bastante imprecisa em relação à data – do empreendimento lá instalado:

Em fins de 1887, ou princípio de 1888, o comerciante português Antônio Varandas de Carvalho, radicado a família paraibana, se transportou àquela ilha acompanhado de um capitão-de-navio, de nacionalidade inglesa, com o fim de atirar às garças, então muito abundantes em toda região alagada do Paraíba. O comandante britânico disse

ao seu companheiro possuir a ilha excelente e abundante material para o fabrico de cimento – a lama do mangue e muita pedra calcária. Varandas, em 1888, foi ao Rio de Janeiro, onde obteve o privilégio para a montagem de uma fábrica de cimento na Paraíba, e, logo após vendeu a concessão a uma sociedade anônima, que, em 1902, iniciou a fabricação, suspendendo os trabalho depois de ter produzido 6000 barricas do artigo, reputado de qualidade superior. Defeitos diversos na maquinaria fizeram a empresa fracassar; e da imponente construção resta, hoje, menos do que ruínas. (MEDEIROS, 2016, p. 262-263)

Nesta ilha, destacada no mosaico apresentado na FIGURA 9, encontram-se as ruínas de uma antiga fábrica de cimento, formando um impressionante sítio arqueológico industrial, objeto deste trabalho, que será melhor descrita a seguir.

FIGURA 9 – LOCALIZAÇÃO DA ILHA DE TIRIRI EM RELAÇÃO À PARAÍBA E AO BRASIL.



Fonte: Adaptado pelo autor do Google Earth (imagem da área de Tiriri datada de 26/01/2007).

2.8 A Fábrica de cimento Portland na ilha do *Tiriry*

Serão discutidos, preliminarmente, alguns eventos relacionados à fábrica paraibana e seu produto – o *Cimento Portland Brasileiro* – referente ao primeiro momento que se pode atribuir à fábrica, quase 40 anos antes do deslinde da questão jurídica denominada “questão da Ilha de Tiriri”.

A Edição nº 187 da Revista de Engenharia, editada em 14 de junho de 1888 na capital federal, então Rio de Janeiro, apresenta em sua seção *Noticiário*, a seguinte novidade:

Companhia de Cimento Brasileiro – No dia 6 de Junho corrente foi lançada pelos engenheiros José Américo dos Santos e Luiz Philippe Alves da Nobrega, como incorporadores, uma companhia para explorar os privilégios concedidos aos Srs. Cyro Diocleciano Ribeiro Pessoa Junior e José Varandas de Carvalho, para fabricar cimento com calcareo e lama ou vaza do mangue.

A fábrica vai ser edificada na ilha do Tiriry, no porto da capital da província da Parahyba do Norte, ilha que possui a vantagem de conter em grande abundância as matérias primas constitutivas do cimento, e de ter um optimo ancoradouro noqual podem fundear com toda a segurança navios de grande callado (Revista de Engenharia, Ed. 187, Rio de Janeiro, 1888, pg. 129).

E assim o artigo apresenta o quadro demonstrativo da composição de diversos cimentos (FIGURA 10), de autoria do químico ensaiador da Casa da Moeda, Dr. Luiz Adolpho Corrêa da Costa:

FIGURA 10 – COMPOSIÇÃO DE DIVERSOS TIPOS DE CIMENTO, COM DESTAQUE PARA O CIMENTO PORTLAND PARAIBANO.

| DENOMINAÇÕES | Cal | Silica | Alumina | Oxydo de ferro | Magnesia | Acido carbonico e agua | Alcalis | Acido sulphurico | Residuo insolavel | OBSERVAÇÕES |
|--------------------------------------|-------|--------|---------|----------------|----------|------------------------|---------|------------------|-------------------|---|
| Portland inglezes..... | 54,40 | 23,72 | 7,73 | 5,50 | 0,86 | 3,76 | 2,64 | 1,12 | — | Extrahido da <i>Chimica Technologica</i> de Knopp, 2º Volume, pag. 64 |
| White & Brothers..... | 57,00 | 15,90 | 6,50 | 4,50 | 2,50 | 3,00 | 1,20 | 0,00 | 9,40 | |
| | 60,23 | 24,07 | 6,92 | 3,41 | 0,82 | 0,00 | 1,60 | 1,67 | 1,47 | |
| Portland { Stettin..... | 61,74 | 25,63 | 6,17 | 0,45 | 2,24 | 0,00 | 1,00 | 1,64 | 1,13 | Extrahido da <i>Chimica Technologica</i> de Knopp, 2º Volume, pag. 64 |
| { Bonn..... | 57,83 | 23,81 | 9,38 | 5,22 | 1,35 | 0,00 | 1,30 | 1,11 | 0,00 | |
| Portland naturaes..... | 63,15 | 25,10 | 8,60 | 1,30 | 0,95 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | Extrahido da <i>Chimica Industrial</i> de Wagner, tomo 1, pag. 85 |
| Boulogne..... | 65,60 | 24,50 | 9,20 | 2,30 | 0,00 | 0,00 | 0,45 | 0,70 | 2,50 | |
| Cimentos romanos de pega rapida..... | 58,38 | 28,83 | 6,40 | 4,80 | 5,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| | 55,50 | 25,00 | 6,96 | 6,63 | 1,73 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| | 58,88 | 23,66 | 7,24 | 7,97 | 2,25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| Cimentos Portland parahibanos *..... | 62,30 | 22,8 | 6,52 | 4,3 | 2,0 | — | 1,7 | — | — | 3 partes de calcareo e 1 de lama |
| | 58,89 | 25,14 | 6,90 | 5,0 | 1,97 | — | 1,97 | — | — | 2 ½ " " " " " " |
| | 54,41 | 28,1 | 7,6 | 5,2 | 1,8 | — | 2,2 | — | — | 2 " " " " " " |

* Composição calculada segundo os dados fornecidos pelas analyses effectuadas no Laboratorio Chimico da Casa da Moeda sob os ns. 500 e 514

Fonte: Retirado de Revista de Engenharia, Ed. 187, Rio de Janeiro, 1888, pg. 129.

O prospecto apresentado pelos incorporadores indica os percentuais calculados de Cal, Sílica, Alumina, Óxido de Ferro, Magnésio e Álcalis, a partir de 3 (três) tipos de mistura da matéria-prima de Tiriri, com 3, 2,5 e 2 partes de calcário para 1 parte de argila, respectivamente. Observa-se o aumento dos percentuais de Sílica, Alumina, Óxido de Ferro e Álcalis com o aumento do percentual de argila na mistura. O objetivo do artigo é ilustrar a compatibilidade, em termos gerais, de valores da composição do material paraibano com a dos demais cimentos

importados utilizados na época, no sentido de assegurar a qualidade do cimento paraibano e o caráter promissor do empreendimento.

Apesar da concessão do privilégio³² da invenção e o lançamento da companhia terem se dado apenas em 1888, o marco histórico formal da indústria brasileira com o cimento Portland deu-se em 1885, quando a carta patente foi apresentada pela primeira vez. Naquele ano, a fabricação do produto no Hemisfério Sul tinha acabado de ser iniciada na Nova Zelândia, então colônia Britânica, conforme será discutido mais adiante.

O *Auxiliador da Indústria Nacional*, periódico existente entre 1833 e 1896, constituía-se como um repositório que fomentava o desenvolvimento econômico do país e destacava os principais fatos ocorridos na indústria brasileira. Dentre as diversas patentes concedidas no ano de 1888, constava como objeto de privilégio “um novo processo de fabricação de cimento de Portland, impermeável, denominado *Cimento Brasileiro*” (Sociedade Auxiliadora da Indústria Nacional, 1889, pg. 135).

Data de 16 de abril de 1888, o relatório do servidor público Cyro Deocleciano Ribeiro Pessoa Júnior acerca do melhoramento do produto cujo privilégio de invenção lhe fora atribuído, juntamente com Sr. José Varandas de Carvalho, mediante carta patente de nº 251, de 1º de Agosto de 1885. Tal relatório, publicado em portaria administrativa no Rio de Janeiro e, ainda naquele mês de abril, divulgado amplamente em diversos jornais da época, versava sobre o melhoramento realizado na fabricação de cimento composto de pedra calcária e lama ou vaza de manguê.

Segundo tal relatório, após inúmeras experiências e misturas de diversas proporções de lama com diferentes calcários, teriam sido alcançados resultados satisfatórios, igualando o cimento aludido a qualidade do melhor cimento Portland. Tal relatório apresentava, ainda, o resultado de diversas análises químicas nos seus constituintes, que seguem reorganizados na TABELA 2 (calcário) e TABELA 3 (argila):

³² Carta patente, em caráter de melhoramento.

TABELA 2 – CONSTITUINTES DO CALCÁRIO SEGUNDO ANÁLISES QUÍMICAS.

| Propriedades | CALCÁRIO (Tonalidades) | | | | |
|----------------------------------|------------------------|---------|---------|-------------|--------------|
| | Acinzentado | Amarelo | Azulado | Cinza Claro | Amarelo Ouro |
| Umidade | 0,58 | 0,40 | 1,40 | - | - |
| Perda | 0,50 | - | - | - | - |
| Sílica | 6,80 | - | - | - | - |
| Alumina (leves traços de ferro) | 12,70 | - | - | - | - |
| Carbonato de cal | 73,60 | 91,20 | 77,80 | 77,80 | 84,700 |
| Carbonato de magnésio | 6,41 | 3,00 | 10,76 | 8,30 | 3,388 |
| Óxido de ferro e alumina | - | 1,40 | 1,80 | - | - |
| Matéria silicosa solúvel | - | 4,00 | 8,60 | - | - |
| Argila (leves traços de quartzo) | - | - | - | 9,90 | - |
| Água, sais alcalinos e perda | - | - | - | 4,00 | 7,052 |
| Argila ferruginosa e quartzo | - | - | - | - | 4,800 |

Fonte: Adaptado pelo Autor da Sociedade Auxiliadora da Indústria Nacional, 1889, pg. 135).

TABELA 3 – CONSTITUINTES DA LAMA/VAZA DO MANGUE SEGUNDO ANÁLISES QUÍMICAS.

| Propriedades | ARGILA (Local de extração do banco) | | | | |
|---|-------------------------------------|----------|-------------|--------|--------------|
| | Superfície | Interior | | Centro | Extremidades |
| | | Normal | Estado seco | | |
| Umidade | 2,23 | 11,64 | 0,00 | - | - |
| Perda na calcinação | 4,80 | - | - | - | - |
| Sílica | 48,80 | - | - | - | - |
| Óxido de ferro e alumina | 13,60 | 18,12 | 20,55 | - | - |
| Alumina | 10,80 | - | - | 10,15 | - |
| Carbonato de cal | 3,00 | - | - | - | - |
| Cloro | 3,04 | - | - | - | - |
| Ácido sulfúrico | 6,14 | - | - | - | - |
| Álcali | 9,97 | - | - | - | - |
| Álcalis e perdas | | | | 8,60 | 8,597 |
| Magnésia e perdas | 1,58 | - | - | - | - |
| Magnésia, álcalis e perdas | | 5,24 | 5,92 | - | 0,233 |
| Ácido carbônico | - | traços | traços | - | - |
| Sílica, areia e feldspato | - | 53,42 | 60,32 | - | - |
| Cal | - | traços | traços | 0,70 | 0,350 |
| Matéria orgânica e água | - | 11,68 | 13,21 | - | 15,200 |
| Matérias voláteis | - | - | - | 22,50 | - |
| Ácido férrico | - | - | - | 10,15 | - |
| Ácido silícico combinado e no estado de quartzo | - | - | - | 42,90 | 62,000 |

Fonte: Adaptado pelo Autor da Sociedade Auxiliadora da Indústria Nacional, 1889, pg. 135).

O relatório, por fim, explica o processo de fabricação do cimento da seguinte forma:

Triturado o calcareo até torna-lo pó, mistura-se, ou por processo secco ou por processo humido, com a lama depois de secca e reduzida também a pó, em proporções convenientes, abaixo indicadas, conforme as respectivas analyses; o que feito, leva-se ao forno de calcinação, onde deve ser sujeita a preparação á temperatura de caler de 1.400 a 1.600 grãos centigrados. O clíncker a que fica reduzida a mistura dos dous materiais, depois de submetidos áquela temperatura, triturado, dá o cimento que presta, não só para todas as obras hydraulicas, como para as que estejam sob a acção do tempo. O seu endurecimento debaixo d'agua faz-se lentamente dentro de 24 horas e nas obras á acção do tempo é completo dentro de poucas horas, crescendo rapidamente nos primeiros sete dias e augmenta-se d'ahi em diante proporcionalmente ao tempo como os seus similares. Estes resultados não me haviam sido assegurados no processo da invenção do cimento que a mim e a José Varandas de Carvalho foi concedido o respectivo privilegio.

Sendo mais, a base do cimento de que trato a junção do calcareo com a lama ou vaza do mangue, reclamo como pontos os caracteres constitutivos do melhoramento para o fabrico do cimento que com José varandas de Carvalho terei de produzir os compostos daquelles dous materiais nas seguintes proporções, por variarem as qualidades do calcareo: de 45% a 100% de calcário puro; de 1% a 30% de lama ou vaza do mangue, quando o calcareo com que tiver de ser misturado não contiver proporções de carbonatos de cal de 60% até 90%. Rio de Janeiro, 16 de Abril de 1888. Cyro Deocleciano Ribeiro Pessôa Junior. (SOCIEDADE AUXILIADORA DA INDÚSTRIA NACIONAL, 1889, p. 19 e 20).

Ressalta-se que não fica claro quais as proporções mais adequadas às diferentes tonalidades de calcário, bem como os diferentes locais de extração de argila. Dos resultados mencionados, só fica evidente que, apesar de indicadas as proporções, os percentuais das misturas apresentam grandes faixas de variação. É nesse contexto que o empreendimento brasileiro se inicia: um contexto cujas dúvidas vão além das entrelinhas da patente do produto, marcadas ao longo dos eventos ocorridos nos quatro anos seguintes.

Um ano se passa, o Brasil Império, que acabara de abolir a escravidão, passa à condição de República dos *Estados Unidos do Brazil*, exatamente no ano em que a fábrica de Tiriri começa a ser construída. Mais dois anos se passam, a direção técnica do empreendimento é substituída e o país vive o drama da crise do Encilhamento no plano econômico, durante o governo do Marechal Deodoro da Fonseca. Enquanto a República da Espada vivencia os precedentes da segunda Revolta da Armada, já no governo de Floriano Peixoto, o cimento

paraibano inaugura suas instalações em fevereiro de 1892, passa a ser vendido no mercado regional e, após enfrentar problemas de naturezas distintas, a fábrica encerra suas atividades em após cerca de seis meses. Começam, em âmbito regional, as tentativas do resgate do empreendimento pelo Presidente da Província Álvaro Machado, mas as tentativas (essas e todas as outras) seguem em vão e adentram à República Oligárquica, a partir de 1894, até tais tentativas se tornarem, curiosamente, o início da famosa questão jurídica da ilha de Tiriri.

A síntese apresentada envolve inúmeros nuances técnicos e questões até então sem (boas) respostas, que pretendem ser esclarecidas nos capítulos a seguir, a partir das pistas e vestígios deixados ao longo do tempo tanto nos registros documentais da época, quanto nas ruínas da fábrica de cimento localizadas na Ilha de Tiriri.

3 MÉTODO: MATERIAIS E TÉCNICAS INSTRUMENTAIS

“Nenhum cientista pensa por fórmulas”.

(Albert Einstein)

O método proposto teve como objetivo identificar os principais vestígios de materiais cimentícios nas ruínas de uma fábrica de cimento Portland do século XIX, mediante vistorias de natureza técnico-científica com a mínima intervenção possível no local, e investigar as características do cimento encontrado, utilizando-se de técnicas de análise microestrutural em suas amostras, a fim de responder se houve, sob perspectivas distintas, produção de cimento Portland na Ilha.

Em linhas gerais, os passos utilizados foram:

- a) Planejamento das visitas com base nos dados históricos levantados sobre o sítio;
- b) Caracterização física do local e registro de dados (levantamento fotográfico, obtenção de imagens de satélite, coordenadas geográficas, plantas, etc.);
- c) Mapeamento de áreas de risco do local;
- d) Levantamento dos locais promissores à retirada de amostras de materiais cimentícios;
- e) Definição dos equipamentos destinados à retirada das amostras;
- f) Retirada das amostras;
- g) Escolha das análises necessárias de acordo com os materiais coletados e das técnicas disponíveis;
- h) Preparação das amostras e realização dos exames;
- i) Análise dos resultados obtidos;
- j) Avaliação da necessidade de realização de outras visitas ao sítio para busca de informações complementares e respectivas providências (repetição dos passos de “e” a “i”);
- k) Síntese e apresentação de resultados.

Para tanto, além da revisão bibliográfica sobre a evolução tecnológica da produção de cimento Portland, das características do processamento e do produto à época, do histórico disponível sobre o extinto empreendimento, foram realizadas quatro visitas de campo nas ruínas da antiga fábrica, localizadas na Ilha de Tiriri, município de Santa Rita/PB. Foram utilizadas técnicas de levantamento de dados em campo aplicáveis às Ciências Forenses, a fim de

caracterizar as construções remanescentes, identificar os vestígios cimentícios mais importantes, e intervir minimamente no local.

3.1 Levantamento preliminar de informações

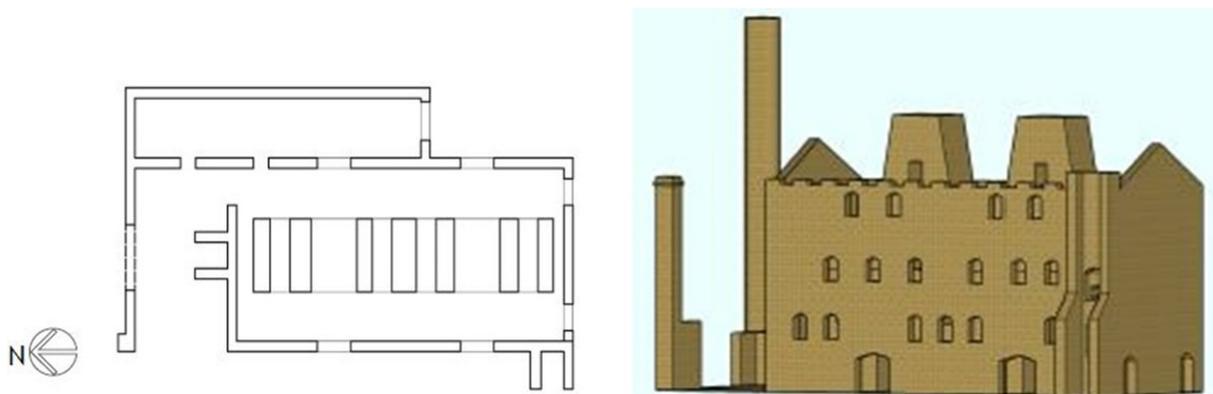
Na etapa prévia ao levantamento de campo foi necessário apurar sistematicamente algumas informações sobre o local a ser explorado. Conforme, explicado no capítulo anterior, foi necessário primeiramente o levantamento da história do sítio visitado e suas principais características físicas.

O documento que primeiro ofereceu subsídios neste sentido foi o trabalho de Cavalcanti Filho *et al* (2014), que, com o objetivo de sugerir iniciativas para um maior conhecimento sobre a antiga usina da Ilha de Tiriri, apresentava informações como a localização da ilha e dados gerais da fábrica, incluindo fotografias de duas de suas fachadas e ainda de seu interior, bem como ilustrações referentes a sua planta baixa e perspectiva 3D (FIGURA 11). Além disso, o trabalho apresentava informações sobre o suposto período de funcionamento do empreendimento, especulações sobre o seu fracasso, e ainda destaca construções onde, possivelmente, o cimento de Tiriri teria sido utilizado.

De posse de tais informações iniciais foram levantadas informações complementares, especialmente com a ajuda de imagens de satélite e com a base de dados da Hemeroteca da Biblioteca Nacional e outras fontes primárias, a fim de se planejar a primeira visita de campo.

Trata-se de um sítio industrial abandonado que conservaria as características originais do empreendimento fracassado – teria operado por cerca de alguns meses de 1892. Seria, portanto, um testemunho material legítimo de elementos construtivos contendo Cimento Portland do final do século XIX, com todas as características que são peculiares ao período inicial da atividade cimenteira no Brasil e no mundo, tanto em relação ao material cimentício que edificou a fábrica, quanto em relação ao cimento produzido ali produzido e nela aplicado.

Além disso, as ruínas da fábrica de Tiriri conservariam ainda um dos importantes tipos de fornos utilizados para fabricar cimento na época, tecnologia imediatamente substituída pelo forno rotativo, um verdadeiro divisor de águas no processo produtivo do cimento Portland, inclusive, com repercussão nas características minerais do produto.

FIGURA 11 – PLANTA BAIXA DA FÁBRICA E MODELO 3D DA ELEVAÇÃO SUDOESTE.

Fonte: Retirado do Banner de Cavalcanti Filho *et al* (2014).

Segundo informações da Secretaria de Patrimônio da União (SPU), a ilha de Tiriri vem se mantendo regularmente ocupada por empresa que desenvolve atividade de carcinicultura em parte do seu território, de cerca de 460 hectares, conforme consta nos registros imobiliários da instituição.

Consultando os órgãos públicos responsáveis pelo patrimônio histórico, o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico do Estado da Paraíba (IPHAEP) e o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), não se tem notícia de que as ruínas da fábrica de cimento da ilha de Tiriri sejam patrimônio tombado ou receba outro tipo de registro ou proteção pela sua importância histórica e cultural. Tal fato foi endossado pelos pareceres de profissionais da área de Arquitetura e Arqueologia da instituição, após consulta.

O único instrumento encontrado que reserva certa proteção ao conjunto encontra-se no plano Diretor do Município de Santa Rita – Lei Municipal nº 1.264/2006 (SANTA RITA, 2006). A referida lei enumera dentre as áreas de interesse especial – neste caso, recreativo – o entorno da Primeira Fábrica de Cimentos da América Latina³³ (inciso VI, do §2º, do Art. 10); classifica dentre os imóveis e conjuntos protegidos em relação ao uso e ocupação de áreas a “Fábrica de Cimento da América do Sul”³⁴ (inciso XI, do §1º do Art. 33) e o “Conjunto da 1ª Fábrica de Cimento da América do Sul, compreendendo a ruína da “Fábrica, o portal de entrada e a árvore centenária, localizados na Ilha de Tiriri” (inciso X, do §2º do Art. 33); e demonstra o interesse daquela municipalidade em sua futura exploração turística ao incluir a fábrica nas

³³ Destaca-se a imprecisão contida na lei que ora refere-se à fábrica como primeira da América Latina, ora como a primeira da América do Sul.

³⁴ Entende-se que o imóvel indicado pela legislação como “Fábrica de Cimento” seja o que se identificou neste trabalho como “Prédio dos Fornos”.

diretrizes da Política de Turismo Municipal, através da criação de um parque em seu entorno (inciso XIV, do Art. 63).

Ressalta-se que, além das visitas destinadas ao levantamento preliminar de informações, foram realizadas inúmeras e sucessivas visitas a acervos pessoais de fotógrafos, historiadores, engenheiros, arquitetos, jornalistas e advogados, bem como a bibliotecas privadas e bibliotecas públicas das seguintes instituições: Seção de Coleções Especiais e Obras Raras da UFPB, Núcleo de Documentação e Informação Histórica Regional da UFPB, Espaço Cultural José Lins do Rego, Fundação Casa de José Américo, Justiça Federal na Paraíba e Tribunal de Justiça do Estado da Paraíba.

Além das bibliotecas destacadas, também foram visitadas as seguintes instituições: Arquivo Público do Estado da Paraíba (Acervo Waldemar Duarte), Anexo da Casa da Pólvora da Fundação Cultural de João Pessoa (FUNJOPE), Coordenadoria do Patrimônio Cultural de João Pessoa (COPAC), 1º Grupamento de Engenharia do Exército Brasileiro (1º Gpt E), Capitania dos Portos da Paraíba (CPPB), Instituto de Terras e Planejamento Agrícola do Estado da Paraíba (INTERPA/PB), Diretoria de Geoprocessamento e Cadastro da Prefeitura Municipal de João Pessoa/PB, Secretaria de Cultura da Prefeitura Municipal de Santa Rita/PB, Instituto Histórico e Geográfico da Paraíba (IHGP), Instituto Histórico e Geográfico de Bayeux/PB, Arquivo do Tribunal de Justiça do Estado da Paraíba, Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA) e Capela do Cemitério Senhor da Boa Sentença.

Por fim, foram consultados, à distância, o acervo das seguintes instituições nacionais: Biblioteca Nacional, Arquivo Nacional, Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil (CPDOC/FGV) e Diretoria do Patrimônio Histórico e Documentação da Marinha (DPHDM); e, em âmbito internacional, o acervo do *Grace's Guide to British Industrial History*. Para construção do diagrama de elos entre eventos e personagens da fábrica, a partir do levantamento documental, foi utilizado o software *i2 Analyst's Notebook*, da IBM.

3.2 Vistorias

Uma vistoria de natureza científica deve ser programada de acordo com as informações que se pretende extrair do local, a depender do tipo de motivação que a provocou. Para tanto, são estabelecidos objetivos a serem atendidos ao longo de uma investigação, de forma que se possa atender a motivação inicial – tal qual ocorre, de forma análoga, no desenvolvimento de uma investigação pericial.

A depender do tamanho do sítio, das informações e evidências que se pretende extrair dele, nem sempre há tempo ou recursos disponíveis para uma vistoria exaustiva e completa em todas as suas possibilidades, mesmo porque uma investigação acadêmica ou forense – na qual, diante de vestígios, os exames são indispensáveis – costuma ter uma natureza específica, ou seja, um problema a ser investigado e uma questão a ser respondida. Neste sentido, em um sítio arqueológico industrial, cujo cerne da investigação são vestígios de processos ou produtos de um passado remoto, é essencial que o vistoriador-pesquisador tenha levantado informações históricas e características físicas do local de forma a conhecer previamente:

- as características de acesso, incluindo desde os meios de transporte possíveis até pessoas ou instituições que franqueiem o seu acesso, a fim de definir melhores rotas e evitar contratemplos;
- os riscos (químicos, físicos, biológicos, de acidentes ou ergonômicos) a que o vistoriador e sua equipe possam estar sujeitos durante a vistoria, visando sempre à integridade física de todos e a preservação do local;
- o processo produtivo daquelas instalações;
- as principais técnicas construtivas utilizadas na época;
- os ambientes, equipamentos ou máquinas que podem estar melhor relacionados aos objetivos da investigação;
- os elementos construtivos que devem ser priorizados nas análises, no sentido de fornecerem amostras mais promissoras à pesquisa;
- as formas mais práticas e menos invasivas de retirada de amostras, visando, ao máximo, à integridade da edificação e preservação de suas características originais.

Para isso, o vistoriador-pesquisador deve seguir algumas etapas, que envolvem:

- levantamento exaustivo de informações históricas e atuais sobre o local, seja mediante pesquisa em documentação, endereços eletrônicos e ainda entrevista com pessoas que já foram ao sítio;
- análise de imagens do sítio, incluindo imagens aéreas e de satélite do imóvel e de suas imediações; e
- realização de uma visita preliminar ao sítio, visando testar as formas de deslocamento ao local, proceder a um reconhecimento geral da área, com a catalogação dos riscos e levantamento das condições atuais, mediante registro fotográfico.

O levantamento fotográfico (terrestre) das diversas visitas fez uso de câmeras Sony DSC-TX5, Nikon D3200 e GoPro Hero4, além de registro complementar de imagens em câmeras de aparelhos de telefonia celular do tipo *smartphone*, com sistemas operacionais iOS e Android.

O deslocamento de barco à motor até a Ilha foi realizado a partir dos portos da Praia do Jacaré (1ª e 2ª visitas), município de Cabedelo, e da Ribeira (3ª e 4ª visitas), no distrito de Livramento, município de Santa Rita. Todas viagens contaram com o apoio fundamental de colegas de trabalho da Polícia Federal e/ou do Programa de Pós-graduação em Ciência em Engenharia de Materiais da UFPB.

O método do trabalho de campo será esmiuçado nos capítulos seguintes, apresentando os resultados obtidos em cada visita realizada, bem como o registro das principais atividades desenvolvidas nesse sentido.

3.2.1 A PRIMEIRA VISITA DE CAMPO

Realizada em outubro de 2016, a 1ª visita destinou-se ao levantamento preliminar físico do local mediante voos de drone (nomenclatura popular de Aeronave Remotamente Pilotada³⁵). Aproveitou-se a oportunidade para coleta de amostras de argamassas de revestimento da fachada e do assentamento de tijolos do prédio dos fornos, bem como amostra de argila do mangue da ilha – tendo em vista a hipótese mítica sobre as propriedades cimentícias de sua lama.

3.2.1.1 Aerolevanteamento

O uso de RPA (*Remotely Piloted Aircraft*) neste sítio de importância histórica mostrou-se altamente recomendável, pois além de ser uma ferramenta capaz de obter, com rapidez e precisão, uma enorme quantidade de dados de alta qualidade, trata-se de um método minimamente invasivo, permitindo a visualização até mesmo dos locais de mais difícil acesso sem a necessidade de contato físico com os elementos da edificação ou do seu entorno, conforme apontado por Medeiros *et al* (2017).

³⁵ A sigla RPA, em inglês, tornou-se a nomenclatura adotada pelo DECEA e pela ANAC.

Tendo em vista a versatilidade, a facilidade de transporte, montagem, operação e baixo custo financeiro, e levando em conta o objetivo do levantamento, optou-se pela utilização de uma aeronave do tipo multirrotor, tendo sido utilizado um quadricóptero (multirrotor), marca DJI, modelo *Phantom 4*.

O planejamento da vistoria ensejou o levantamento de informações atualizadas sobre o local, que incluiu o levantamento de: imagens de satélite e área aproximada do sítio, fotografias do imóvel, altura estimada das construções e objetos, formas de deslocamento e condições de risco, climáticas, geográficas e de vizinhança.

Entre voos sob rotas programadas com base em imagens de satélite, a alturas distintas, e voo pairado com visada para o prédio dos fornos, foram registradas 576 imagens e um vídeo em alta resolução das ruínas e de suas imediações. Posteriormente, as imagens foram separadas por voo e trabalhadas no software *Agisoft PhotoScan Professional*, versão 1.2.6.

O aerolevante gerou, como produtos, modelos digitais, curvas de nível e nuvem de pontos, possibilitando a elaboração de um modelo tridimensional, de ortomosaicos e restituição planimétrica da área. Dentre os produtos apresentados, destaca-se o modelo digital 3D das ruínas, conforme apresentado na FIGURA 12.

FIGURA 12 – MODELO DIGITAL 3D DAS RUÍNAS: Chaminé (1), Alojamento dos funcionários – edificação parcialmente recente (2), Parede da Casa do Motor (3), Prédio dos fornos (4) e Casa dos calcários (5).



Fonte: Adaptado de Medeiros *et al* (2017).

Os detalhes da coleta e do processamento das imagens, bem como a pormenorização dos produtos gerados e descritos no artigo de Medeiros *et al* (2018), apontaram a viabilidade do método em levantamentos de campo voltados à realização de perícias criminais em patrimônio histórico (sítios), conforme hipótese prevista no estudo experimental.

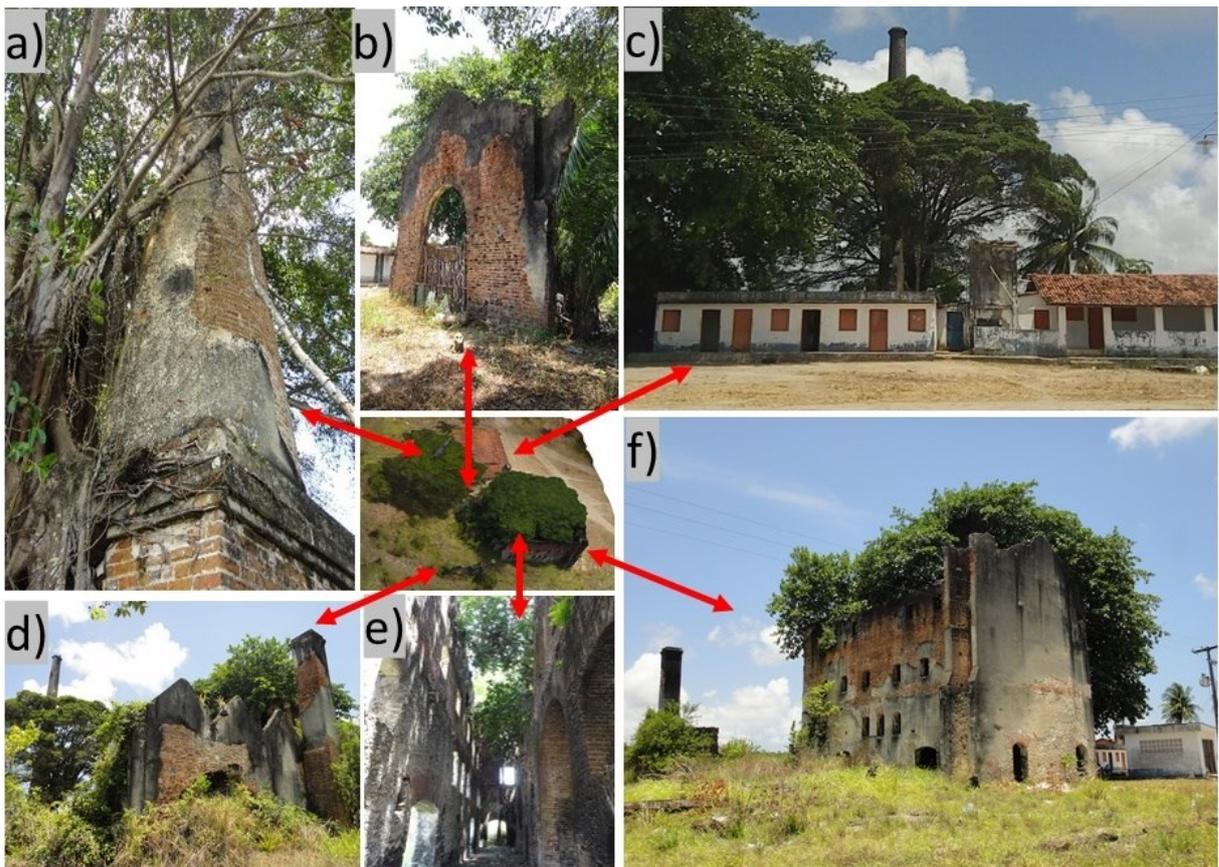
Não foram realizados voos no interior do prédio dos fornos, em virtude da inadequação do equipamento às condições de espaço e risco ali encontrados como densa vegetação, insetos e morcegos, o que iria requerer a utilização de um mini-drone (indisponível). Tais limitações encontradas, no entanto, foram contornadas mediante vistoria tradicional (caminhada com lanterna e câmera fotográfica), a fim de reconhecimento dos locais a serem melhor explorados, visando a busca de vestígios de materiais cimentícios.

3.2.1.2 Levantamento tradicional/convencional

Enquanto os voos com RPA estavam sendo realizados, foi realizada vistoria ao longo do perímetro do sítio (na área autorizada), especificamente no entorno do prédio dos fornos. Tendo em vista a altura da vegetação, algumas áreas não puderam ser acessadas, tendo a vistoria ficado restrita à base da chaminé, à parede remanescente da casa do motor, ao interior do prédio dos fornos e às imediações da casa de calcários.

A documentação fotográfica partiu do geral para o específico, conforme recomenda a literatura referente ao processamento de locais de perícia, no âmbito da Criminalística. As imagens dos locais que formaram o mosaico da FIGURA 13 serão apresentadas novamente ao longo deste trabalho.

FIGURA 13 – MOSAICO DE IMAGENS COM CENTRO NO MODELO DIGITAL DAS RUÍNAS: a) chaminé; b) parede da casa do motor; c) alojamento dos funcionários; d) prédio dos fornos; e) interior do prédio dos fornos; f) casa dos calcários.



Fonte: Produzido pelo autor.

Tendo em vista a limitação de acesso durante a primeira visita, foi possível identificar *a posteriori*, mediante alcance da câmera do drone, outra construção remanescente ao sul do prédio dos fornos (FIGURA 14). Trata-se da parede da caldeira do prédio onde as barricas eram

fabricadas e sua respectiva chaminé, contígua a uma edificação de construção mais recente. O registro fotográfico desta ruína somente foi possível na visita posterior. Na saída da ilha foi coletada argila do mangue para realização de ensaios.

FIGURA 14 – IMAGEM ÁEREA DAS RUINAS: Círculo em vermelho indica o local de parede remanescente no contexto das construções pesquisadas na primeira visita do sítio.



Fonte: Produzido no aerolevante realizado por Rhassanno Patriota, durante a visita de campo.

3.2.2 A SEGUNDA VISITA DE CAMPO

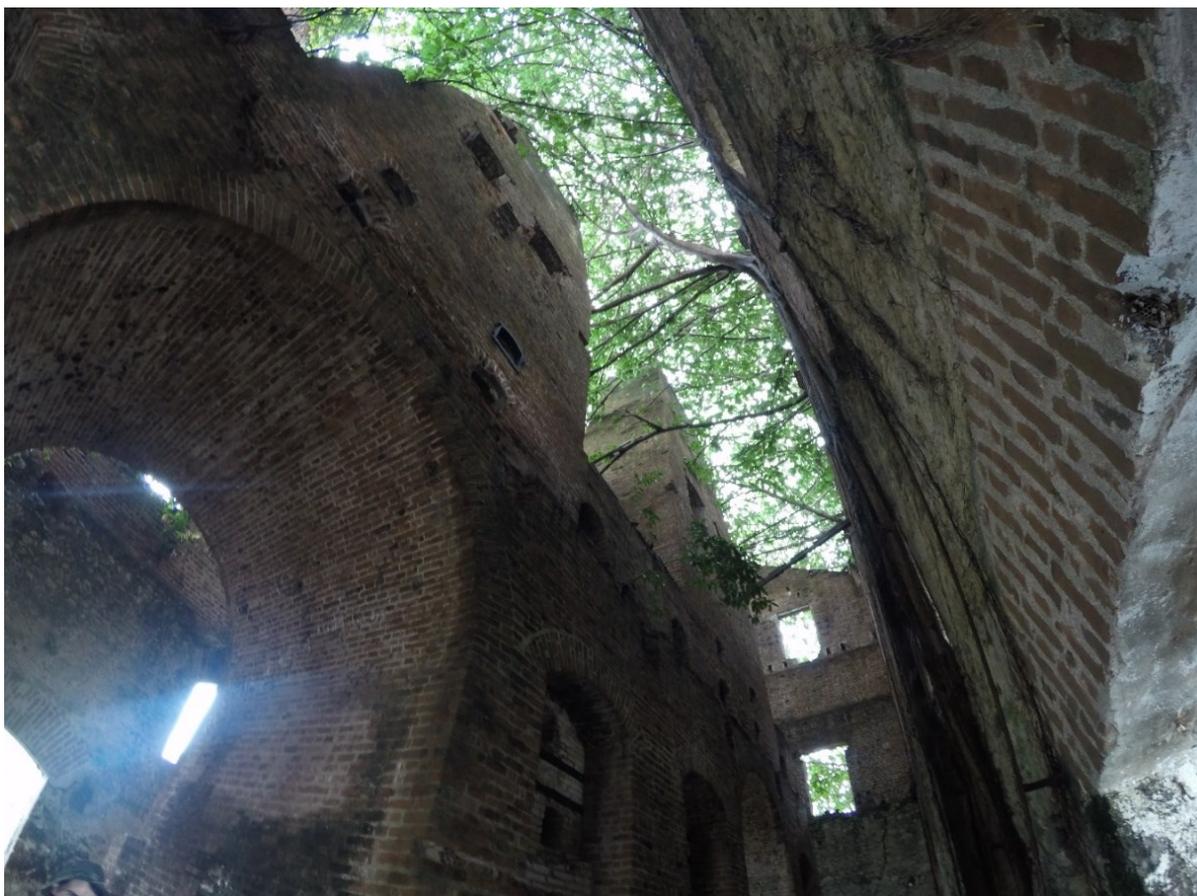
A primeira visita de campo a um sítio histórico é comparável a assistir a um espetáculo pela primeira vez: o espectador fica deslumbrado com obra – a depender do impacto emocional que lhe causa, evidentemente – e pode ter comprometidas as suas aptidões críticas diante da necessidade de observações mais profundas sobre o objeto de atenção. A extensão do sítio, a sua monumentalidade, o *stress* oriundo de riscos no local, as condições climáticas extremas ou castigantes, tudo pode comprometer os trabalhos pioneiros, que devem ser tratados, simplesmente, como estudos preliminares a um estudo maior que eventualmente se faça.

Neste espírito foi programada a segunda visita. No ínterim entre a primeira e a segunda visita, foi realizada uma revisitação à pesquisa bibliográfica consultada, bem como nova consulta a outros acervos, que permitiram consolidar o conhecimento disponível sobre as ruínas até então, inclusive aqueles adquiridos na primeira visita.

Realizada em janeiro de 2018, a segunda visita destinou-se principalmente à coleta de amostras de materiais no interior dos fornos *Dietzsch*, (FIGURA 15) à realização medidas complementares nas edificações – para verificar dados obtidos na revisão de literatura – e à coleta de amostras de calcário da jazida localizada ao sul das ruínas (Ilha Marques).

Pela sua configuração, os fornos duplos *Dietzsch* foram divididos em dois conjuntos, para fins de referência neste trabalho: norte e sul. Cada grupo, por sua vez, foi subdividido em dois, e numerados de 1 a 4, conforme será ilustrado no Capítulo 4.

FIGURA 15 – INTERIOR DO PRÉDIO DOS FORNOS.



Fonte: Produzido durante a visita de campo.

Graças à visita preliminar foi possível estimar os materiais e equipamentos necessários à segunda visita, destinada principalmente à retirada de amostras do interior do forno, entre

3,00 m de 5,00m de altura da sua base, altura compreendida entre a zona de resfriamento e a zona de queima. Neste sentido foram utilizadas ferramentas (marreta, talhadeira e ponteira), uma escada extensiva de alumínio (10 degraus) e holofote refletor com ajuste de zoom e foco direcionável da marca J.W.S, modelo WS-552. As ferramentas também foram utilizadas para retirada de amostras de calcário da jazida localizada na Ilha Marques.

Além de embalagens plásticas para armazenamento das amostras retiradas, também foi utilizada uma caixa térmica de poliestireno expandido (isopor) para o transporte das amostras em segurança e abrigo de chuva ou respingos provenientes da travessia de barco. Também foram necessários o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) a exemplo de botas, luvas e macacão para apicultura (FIGURA 16), tendo em vista o ambiente hostil identificado no interior dos fornos, que se encontrava repleto de marimbondos.

FIGURA 16 – MOMENTO PRÉVIO À COLETA DE AMOSTRAS NO INTERIOR DOS FORNOS.



Fonte: Produzido durante a visita de campo.

A pesquisa bibliográfica de trabalhos das áreas de Geodinâmica, Geologia e Geografia da região (GUEDES, 2002; ARAÚJO, 2012; LAVOR, 2016), juntamente com a observação de imagens de satélite do entorno, permitiu estimar prováveis locais de jazidas na Ilha, tendo em

vista seu acesso restrito. O trabalho de Guedes (2002) apresentou dados sobre a variação altimétrica da ilha e os de Araújo (2012) e Lavor (2016) foram mais precisos em apontar o local de uma jazida na ilha de Tiriri³⁶, visitada na oportunidade, conforme ilustra a FIGURA 17. Oportunamente, no Capítulo 4, os locais das jazidas visitadas serão indicados em imagem de satélite.

FIGURA 17 – VISTA DA JAZIDA VISITADA: PEQUENO LAGO SUGERE ANTIGA ATIVIDADE.



Fonte: Produzido durante a visita de campo.

3.2.3 A TERCEIRA VISITA DE CAMPO

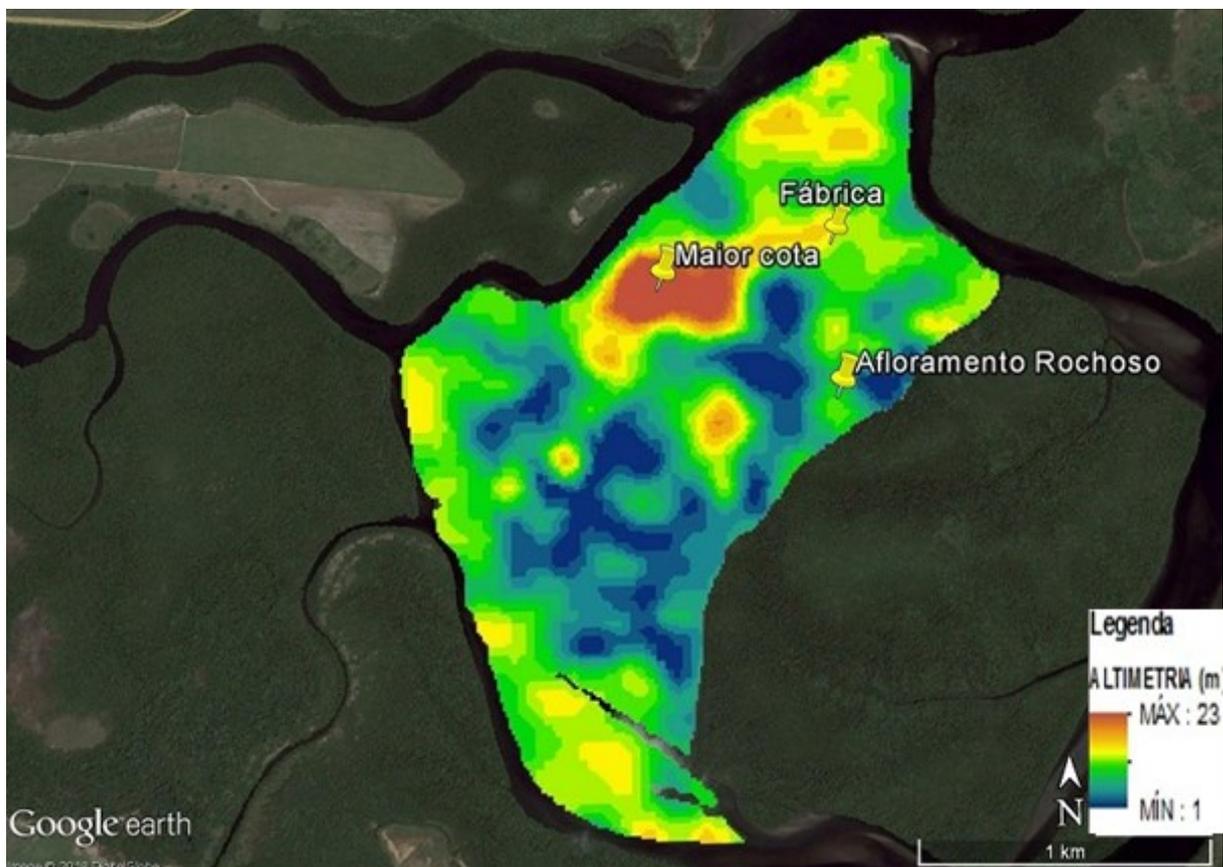
A 3ª visita, realizada em setembro de 2018, destinou-se à realização da coleta de amostras de calcário e argila da jazida localizada a oeste das ruínas, ao registro de imagens da parte superior do forno (acima de 5m), e à tentativa de registro de imagens das áreas até então não acessadas. Tendo em vista a necessidade de realização de uma maior varredura em boa parte da Ilha de Tiriri, no planejamento da visita foi previsto o contato com membros da

³⁶ Tratava-se, portanto, da jazida aqui identificada como pertencente à Ilha Marques, visitada na oportunidade.

comunidade local de Livramento, Santa Rita/PB, e funcionários da empresa que opera na ilha, que acompanharam os trabalhos de campo, com a devida anuência de sua gerência.

Antes da visita, foi necessário estimar, mediante o uso de mapas antigos e imagens de satélite, a possível localização de uma segunda jazida que pudesse ter atendido à fábrica. No sentido de melhor analisar a topografia de toda a ilha, foi elaborado um Modelo Digital de Terreno³⁷ da área estudada, com base na delimitação de sua poligonal circundante e preenchimento de falhas e refinamento, tendo como resultado do processamento o seguinte *shape* sobreposto ao Sistema de Coordenadas Geográficas – Datum WGS 84 – no software *Google Earth Pro*, apresentado na FIGURA 18.

FIGURA 18 – MDT ELABORADO PARA FINS DE TENTATIVA DE LOCALIZAÇÃO DE JAZIDA.



Fonte: Produzido pelo autor sobre MDT gerado por Willian Senna.

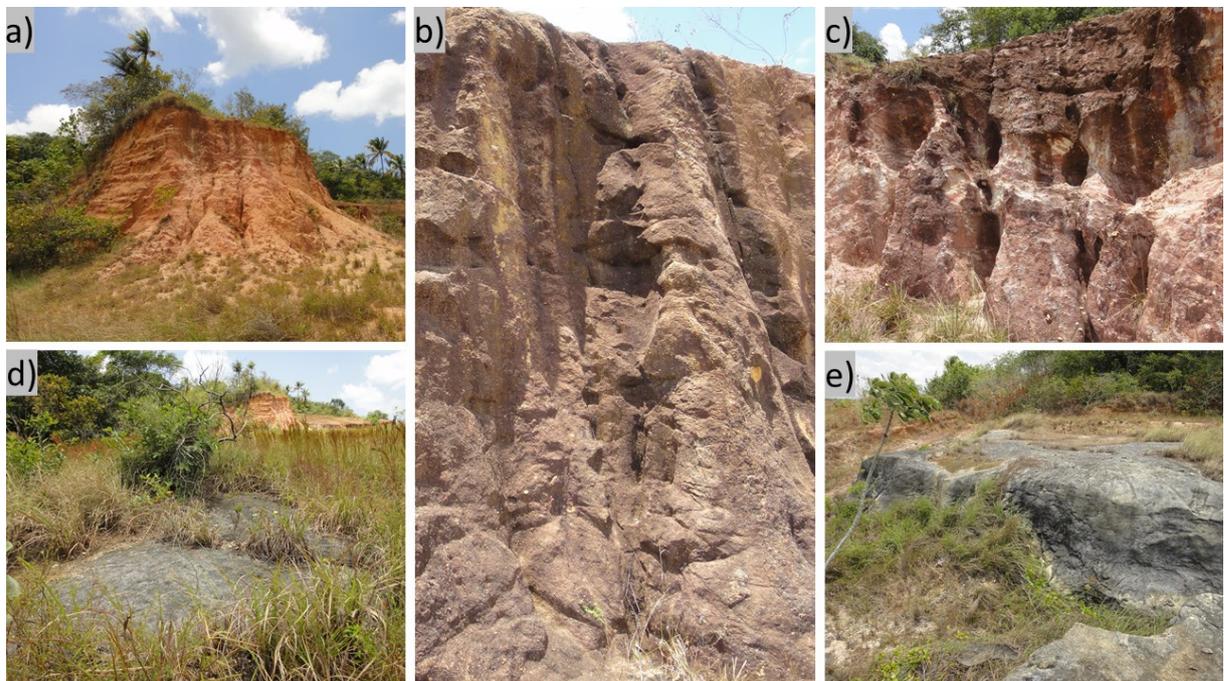
Os dados consultados sobre a linha férrea do antigo empreendimento, bem como da obra de Santos (1928) sobre os calcários do estuário do Rio Paraíba, também foram convergentes no

³⁷ Gerado com auxílio de software de processamento geoespacial *ArcGIS*, a partir do Banco de Dados geomorfométricos do Brasil – Projeto TOPODATA, realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), utilizando-se a quadricula 07_36_ (<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>. Acesso em 03/03/2018)

sentido de indicar outro local para a jazida da fábrica além daquele afloramento rochoso identificado na Ilha Marques.

Tendo em vista o resultado do MDT, em confronto com dados obtidos junto a mapas da SPU e na bibliografia consultada da época, foi identificado o ponto de maior cota da ilha e registrado para fins de localização de visita, o que possibilitou a localização precisa de uma jazida de calcário e de argila (barreira). Além da coleta de amostras do calcário encontrado, foram retiradas amostras de argila de três diferentes regiões da barreira, tendo em vista a diferença de coloração do material, conforme apresentado no mosaico da FIGURA 19.

FIGURA 19 – MOSAICO DE IMAGENS DA JAZIDA IDENTIFICADA À OESTE DA FÁBRICA: detalhe da jazida de argila (“a”, “b” e “c”) e dos afloramentos rochosos (“d” e “e”).



Fonte: Produzido durante a visita de campo.

Na oportunidade da visita, foram obtidos outros três achados: o local do antigo porto da Ilha de Tiriri, incluindo construção centenária em pedra argamassada; o antigo forno desativado de cal que servia a ilha, localizado em mata a oeste da jazida identificada; e uma peça de cimento hidratado, em formato de barrica, localizado entre os prédios dos fornos e a casa dos calcários.

Em relação a este último achado, tendo em vista o seu formato sugestivo de barrica – recipiente utilizado para transportar o cimento produzido até o início do século XX – foram retiradas pequenas amostras da superfície superior da peça (irregular), a fim de identificar, por meio de técnicas de caracterização microestrutural, se o material resguardava características de um cimento produzido naquela época (mesoportland) e/ou do material da colagem do interior

dos fornos da fábrica. A mudança de tonalidade identificada em pontos localizados no sentido do interior da peça, em relação à sua superfície, foi utilizada como critério para orientar o procedimento de retirada de amostras, a fim de que a frente de carbonatação existente fosse minimamente ultrapassada.

Além disso, foi possível registrar por imagens algumas características do tijolo refratário utilizado no interior dos fornos *Dietzsch*, a fim de compará-lo com exemplar existente em laboratório de Geociências do CCEN/UFPB. Para tanto, tendo em vista o risco de voo de RPA no interior dos fornos (área inferior a 4,00 m² e com obstáculos), foi utilizado, em caráter experimental, uma baliza³⁸ graduada, extensível até a altura de 5,00m, com uma câmera acoplada no suporte destinado ao prisma, ilustrado na FIGURA 20. Esta etapa compreendeu apenas a filmagem do interior dos fornos.

FIGURA 20 – MOSAICO ILUSTRANDO A TÉCNICA UTILIZADA PARA FILMAR A PARTE SUPERIOR DO FORNO.



Fonte: Produzido durante a visita de campo.

Ressalta-se que os achados mencionados serão apresentados, pormenorizadamente, no Capítulo 4, incluindo suas imagens.

A peregrinação ainda permitiu registrar imagens (FIGURA 21) de vestígios de duas construções remanescentes da antiga atividade salineira na ilha, provavelmente do final do

³⁸ Acessórios de equipamento de Estação Total da marca *Topcon*.

século XIX ou início do século XX, que, apesar de não se incluírem no escopo deste trabalho, também fazem parte do patrimônio histórico industrial paraibano.

FIGURA 21– VESTÍGIOS DA ANTIGA SALINA EXISTENTE NA ILHA MARQUES.



Fonte: Produzida pelo autor.

3.2.4 A QUARTA VISITA DE CAMPO

Tendo em vista os resultados preliminares das técnicas de caracterização microestrutural (FRX e DRX) das amostras retiradas da peça de cimento hidratado (oriundo de barrica), foi informado ao orientador da pesquisa e ao Diretor do Centro de Tecnologia (CT) da UFPB a importância histórica e científica do achado, bem como a vulnerabilidade de que o mesmo se encontrava, tendo em vista tratar-se apenas de um pedregulho aos olhos menos atentos, e poder ser inadvertidamente empregado em obras civis na ilha pela empresa que lá opera. O Diretor do CT então encaminhou ofício ao representante da empresa, a fim de que resguardasse a peça até que se comunicasse ao IPHAN sobre a necessidade de remover a peça ao Laboratório de Caracterização Microestrutural (LCM) da instituição, a fim de preservá-la e melhor examiná-la, inclusive, no âmbito desta pesquisa.

Apesar de esclarecer que as ruínas da fábrica de cimento Ilha de Tiriri estariam fora de sua competência, a instituição viu com bons olhos a remoção da peça ao laboratório da UFPB para realização de estudos adequados que pudessem ajudar a registrar parte da história da tecnologia dos materiais na Paraíba. Após a manifestação do IPHAN em pareceres das áreas de

Arqueologia e Arquitetura, a quarta visita à Ilha de Tiriri foi planejada e executada no âmbito desta pesquisa.

A última visita, realizada em dezembro de 2018, destinou-se, portanto, ao registro – mediante uso de RPA – da localização precisa da peça de cimento hidratado no contexto das ruínas e à sua remoção para o LCM/UFPB a fim de ser preservada e melhor analisada.

Levando-se em conta o objetivo do levantamento, optou-se pela utilização de uma aeronave do tipo multirrotor, tendo sido utilizado um quadricóptero (multirrotor), marca DJI, modelo *Mavic Pro*. Foram realizados dois voos contextualizando o objeto, a partir das demais construções referentes à fábrica de cimento, de onde foi possível registrar vídeos, imagens e georreferenciar o objeto, conforme será ilustrado no Capítulo 4.

A maquete digital das feições das edificações integrantes da fábrica à época foi gerada no software *SketchUp Pro 2014*, da empresa *Trimble*.

Em relação ao levantamento fotográfico previsto para a referida peça, foi realizado o mesmo método que permitiu a elaboração do modelo digital 3D³⁹ do sítio, excluindo o uso de RPA. Para tanto foram registradas 60 imagens da superfície do objeto, com exceção de sua base.

3.3 Materiais

Neste trabalho foram pesquisados dez materiais, a saber (siglas na TABELA 4):

- 1) Argila do mangue: material de coloração escura, retirado de mangue próximo ao antigo porto da ilha, denominado neste trabalho de ARM;
- 2) Calcário da Jazida da Ilha Marques: material de coloração branco-amarelada, extraído de diferentes pontos jazida ao sul das instalações da fábrica, denominado neste trabalho de CAL1;
- 3) Calcário da Jazida da Ilha de Tiriri: material de coloração amarelo-acinzentado, extraído de jazida a oeste das instalações da fábrica, denominado neste trabalho de CAL2;
- 4) Argila do capeamento da Jazida da Ilha de Tiriri: material de coloração variável (vermelho, roxo e branco), extraído de diferentes pontos da jazida a oeste das instalações da fábrica, denominado neste trabalho de ARG1, ARG2 e ARG3;

³⁹ Software *Agisoft PhotoScan Professional*.

5) Tijolo branco: material de coloração branco-amarelada, de acabamento irregular e dimensões aproximadas de 27 x 12 x 6 (cm) e encontrado avulso no interior de um dos fornos, denominado neste trabalho de TFB;

6) Vestígios de queima do interior dos Fornos: material heterogêneo em relação à cor, textura e natureza, retirado da colagem do interior dos fornos ou de vestígios de queima, denominados neste trabalho de FN1 (FN1V e FN1C), FN2, FN3 e FN4;

7) Alvenaria do interior do forno: material extraído da parede interna do forno em local onde não houve maiores vestígios de queima de material, a fim de ser utilizada como “branco de campo”⁴⁰, denominado neste trabalho de FBR;

8) Argamassa de assentamento dos tijolos: material de coloração branco-amarelada, proveniente da fabricação de argamassa de cal para erguer a alvenaria da fábrica, tendo sido produzido em forno alheio ao daquelas instalações, denominado neste trabalho de AAC;

9) Argamassa de revestimento (reboco): material de coloração cinzenta, proveniente da mistura de areia com o cimento produzido na ilha, utilizado para revestir externamente a parede do prédio dos fornos, denominado neste trabalho de RPF;

10) Cimento hidratado: material de coloração cinzenta, extraído de pedregulho em formato de barrica encontrado entre o prédio dos fornos e a casa dos calcários da fábrica, denominado neste trabalho de CPB.

TABELA 4 – RESUMO DOS MATERIAIS E SIGLAS RESPECTIVAS.

| Material | Sigla adotada |
|---|--------------------------------------|
| Argila do mangue | ARM |
| Calcário da Jazida da Ilha Marques | CAL1 |
| Calcário da Jazida da Ilha de Tiriri | CAL2 |
| Argila do capeamento da Jazida da Ilha de Tiriri | ARG1, ARG2 e ARG3 |
| Tijolo branco | TFB |
| Vestígios de material queimado no interior dos Fornos | FN1 (FN1V e FN1C), FN2, FN3 e FN4 |
| Alvenaria do interior do forno | FBR |
| Argamassa de assentamento dos tijolos | AAC |
| Argamassa de revestimento (reboco) | RPF |
| Cimento hidratado | CPB |

Fonte: Produzido pelo autor.

⁴⁰ Amostras de controle para análises químicas que servem para identificar eventuais contaminações durante o processo de coleta de amostras em campo.

A TABELA 5 apresenta os materiais tendo em vista sua fase em relação à fase de processamento (matéria-prima, produto⁴¹ e aplicação⁴²).

TABELA 5 – CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS QUANTO À FASE DE PROCESSAMENTO.

| Material | Fase de Processamento |
|---|------------------------------|
| Argila do mangue | matéria-prima |
| Calcário da Jazida da Ilha Marques | matéria-prima |
| Calcário da Jazida da Ilha de Tiriri | matéria-prima |
| Argila do capeamento da Jazida da Ilha de Tiriri | matéria-prima |
| Tijolo branco | matéria-prima |
| Vestígios de material queimado no interior dos Fornos | produto |
| Alvenaria do interior do forno | produto (branco de campo) |
| Argamassa de assentamento dos tijolos | aplicação |
| Argamassa de revestimento (reboco) | aplicação |
| Cimento hidratado | aplicação |

Fonte: Produzido pelo autor.

Alguns exemplos das amostras extraídas são apresentados nas figuras seguintes.

O primeiro conjunto (FIGURA 22) ilustra amostras extraídas do interior do forno ao norte (FN1), onde a atividade de queima teve destaque. As últimas duas amostras foram próximas da região dos tijolos. O segundo conjunto (FIGURA 23) ilustra amostras retiradas de fornos sem maiores vestígios de queima. O terceiro conjunto (FIGURA 24) ilustra as amostras dos fornos que foram submetidas a embutimento para fins de Microscopia. O quarto conjunto (FIGURA 25) ilustra exemplos de amostras que foram submetidas a preparação e embutimento exclusivamente para análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

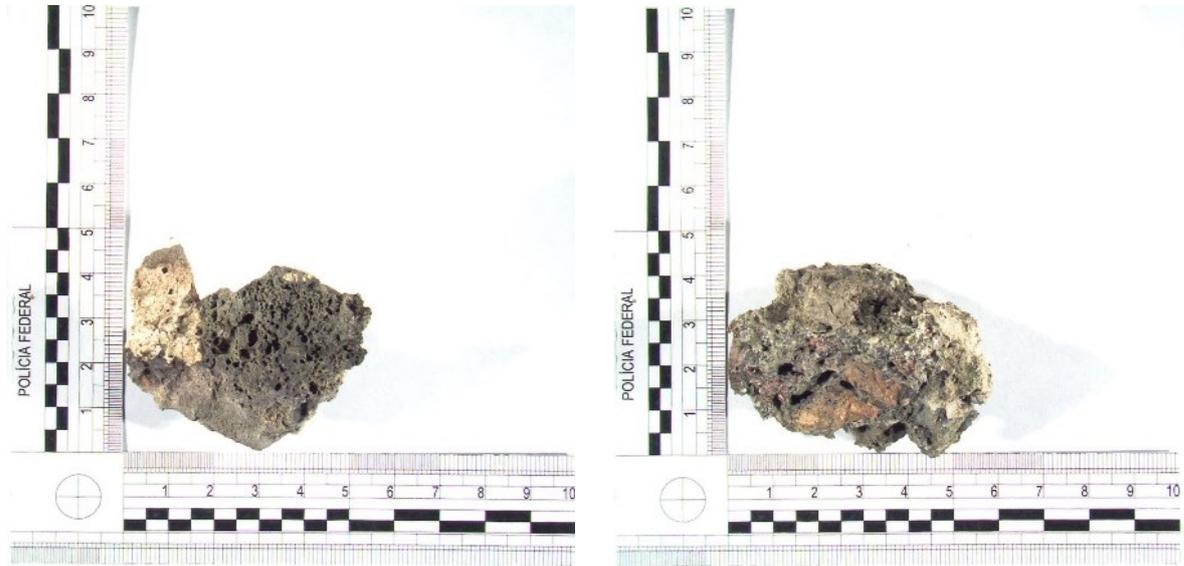
⁴¹ A amostra FBR foi retirada apenas para fins de controle (branco de campo) em relação ao material FN1.

⁴² Apesar do cimento hidratado não ser um tipo de aplicação do produto, propriamente dito, foi considerado como tal por ter se transformado um novo material após a fase final de processamento (pó de cimento).

FIGURA 22 – AMOSTRAS EXTRAÍDAS DO INTERIOR DO FORNO AO NORTE (FN1).



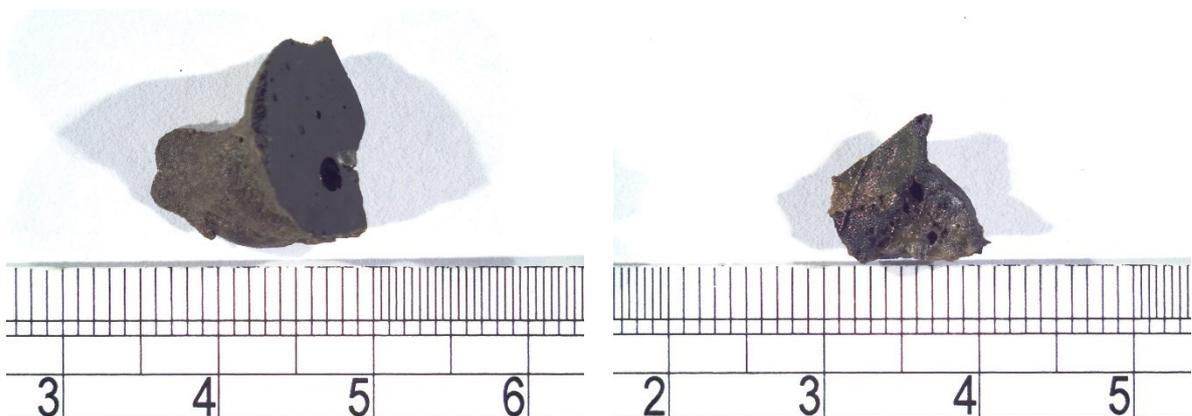
Fonte: Produzido pelo autor. Escala em centímetros.

FIGURA 23 – EXEMPLO DE AMOSTRAS RETIRADAS DE FORNOS SEM MAIORES VESTÍGIOS DE QUEIMA.

Fonte: Produzido pelo autor. Escala em centímetros.

FIGURA 24 – EXEMPLO DE AMOSTRAS EMBUTIDAS PARA FINS DE MICROSCOPIA.

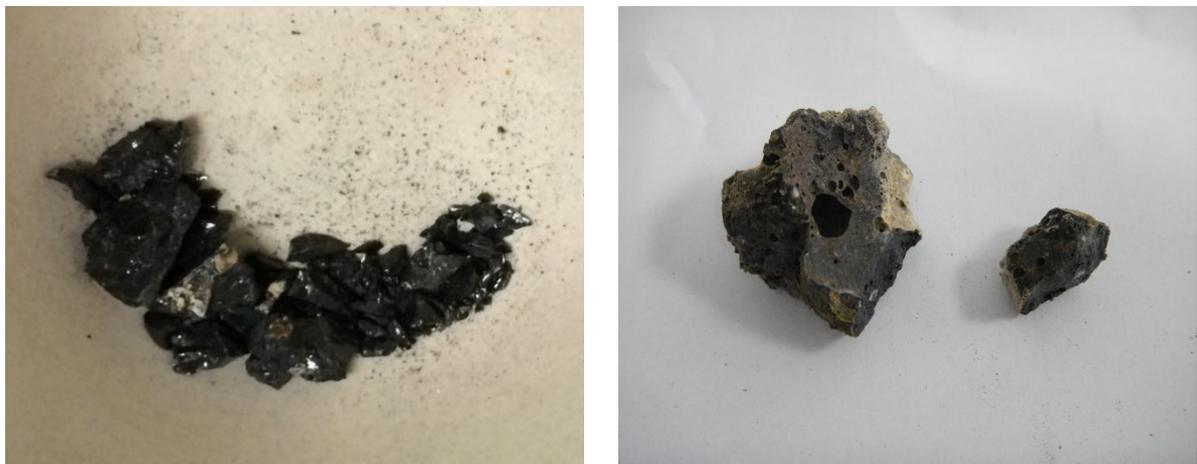
Fonte: Produzido pelo autor.

FIGURA 25 – EXEMPLO DE AMOSTRAS PREPARADAS PARA ANÁLISE DE MEV.

Fonte: Produzido pelo autor. Escala em centímetros.

Enquanto algumas amostras apresentavam-se brilhantes e predominantemente lisas, outras apresentam-se opacas e predominantemente porosas. Tendo em vista tais características heterogêneas do material da colagem extraído do interior primeiro forno (FN1), foi necessária sua subdivisão em dois tipos: FN1V (aqui denominado de vítreo) e FN1C (aqui denominado de opaco), tendo em vista sua aparência macroscópica (FIGURA 26). Em dimensões microscópicas, o conjunto trata-se de um material hipocristalino⁴³, ou seja, constituído por uma parte vítrea e uma parte cristalina.

FIGURA 26 – MATERIAL DA COLAGEM EXTRAÍDO DO INTERIOR PRIMEIRO FORNO (FN1): material vítreo à esquerda; material opaco à direita.



Fonte: Produzido pelo autor.

Para pesagem da peça de cimento hidratado foi utilizada balança com capacidade de trezentos quilogramas da marca Ramuza, linha industrial.

3.4 Técnicas instrumentais

As composições qualitativas mineralógicas e químicas dos materiais analisados foram obtidas mediante pelo menos 4 técnicas:

- 1) Análise por Fluorescência de Raios X (para caracterização química das amostras – em percentual);
- 2) Análise por Difração de Raios X (para caracterização mineralógica presentes nas amostras selecionadas);

⁴³ Segundo o glossário geológico ilustrado do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), o termo hipocristalino relaciona-se à rocha ou textura vítrea com componentes cristalinos dispersos na massa hialina. Fonte: <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/>.

- 3) Microscopia óptica (para investigação petrográfica-mineralógica do material extraído dos fornos e realização de triagem de amostras);
- 4) Microscópio eletrônico de varredura (SEM) com detectores de energia dispersiva de raios X (EDX) (para estudo químico semi-quantitativo e observação da microestrutura e textura dos componentes de amostras selecionadas).

O destaque nas análises foi dado aos componentes dos vestígios de clínquer dos fornos e do cimento hidratado.

Para os ensaios de caracterização (Fluorescência e Difração de Raios X) as amostras foram pulverizadas em moinho/homogeneizador de anel e disco da marca Herzog, por aproximadamente 3 min, para então serem passadas pela peneira nº 325 da ABNT (45 µm). O material passante foi então acondicionado e submetido aos ensaios de caracterização.

Para os ensaios de microscopia, as amostras selecionadas tiveram uma de suas faces cortadas com equipamento portando disco diamantado, a fim de se deixar uma superfície plana. Após o corte, as amostras foram limpas, com solvente adequado a materiais cimentícios e banho ultrassônico. Após a limpeza, as amostras foram embutidas – por método a frio – em resina acrílica, depois lixadas manualmente e polidas com máquina polidora de mesa, Jinan Kason, modelo MP-1B. Parte das amostras foram submetidas à microscopia óptica e parte à microscopia eletrônica de varredura. Uma amostra foi submetida a ambas técnicas.

Foram utilizados equipamentos disponíveis nos laboratórios do programa de pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais da UFPB, bem como em laboratório da empresa cimenteira vinculada à Associação para o Desenvolvimento da Ciência e Tecnologia – SCIENTEC, instituição parceira do referido programa. As análises ainda contaram com o apoio do Setor Técnico-Científico Estado da Superintendência da Polícia Federal na Paraíba e do Instituto Nacional de Criminalística (INC), órgão central de Criminalística da Polícia Federal, localizado em Brasília. Os detalhes de cada técnica são apresentados a seguir.

3.4.1 FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X

A pesquisa foi sendo construída e consolidada ao longo das visitas à ilha, cujo acesso foi sendo conquistado gradativamente. Os ensaios de FRX foram aplicados a todos os materiais pesquisados, preliminarmente, tendo sido essenciais a fim de indicar o que deveria ser

analisados por outras técnicas ou de forma mais detalhada, à medida que os vestígios mais relevantes de materiais cimentícios iam sendo encontrados e coletados a cada visita. Segue tabela associando a coleta das amostras examinadas com as respectivas visitas ao sítio.

TABELA 6 – RELAÇÃO ENTRE O TIPO DE MATERIAL E A VISITA EM QUE FOI AMOSTRADO.

| Material | Visita |
|---|---------------------------------|
| Argila do mangue | 1 ^a |
| Argamassa de assentamento dos tijolos | 1 ^a e 2 ^a |
| Argamassa de revestimento (reboco) | 1 ^a e 2 ^a |
| Tijolo branco (avulso) | 2 ^a |
| Vestígios de material de queima nas paredes internas dos Fornos | 2 ^a |
| Alvenaria do interior do forno | 2 ^a |
| Calcário da Jazida da Ilha Marques | 2 ^a |
| Calcário da Jazida da Ilha de Tiriri | 3 ^a |
| Argila do capeamento da Jazida da Ilha de Tiriri | 3 ^a |
| Cimento hidratado | 3 ^a |

Fonte: Produzido pelo autor.

As análises químicas de fluorescência foram realizadas em espectrômetro modelo *Axios Max Cement*, da marca *Panalytical*, a partir de curvas específicas de materiais cimentícios (argilas, clínquer, calcário e cimentos) constantes na base de dados do software do equipamento.

Antes de submeter as amostras ao espectrômetro, foi calculado o percentual de *perda ao fogo*, referente à perda de massa ocasionada pela queima do corpo de prova seco, determinado pela seguinte equação:

$$PF (\%) = \frac{P_s - P_q}{P_s} \times 100$$

Onde:

PF: Perda ao fogo (%);

P_s: Peso seco (g);

P_q: Peso seco após queima (g).

Frações da amostra foram fundidas, em formato de pastilhas, contendo além do material fundente, frações de nitrato de amônio (NH₄NO₃) e iodeto de amônio (NH₄I). As pastilhas foram confeccionadas em máquina de fusão (peroladora), da marca Claisse, modelo M4 gas fusion, durante cerca de 14 min.

A caracterização química de cada uma das amostras, apresentada em percentuais (%), foi distribuída entre os óxidos apresentados na tabela a seguir.

TABELA 7 – LISTA DOS ÓXIDOS IDENTIFICADOS NOS ENSAIOS DE FRX.

| Fórmula | Composto |
|--------------------------------|----------------------|
| SiO ₂ | Óxido de Silício |
| Al ₂ O ₃ | Óxido de Alumínio |
| Fe ₂ O ₃ | Óxido de Ferro III |
| CaO | Óxido de Cálcio |
| MgO | Óxido de Magnésio |
| SO ₃ | Óxido Sulfúrico |
| Na ₂ O | Óxido de Sódio |
| K ₂ O | Óxido de Potássio |
| P ₂ O ₅ | Pentóxido de Fósforo |
| TiO ₂ | Dióxido de Titânio |

Fonte: Produzido pelo autor.

3.4.2 DIFRAÇÃO DE RAIOS X DO PÓ

Os pós das amostras foram analisados por difração de raios X usando um equipamento Bruker D2 Phaser operando com radiação Cu K α ($\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$) de Tensão 30 kV e Corrente 10 mA com um detector PSD Linxeye. Para a maior parte dos materiais foi utilizado um porta amostra plano no intervalo 2θ de $5^\circ - 70^\circ$, com passo angular de $0,02^\circ$ e tempo de varredura por passo de 5 s. Para os materiais do interior do forno (FN1) foi utilizado um porta amostra zero-background de monocristal de silício no intervalo 2θ de $5 - 120^\circ$, com passo angular de $0,006^\circ$ e tempo de varredura por passo de 3 s.

Quantificação de fases cristalinas: Identificação e quantificação das fases cristalinas das amostras foi feita através de Refinamento Rietveld dos dados da difração de raios X do pó utilizando o software TOPAS V4, usando a função “parâmetros fundamentais” para ajuste dos picos. Durante a aplicação do método de Rietveld para a análise quantitativa de fases foram aplicadas as diretrizes sugeridas na literatura (DE LA TORRE, 2010 e SNELLINGS, 2016), em relação às estratégias de refinamento.

Os modelos estruturais utilizados no refinamento foram obtidos das bases de dados Inorganic Crystal Structure Database (ICSD) e American Mineralogist Crystal Structure Database (AMCSD), conforme listados na tabela a seguir.

TABELA 8 – MODELOS ESTRUTURAIS DAS FASES UTILIZADAS NO REFINAMENTO DE RIETVELD DAS AMOSTRAS

| Fase | Fórmula | ICSD | AMSCD |
|--------------------------------|---|--------|---------|
| Gelenita, magnesiana | Ca ₂ (Mg _{0,25} Al _{0,75})(Si _{1,25} Al _{0,75} O ₇) | 67688 | - |
| Belita/β | Ca ₂ SiO ₄ | 81096 | - |
| Calcita | CaCO ₃ | 80869 | - |
| Hemicarboaluminato carbonatado | (Ca ₄ Al ₂ (OH) ₁₂)(OH(CO ₃) _{0,5} (H ₂ O) ₄) | 263124 | - |
| Ranquinita | Ca ₃ Si ₂ O ₇ | - | 0014416 |
| Merwinita | Ca ₃ Mg(SiO ₄) ₂ | - | 0000294 |
| Gibbisita | Al(OH) ₃ | 6162 | - |
| Etringita | C ₆ Al ₂ (SO ₄) ₃ (OH) ₁₂ (H ₂ O) ₂₆ | 155395 | - |
| Hidrocalumita | Ca ₈ Al ₄ (OH) ₂₄ ((CO ₃) _{0,92} Cl _{1,92} (OH) _{0,24} (H ₂ O) _{2,2})(H ₂ O) ₈ | 63250 | - |
| Katoíta | Ca _{2,916} Al ₂ Si _{1,104} O ₁₂ H _{7,56} | 172077 | - |
| Wollastonita 1A | (Ca _{2,87} Fe _{0,13})(SiO ₃) ₃ | 200334 | - |
| Pseudowollastonita 4A | Ca ₃ Si ₃ O ₉ | 26553 | - |

Fonte: Produzido pelo autor.

A qualidade do refinamento foi verificada pelos indicadores estatísticos *R-weighted pattern* (Rwp) e pelo *goodness of fit* (GOF), usando as equações (1) e (2).

$$R_{wp} = \sqrt{\frac{\sum w_m (Y_{o,m} - Y_{c,m})^2}{\sum w_m Y_{o,m}^2}} \quad (1)$$

$$GOF = \chi^2 = \sqrt{\frac{\sum w_m (Y_{o,m} - Y_{c,m})^2}{M - P}} \quad (2)$$

Onde $Y_{o,m}$ e $Y_{c,m}$ são, respectivamente, os dados de difração observados e calculados no ponto m ; M é o número de pontos, P é o número de parâmetros, w_m é o peso atribuído ao ponto m que, para fins estatísticos, é dado por $w_m = \sigma(Y_{o,m})^2$, onde $\sigma(Y_{o,m})$ é o erro de $Y_{o,m}$.

3.4.3 MICROSCOPIA ÓPTICA

Após a etapa de preparação mencionada no item 3.4, a microscopia óptica das amostras selecionadas foi realizada inicialmente sem e, posteriormente, com ataque químico. Este teve como objetivo atacar, preferencialmente, a fase amorfa – especialmente no caso da amostra vítrea – ressaltando a fase cristalina do material. Foram utilizados ataques de ácido nítrico (HNO₃) e cloreto de amônia, ambos a 0,1%, entre 2 s e 4 s.

Foi utilizado o microscópio composto vertical de luz invertida e alta resolução da marca Olympus, modelo BX51M, acoplado a uma câmera digital, que permitiu ampliações de 50 a 1000 vezes, ao conjugar a lente ocular de 10x às lentes objetivas (5x, 10x, 20x, 50x e 100x).

3.4.4 MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA (MEV)

Foram utilizados dois Microscópios Eletrônicos de Varredura, sendo um da marca ZEISS, modelo LEO 1430, e outro da marca FEI, modelo QUANTA 200 3D – *Dual Beam*, acoplado com sistema de análise de raios X por espectrometria de energia dispersiva (EDS). Para as análises de EDS foi utilizado o *software* INCA.

No MEV do Laboratório de Solidificação Rápida (LSR) da UFPB, onde foram realizadas microanálises da amostra granular extraída de dois fornos (FN1C e FN2), foi utilizada tensão de aceleração de 25,00 kV, e realizado o recobrimento das amostras por deposição de íons metálicos de ouro (Au), a fim de melhorar o nível de emissão de elétrons, bem como os procedimentos de isolamento/aterramento necessários. A análise foi realizada em uma etapa, destinada à investigação da micromorfologia das amostras. Foram aplicadas as diretrizes sugeridas na literatura (SCRIVENER, 2004, DEDAVID et al, 2007).

No MEV do Serviço de Perícias de Laboratório de Balística (SEPLAB) do Instituto Nacional de Criminalística da Polícia Federal, foram realizadas microanálises por meio de EDS da amostra vítrea extraída do Forno (FN1V); com tensão de aceleração de 20,00 kV e distância de trabalho de 6,2 mm. A análise foi realizada em duas etapas. A primeira destinou-se à obtenção de imagens de uma área pré-definida da amostra (micromorfologia), por meio do detector de elétrons retroespalhados, e a obtenção de espectros de duas fases distintas encontradas, por meio de EDS (composição química). A segunda etapa, envolveu a obtenção de 41 espectros em uma das fases identificadas, caracterizada por meio de cristais de mesma tonalidade e geometria variável (circular e hexagonal).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

“Estou em pleno coração do mistério”.

(Clarice Lispector)

4.1 Perspectiva Histórica

4.1.1 O COMEÇO DE TUDO

Conforme apresentado no Capítulo 2, o primeiro registro formal relativo ao início da produção de cimento Portland no Brasil remonta a 1885, com a abertura do processo de patente do produto destinado à fábrica de Tiriri, no município de Santa Rita, da então Província da Parahyba do Norte.

No entanto, pode-se considerar que o primeiro *insight* da perspectiva de uma fábrica de cimento Portland no Brasil nasceu em 20 de outubro de 1864, com o espanto de André Rebouças diante das jazidas de calcário paraibanas, conforme registrado em seu diário:

Deus satisfez um dos meus maiores desejos: ver no meu País o calcário abundante como na Europa. Os calcários têm exatamente a mesma aparência que os calcários moles empregados na construção civil em Paris; la lambourse, le vergelet, etc. (FLORA E VERÍSSIMO, 1938, p. 49).

A relação de Rebouças com a Paraíba foi além dessa visita de 1864, tendo se perpetuado com o projeto da primeira ferrovia do Estado, a Conde D’Eu, como foi detalhado no trabalho de Soares (2018). No olhar de Rebouças, que naquela ocasião foi capaz de visualizar várias escolhas técnicas equivocadas e graves inconsistências de ordem administrativa, a província paraibana teria muito a oferecer ao país, caso tivesse infraestrutura mais adequada ao seu potencial.

Os projetos de Rebouças para o melhoramento da infraestrutura do Estado Paraíba – tão abençoado de recursos naturais, mas tão prejudicado pela desídia dos seus governantes, conforme destaca em vários trechos de seu diário – incluíam, além da ferrovia Conde D’Eu a instalação de um novo porto em substituição do Porto do Capim, fruto de sua observação perspicaz quando, a caminho do Estado Maranhão, teve a embarcação fundeada em frente ao forte de Cabedelo em 16 de maio de 1864:

...Junto ao Forte há um excelente fundeadouro perfeitamente abrigado...Lembrei a alguns Paraibanos que comigo conversavam, de promoverem o estabelecimento aí de

trapiches para servirem ao embarque de algodão e de açúcar para a Europa. Presentemente os poucos navios de comércio transatlântico são obrigados a subirem o Rio para receberem as mercadorias na Cidade. Afirmou o prático que pela contingência dos ventos e marés, acontecia levarem os navios de 10 a 12 dias para fazerem o curto trajeto de Cabedelo à Cidade. (FLORA E VERÍSSIMO, 1938, p. 38 e 39).

Acredita-se que o projeto desta ferrovia – desde o interior da Província, passando pela capital e seguindo até Cabedelo – estava diretamente relacionado a um contexto de desenvolvimento mais amplo para o Estado, que além de envolver a construção do porto – em cujos “devaneios” haveria de ser internacional em virtude de sua posição privilegiada em relação à Europa – inspiraria, naturalmente, a instalação de uma fábrica de cimento na localidade, por congregar ao mesmo tempo: abundância de matéria-prima; necessidade do material para execução das obras de infraestrutura portuárias necessárias e em outros portos da região, e o fomento da indústria regional diante de uma tentativa de maior integração nacional, tão almejado pelo engenheiro visionário. Naquele momento, uma semente do pensamento empreendedor havia sido lançada quando do retorno de Rebouças à corte, no Rio de Janeiro, conforme evidenciado pelo desdobramento de atos posteriores relacionados às origens da fábrica de Tiriri.

Uma década depois, na obra “Garantia de Juros”, onde lançou as ideias do audacioso sistema de viação do Império – que chamariam mais tarde de “Plano Rebouças” – o engenheiro deixou bem claro o destaque dado à Paraíba em seus projetos:

A província da Parahyba do Norte é, por um singular destino, a província do Brazil que mais tenho estudado, e sobre a qual mais tenho escripto desde 1864, em propaganda para a criação de um porto de commercio transatlântico, na foz do Parahyba, no Cabedello, e para a construção da rêde das suas vias férreas. (REBOUÇAS, 1874, p. 138).

4.1.2 A LOCALIZAÇÃO DA FÁBRICA E A PATENTE DO PRODUTO

À luz dos dias de hoje, é comum que surja o questionamento acerca da motivação para instalação da fábrica na então província da Parahyba do Norte, uma vez que, atualmente, apenas

três⁴⁴ Estados da federação não produzem cimento Portland, indicando que o potencial nacional sempre foi amplo, em termos de jazidas.

Conforme apresentado na subseção anterior, acredita-se que uma série de fatores contribuíram para a instalação da fábrica na Ilha de Tiriri em Santa Rita/PB, além da grande visibilidade das jazidas paraibanas verificadas por Rebouças, e da disponibilidade de água para as atividades, tendo em vista se encontrar entre afluentes do principal rio da capital da província. Dentre estes podemos citar, considerando o contexto de infraestrutura do século XIX: a principal forma de transporte de pessoas e cargas à época (marítima); a localização geográfica privilegiada da Paraíba em relação à Europa e a outros portos do Norte e a carência de investimento em obras portuárias no país, especialmente no Norte do Império, uma vez que o cimento Portland já havia se consolidado como o melhor aglomerante hidráulico para esse tipo de obras.

Outros fatores também contribuíram, a exemplo do cenário político favorável a empreendimentos. Nos anos precedentes ao lançamento da patente, quando o empreendimento da Estrada de Ferro Conde D'Eu se consolidou, também se destacaram em relação à corte, politicamente, duas personalidades paraibanas naquele período: Diogo Velho Albuquerque Cavalcanti e Anísio Salathiel Carneiro da Cunha. O primeiro ocupou vários cargos importantes no império: Presidente de províncias (Piauí, Ceará e Pernambuco); Ministro do Estado dos Negócios da Agricultura, Comércio e Obras públicas; Ministro da Justiça; Ministro das Relações Exteriores do Brasil; Senador (Rio Grande do Norte) e Conselheiro do Império. O segundo, por sua vez, foi deputado geral pela Província da Parahyba do Norte e era irmão de Silvino Elvídio Carneiro da Cunha – o barão de Abiahy – político influente regionalmente, que além de Presidente de províncias (Paraíba, Rio Grande do Norte, Alagoas e Maranhão) foi deputado da província da Parahyba do Norte.

Além disso havia outro fator favorável. Naquele ministério ligado às concessões de indústria e obras, onde Diogo Velho atuou na década de 1870, um funcionário público paraibano destacou-se na história de Tiriri, por ter sido um dos autores da patente aprovada do cimento, autorizada a ser produzido pela fábrica. O coautor do pedido foi o comerciante português José Varandas, radicado na Paraíba e o responsável por eternizar a lenda acerca da motivação para instalação da fábrica de cimento na Ilha de Tiriri. Varandas viria a ser um dos

⁴⁴ Segundo dados do site do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC, 2019), apenas Acre, Amapá e Roraima não tem fábricas de cimento instaladas em seu território.

acionistas locais da vindoura fábrica de cimento de Tiriri e da *Restilação e Tanoaria Mechanica Parahybana*, empresa em cuja construção também teria sido empregado o produto da ilha.

Cyro Deocleciano Ribeiro Pessoa Júnior foi um professor da rede ensino da Parahyba do Norte, filho também de um professor do interior da província, da vila de Pilar, onde Diogo Velho nasceu e cursou o ensino primário. Atuou no governo imperial, no ministério que seria equivalente hoje ao Ministério da Infraestrutura⁴⁵, desde meados da década de 1870 até o início da década de 1890, adentrando na instituição como amanuense⁴⁶ e sendo promovido a oficial em 1886. Mesmo sem formação em engenharia, Cyro destacou-se na área técnica, inicialmente, pela autoria do livro “*Estudo Descritivo das Estradas de Ferro do Brazil*” de 1886, cujo dedicatória foi prestada ao Conselheiro Diogo Velho. Nas notas ao leitor, o autor agradece aqueles avalizaram tecnicamente o livro, dentre eles o engenheiro João Martins da Silva Coutinho (PESSOA JÚNIOR, 1885).

Conforme apresentado no Capítulo 2, Cyro apresenta em 1885 o pedido de privilégio para fabricação de uma composição de cimento Portland no país e o reapresenta com melhoramentos em 1888⁴⁷, quando foi deferido pelos representantes do Império. Não se sabe se foi o primeiro pedido do tipo⁴⁸ submetido no país, mas verificou-se ter sido o primeiro aprovado. Além do pedido de privilégio de Cyro, em 1888 – curiosamente em uma época que não havia qualquer preocupação ambiental em reutilização de resíduos – foi identificado um memorial descritivo destinado ao pedido de um “novo processo de fabricação de cimento de Portland impermeável”, de autoria do negociante francês Luiz Lack (LEIBA, 1888), residente em Pernambuco. No entanto, diferentemente da proposta de Tiriri, que envolvia exclusivamente materiais da jazida (calcário e argila), a proposta do francês previa substituir a pedra calcária por cal, além de acrescentar cascas de cocos e conchas na mistura. Não foram encontrados registros de que este pedido tenha sido deferido, tampouco que o processo tenha sido executado.

Em relação à composição do cimento de Tiriri, na apresentação da companhia (FIGURA 10), o prospecto não esclarece os detalhes das análises realizadas, mas apenas que a composição foi calculada (estimada) a partir dos dados fornecidos pelas análises realizadas no Laboratório

⁴⁵ Desde 1º de janeiro de 2019.

⁴⁶ Escrevente.

⁴⁷ Versão apresentada no Capítulo 2 deste trabalho.

⁴⁸ Os pedidos de privilégio para fabricação de cimento identificados anteriormente ao de Cyro, envolviam outros processos e insumos, a exemplo do cimento de cal de marisco, lodo e argila, de Pedro Antônio Surville, e o do cimento de materiais fecais extraídos de tanques de precipitação, de Frank Gotto (REVISTA DE ENGENHARIA, 1881).

Químico da Casa da Moeda. Levando-se em consideração que o empreendimento era apenas um projeto, e como não havia uma outra fábrica ainda no Brasil com fornos disponíveis para testes, a hipótese mais viável para interpretar tais resultados é que tais resultados foram estimados a partir da “farinha”, ou seja, da mistura realizada de calcário com argila antes da queima, nas proporções ali apresentadas.

O cálculo de cada constituinte, por sua vez, pode ter sido estimado a partir de uma extrapolação dos resultados dos demais cimentos, no entanto, não fica claro qual seria a proporção de calcário e argila utilizada em cada linha, citando apenas a referência bibliográfica utilizada. Ressalta-se que o caráter genérico da composição do cimento de Tiriri veiculada na imprensa, não foi restrito ao produto brasileiro, uma vez que tal caráter também foi comum em outras patentes, a exemplo dos cimentos de Parker e Aspdin, conforme apresentado anteriormente.

Não foi possível estabelecer quem assessorou tecnicamente Cyro Pessoa Júnior e José Varandas na elaboração da patente concedida. Apesar da capacidade intelectual e técnica demonstrada pelo primeiro ao elaborar o minucioso estudo descritivo das estradas de ferro nacionais, é possível que Cyro possa ter contado com o apoio de engenheiros com experiência em obras que empregavam cimento Portland. Neste sentido, os principais candidatos seriam os engenheiros civis André Rebouças e José Américo dos Santos – mais prováveis – ou, ainda, Luiz Philippe Alves da Nobrega e José Pinto de Oliveira Júnior, dupla que também não pode ser descartada.

Assim como Rebouças, José Américo dos Santos foi um engenheiro brasileiro formado na Escola Central (RODRIGUES, 2017), em 1871, que participou ativamente do cenário técnico e industrial no último quarto do século XIX, conforme identificado em vários periódicos do período. Foi diretor da Revista de Engenharia, concessionário de estradas de ferro na província do Rio de Janeiro e membro do conselho diretor do Clube de Engenharia. Além disso, foi amigo de Rebouças (MATTOS, 2013) e o auxiliou nas obras da Docas da Alfândega; foi autor do artigo técnico que prenunciava a substituição do cimento de cal de marisco pelo cimento Portland no Brasil (REVISTA DE ENGENHARIA, 1880). Foi o substituto de Rebouças como representante da *Conde D’Eu Railway Company Limited* no Brasil, empresa responsável pela construção da Estrada de Ferro Conde D’Eu, na Paraíba, e ainda nomeado o representante do país da *Ceará Harbour Corporation Company Limited*, destinada a construção

do porto de Fortaleza. Foi um dos incorporadores da *Companhia Brasileira de Cimento*, responsável pela construção e operação da fábrica de Tiriri, sendo seu diretor-presidente.

Ao lado de Américo dos Santos, Luiz Philippe foi o outro incorporador da fábrica de Tiriri. Engenheiro gaúcho, egresso da *École Nationale des Ponts et Chaussées*, na França, atuou como diretor-gerente da Companhia, sendo o representante da empresa que estava entre os acionistas e o quadro técnico-gerencial que operava a fábrica. Foi concessionário de obras portuárias, a exemplo do porto Jaraguá, em Alagoas (BRASIL, 1890).

Por fim, José Pinto de Oliveira Júnior foi um engenheiro carioca, egresso da Universidade da Filadélfia (Estados Unidos) e um dos concessionários das obras do Porto de Santos. Foi o diretor-tesoureiro e responsável técnico pela construção da fábrica de Tiriri até setembro de 1891, sendo substituído pelo engenheiro francês Ferdinand B. de La Vallée. Este último acabou se tornando o gerente industrial da fábrica, quando esta entrou em operação em 1892 (ESTADO DO PARAHYBA, 1891; JORNAL DO COMMERCIO, 1892).

Um aspecto técnico comum aos quatro engenheiros brasileiros citados é que todos tiveram experiência na execução de obras portuárias ou foram beneficiários de concessões envolvendo trabalhos desta natureza.

4.1.3 OS PROJETISTAS

Segundo veiculado na época em que a construção da fábrica foi iniciada, o projeto teria contado com a expertise de um profissional de renome à época:

“Projetada segundo planos do Dr. Henry Faija, notabilidade europeia na referida indústria, terá capacidade a fabrica para a produção annual de 12 a 15,000 toneladas de cimento de primeira qualidade.” (REVISTA DE ENGENHARIA, 1890, p. 124).

O engenheiro inglês contratado para elaboração dos projetos da usina, de fato, tinha todas as credenciais para elaborar o projeto de uma fábrica de cimento Portland e uma excelente reputação a zelar como projetista e inventor, conforme apurado nas notas de seu obituário (GRACE’S GUIDE, 2015) e de seu biógrafo (TROUT, 2017; ICE).

Faija era membro do Instituto de Engenheiros Civis, sócio do Instituto Real Britânico de Arquitetos, além de ter experiência em química do cimento, engenharia mecânica e construção naval. Foi autor do livro técnico *Portland Cement for Users*, onde descrevia

métodos para testar cimentos e os cuidados a serem tomados a fim de garantir sua qualidade. Neste livro, Butler descreve trabalhos realizados na Inglaterra e em outros países, fato corroborado por Trout (2014) ao mencionar contratos para erguer usinas de cimento nos Estados Unidos e no Brasil – neste caso, a fábrica de Tiriri na Parahyba do Norte. O livro teve cinco edições, sendo a última póstuma, editada pelo também inglês David Butler.

Butler, engenheiro e consultor químico da indústria do cimento, também foi descrito por Trout (2014) como coautor dos projetos da fábrica de Tiriri (*Parahyba Cement Works*, 1887-1890), enquanto assistente do escritório de Faija. Foi, inclusive, o sucessor deste, assumindo o escritório de projetos após sua morte em 1894. Tornou-se membro da Sociedade de Química Industrial e do Instituto de Engenheiros Civis daquele país. Segundo Anderson (1900), Butler seria a mais paciente e habilidosa autoridade britânica na investigação da qualidade do cimento Portland, ao final do século XIX.

Além da 5ª edição do livro de Faija, Butler escreveu sua própria obra, em 1899. Nesta destacam-se os comentários sobre as diversas composições químicas de matérias-primas destinadas à produção de cimento Portland, dos quais se extrai o seguinte trecho:

No Apêndice é dada a composição química dos materiais que são utilizados em maior ou menor medida para a fabricação de cimento na Inglaterra e em outras partes do mundo, e que servem para mostrar que os materiais de fabricação de cimento existem em quase todos os lugares, embora nem sempre em quantidade suficiente, ou capaz de tratamento suficientemente econômico para estar disponível comercialmente. (BUTLER, 1899, p. 27).

O apêndice apresenta tabelas com a composição dos materiais (calcário e argila) de vários países analisados por Faija e pelo autor, até 1894. Dentre eles, encontra-se o Brasil, representado pela Parahyba do Norte, ilustrado na FIGURA 27.

FIGURA 27 – Composição química da matéria-prima da Paraíba do Norte, Brazil.

| LIMESTONES AND MUDS FROM PARAHYBA DO NORTE, BRAZIL. | | | | | | |
|---|--------------------|--------|-------|-------|-------|------|
| — | Limestones. | | Muds. | | | |
| | Moisture | 0·90 | 0·10 | 4·60 | 4·60 | 3·80 |
| Organic matter | .. | .. | 15·68 | 14·74 | 16·84 | |
| Silica | 4·15 | 2·25 | 40·40 | 39·80 | 39·25 | |
| Alumina | 1·95 | 0·85 | 14·83 | 18·89 | 15·73 | |
| Oxide of iron | .. | .. | 12·57 | 9·42 | 12·57 | |
| Lime | 45·85 | 49·10 | 2·10 | 1·80 | 2·70 | |
| Magnesia. | 5·07 | 4·39 | 1·84 | 2·42 | 0·90 | |
| Sulphuric acid | .. | .. | 3·60 | 3·05 | 3·46 | |
| Carbonic acid | 41·60 | 43·40 | 3·63 | 4·16 | 3·16 | |
| Alkalies | 0·50 | 0·30 | 0·50 | 1·05 | 1·40 | |
| | 100·02 | 100·39 | 99·75 | 99·93 | 99·81 | |

Fonte: BUTLER, 1899, p. 325.

Apesar de não estar expresso o nome da jazida de onde foram coletadas as amostras, pelas demais evidências apuradas, presume-se que os dados apresentados estão relacionados ao empreendimento da Ilha de Tiriri. Outro aspecto que reforça esta ideia, encontra-se no pronunciamento de Faija registrado nas minutas de procedimentos do Instituto de Engenheiros Civis, contemporâneo à experiência de Tiriri.

...O artigo de Bamber foi equivocado em relação à fabricação de cimento Portland, pois desde a primeira linha indicava que só poderia ser feito de giz e argila. O cimento Portland pode, no entanto, ser feito de quaisquer materiais que contenham os constituintes necessários. Ele agora está sendo fabricado no Brasil, a partir de um calcário duro contendo 5% de carbonato de magnésia, de uma lama fluvial que era deficiente em sílica, mas de uma jazida de argila que continha um altíssimo percentual de sílica. (BAMBER, 1892, p. 90).

Pelos motivos apresentados, não há dúvida que os empreendedores fizeram uma escolha técnica adequada, procurando profissionais com experiência e renome para a fábrica de Tiriri, como a dupla Faija e Butler.

4.1.4 A CONSTRUÇÃO

A construção da fábrica iniciou-se nos primeiros meses da República, em 14 de março de 1890, conforme veiculado na Revista de Engenharia (1890), sob o título *Cimento brasileiro*:

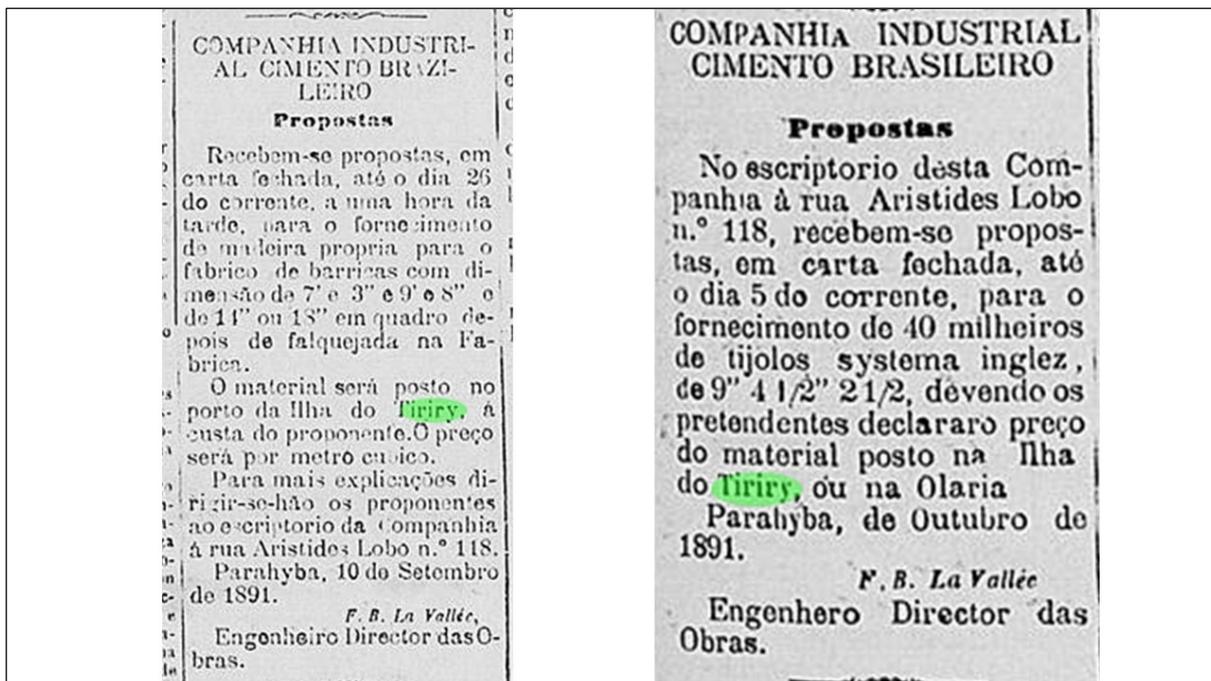
Consta de telegrama haver sido em 14 do corrente inaugurada na capital da Parahyba do Norte a construção da primeira fábrica destinada no Brazil ao preparo de cimento com matéria-prima nacional. Situada na ilha do Teriry, à margem do Rio Parahyba, em seção francamente navegável, está sendo construída a mesma fábrica por Luiz Nobrega & C., que tomaram a si a utilização das patentes concedidas por acto de 1 de agosto de 185 e 18 de abril de 1888 a Cyro Deocleciano Ribeiro Pessoa e José Varandas de Carvalho para fabricação de cimento mediante especial processo.

...

Todos os machinismos e mais material acham-se em viagem da Europa para a Parahyba, constando de 2 machinas motoras da força de 350 cavallos, 5 *globe-mills* para pulverização, 5 trituradores, machinas para fabricação de barricas, para prismas, etc. No sítio da fábrica foi encetada a construção de dois fornos de calcinação pelo sistema Dietz. A' frente do estabelecimento acha-se o engenheiro Luiz Fellipe Alves da Nobrega, o qual fez examinar na Inglaterra, França, Bélgica e Allemanha os materiaes que devem entrar na composição dos cimentos brasileiros, e que, foram considerados de primeira qualidade, podendo corresponder ás exigências industriaes com relação aos productos.

Trata-se de empreza particular mas de empresa que, iniciando industria de todo nova no Brazil, e revelando da parte dos seus organisadores estudo perseverante e iniciativa corajosa, é para inspirar sympathia a todos os amigos do progresso economico. (REVISTA DE ENGENHARIA, 1890, p. 123-124).

A FIGURA 28 ilustra o mapa do país no alvorecer da República, quando suas vinte províncias se tornaram Estados e o município neutro, Rio de Janeiro, se tornou o Distrito Federal.

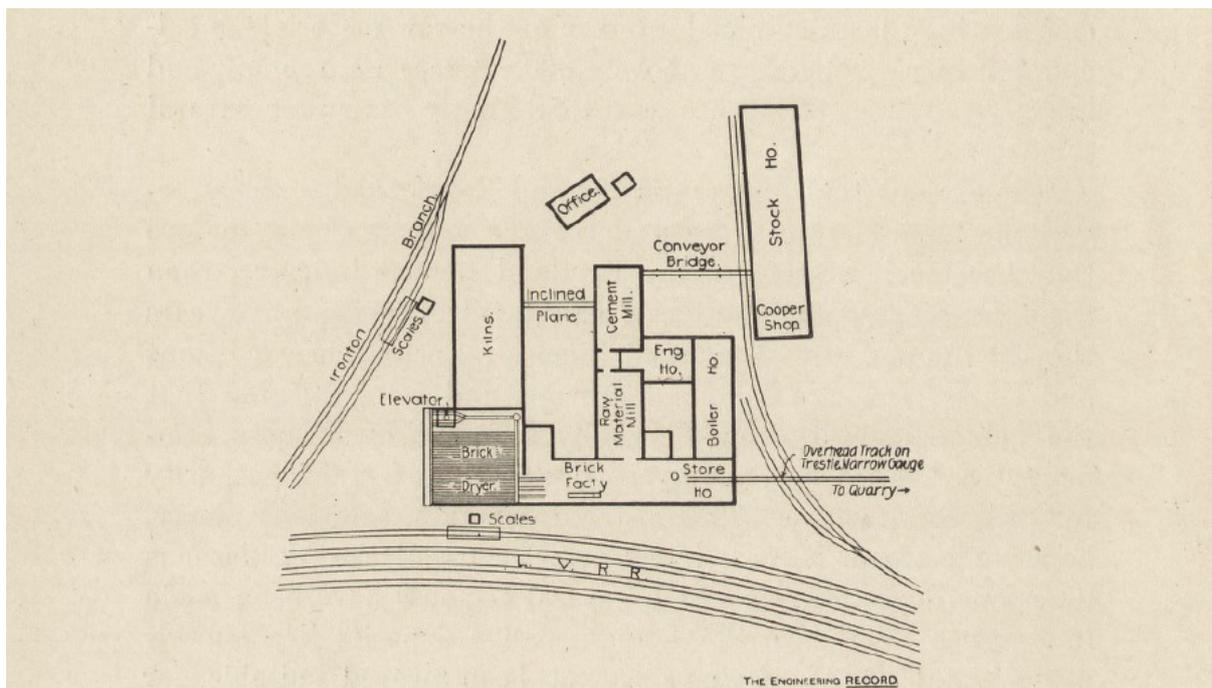
FIGURA 29 – ANÚNCIOS DO JORNAL “ESTADO DO PARAHYBA” REFERENTES À AQUISIÇÃO DE MADEIRA E TIJOLOS PARA A CONSTRUÇÃO E EQUIPAMENTOS DA FÁBRICA, EM 1891.

Fonte: Estado do Parahyba, 1891.

Percebe-se que, à época dos anúncios, o encargo de diretor das obras já estava nas mãos do engenheiro francês La Vallée.

4.1.5 AS INSTALAÇÕES E O PROCESSO

Em 1900, foi publicada uma obra que reunia e descrevia os principais tipos de plantas de usinas de cimento Portland e cimento natural nos Estados Unidos e Europa até aquele momento. Dentre os modelos apresentados, um deles se referia à planta (FIGURA 30) de uma fábrica instalada em Lehigh, Pensilvânia, EUA, cujo parque foi ampliado, em caráter experimental, com fornos contínuos de tecnologia dinamarquesa (Schoefer).

FIGURA 30 – PLANTA BÁSICA DE USINA DE CIMENTO PORTLAND NA DÉCADA DE 1890 (EUA).

Fonte: Lewis, 1900, Fig.1, p. 22.

Trata-se da configuração básica – porém, moderna à época – de uma fábrica de cimento Portland que utilizava fornos intermitentes e de eixo contínuo, no início dos anos 1890. A usina da empresa Coplay, projetada para produzir 500 barricas por dia, apresentava, as seguintes instalações: linhas férreas da jazida até as instalações e destas para o escoamento da produção; casa da matéria-prima; instalações para conformação e queima dos tijolos; prédio de fornos; casa dos moinhos; casa de máquinas e caldeiras; depósito; tanoaria; escritório e laboratório.

Em linhas gerais, a produção descrita por Lewis ocorria da seguinte forma: o material calcário e argiloso era trazido das jazidas até as instalações da fábrica; a matéria-prima era preparada (moída, umedecida e misturada em proporções adequadas) e conformada (em tijolos ou esferas) a fim de poder de ser introduzida nos fornos, após secagem; o material queimado (clínquer) era retirado dos fornos e levado aos moinhos para o processo final de moagem; o produto final (cimento) era levado até o depósito e de lá distribuído (em barricas). Durante a produção, havia um laboratório para rápida determinação da composição química da matéria-prima e da mistura, onde também, ao final do processo, se determinava a pureza e a resistência do cimento.

Em funcionamento desde a década de 1870 e ampliada no início da década de 1890, destacam-se dois fatores nesta fábrica norte-americana: enquanto a tecnologia de fornos

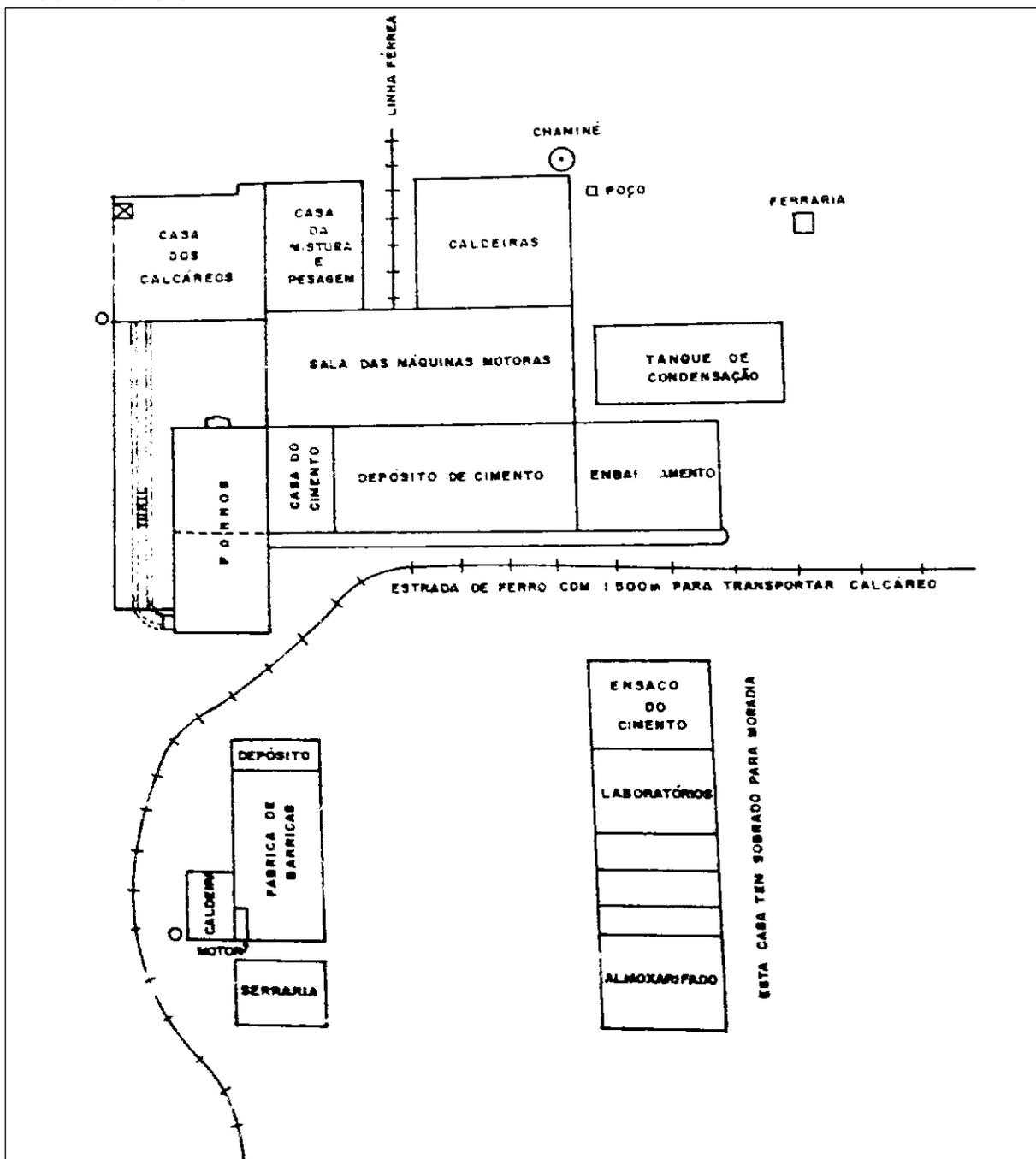
utilizada foi a mesma de Tiriri, tratando-se apenas de uma versão aprimorada de forno de eixo contínuo, a empresa apostou na tecnologia de moagem sucessiva com moinhos de bolas e de tubo, equipamentos inovadores naquele período. O autor ainda ressalta que a fábrica descrita estava equipada, em sua maior parte, com as estruturas e os equipamentos desenvolvidos pela experiência europeia mais adequados às condições americanas, na opinião dos técnicos da empresa (LEWIS, 1900).

Em relação às instalações da fábrica paraibana, um importante registro foi obtido na obra de Galliza (1993) que, ao escrever sobre a realidade paraibana vista sob a perspectiva econômica na República Velha, dedicou um capítulo ao processo fabril no Estado, incluindo um recorte sobre a Fábrica de Cimento de Tiriri.

Durante sua pesquisa, a historiadora recebeu um croqui das mãos de João de Deus Maurício, um funcionário da Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos que, após aposentado, se tornou escritor de biografias. Sua relação com a fábrica pesquisada seria completamente desconhecida hoje em dia, tendo em vista seu falecimento na década de 1990, não fosse pela contracapa de sua primeira obra, intitulada “A Vida Dramática de Silvino Olavo”. Nesta, o autor anunciou seu próximo livro: “a indústria do cimento e toda a história da instalação da primeira fábrica da América Latina, na Ilha de Tiriry” (MAURÍCIO, 1992).

Diante da ausência de projetos da indústria, o croqui cedido por João de Deus para obra de Galliza foi tomado como o único objeto gráfico disponível, ainda que sem cotas ou escala, a ser confrontado com as ruínas remanescentes na Ilha. A FIGURA 31 ilustra o referido croqui.

FIGURA 31 – CROQUI DAS INSTALAÇÕES DA FÁBRICA DE CIMENTO ATRIBUÍDO A JOÃO DE DEUS MAURÍCIO.



Fonte: Desenho de Valdemir T. Barreto, 1989 (GALLIZA, 1993, p. 165).

Por fim, o relato do governador Álvaro Machado (REVISTA DO INSTITUTO POLYTECNICO, 1895), durante a tentativa de trazer novos investidores para reativar a fábrica, complementa as informações do croqui apresentado, acerca das instalações da fábrica de Tiriri e do processo empregado:

Dá acesso á ilha uma bem construída ponte de madeira de lei, com 44 metros de comprimento e 4 de largura, sobre a qual há uma linha férrea que se prolonga em um percurso de 1577 metros para os serviços das fabricas.

Estas são duas, uma de preparo do cimento e a outra uma tanoaria mecânica. A primeira tem as seguintes secções: *casa das caldeiras, casa dos britadores, pulverizadores e dos ventiladores, casa da mistura, dosagem e da machina de fazer briquettes, casa dos altos fornos para transformação dos briquettes em clinkers, casa dos pulverizadores dos clinkers* e, finalmente, casa do cimento, onde tem lugar seu resfriamento e embarricamento. A segunda dispõe de todos os machinismos próprios para o fabrico das barricas, sendo eles movidos a vapor. Junto á tanoaria está a serraria. Além d'estes edificios há um outro próprio para a administração e possuindo gabinete de analyses, escriptorio, almoxarifado, deposito e casa de moradia.

...

O processo empregado é o seguinte: é levado o calcareo aos britadores, d'estes passa automaticamente, aos pulverizadores que o reduzem a pó impalpável, o qual é aspirado pelos ventiladores e lançado no andar superior da casa das dosagens. A lama secca é logo pulverizada, aspirada pelos ventiladores e lançadas em outros compartimentos do andar superior da mesma casa das dosagens. D'ahi descem o pó do calcáreo e o pó da lama para o andar inferior da casa de dosagem, onde são misturados nas proporções de 45% a perto de 100% de calcareo puro, e de 1% a 30%, de lama, conforme a quantidade de carbonato de cal do calcareo, segundo aconselha o proprietário do privilegio. Esta mistura é temperada com pó de carvão de pedra e passa depois á machina de preparar argamassa e fazer os tijolos ou *briquettes*.

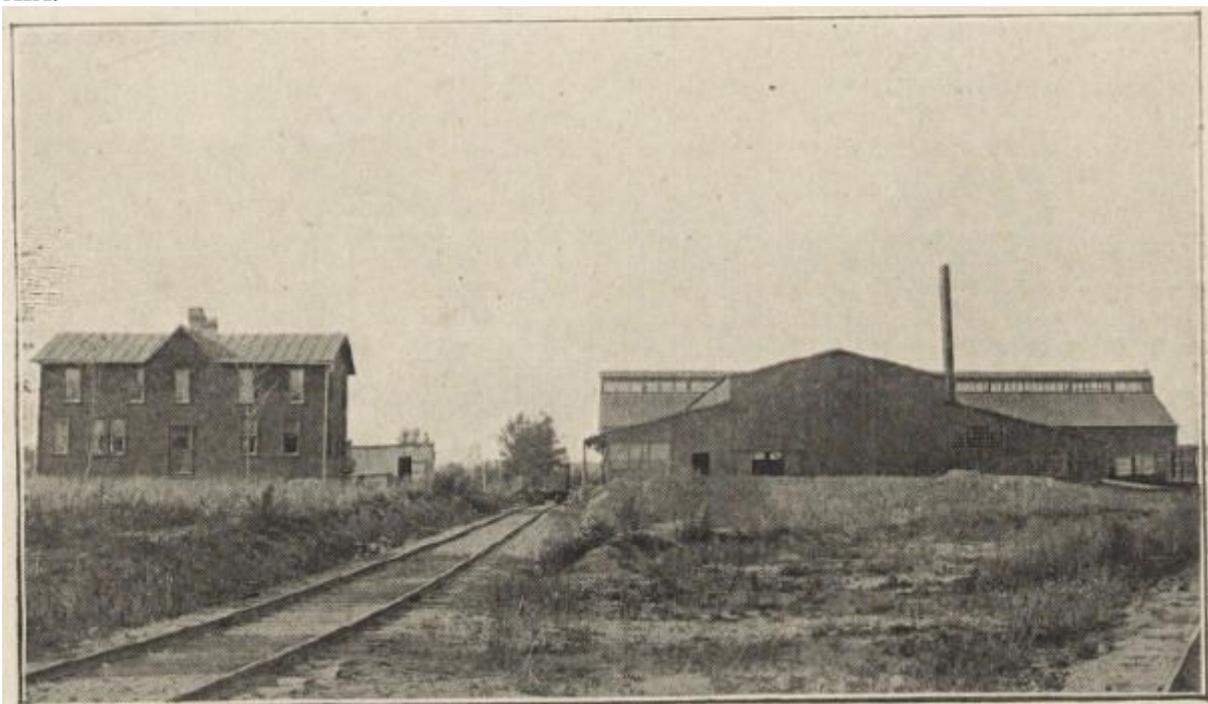
Estes, depois de seccos ao ar ou em estufa, são conduzidos aos altos fornos por meio dos elevadores e submetidos á temperatura de 1400° a 1600°, vão paulatinamente descendo os três andares dos fornos e são transformados em *tijolos-cimento* ou *clinkers*; em seguida quebrados, pulverizados e aspirados por machinas próprias, e, reduzidos a cimento são lançados no andar superior da casa do cimento. Desce depois o produto resfriado ao deposito, no andar inferior, e d'ahi passa á casa do embarricamento. (REVISTA DO INSTITUTO POLYTECNICO, 1895, p. 90-93).

Comparando-se as instalações da empresa norte-americana com as da Ilha de Tiriri verifica-se que, em linhas gerais, se tratam de instalações semelhantes, cujo processo industrial envolvido é o mesmo.

4.1.6 A INAUGURAÇÃO DA FÁBRICA

Lewis (1900) apresenta a imagem de uma outra fábrica norte-americana em atividade ao final do século XIX (FIGURA 32), localizada às margens de uma ferrovia⁴⁹. A imagem do autor destaca além das estradas de ferro, algumas construções: o escritório e o prédio do laboratório à esquerda e a casa dos moinhos à direita, com o depósito ao fundo. A imagem representa parte das feições de uma fábrica de cimento Portland à época.

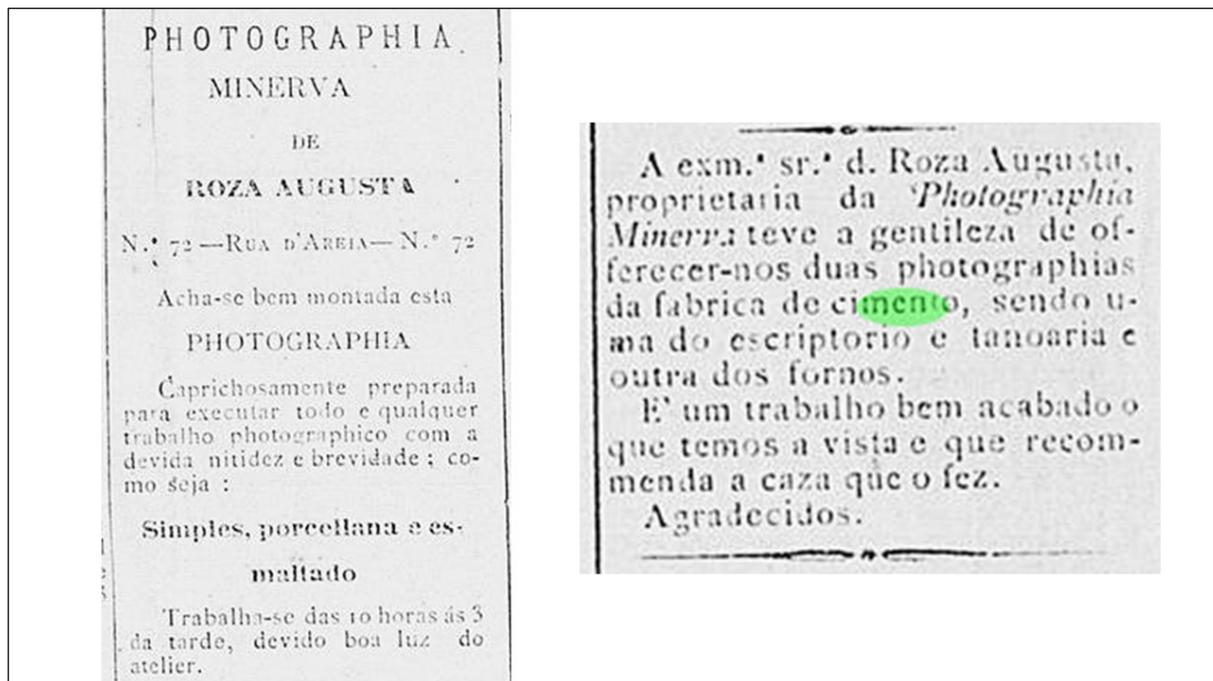
FIGURA 32 – VISTA DE UMA FÁBRICA DE CIMENTO PORTLAND NOS EUA AO FINAL DO SÉCULO XIX.



Fonte: LEWIS, 1900, Fig.12, p. 36.

Há registros de que a fábrica paraibana de Tiriri tenha sido fotografada em atividade, por uma profissional que atuava na capital paraibana, mas, infelizmente, tais imagens não foram encontradas. Segundo Lira (1997), Roza Augusta, cuja nacionalidade se desconhecia, tratava-se de uma fotógrafa itinerante – algo comum para atividade à época – sendo uma das raras mulheres no Brasil a atuar nesse ramo, no fim do século XIX. Roza abriu seu estúdio, denominado “Photographia Minerva”, na Rua da Areia, nº 72. O jornal “O Parahybano”, no ano de 1892, destaca a doação de fotografias da fábrica de Tiriri, por Roza Augusta (FIGURA 33).

⁴⁹ Lake Shore and Michigan Southern Railway.

FIGURA 33 – RECORTES DO JORNAL “O PARAHYBANO” EM ABRIL DE 1892 ILUSTRANDO O ESTÚDIO DE ROZA AUGUSTA E A DOAÇÃO DE DUAS FOTOGRAFIAS DA FÁBRICA DE TIRIRI.

Fonte: O PARAHYBANO, 1892, n. 50, p. 2 e n. 52 p. 4.

Apesar da ausência de registros visuais da fábrica em atividade, houve uma descrição detalhada, veiculada pela imprensa, quando de sua inauguração em 2 de fevereiro de 1892:

Ante-hontem, 2 do corrente, foi a ilha do Tiriry teatro de uma animadissima festa popular.

O pessoal tecnico e operario d'aquelle importante estabelecimento industria, por iniciativa dos srs. Jorge Pessoa e Thomaz dos Santos, almoxarife e guarda-livros da fábrica, fez uma recepção festiva ao seu digno director-gerente, dr. Luiz da Nobrega, chegado de Pernambuco.

Tendo sido cumprimentado pela comissão que foi recebê-lo no Cabedêllo, saltou o dr. Nóbrega na estação central da estrada de ferro Conde d'Eu - e d'alli dirigindo-se ao caes da praça - 15 de Novembro - embarcou com destino á ilha, acompanhado da mesma comissão, de alguns amigos e apreciadores e da banda de música do corpo de policia, em escaleres adrede preparados.

O Tiriry apresentava um aspecto risonho, e com a melodia da música se harmonizavam os belos improvisos decorativos que ornavam o palacete da gerência e suas dependências, o pátio e a estrada, até ao molhe ou ponto de desembarque.

Na ilha foi offerecido ao Dr. Nóbrega um lauto almoço, e n'aquella ocasião foi elle de novo especialmente felicitado por commissões dos diferentes ramos do serviço da fabrica.

Durante o banquete foram levantados diversos brindes, entre os quaes os seguintes:

Do Dr. Diogo Sobrinho em nome do povo e das classes operarias, ao dr. Nobrega, o estrenuo, inteligente e benemerito propugnador da industria Paraybana;

Do dr. Nobrega agradecendo á solidariedade industrial Brasileira, especialmente ao commercio da Parahyba, em cujo seio a fabrica conta com alguns accionistas e que com o seu importante contingente de acção e capitaes muito concorreu para o bom exito da empreza, e também ao futuro das classes trabalhadoras;

Do sr. E de Aragão ao dr. Lavallée, digno gerente da fábrica cujos trabalhos inteligentemente dirigidos attestavam lisongeiramente a sua conducta, merecimento, inteligência e dedicação; e finalmente aos srs. Jorge Pessoa e Thomaz dos Santos, empregados que com a solicitude e aptidões que lhes são peculiares, havião consideravelmente de contribuir para a prosperidade da fábrica.

Depois do almoço o dr. Nobrega, em companhia do Dr. Diogo Sobrinho e outros convidados, se dignou com gentileza e cavalheirismo percorrer todos os pavimentos da fábrica, cujo importante machinismo, magistralmente montado, funcionou com geral applauso e admiração.

Foi um modesto festival, mas uma expressiva manifestação de apreço, consideração e reconhecimento ao dr. Nobrega, na qual, entretanto, não deixou de transparecer a magnitude das grandes festas do progresso e da civilização.

Nossas saudações ao dr. Nóbrega. (O PARAHYBANO, n. 13, 1892, p.3)

Segundo o relatório apresentado pela diretoria à assembleia geral de acionistas em 26 de março de 1892, estariam dissipadas as dúvidas sobre o êxito do empreendimento, que começara sua produção ainda no mês de janeiro daquele ano. No relatório ainda são pontuados os acontecimentos do último ano: o atraso na construção da fábrica devido ao envio tardio dos últimos maquinismos encomendados da Europa; a substituição do engenheiro José Pinto de Oliveira Júnior pelo engenheiro La Vallée; alguns acidentes ocorridos durante a operação dos complicados maquinismos que impactaram nos resultados pretendidos e a ausência de pessoal habilitado a contorná-los; a desídia por parte de um empregado em relação a um destes acidentes, que implicou em sua demissão; o cumprimento em dia dos compromissos financeiros da companhia; a prestação de contas no período e as alterações no quadro de sócios.

Os diretores terminaram o relatório informando sobre a expectativa de melhora no ritmo de produção da fábrica, à medida que o pessoal se tornasse mais habilitado no serviço, e a possibilidade de conseguirem atender ao grande número de pedidos que já estariam sendo realizados (JORNAL DO COMMERCIO, 1892).

4.1.7 RESULTADO DA ANÁLISE DOCUMENTAL

Conforme apresentado, o empreendimento localizado na ilha de Tiriri dispunha de uma jazida de matéria-prima no local e de outras opções complementares localizadas a poucos quilômetros; de localização favorável para escoamento da produção, considerando o principal meio de transporte da época; de água para as suas atividades; de projetistas de renome internacional; de engenheiros e funcionários públicos dispostos a vencer as formalidades técnicas e a burocracia imperial; de um contexto político favorável junto ao Império; de tecnologia construtiva para erguer a obra; de máquinas, equipamentos e instalações adequados à produção de cimento Portland; de mão-de-obra (tanto gerencial como pouco especializada) para tocar suas instalações e até mesmo de um promitente e particular mercado consumidor de obras portuárias.

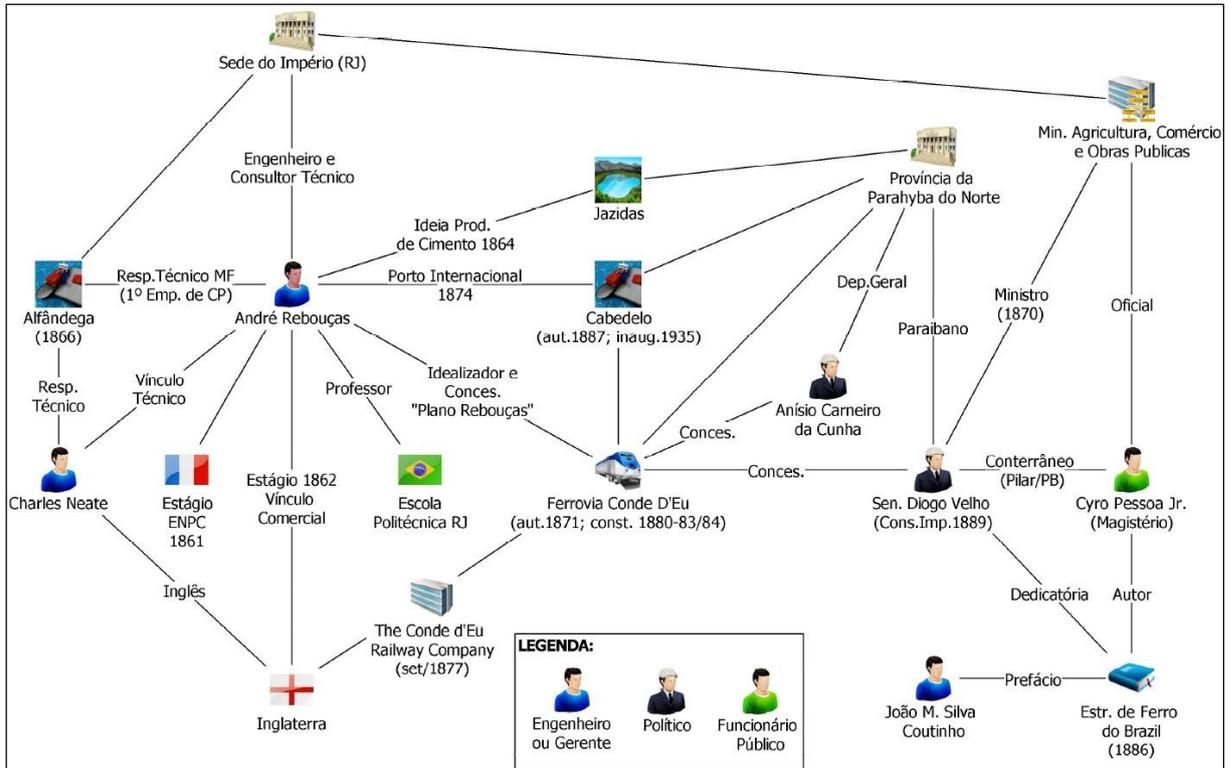
Apenas mediante a análise documental verificou-se que a fábrica tinha capacidade técnica e tecnologia instalada para produzir barricas de cimento Portland, quando de sua inauguração em 1892.

Os dados levantados sugerem que, muito além de uma decisão pontual e relativa à suposta qualidade extraordinária da lama da ilha, houve, durante alguns anos, a formação de uma rede de eventos, instituições e personagens entrelaçados, em maior ou menor grau, ligados ao empreendimento de Tiriri.

A fim de representar esta teia foram elaborados dois diagrama de elos. O primeiro (FIGURA 34), de 1861 a 1888, ilustra o favorável contexto técnico, histórico e político que precedeu à concessão do privilégio de fabricação de cimento em nome de Cyro Pessoa Júnior e José Varandas. O segundo (FIGURA 36), de 1888 a 1891, ilustra os eventos e personagens diretamente ligados à origem da Companhia de Cimento Brasileiro, bem como as nações identificadas que, de forma mais próxima, contribuíram com a formação dos seus participantes ou com as máquinas, equipamentos e tecnologia instalados na fábrica.

Entre os diagramas apresentados, segue uma resumida linha de tempo (FIGURA 35) dos principais eventos relacionados, no período de 1861 e 1888, desde a formação complementar de André Rebouças em obras ferroviárias, portuárias e no uso de cimento Portland na Europa até o lançamento das ações da *Companhia de Cimento Brasileiro*.

FIGURA 34 – DIAGRAMA DE ELOS DOS EVENTOS, INSTITUIÇÕES E PERSONAGENS QUE ANTECEDERAM AO EMPREENDIMENTO DE TIRIRI.



Fonte: Produzido pelo autor.

FIGURA 35 – LINHA DO TEMPO DOS PRINCIPAIS EVENTOS DE 1861 ATÉ 1888.



Fonte: Produzido pelo autor.

FIGURA 37 – ANÚNCIOS PARA CONTRATAÇÃO DE ARCOS PARA BARRICAS E TANCOS.

4

O PARAHYBANO



**PORTOS DO SUL
O PAQUETE
OLINDA**

Commandante capitão de fragata—*Delamare*

E' esperado dos portos do Sul até o dia 10 do corrente o paquete «Olinda», o qual seguirá para os portos do norte de sua escala no mesmo dia às 3 horas da tarde.

—

LLOYD BRAZILEIRO
SECCÃO DE NAVEGAÇÃO DA EMPRESA DE OBRAS PÚBLICAS

Arcos para barricas

Compram-se ou contractam-se arcos para barricas, na fabrica de cimento.

(5)

Caldeiraria Parahybana.

N'este estabelecimento compra-se cobre velho, chumbo e latão, pagando mais do que em cutra qualquer parte.

Rua Maciel Pinheiro n.º 72.

Tanços

Precisa-se de bons tanços na fabrica de cimento, a tractar na mesma, no Tiriry.

(5)

ADVOCACIA

Diogo V. C. d'Albuquerque Sobrinho.
Escritorio á rua Visconde de Inhaúma n.º 4.

ADVOCADO

O bacharel Thomaz d'Aquino Mindello tem seu escritorio á rua Visconde de Pelotas n.º 72.

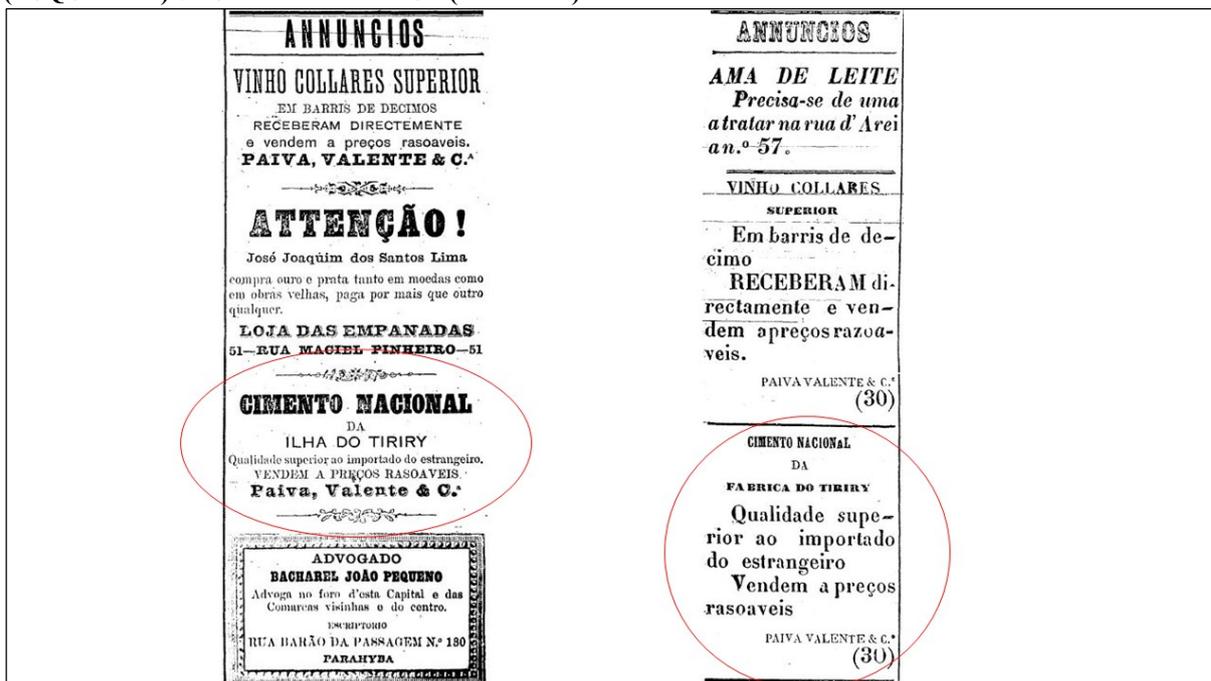
LOTERIA DO ESTADO DA BAHIA
4.ª LOTERIA

Fonte: O PARAHYBANO, 1892, n. 47, p.4.

Reunidas as evidências documentais que atestam a capacidade operacional teórica do empreendimento seguem na FIGURA 38, os primeiros anúncios identificados da venda do cimento Portland produzido na Ilha de Tiriri. Este anúncio foi lançado em pelo menos dois periódicos da mídia paraibana, em 15 de maio de 1892, comercializados pela firma *Paiva Valente & Cia.*

Os anúncios da venda do cimento apresentados, fizeram parte de um conjunto de reclames que persistiram na mídia local até meados de novembro de 1892. Constituem-se como peças históricas da indústria nacional, uma vez que representam a primeira propaganda de um cimento Portland produzido na América Latina.

FIGURA 38 – ANÚNCIOS DO CIMENTO DE TIRIRI NOS JORNAIS “ESTADO DO PARAHYBA” (ESQUERDA) e “O PARAHYBANO” (DIREITA).



Fonte: ESTADO DO PARAHYBA, 1892, n. 525, p. 4 e O PARAHYBANO, 1892, n. 71, p.4.

4.2 Perspectiva das Ciências Forenses

A identificação e caracterização física das ruínas e dos elementos da ilha relacionados à fábrica de cimento serão apresentadas de acordo com a sequência das visitas de campo realizadas. As evidências da atividade cimenteira serão confrontadas com alguns registros documentais e históricos obtidos ao longo da pesquisa, no sentido de conferir uma melhor compreensão acerca da compatibilidade identificada.

4.2.1 VISITAS

4.2.1.1 Primeira visita

Nesta visita foi realizado apenas o reconhecimento físico das principais características do sítio e das construções, bem como o mapeamento dos riscos do local, visando uma futura coleta de amostras do interior dos fornos (em sua porção intermediária compreendida entre a base do forno e o segundo pavimento) e/ou de outras construções remanescentes, tendo em vista a pesquisa de seus materiais cimentícios.

Apesar do estado do conjunto – abandonado e composto por diversas ruínas – as estruturas remanescentes aparentavam boa solidez. A chaminé (maior) e prédio dos fornos

apresentavam maior volume de construção, dentre as edificações remanescentes do sítio, sendo estes os ambientes mais preservados em relação à sua composição original. Ambos apresentavam parte da argamassa do revestimento externo (reboco) ainda intacta, com destaque para a fachada sul do prédio dos fornos, demonstrando aderência mesmo após 127 anos sem manutenção ou reparo. Ressalta-se a diferença de coloração entre a argamassa de assentamento de tijolos (AAC) – bem mais clara, mesmo na parte sem revestimento – do revestimento (reboco) de tonalidade cinza (FIGURA 39).

FIGURA 39 – FACHADA SUL DO PRÉDIO DOS FORNOS: detalhes à direita de trechos onde houve queda do reboco, ilustrando a alvenaria de tijolos (acima) e alvenaria de pedra argamassada (abaixo).



Fonte: Produzido pelo autor.

O reboco (RPF) apresentava-se quebradiço, o que o tornava vulnerável ao destacamento sem auxílio de ferramentas, sugerindo encontrar-se bastante carbonatado, especialmente tendo em vista sua espessura variar entre 1,5 cm e 2,5 cm, de acordo com a necessidade de nivelamento da superfície.

Por ser mais alto e exigir paredes de sustentação mais largas (cerca de 60 cm), no prédio dos fornos foi identificada estrutura de alvenaria de pedra argamassada no pavimento térreo e parede de alvenaria de tijolos nos pavimentos superiores (FIGURA 40). Nas demais construções do entorno, verificou-se o uso de alvenaria de tijolos como estrutura das paredes desde o nível

do solo. Identificou-se ainda a utilização de arcos abaulados de tijolos maciços formando os vãos das portas e janelas.

FIGURA 40 – FACHADA OESTE DO PRÉDIO DOS FORNOS, ONDE FOI UTILIZADA ALVENARIA DE PEDRA ARGAMASSADA NO PAVIMENTO TÉRREO E ALVENARIA DE TIJOLOS MACIÇOS NOS PAVIMENTOS SUPERIORES.



Fonte: Produzido pelo autor.

As características visuais do reboco e as informações obtidas junto às fontes primárias sugerem fortemente que nele possa ter sido empregado o cimento produzido pela própria fábrica. A aplicação do cimento nas próprias instalações seria até mesmo uma forma de testar o produto recém-fabricado antes de lançá-lo no mercado, em fevereiro de 1892, o que coaduna com os registros sobre os locais de aplicação do cimento produzido na ilha. Como insumo empregado para fins de acabamento, seria o local de aplicação mais previsível, além de ser o único objetivamente remanescente, dentre aqueles citados à época. No entanto, maiores esclarecimentos a esse respeito exigem análises de caracterização dos materiais.

Já a argamassa de assentamento das pedras e tijolos das paredes estruturais não pode ter sido produzida com o cimento da fábrica, tanto em virtude de suas características físicas (cor e textura), típicos de uma argamassa de cal, quanto por questão de lógica construtiva, uma vez que o cimento só poderia ter sido fabricado após concluída a estrutura das edificações que compunham a usina. A existência de um antigo forno de cal a oeste da ilha, ainda permite aventar a hipótese de que a cal empregada possa ter sido oriunda de Tiriri. Foram coletadas pequenas amostras de ambas argamassas a fim de serem submetidas a ensaios previstos e apresentados no Capítulo 3.

O interior do prédio dos fornos, por sua vez, é composto por dois fornos duplos, do tipo Dietzsch, os quais mereceram maior destaque no âmbito desta pesquisa. Tanto a face interna das paredes desse prédio quanto os fornos não são revestidos. O conjunto composto por tijolos aparentes, frontões, arcos, abundância de janelas e as torres dos fornos, remete às construções industriais típicas do estilo vitoriano⁵⁰, que marcou a segunda metade do século XIX, inclusive no Brasil, conforme destacou Telles (1984) ao comentar o transplante integral de técnicas construtivas e arquitetura estrangeira em várias ocasiões daquele período.

O solo do interior do prédio dos fornos estava coberto por restos de vegetação – provenientes da árvore de grande porte que cobria, praticamente, todo o local (FIGURA 41) – além de conter acúmulo de sucata e de lixo (FIGURA 42). Observou-se aberturas típicas de fornalhas para cada grupo de fornos, incluindo tijolos refratários em tonalidade distinta do vermelho da alvenaria restante, bem como vestígios de peças de estruturas metálicas nas paredes que sugeriam a pré-existência de plataformas, a fim de permitir o acesso aos pavimentos superiores. A FIGURA 43 ilustra uma vista geral dos pavimentos superiores.

FIGURA 41 – EXCESSO DE VEGETAÇÃO NO SOLO.



FIGURA 42 – RESTOS DE SUCATA E LIXO NO SOLO.



Fonte: Produzido pelo autor.

⁵⁰ Referente ao período do reinado da Rainha Vitória, no Reino Unido (1837-1901).

FIGURA 43 – ILUSTRA OS PAVIMENTOS SUPERIORES DE UM DOS FORNOS GEMINADOS, DESTAQUE PARA OS TIJOLOS REFRAATÁRIOS DA ZONA DE RESFRIAMENTO (MAIS CLAROS).



Fonte: Produzido pelo autor.

As paredes das ruínas encontravam-se infestadas de ninhos de marimbondo e o interior dos fornos, compartimento bastante escuro e estreito, repleto de morcegos. O forno localizado mais ao sul teve imagem de seu interior registrada, o que foi fundamental para o planejamento da visita destinada à coleta de amostras do interior dos fornos. Segue imagem do interior do forno 4 (FIGURA 44).

FIGURA 44 – ILUSTRA O INTERIOR DE UM DOS FORNOS (DE BAIXO PARA CIMA), COM DESTAQUE PARA VESTÍGIOS DA ZONA DE QUEIMA NA PORÇÃO SUPERIOR, IDENTIFICADOS PELA DIFERENÇA DE TONALIDADE DOS TIJOLOS.



Fonte: Produzido pelo autor.

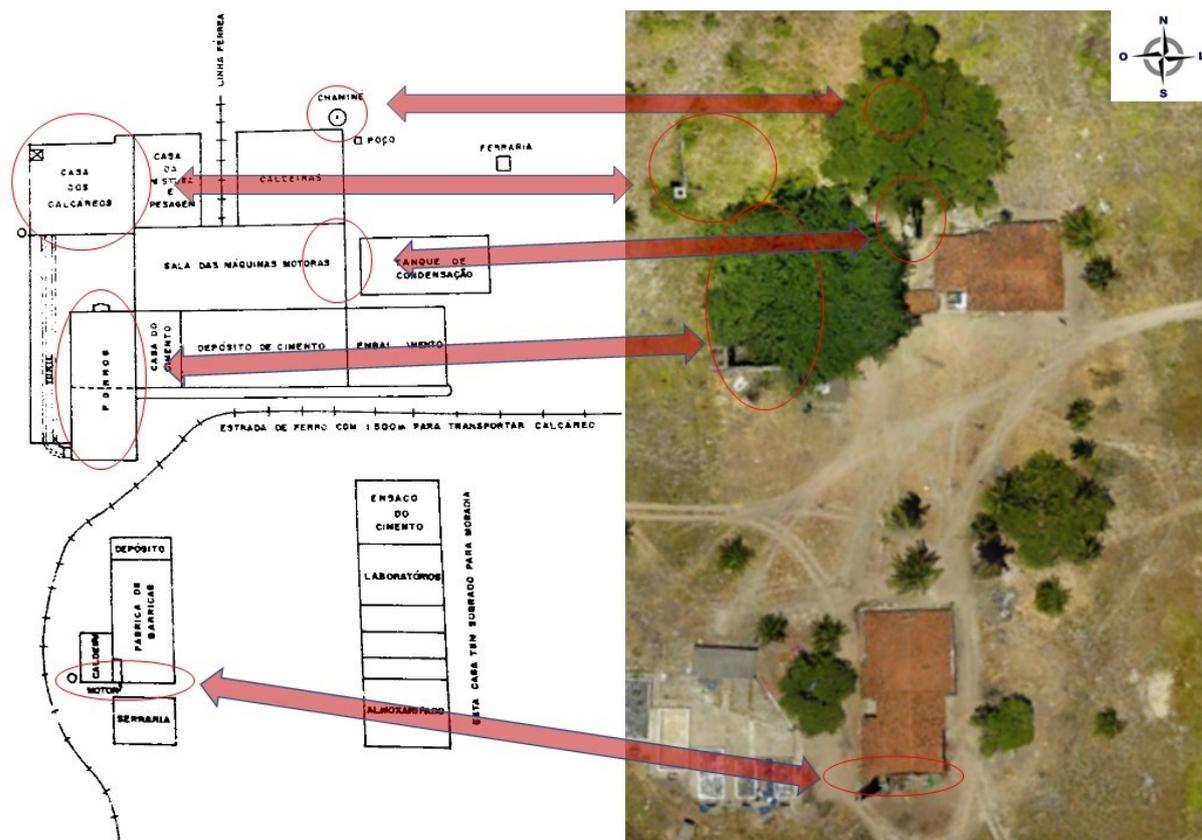
4.2.1.2 Segunda visita

Conforme apresentado na metodologia, uma das atividades desta visita foi confrontar medidas físicas e verificar a verossimilhança do croqui de João de Deus Maurício, apresentado na obra de Galliza (1993).

Tendo em vista as dificuldades de acesso no local, em virtude da vegetação e riscos biológicos, escolheu-se alguns locais para realização de algumas medidas. Tratando-se de um croqui, nem sempre a geometria dos ambientes retratou fielmente a disposição das ruínas, no entanto, de uma forma geral, resguardou com fidelidade algumas construções remanescentes e suas direções, conforme confronto realizado com imagem⁵¹ obtida durante o aerolevanteamento, representado na FIGURA 45.

⁵¹ Infelizmente, as copas das árvores não permitiram uma comparação visual mais detalhada.

FIGURA 45 – COMPARAÇÃO ENTRE O CROQUI OBTIDO E IMAGEM DO AEROLEVANTAMENTO: círculos e elipses destacam alguns dos ambientes confrontados e as setas estabelecem a correspondência entre as imagens.



Fonte: Adaptado de Galliza (1993) e do aerolevante realizado na primeira visita.

Um dos locais escolhidos para checagem de medidas foram as ruínas da Casa do Motor (Sala de Máquinas Motoras, no croqui), por sua posição intermediária entre o prédio dos fornos e a grande chaminé. Um dos achados que permitiram confirmar parte das ruínas como sendo a Casa do Motor, antes mesmo do acesso ao croqui, foi a pesquisa à documentação fotográfica pregressa.

Das diversas imagens pesquisadas e obtidas junto a livros e acervos pessoais de fotógrafos e pesquisadores da capital (Gilberto Stuckert, Bertrand Lira, Magno Araújo e Carlos Azevedo), uma imagem obtida pessoalmente com o fotógrafo Arion Farias, em julho de 2017, foi contundente em apresentar um importante registro da tal “Casa do Motor”. As fotografias (imagens digitais) – indicadas por ele como sendo de sua autoria, mas que seriam pertencentes ao acervo pessoal do historiador Humberto Nóbrega – com quem teria trabalhado em parceria – registram uma máquina a vapor do fabricante *Benjamin Goodfellow*⁵² (FIGURA 47) junto a um

⁵² 1811-1863. Segundo seu obituário no *Grace's Guide*, fundou a empresa homônima que fabricava motores a vapor e máquinas destinadas a trabalhos de engenharia.

pórtico, bem como os dizeres cunhados no equipamento. A FIGURA 46 ilustra o confronto da imagem antiga (esquerda) com a imagem contemporânea (direita).

FIGURA 46 – COMPARAÇÃO ENTRE A FOTOGRAFIA DE ARION FARIAS COM FOTOGRAFIA REGISTRADA DURANTE A PRIMEIRA VISITA.



Fonte: Fotografia Arion Farias (preto e branco). Produzido pelo autor (colorida).

FIGURA 47 – DETALHES DO FABRICANTE CUNHADOS NA MÁQUINA DE TIRIRI (1890) COM ANÚNCIO DO FABRICANTE EM REVISTA INGLESA (1889).



Fonte: Fotografia Arion Farias (esquerda). *Engineering*. In *Grace's Guide*, 13 de dezembro de 1889 (direita).

Erroneamente atribuída à fábrica de cimento localizada em João Pessoa, conforme encontrava-se na legenda do arquivo eletrônico, a fotografia registra, de fato, as ruínas da Casa

do Motor da fábrica de cimento de Tiriri. Tais constatações puderam ser feitas a partir das características construtivas do pórtico, bem como pelos dizeres gravados no maquinismo visualizado na fotografia, que puderam ser comparadas com a descrição da fábrica realizada, em 1894, pelo Governador Álvaro Machado, enquanto tentava buscar acionistas para retomar o empreendimento. Segue trecho do discurso do político sobre as instalações do local: “Casa do motor – Tem de comprimento 24 metros e de largura 7m,60, é toda de pedra e cal, cimentada, onde se acha o motor de força de 400 cavallos, do fabricante «Benjamin Goodfellow»” (JORNAL DO COMMERCIO, 1894, p. 4).

O fotógrafo consultado estimou que tal registro foi realizado em meados da década de 1960, mesma década em que o professor Carlos Azevedo do IPHAEP, quando consultado no âmbito desta pesquisa, afirmou ter visitado a fábrica e presenciado a existência de tais maquinismos na ilha.

Além da verificação da Casa do Motor, também foi possível acessar outra construção remanescente em área até então restrita, mas que pôde ser visualizada pelas imagens obtidas de RPA durante a primeira visita. Trata-se de parede e chaminé, relativa às instalações da tanoaria da fábrica. A chaminé, destinada à caldeira da máquina a vapor da tanoaria⁵³, apresentava altura estimada em 20 metros. A espessura da parede resguarda compatibilidade com a espessura das paredes das demais construções. A FIGURA 48 ilustra as estruturas remanescentes identificadas.

⁵³ Setor da fábrica destinado à produção de barricas.

FIGURA 48 – ESTRUTURAS REMANESCENTES DAS INSTALAÇÕES DESTINADAS À TANOARIA (FÁBRICA DE BARRICAS).

Fonte: Produzido pelo autor.

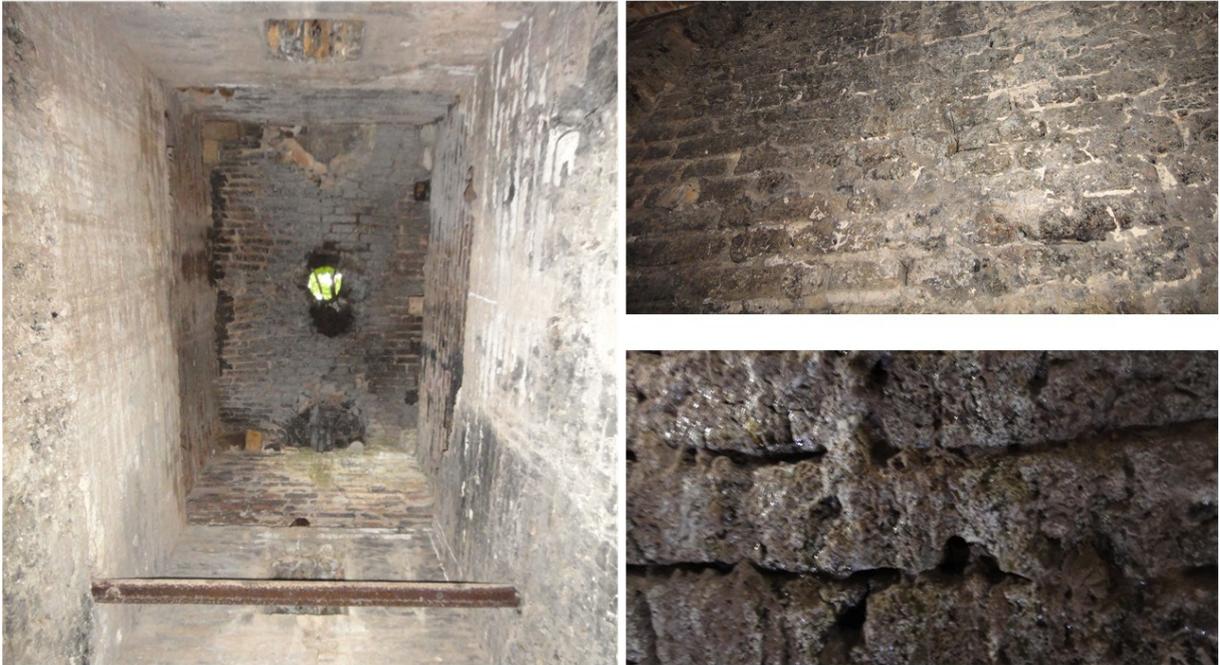
Outra atividade realizada durante a segunda visita foi a vistoria interna dos fornos para coleta de amostras da zona de queima. O trabalho foi realizado do sentido sul para o norte, conforme convenção apresentada na FIGURA 49.

FIGURA 49 – INDICAÇÃO DOS GRUPOS DE FORNOS E NUMERAÇÃO ATRIBUÍDA.

Fonte: Produzido no aerolevanteamento realizado por Rhassanno Patriota, durante a visita de campo.

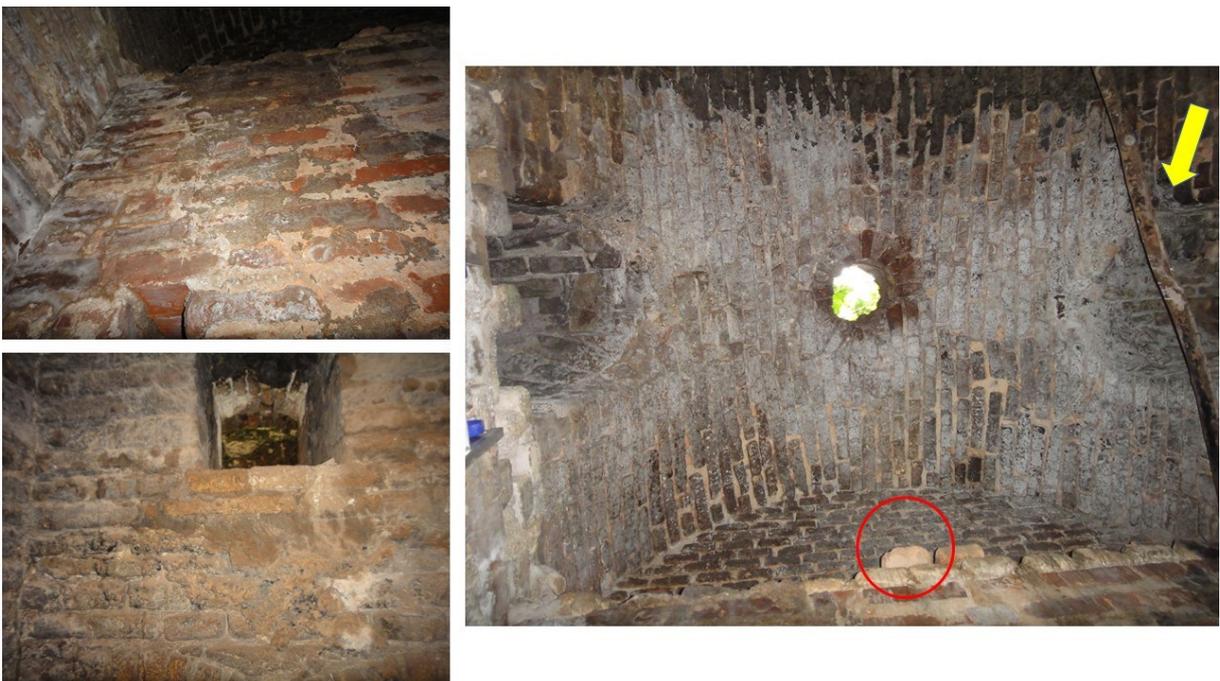
Foi identificada mínima atividade no grupo de fornos sul (3 e 4), mas sem queima de material (farinha), provavelmente relacionada apenas aos testes dos fornos, evidenciada pela coloração da zona de queima, pela leve textura vitrificada dos tijolos internos e pela ausência de colagem de materiais ao redor entre a zona de queima e de resfriamento. Seguem imagens ilustrando as características do interior dos fornos sul.

FIGURA 50 – INTERIOR DO FORNO 3 (FN3): VESTÍGIOS DE QUEIMA E POUCA ADERÊNCIA DE MATERIAIS NAS PAREDES INTERNAS: IMAGEM À ESQUERDA DESTACA PERFIL METÁLICO CRUZANDO O FORNO.



Fonte: Produzido pelo autor.

FIGURA 51 – INTERIOR DO FORNO 4 (FN4): VESTÍGIOS DE QUEIMA E DE POUCO MATERIAL ADERIDO ÀS PAREDES: IMAGEM À DIREITA DESTACA PERFIL METÁLICO DO INTERIOR DO FORNO (SETA) E TIJOLO AVULSO ENCONTRADO NA ZONA DE COMBUSTÃO (CÍRCULO).



Fonte: Produzido pelo autor.

No forno 4 foi encontrado um tijolo avulso (TFB) apoiado na câmara destinada à queima do combustível. A peça apresentava as seguintes dimensões aproximadas: 27,5 cm (comprimento), 12,75 cm (largura) e 6,25 cm (altura). Não resguardava, portanto, relação dimensional com o comprimento dos demais tijolos empregados na fábrica que apresentavam as seguintes dimensões: 23 x 11,5 x 6,5 cm (tijolo maciço vermelho) e 23 x 11,5 x 7,5 (tijolo refratário claro). O objeto FIGURA 52 foi recolhido para exames e confronto a fim de estimar se poderia ter relação com os tijolos de farinha destinado à produção de clínquer.

FIGURA 52 – DETALHE DO TIJOLO ENCONTRADO NO INTERIOR DO FORNO 4.



Fonte: Produzido pelo autor.

Já no grupo de fornos norte (1 e 2) foi identificada atividade de queima expressiva de material, especialmente no forno nº 1 (FN1). Em relação a este último foi evidenciada um acúmulo significativo de colagem entre a zona de queima e a zona de resfriamento do forno, identificando a queima de material originado de jazidas, pelo menos até a temperatura de transição vítrea⁵⁴. Foi possível identificar visualmente sucessivas camadas de colagem, indicando tratar-se de sucessivas fornadas, evidências que correspondem ao previsto na bibliografia. Seguem imagens ilustrando as características do interior dos fornos norte.

⁵⁴ Apesar da dificuldade do controle da temperatura no interior dos fornos *Dietzsch*, cuja temperatura de queima apresentava uma variação bem maior que a tecnologia de fornos rotativos, a partir dos vestígios dos constituintes identificados, é possível estimar faixas de temperatura alcançadas à época (> 1400°).

FIGURA 53 – INTERIOR DO FORNO 2 (FN2): VESTÍGIOS DE QUEIMA E ADERÊNCIA DE MATERIAIS NAS PAREDES INTERNAS: IMAGEM À DIREITA DESTACA PERFIL METÁLICO CRUZANDO O FORNO.



Fonte: Produzido pelo autor.

FIGURA 54 – IMAGENS DOS VESTÍGIOS DE COLAGEM DE MATERIAL NO INTERIOR DO FORNO 1 (FN1) SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO.



Fonte: Produzido pelo autor.

FIGURA 55 – DETALHE DOS VESTÍGIOS DE MATERIAL IDENTIFICADOS NA ZONA DE QUEIMA E DE RESFRIAMENTO NO INTERIOR DO FORNO 1.



Fonte: Produzido pelo autor.

Por meio da segunda visita, ainda foi possível constatar o afloramento rochoso de calcário na Ilha Marques (CAL1), conforme previsto na bibliografia. A topografia de alguns trechos do terreno, incluindo a formação de um pequeno lago, sugerem atividade de extração pretérita (FIGURA 56). Tendo em vista o grande lapso temporal decorrido e ausência de plantas com dados topográficos do afloramento ao final do século XIX, não é possível afirmar se sua extração foi relacionada à fábrica de cimento (ainda que parcialmente) ou se foi decorrente da exploração das atividades econômicas posteriores que modificou a paisagem/relevo da Ilha ao longo do século XX.

FIGURA 56 – VISTA PARCIAL DO AFLORAMENTO ROCHOSO EXISTENTE NA ILHA MARQUES, VIZINHA À ILHA DE TIRIRI.

Fonte: Produzido pelo autor.

Ressalta-se que algumas referências sugerem que desde a época do funcionamento da fábrica de cimento já havia uma interligação física entre as Ilhas de Tiriri e Marques, conforme apontado na argumentação do Procurador Maurício Furtado, a partir do conteúdo dos autos, no contexto da famosa querela jurídica sobre a ilha, envolvendo João Domingues dos Santos: “e assim condeno o réu e a oponente, na forma do pedido, á (*sic*) entrega do domínio útil da Ilha Tiriri, á (*sic*) retirada da ligação artificialmente feita a outras ilhas...” (ALMEIDA FILHO, 1998, p. 308).

É provável que a menção de análises distintas sobre o calcário da Ilha de Tiriri feita por SANTOS (1928), especialmente em relação ao teor de Magnésio, possa estar relacionada à extração de amostras de cada uma das ilhotas. Tal hipótese, inclusive, resguarda compatibilidade com os ensaios de Fluorescência de Raios X, conforme será visto mais adiante, sugerindo que, à época, possam ter sido remetidos à Europa amostras de calcário extraídas dessas jazidas, atribuindo apenas como à jazida da Ilha de Tiriri.

4.2.1.3 Terceira visita

O primeiro local identificado durante a terceira visita foi o antigo porto de Tiriri. Além da importância histórica de sua construção, que ilustra o esmero do trabalho de alvenaria de pedra argamassada à época, o registro do local exato do porto possibilita realizar estimativas da distância entre alguns pontos principais do empreendimento (porto, instalações e jazida) e sua compatibilidade com os dados de extensão da ferrovia que serviu a fábrica, a fim de verificar a verossimilhança das informações técnicas encontradas nas referências da época.

A tal construção estaria ligada uma “ponte de embarque e desembarque”, conforme descrito pelo Governador Álvaro Machado: “Existe em frente à ilha e mede 44 metros de comprimento e 4 metros de largura, toda de madeira de lei” (JORNAL DO COMMERCIO, 1894, p. 4). A FIGURA 57 ilustra construção remanescente do antigo porto.

FIGURA 57 – CONSTRUÇÃO QUE INDICA A LOCALIZAÇÃO DO ANTIGO PORTO DE TIRIRI DESTINADO AO ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO DA FÁBRICA.



Fonte: Produzido pelo autor.

Conforme proferido na palestra de Machado, ao falar sobre a casa de embarcamento, a ferrovia de Tiriri dispunha de pouco mais de 1.500 metros:

...onde passa a linha férrea para o serviço de embarque de cimento; medindo esta linha 1,577 metros de extensão e 1 metro de bitola, com trilhos «Wignolle» e dormentes de madeira de lei.

Esta linha liga a fábrica à pedreira, onde se estrahe o calcareo para o fabrico do cimento; esse serviço é feito todo sobre o trolly. Existe na pedreira um forno para o fabrico de cal. (JORNAL DO COMMERCIO, 1894, p. 4).

Eis uma pista apresentada por Machado, através da citação do forno de cal, de que a jazida principal da fábrica, de fato, era a localizada em Tiriri, apesar do croqui de João de Deus (GALLIZA, 1993) indicar que a linha férrea seguiria rumo à jazida da Ilha Marques.

Da cartografia pesquisada acerca de Tiriri e região, foi identificado um importante mapa produzido pela Secretaria de Patrimônio da União e lá disponível, que apresenta os contornos da ilha, destacando-a precisamente da Ilha Marques e de uma área de viveiros, bem como apresentando os seus terrenos alagados de Marinha, os terrenos de aluvião cultivados com lavoura, uma área de mata e uma área de pedreira. Nele estão indicados os seguintes tipos de construções existentes: casas de taipa com palha, casas de taipa com telhas, casa de farinha, ruínas de prédio da fábrica de cimento, chaminé da fábrica e ruínas de um forno calcário.

Em relação ao forno de calcário, este estaria localizado nas imediações da pedreira. Não foi apresentada a indicação do Norte no mapa, sendo o desenho e outras informações apresentados em sentido inverso ao que se convencionou em cartas e mapas. Trata-se de um trabalho datado de 11 de junho de 1946, levantado pelo prático de engenharia Alfredo Francisco de Barros e desenhado pelo auxiliar de escritório José Balbino Pereira, conforme ilustrado na FIGURA 58.

FIGURA 59 – TRAÇADO DESDE O PORTO ATÉ À ANTIGA PEDREIRA, PASSANDO PELAS INSTALAÇÕES DA FÁBRICA: 1.577,00 m.

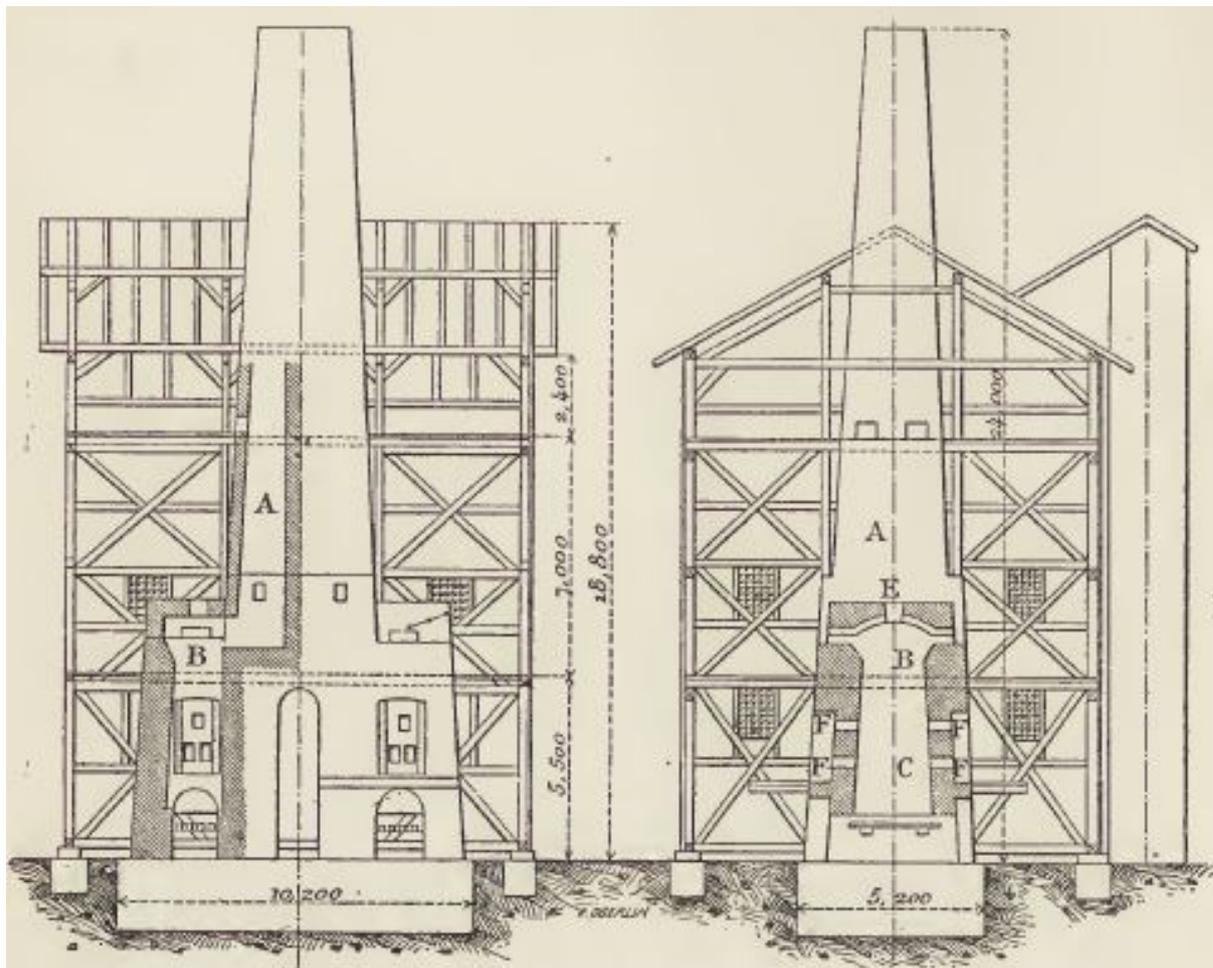


Fonte: Traçado e pontos produzidos pelo autor sobre imagem de satélite do *Google Earth*. Imagem de 26/01/2007.

A próxima atividade realizada durante a visita foi o levantamento de imagens da zona de queima e da câmara destinada ao combustível no interior do forno, por meio do conjunto haste e câmara apresentado no capítulo dos métodos. Além da imagem do interior dos quatro fornos, foi realizada uma varredura periférica a cerca de 6,00 m de altura, no interior do prédio dos fornos.

Ressalta-se que esse tipo de prospecção de imagens, semelhante a uma “endoscopia” de áreas do interior dos fornos, foi necessária tendo em vista a ausência das plataformas que davam acesso aos seus pavimentos superiores, removidas ou saqueadas (como a literatura sugere), após a falência do empreendimento. Uma eventual instalação de plataformas ou andaimes para acesso aos pavimentos superiores demandaria recursos muito além dos previstos no âmbito desta pesquisa, além de maiores estudos sobre a estabilidade dos elementos construtivos localizados acima, aumentando em muito o risco da prospecção realizada. Segue ilustração de Candlot (1906), com cotas, para ilustrar as estruturas que permitiam o deslocamento entre os pavimentos do prédio dos fornos, à época de seu funcionamento (FIGURA 60).

FIGURA 60 – CORTES ESQUEMÁTICOS APRESENTANDO AS PLATAFORMAS DE ACESSO AOS PAVIMENTOS SUPERIORES DOS FORNOS DIETZSCH.



Fonte: Candlot (1906), Fig. 39, p. 76.

Algumas imagens das filmagens obtida no interior dos fornos, seguem dispostas a seguir.

A FIGURA 61 ressalta a colagem de material identificado ao final da zona de queima do forno, próximo às aberturas destinadas ao resfriamento do material, exatamente no local destinado à aderência de material, conforme previsto na literatura.

A FIGURA 62 apresenta a imagem de uma das aberturas destinadas ao abastecimento de combustível do forno, localizada acima da zona de queima, onde repousa um tijolo refratário utilizado no revestimento interior de parte dos fornos.

FIGURA 61 – ILUSTRA COLAGEM DE MATERIAL NA ZONA DE QUEIMA DO FORNO (FN1).



Fonte: Produzido pelo autor.

FIGURA 62 – ILUSTRA TIJOLO REFRAATÁRIO AVULSO EM UMA DAS ABERTURAS DA ZONA DE ABASTECIMENTO DE COMBUSTÍVEL (FN3).



Fonte: Produzido pelo autor.

Na oportunidade foi confirmado o tipo/modelo de tijolo refratário utilizado na zona de resfriamento. Tal achado foi importante para confrontá-lo com as características do exemplar encontrado no laboratório de Geologia da UFPB, atribuído à fábrica de Tiriri. O tijolo foi medido e fotografado, conforme apresentado na FIGURA 63, o que possibilitou uma pesquisa mais aprofundada do material.

FIGURA 63 – TIJOLO REFRAATÁRIO CUNHADO COM OS DIZERES “CROWN”.



Fonte: Produzido pelo autor no CCEN/UFPB.

Uma vez verificada a relação da peça com a usina de Tiriri foi realizada a pesquisa das origens do material. Tal item construtivo não foi encontrado nas pesquisas realizadas nos jornais locais da época, que costumavam veicular anúncios destinados a fornecedores de insumos e serviços demandados pela fábrica, a exemplo de tijolos, madeira, tanoeiros, etc. Tendo em vista o caráter especial do produto para a época (propriedades refratárias), presumiu-se que o item pudesse ter sido adquirido diretamente com fornecedores do Reino Unido, juntamente com parte dos equipamentos destinados a fábrica, a fim de aproveitar o mesmo transporte ultramarino. Ressalta-se que, ainda hoje, são comercializados no Reino Unido tamanhos de tijolos refratários nas mesmas dimensões do modelo de Tiriri: 229 x 114 x 76 mm.

Então, a partir das características do exemplar da fábrica de Tiriri, partiu-se para pesquisa de tijolos refratários em bancos de dados de olarias e cerâmicas no Reino Unido, entre 1888 e 1891 (*Old Bricks e Scotland's Brick Manufacturing Industry*). Um dos fabricantes pesquisado resguardou maior compatibilidade com as características do produto encontrado,

especialmente em virtude da marcação em alto relevo constando os dizeres “CROWN” (coroa, em inglês) constante no logotipo da empresa.

Trata-se do fabricante escocês *Brownlie, P. S. & Co. Crown Fireclay Works*, de Glasgow (FIGURA 64). Além do período de atuação do fabricante entre 1888 e 1891 (*Glasgow West-end Addresses* e *Post Office Glasgow Directory etc.*) e do nome do produto coincidir com o nome do tijolo refratário identificado no forno da fábrica brasileira, também vendia seus produtos para o exterior e colônias britânicas. Seus produtos eram feitos de argilas selecionadas e prensados por máquina a vapor, incluindo tijolos refratários para fornos cerâmicos (CRANSTON, 2015).

FIGURA 64 – ANÚNCIO DE FIRMA ESCOCESA DE TIJOLOS REFRAATÓRIOS AO FINAL DO SÉCULO XIX.



Fonte: Site do *Scotland's Brick Manufacturing History* (2015).

A outra atividade realizada foi a vistoria das áreas ainda não exploradas entre o prédio dos fornos (FIGURA 65), a grande chaminé (FIGURA 66) e a casa de calcários. Seguem algumas imagens das áreas acessadas, com destaque para um túnel localizado entre a Casa do Motor e a grande chaminé, destinado à exaustão dos vapores.

FIGURA 65 – ÁREA POSTERIOR AO PRÉDIO DOS FORNOS (FACHADA NORTE).



Fonte: Produzido pelo autor.

FIGURA 66 – ÁREA ENTRE A CASA DE MOTORES E A CHAMINÉ, COM DESTAQUE PARA TÚNEL DE EXAUSTÃO.



Fonte: Produzido pelo autor.

FIGURA 67 – ÁREA ENTRE A CASA DOS CALCÁREOS E O PRÉDIO DOS FORNOS, INCLUINDO SUA FACHADA LESTE: DETALHE DE PEÇA ENCONTRADA.



Fonte: Produzido pelo autor.

As imagens da FIGURA 67 seguem contextualizadas por imagem produzida durante o aerolevanteamento realizado e apresentado na FIGURA 68, especialmente em relação à peça de cimento hidratado encontrada, destacada pela seta amarela.

FIGURA 68 – INDICAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO DOS AMBIENTES LOCALIZADOS ENTRE O PRÉDIO DOS FORNOS E A CASA DE CALCÁRIOS: seta destaca a localização de peça descoberta de cimento hidratado no contexto do sítio.



Fonte: Produzido no aerolevante realizado por Franco Urzêda Júnior, durante a visita de campo.

Conforme mencionado no Capítulo 3, durante esta vistoria foi encontrada uma peça de cimento hidratado, de cor acinzentada. Em relação a este achado, antes da retirada de amostras para posterior identificação de suas características químicas e microestruturais em laboratório, foram verificadas sua textura e suas dimensões, a fim de verificar se resguardavam semelhança com o recipiente (barrica) utilizado para comercialização do produto (pó de cimento) à época.

Considerando o formato arredondado e mais largo ao centro, o desenho impresso nas suas laterais de uma extremidade a outra, que consistia em uma superfície circular plana, verificou-se sua plena semelhança com uma barrica, que teria deixado a marca e o formato de suas aduelas, bem como do tampo inferior. Este vestígio indica que o pó de cimento, sob ação das condições atmosféricas ou simplesmente de uma ação direta da água – chuva, por exemplo –, hidratou-se e, conseqüentemente, endureceu ao longo do tempo, conformando-se em uma “pedra” no formato do recipiente que o envolvia.

Há registros, como o do governador Álvaro Machado, de que havia barricas de cimento sobressalentes no depósito da fábrica, após a interrupção do empreendimento:

Durante o tempo em que funcionou, pois foram logo suspensos os seus trabalhos em Junho do mesmo anno, chegou a produzir mais de 1,000 barricas de cimento, das quaes ainda existem em deposito cerca de 100. (REVISTA DO INSTITUTO POLYTECHNICO, 1895, p. 91).

A peça, em formato levemente elíptico, apresentava uma de suas extremidades bastante irregular, mesmo antes da retirada das amostras. Considerando o seu confinamento em uma barrica, a superfície desgastada deveria ser aquela próxima ao tampo superior do recipiente que o moldou. A peça apresentava diversas fissuras nas duas direções (horizontal e vertical), coerentes com o intemperismo e ações humanas de limpeza do terreno com queima de cobertura vegetal, passando a ser descrita com base em três medidas: diâmetro inferior de cerca de 40 cm; diâmetro médio de cerca de 45 cm e altura média de 47 cm, tendo em vista a sua variação a depender do ponto tomado em sua superfície desgastada. Foi utilizado como altura média 47 cm. A FIGURA 69 ilustra o objeto na posição em que foi encontrado.

FIGURA 69 – DIFERENTES VISTAS DA PEÇA NA POSIÇÃO QUE FOI ENCONTRADA: IMAGEM DIREITA INFERIOR ILUSTRA SUPERFÍCIE BASTANTE IRREGULAR EM UMA DE SUAS FACES.



Fonte: Produzido pelo autor.

Com base nas medidas tomadas, foi possível estimar seu volume a partir do cálculo do volume do barril elíptico, resultando em cerca de 0,07 m³. Considerando que o material se encontrava confinado e supondo que tenha sofrido processo de hidratação apenas em virtude da umidade do ar atmosférico ou da ação de águas pluviais nos últimos 126 anos, sem ter sido

misturado com outros materiais (areia, cal, pedra, etc.), foi utilizada a massa específica de uma argamassa de cal hidráulica para fins de estimativa de sua massa (kg). A referência adotada foi o limite superior do intervalo considerado na tabela do Sistema de Custos de Obras e Serviços de Engenharia – SCO-Rio/FGV. Para uma massa específica de 2.200 Kg/m², foi estimada uma massa de 154 kg para a peça⁵⁵.

Ressalta-se que a unidade inglesa à época (*barrel*) previa uma massa de 376 libras, o equivalente a cerca de 170 kg de cimento em pó (CARDARELLI, 1997). Já autores como James e Chanson (2000) estimam que a densidade do cimento inglês, no século XIX, variava entre 1.395 e 1.495 Kg/m³, sendo uma grandeza também utilizada à época para avaliar a qualidade do produto. Para uma unidade padrão (*barrel*) de 0,113 m³ esta variação de densidade representa uma variação de massa entre 157 a 169 Kg.

Na documentação nacional sobre a fábrica de Tiriri à época (JORNAL DO COMMERCCIO, 1888) verificou-se, portanto, que a razão entre número de barrica por tonelada de cimento girava em torno de sete unidades, sugerindo que cada barrica tivesse entre de 142 e 147 kg. Em artigo sobre uma antiga fábrica de cimento norte-americana⁵⁶ se mencionou que houve uma redução no carregamento das barricas europeias entre as décadas de 1870 e 1890 que passaram a ser comercializadas com 350 libras, o equivalente a cerca de 158 Kg (CARROLL, 2014).

Para fins ilustrativos, segue imagem de descarregamento de barris de cimento⁵⁷, em 1922, no antigo Porto do Capim, em João Pessoa/PB, obtida no acervo pessoal do escritor João de Deus.

⁵⁵ Esta estimativa foi utilizada para programar a logística destinada à remoção da peça para o laboratório e dimensionar o suporte a ela destinada.

⁵⁶ Wampum Cement and Lime Co.

⁵⁷ Provavelmente importado, considerando que a única fábrica nacional à época, localizada no Espírito Santo, apresentava produção bastante limitada.

**FIGURA 70 – IMAGEM OBTIDA EM ACERVO, APRESENTANDO A LEGENDA:
“99. DESCARREGANDO CIMENTO – PARAHYBA d/N. 23.08.1922”.**



Fonte: Acervo de João de Deus Maurício. Autor não identificado.

A última atividade da terceira visita foi vistoriar a jazida localizada na Ilha de Tiriri, a oeste das instalações da fábrica, bem como um antigo forno de cal existente em suas imediações. A localização indicada por funcionários do local coincidiu com um antigo mapa da ilha, disponível nos arquivos da Secretaria de Patrimônio da União, conforme visto anteriormente.

Da vistoria na área da pedreira (FIGURA 71) foi possível identificar afloramentos de calcário localizados na parte mais alta da ilha, conforme destacado no Modelo Digital de Terreno elaborado e apresentado na FIGURA 18. Além dos afloramentos de rocha, foi possível identificar material argiloso no capeamento da jazida (FIGURA 72), apresentando coloração distinta, variando de aparência sílico-aluminosa a variegada – quase ferruginosa. Seguem imagens das áreas visitadas.

FIGURA 71 – PEDREIRA LOCALIZADA NA ILHA DE TIRIRI (CAL2): VISTA A PARTIR DE COTA SUPERIOR E DETALHE DE AFLORAMENTO.



Fonte: Produzido pelo autor.

FIGURA 72 – VISTA GERAL DE PARTE DO CAPEAMENTO DA JAZIDA: a) material argiloso ao longo do maciço (seta indica escala de 1,80 m); b) local de retirada de ARG1; c) local de retirada de ARG2; d) local de retirada de ARG3.



Fonte: Produzido pelo autor.

Por fim, foi visitado o antigo forno de cal, localizado em uma encosta, que resguarda compatibilidade com a descrição apresentada por Saint Hilaire (p. 59, 1833) – “circular e aberto

em um lado até o topo” – e que pode ter feito parte da história da construção da fábrica de Tiriri, no sentido de produzir, ainda que parcialmente, a argamassa de cal que assentou a alvenaria dos prédios. A FIGURA 73 ilustra o referido forno encontrado na mata, na porção localizada entre a pedreira e o mangue.

FIGURA 73 – FORNO DE CAL DESATIVADO LOCALIZADO PRÓXIMO À PEDREIRA DA ILHA DE TIRIRI.



Fonte: Produzido pelo autor.

4.2.1.4 Quarta visita

A última visita realizada destinou-se à remoção da peça cimentícia para a UFPB. O registro foi realizado por meio levantamento fotográfico tradicional e com apoio de RPA e georreferenciamento, conforme descrito no Capítulo 3. A visita durou cerca de duas horas tendo em vista a dificuldade de deslocamento da peça tanto pelo seu peso, quanto pela irregularidade do terreno onde se encontrava. Após alojada em um carrinho de mão vertical, foi içada para a carroceria de um trator até o atual porto da ilha, de onde foi transferida, com o auxílio de uma tábua, para o interior da embarcação que realizou o trajeto de volta ao continente.

Transferida a peça do porto da Ribeira, no Distrito de Livramento, em Santa Rita, para o Laboratório de Caracterização Microestrutural da UFPB, em João Pessoa, foi necessário planejar a pesagem e um levantamento fotográfico minucioso a fim de registrar todos os detalhes da peça e evitar, ao máximo, o seu deslocamento e manuseio.

A peça foi pesada em balança industrial e atingiu a massa de 145,6 Kg. A partir dos dados estimados para o seu volume, foi possível obter a sua densidade (como um todo). Também se optou por estimar a massa específica aparente do material estudado, a partir de uma das amostras extraídas no momento em que a peça foi localizada, porção esta predominantemente maciça e homogênea. Neste sentido, foi separada uma amostra para realização de ensaio de densidade relativa, utilizando-se um cilindro graduado cheio de água e observado o volume de deslocamento desta. Os resultados são apresentados na TABELA 9.

TABELA 9 – ESTIMATIVA DA DENSIDADE DA PEÇA E MASSA ESPECÍFICA DO MATERIAL.

| Item | Massa (kg) | Densidade (kg/m³) |
|-------------------------|-------------------|-------------------------------------|
| Peça | 145,600 | 2081,05 |
| Material extraído (CPB) | 0,144 | 2117,65 |

Fonte: Produzido pelo autor.

Dos resultados observa-se uma convergência entre os valores, que estão variando em torno de 2.100 kg/m³, sugerindo que a peça seja de fato maciça e constituída pelo mesmo material. Utilizando-se a mesma referência anterior dos materiais construtivos (SCO-Rio), tal valor corresponde à faixa de uma argamassa constituída de cimento e areia. Ressalta-se que a peça, além de não representar o conteúdo da barrica em sua totalidade, foi perdendo parte de sua massa original ao longo dos anos, em decorrência da ação das intempéries.

4.2.2 RESULTADO DA ANÁLISE DOS VESTÍGIOS DAS RUÍNAS E JAZIDAS

As quatro visitas realizadas *in loco* às ruínas da fábrica de cimento da Ilha de Tiriri permitiram identificar, mediante confronto com fonte documental, as ruínas de pelo menos oito construções (FIGURA 74) que faziam parte do conjunto destinado a abrigar suas instalações e equipamentos: chaminé da casa do motor, túnel das caldeiras, sala de máquinas motoras, prédio dos fornos, casa de cimento, fábrica de barricas, casa de calcários e o local do antigo porto, representado pelas ruínas de uma base em alvenaria de pedra que dava acesso ao extinto trapiche que atendia às embarcações.

Ainda na Ilha de Tiriri, foi identificada uma jazida de calcário e argila em sua porção oeste, bem como um forno primitivo de cal, localizado em meio à vegetação nativa nas imediações desta jazida (FIGURA 75). Por fim, foi identificada uma jazida de calcário localizada na Ilha Marques, contígua à Ilha de Tiriri (FIGURA 76). Os respectivos locais seguem ilustrados por meio de aerolevanteamento realizado.

FIGURA 74 – IMAGEM ILUSTRA AS INSTALAÇÕES DA FÁBRICA (ELIPSES) E O LOCAL DO ANTIGO PORTO (SETA).



Fonte: Produzido no aerolevanteamento realizado por Franco Urzêda Júnior, durante a visita de campo.

FIGURA 75 – IMAGEM ILUSTRA AS IMEDIAÇÕES DA JAZIDA DA ILHA DE TIRIRI (ELIPSE) E O LOCAL DO ANTIGO FORNO DE CAL (SETA).



Fonte: Produzido no aerolevanteamento realizado por Franco Urzêda Júnior, durante a visita de campo.

FIGURA 76 – IMAGEM ILUSTRA AS IMEDIAÇÕES DA JAZIDA DA ILHA MARQUES (ELIPSE).



Fonte: Produzido no aerolevanteamento realizado por Franco Urzêda Júnior, durante a visita de campo.

Os principais pontos identificados, seguem georreferenciados em coordenadas geográficas (Datum WGS 84), em tabela a seguir.

TABELA 10 – LOCALIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS PONTOS IDENTIFICADOS NO TRABALHO

| Ponto | Latitude (S) | Longitude (O) |
|--|---------------------|----------------------|
| Antigo Porto da Ilha | 7° 4' 13,97''S | 34° 53' 35,54''O |
| Instalações fabris (localização da peça) | 7° 4' 14,92''S | 34° 53' 49,96''O |
| Jazida da Ilha Marques | 7° 4' 33,01''S | 34° 53' 48,02''O |
| Jazida da Ilha de Tiriri | 7° 4' 21,98''S | 34° 54' 11,44''O |
| Forno de cal (desativado) | 7° 4' 22,08''S | 34° 54' 16,63''O |

Fonte: Produzido pelo autor.

Os achados exigiram um deslocamento nas duas partes da Ilha (Tiriri e Marques) em uma área de cerca de 40 hectares, e suas imediações encontram-se ilustradas na FIGURA 77.

FIGURA 77 – IMEDIAÇÕES DOS PRINCIPAIS VESTÍGIOS CONSTRUTIVOS (EM AMARELO) DA FÁBRICA DE CIMENTO IDENTIFICADOS NA ILHA DE TIRIRI, INCLUINDO JAZIDA DA ILHA MARQUES.

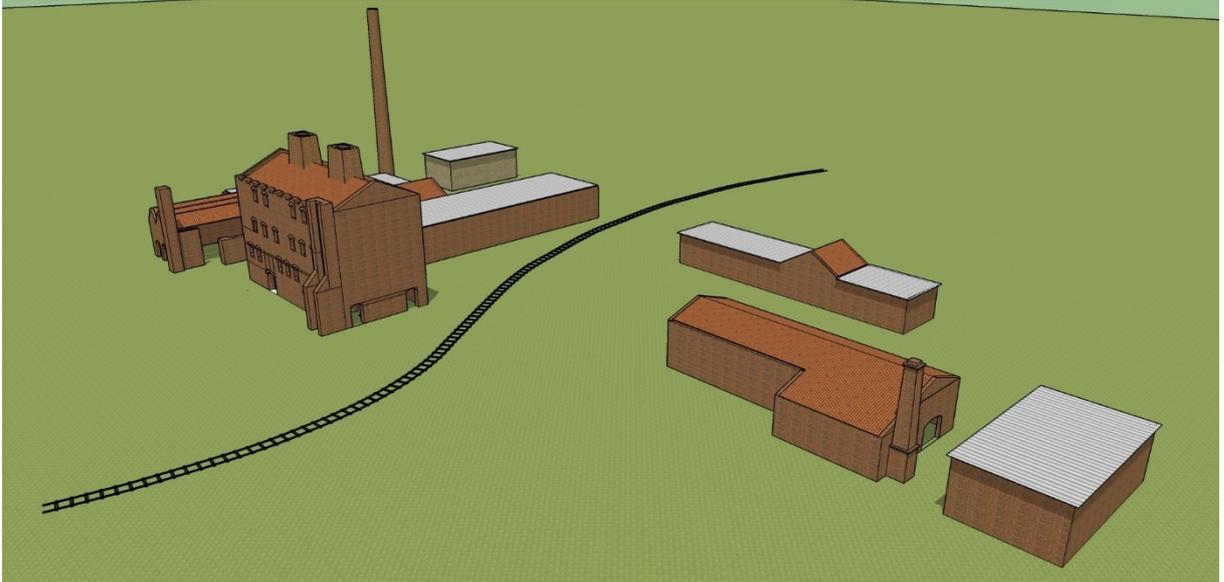


Fonte: Retirado de imagem do Google Earth, datada de 06/01/2018.

Os vestígios das ruínas encontradas permitiram associá-las, inequivocamente, às instalações de um fábrica de cimento Portland típica do século XIX, especialmente pela tecnologia de queima adotada (fornos *Dietzsch*). As jazidas remanescentes de calcário e argila identificadas em suas imediações reforçam a afirmação apresentada.

A fim de ilustrar o resultado possível da conjugação de dados históricos (croqui de João de Deus e descrição de Álvaro Machado) com os vestígios in loco (ruínas), foi produzida uma maquete eletrônica das feições das principais edificações integrantes da fábrica de cimento de Tiriri, à época de seu funcionamento, conforme ilustrados nas três figuras seguintes.

FIGURA 78 – MAQUETE ELETRÔNICA DOS VOLUMES QUE COMPUNHAM A FÁBRICA (EXCETO PORTO).

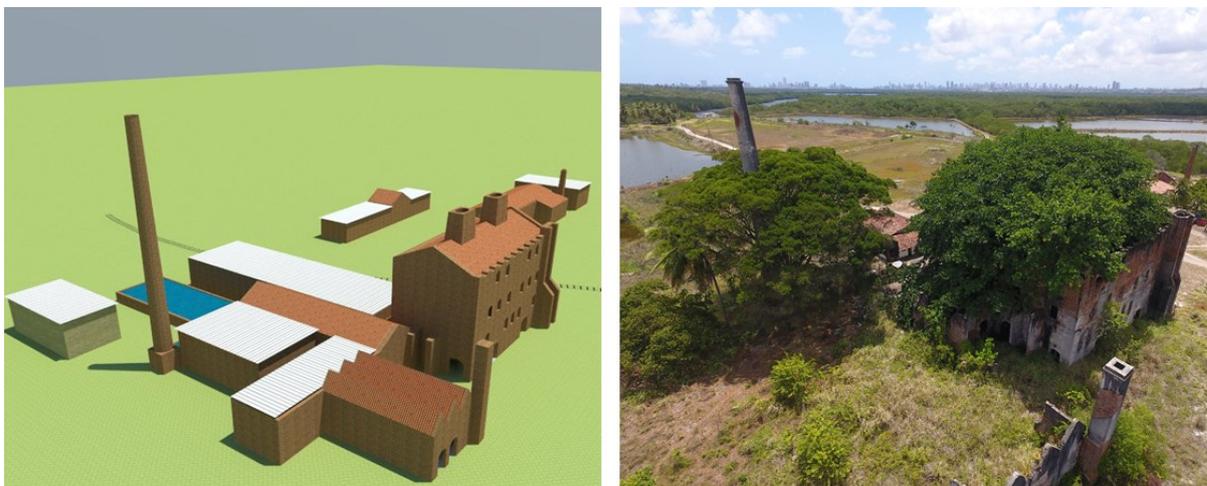


Fonte: Modelo digital elaborado por Erival Costa a partir de informações levantadas pelo autor.

FIGURA 79 – VISTA DO TOPO DAS EDIFICAÇÕES (ESQUERDA) E SOBREPOSIÇÃO DA IMAGEM EM ORTOMOSAICO GERADO POR VOO DE RPA (DIREITA).



Fonte: Modelo digital elaborado por Erival Costa a partir de informações levantadas pelo autor.

FIGURA 80 – COMPARAÇÃO DA MAQUETE ELETRÔNICA COM FOTOGRAFIA AÉREA OBTIDA EM VOO DE RPA.

Fonte: Modelo digital elaborado por Erival Costa a partir de informações levantadas pelo autor.

Os vestígios de queima identificados, especialmente no interior do forno localizado mais ao norte (FN1), confirmaram a uso daquelas instalações para queima de uma mistura de material rochoso e argiloso (FIGURA 81) que resultaram em minerais de aspecto heterogêneo (granular e vítreo), indicando que a fábrica esteve em atividade.

FIGURA 81 – EXEMPLO DE AMOSTRA OBTIDA NO INTERIOR DO FORNO 1.

Fonte: Produzido pelo autor.

A peça de cimento hidratado, em formato de barrica, encontrada nas imediações do prédio dos fornos, testemunha o produto da época e resguarda, inclusive, o formato do recipiente utilizado para armazená-lo e transportá-lo, enquanto pó, no século XIX. O registro fotográfico minucioso da referida peça possibilitou a elaboração do modelo digital apresentado na FIGURA 82.

FIGURA 82 – MODELO DIGITAL 3D DO OBJETO ENCONTRADO.



Fonte: Modelo digital elaborado por Rhassanno Patriota a partir de fotografias do autor.

Dessa forma, com base nos vestígios materiais identificados, é possível afirmar que houve produção de cimento na Ilha de Tiriri, diante da perspectiva das Ciências Forenses, restando analisar a compatibilidade entre a composição microestrutural dos materiais encontrados e aquela esperada para um cimento Portland da época, a fim de melhor distingui-los como tal.

4.3 PERSPECTIVA DA CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS

4.3.1 ANÁLISES DAS AMOSTRAS

Os resultados das análises das amostras são apresentados a seguir, de acordo com a técnica de caracterização empregada.

4.3.1.1 Fluorescência de Raios X (FRX)

Seguem tabelas com o resultado da Fluorescência de Raios X das amostras coletadas em campo, divididas por: matéria-prima (calcários, argilas e tijolo branco); produto do forno (colagem) e aplicações de materiais cimentícios (argamassas de assentamento, de revestimento e a peça de cimento hidratado – “barrica”).

Na TABELA 11 é possível confrontar os percentuais dos óxidos identificados na argila do mangue (ARM) com os das argilas extraídas do capeamento da jazida de Tiriri (ARG1, 2 e 3), assim como aqueles no calcário da jazida da Ilha Marques (CAL1) com os da jazida de Tiriri (CAL2). Os dados do “tijolo branco” encontrado avulso no interior do forno com menor registro de atividade de queima, também seguem apresentados, apesar do grau de incerteza acerca da finalidade do material no contexto da fábrica.

TABELA 11 – RESULTADO DAS ANÁLISES DE FRX DAS AMOSTRAS DE MATÉRIA-PRIMA.

| SIGL A | PF* (%) | SiO ₂ (%) | Al ₂ O ₃ (%) | Fe ₂ O ₃ (%) | CaO (%) | MgO (%) | SO ₃ (%) | Na ₂ O (%) | K ₂ O (%) | P ₂ O ₅ (%) | TiO ₂ (%) |
|-----------|------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------|------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| ARM | 3,57 | 88,95 | 2,89 | 1,10 | 0,98 | 0,29 | 0,25 | 0,73 | 0,76 | | 0,47 |
| CAL1 | 40,76 | 3,58 | 0,89 | 0,39 | 47,18 | 4,81 | 0,11 | 0,01 | 0,38 | 0,11 | |
| CAL2 | 37,82 | 7,01 | 2,12 | 0,63 | 46,09 | 0,52 | 1,03 | 0,04 | 0,67 | 0,10 | |
| ARG 1 | 4,87 | 79,98 | 12,42 | 2,33 | 0,04 | 0,03 | 0,05 | | 0,10 | | 0,19 |
| ARG 2 | 4,28 | 82,39 | 10,08 | 2,55 | 0,04 | 0,03 | 0,05 | | 0,11 | | 0,48 |
| ARG 3 | 5,20 | 77,88 | 12,83 | 3,78 | | 0,04 | 0,05 | | 0,10 | | 0,24 |
| TFB | 7,03 | 71,54 | 16,29 | 2,00 | 0,55 | 0,29 | 0,10 | 0,42 | 1,22 | | 0,58 |

* Perda ao fogo. Fonte: Produzido pelo autor.

Na TABELA 12 é possível confrontar os percentuais dos óxidos identificados nos materiais recolhidos do interior dos fornos, com destaque para os materiais do forno 1 (FN1V e FN1C), onde houve registro significativo de vestígios de queima. Ressalta-se que o material FN4(2) apresentou um alto percentual de perda ao fogo, mesmo porque foi extraído de local com excesso de matéria orgânica – tratava-se do forno com menor registro de atividade e mais

infestado de ninhos de maribondos e morcegos. O baixíssimo percentual de perda fogo encontrado nas demais amostras reforça a ideia de que o material foi previamente queimado.

Por último, segue composição da alvenaria do interior do forno (FBR), na mesma altura de onde as demais amostras foram retiradas, a fim de estabelecer uma espécie de branco de campo⁵⁸, a fim de permitir a verificação da correta coleta de amostras de colagem, em virtude da proximidade desta com as paredes do forno.

TABELA 12 – RESULTADO DAS ANÁLISES DE FRX DAS AMOSTRAS DE MATERIAL EXTRAÍDO DOS FORNOS.

| SIGLA | PF* (%) | SiO₂ (%) | Al₂O₃ 3 (%) | Fe₂O₃ (%) | CaO (%) | MgO (%) | SO₃ (%) | Na₂O (%) | K₂O (%) | P₂O₅ (%) | TiO₂ (%) |
|---------------|--------------------------|--------------------------------------|--|--|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------------------|
| FN1V | 0,98 | 42,18 | 13,46 | 6,01 | 33,55 | 1,70 | 0,31 | 0,68 | 0,99 | 0,15 | |
| FN1C | 0,00 | 38,43 | 13,20 | 5,60 | 37,54 | 1,95 | 1,34 | 0,72 | 1,07 | 0,14 | |
| FN2(1) | 1,43 | 57,09 | 14,16 | 2,64 | 20,56 | 1,14 | 0,26 | 0,67 | 1,59 | | 0,47 |
| FN2(2) | 2,61 | 73,61 | 10,41 | 1,93 | 6,03 | 0,61 | 0,29 | 1,24 | 2,96 | | 0,31 |
| FN3(1) | 2,19 | 69,46 | 18,24 | 2,58 | 4,39 | 0,67 | 0,29 | 0,47 | 1,11 | | 0,59 |
| FN3(2) | 0,58 | 61,42 | 16,26 | 2,43 | 15,47 | 1,07 | 0,08 | 0,72 | 1,45 | | 0,51 |
| FN4(1) | 1,89 | 71,72 | 14,20 | 2,27 | 6,42 | 0,64 | 0,17 | 0,68 | 1,56 | | 0,44 |
| FN4(2) | 30,38 | 17,56 | 6,26 | 2,07 | 36,04 | 1,54 | 4,65 | 0,66 | 0,57 | | 0,29 |
| FBR | 7,43 | 78,41 | 3,64 | 0,69 | 7,04 | 1,18 | 0,22 | 0,28 | 0,78 | | 0,32 |

* Perda ao fogo. Fonte: Produzido pelo autor.

Na TABELA 13 é possível confrontar os percentuais dos óxidos identificados nas argamassas de assentamento e reboco. Ressalta-se que foi retirada amostra da argamassa de assentamento de tijolos da fachada leste e do reboco da fachada oeste do prédio dos fornos, em trechos onde não houve sobreposição (ao menos aparente) entre os materiais, a fim de evitar contaminação entre as amostras.

A amostra do cimento hidratado (barrica) foi extraída a pequena profundidade, mas suficiente para haver mudança de coloração (cinza claro para cinza escuro), no intuito de ultrapassar, minimamente, a camada superficial carbonatada, mas sem causar maiores danos à peça cimentícia.

⁵⁸ Amostra de controle (vide nota de rodapé apresentada no Capítulo 3).

TABELA 13 – RESULTADO DAS ANÁLISES DE FRX DAS AMOSTRAS DE MATERIAL CIMENTÍCIOS.

| SIGLA | PF* (%) | SiO ₂ (%) | Al ₂ O ₃ (%) | Fe ₂ O ₃ (%) | CaO (%) | MgO (%) | SO ₃ (%) | Na ₂ O (%) | K ₂ O (%) | P ₂ O ₅ (%) | TiO ₂ (%) |
|-------|------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------|------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| AAC | 13,24 | 68,45 | 2,88 | 0,60 | 13,09 | 0,66 | 0,06 | 0,10 | 0,64 | - | 0,28 |
| RPF1 | 10,49 | 68,71 | 5,08 | 0,41 | 11,82 | 0,74 | 0,07 | 0,87 | 1,70 | - | 0,11 |
| RPF2 | 10,71 | 68,47 | 5,02 | 0,40 | 12,00 | 0,70 | 0,07 | 0,82 | 1,71 | - | 0,11 |
| CPB | 27,29 | 16,96 | 6,74 | 3,95 | 41,76 | 1,35 | 1,16 | 0,10 | 0,10 | 0,14 | 0,44 |

Fonte: Produzido pelo autor. * *Perda ao fogo.*

Conforme descrito no capítulo dos métodos, a investigação foi realizada em etapas, mediante o acesso gradativo que se teve aos locais da ilha, e os resultados dos ensaios de FRX foram essenciais no sentido de acompanhar a evolução da pesquisa de campo.

4.3.1.2 Difração de Raios X do Pó (DRX)

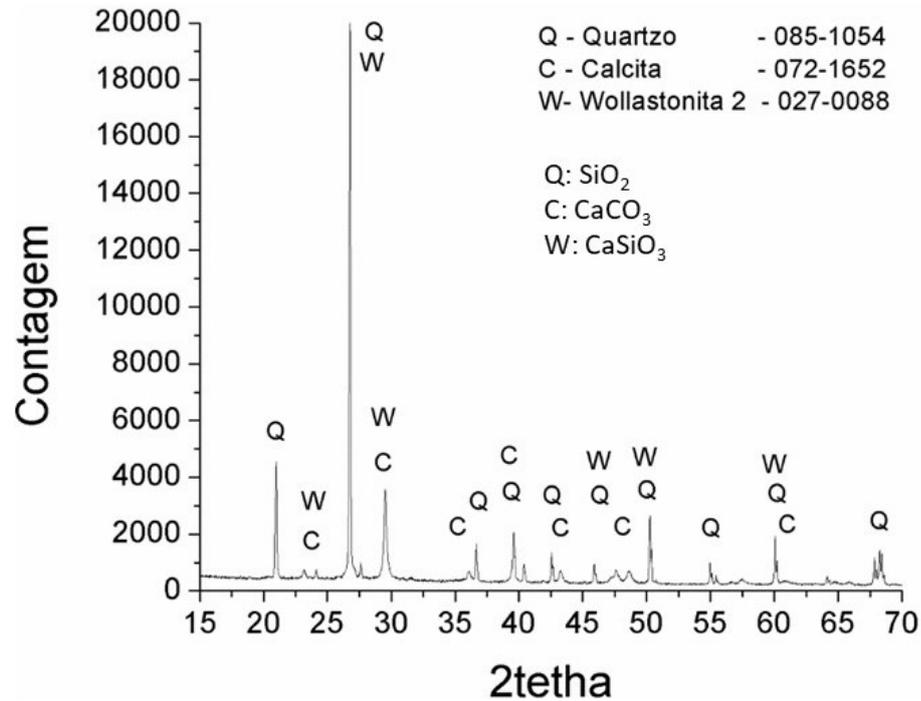
Diferentemente da FRX, a técnica de difração de raios X, não foi aplicada aos materiais dos fornos 2, 3 e 4 e às matérias-primas. A única exceção foi o material denominado “tijolo branco”, no sentido aprofundar sua investigação, pouco esclarecida pela FRX. O material da alvenaria do interior do forno (FBR) foi analisado apenas no intuito de verificar sua distinção do material da colagem FN1 (branco de campo).

Já o material do interior do forno 1, apresentou-se muito heterogêneo e hipocristalino. Decidiu-se então separá-lo em dois tipos de materiais para as análises, sendo um contendo material vítreo (FN1V) e outro material opaco (FN1C). Tendo em vista seu grau de cristalinidade e os objetivos do trabalho, a amostra do forno 1 opaca (FN1C) foi selecionada, juntamente com a do cimento hidratado (CPB), para terem suas fases cristalinas quantificadas por meio de Refinamento Rietveld.

Seguem as descrições gerais das principais fases identificadas para cada material analisado, acompanhadas dos respectivos difratogramas.

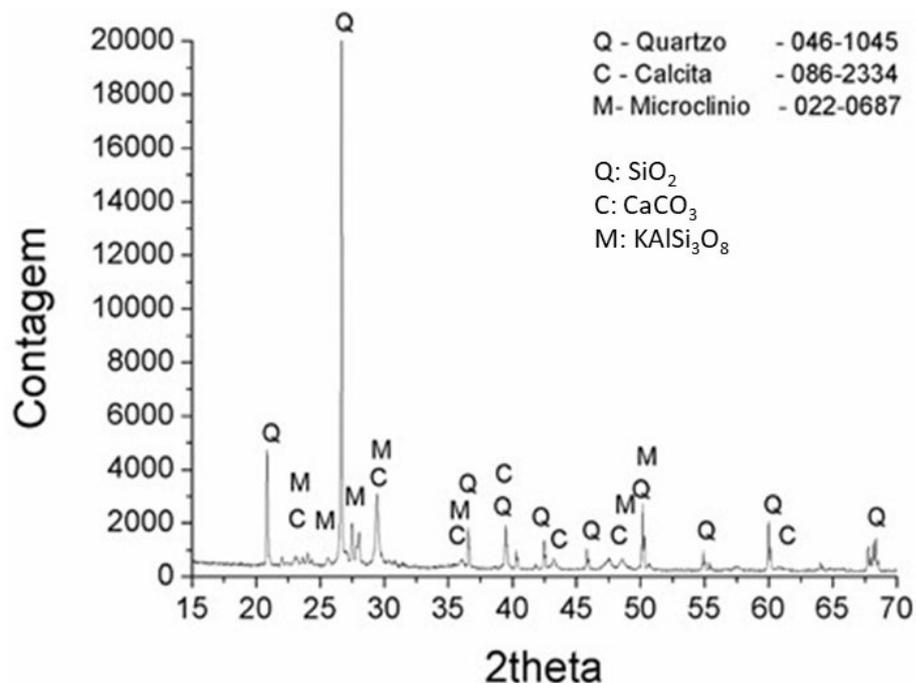
- a) Argamassa de assentamento (AAC): foram identificadas, essencialmente, as fases de quartzo (SiO₂), calcita (CaCO₃) e wollastonita 2 (CaSiO₃), minerais das classes dos silicatos e carbonatos esperados para um material cimentício – argamassa de cal e areia – de fina espessura e extremamente carbonatado.

FIGURA 83 – DIFRATOGRAMA DA AMOSTRA DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO DE TIJOLOS.



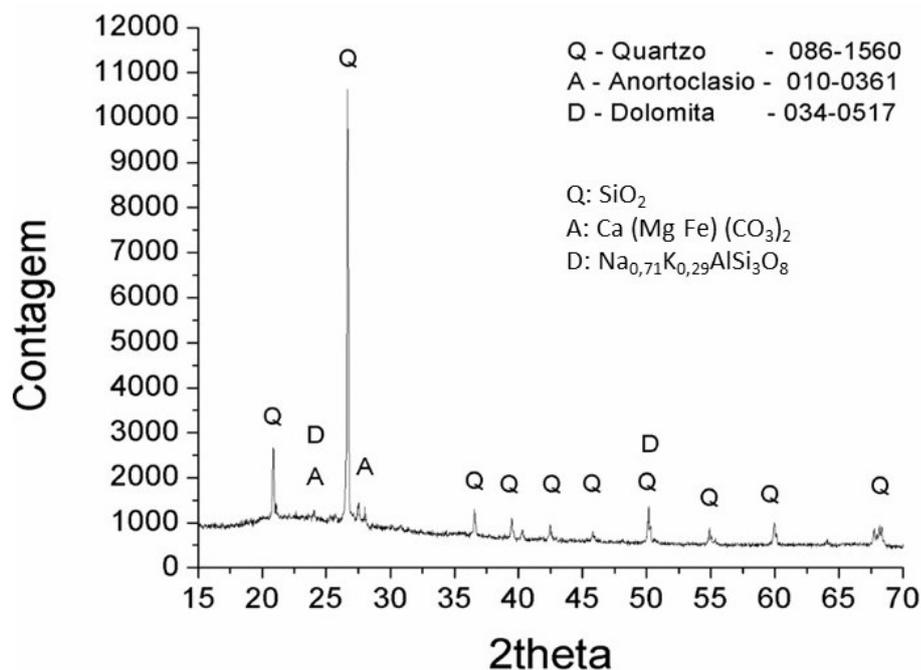
- b) Argamassa de revestimento (RPF): foram identificadas, essencialmente, as fases de quartzo (SiO₂), calcita (CaCO₃) e microclínio (KAlSi₃O₈), minerais das classes dos silicatos e carbonatos esperados para um material cimentício (argamassa de cimento e areia – e talvez cal) de fina espessura e extremamente carbonatado.

FIGURA 84 – DIFRATOGRAMA DA AMOSTRA DA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO (REBOCO).



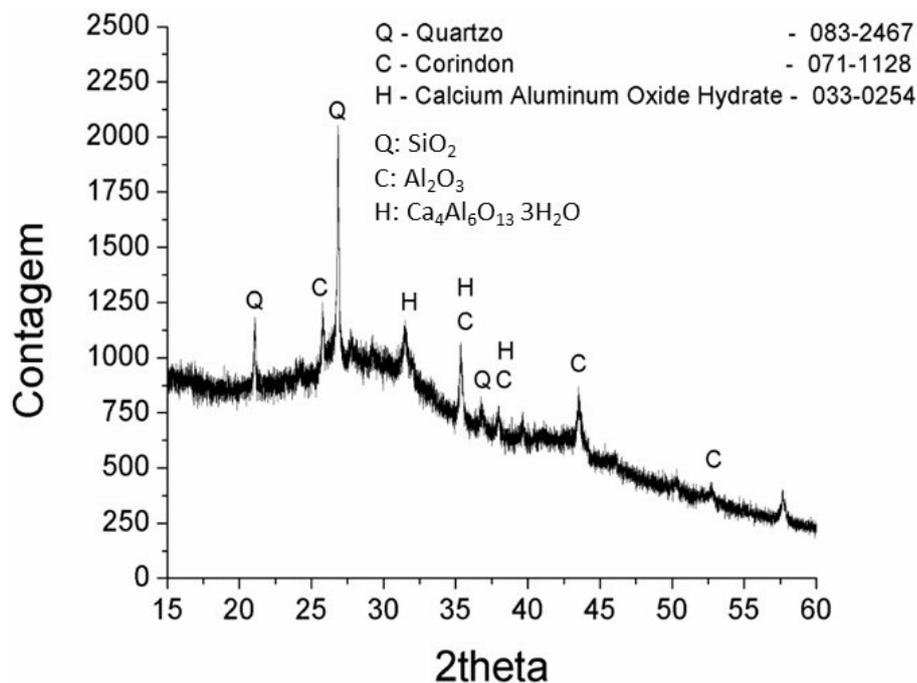
- c) Tijolo branco (TFB): foram identificadas, essencialmente, as fases de quartzo (SiO_2), anortoclásio ($\text{Ca (Mg Fe) (CO}_3)_2$) e dolomita ($\text{Na}_{0,71}\text{K}_{0,29}\text{AlSi}_3\text{O}_8$), minerais das classes dos silicatos e carbonatos esperados como ganga, comuns em jazidas de calcário.

FIGURA 85 – DIFRATOGRAMA DA AMOSTRA DO TIJOLO BRANCO ENCONTRADO NO INTERIOR DO FORNO.



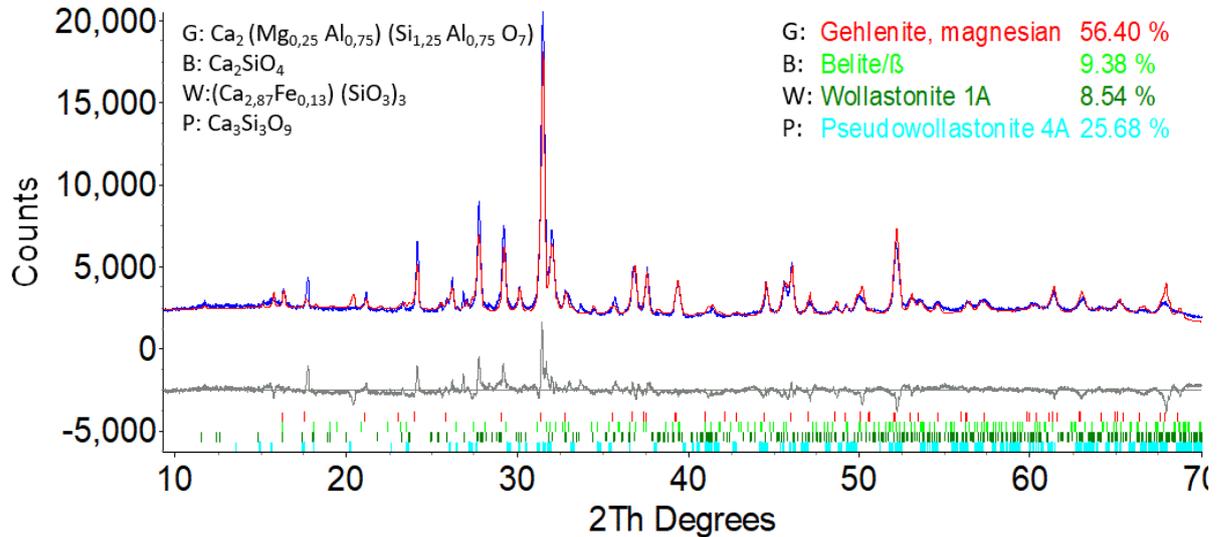
- d) Amostra do forno 1 (FN1V – material vítreo): conforme esperado, houve presença de fase amorfa no material vítreo – pequena razão entre a intensidade dos picos e o background. Contudo, foi possível identificar alguns picos das fases cristalinas de quartzo (SiO_2), coríndon (Al_2O_3) e Hidrato de óxido de Cálcio e Alumínio ($\text{Ca}_4\text{Al}_6\text{O}_{13} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), minerais das classes dos silicatos, aluminatos e aluminatos de cálcio, esperados em materiais cimentícios e passíveis de ocorrer nas fases intermediárias da produção de clínquer Portland – no caso do CAOH, em torno de 1250°C (Kahlenberg et al., 2000).

FIGURA 86 – DIFRATOGRAMA DA AMOSTRA DO FORNO 1 (MAT. VÍTREO).



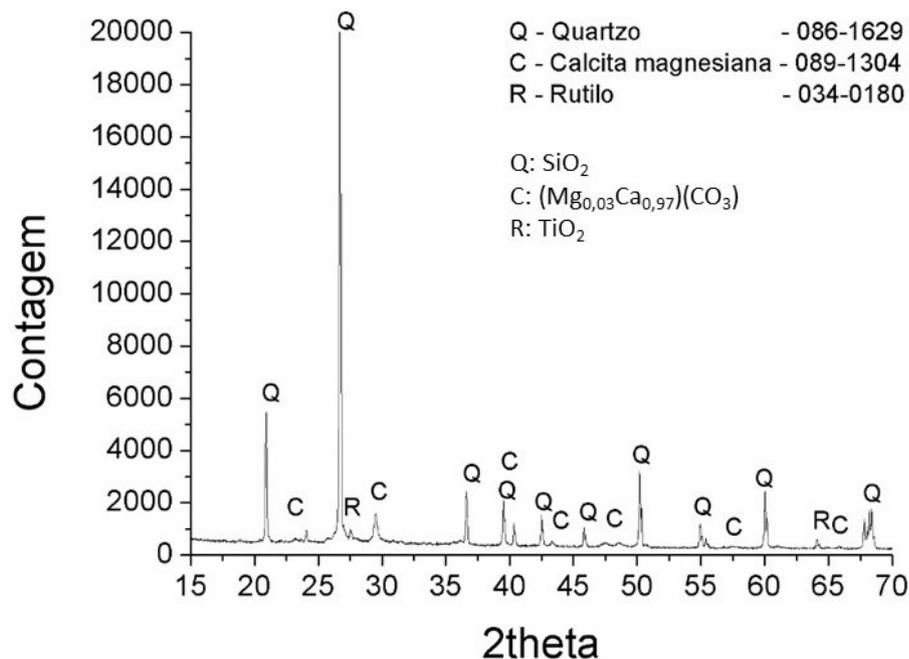
- e) Amostra do forno 1 (FN1C – material opaco): tendo em vista os dados da difração de raios X do pó, onde não foi possível perceber fase amorfa, a partir do método de refinamento de Rietveld foi possível identificar e quantificar as fases de Gelenita magnésiana ($\text{Ca}_2(\text{Mg}_{0,25}\text{Al}_{0,75})(\text{Si}_{1,25}\text{Al}_{0,75}\text{O}_7)$), Pseudowollastonita 4^a ($\text{Ca}_3\text{Si}_3\text{O}_9$), Belita β (Ca_2SiO_4) e Wollastonita 1^a ($(\text{Ca}_{2,87}\text{Fe}_{0,13})(\text{SiO}_3)_3$).

FIGURA 87 – PERFIL OBSERVADO (AZUL), CALCULADO (VERMELHO) E DIFERENÇA ENTRE ELES (CINZA) REFERENTE AO REFINAMENTO RIETVELD DOS DADOS DE DIFRAÇÃO DE RAIOS X DO PÓ DE AMOSTRA COLETADA DO INTERIOR DO FORNO (FN1C). AS MARCAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS ÂNGULOS DE DIFRAÇÃO DE BRAGG DAS FASES IDENTIFICADAS.



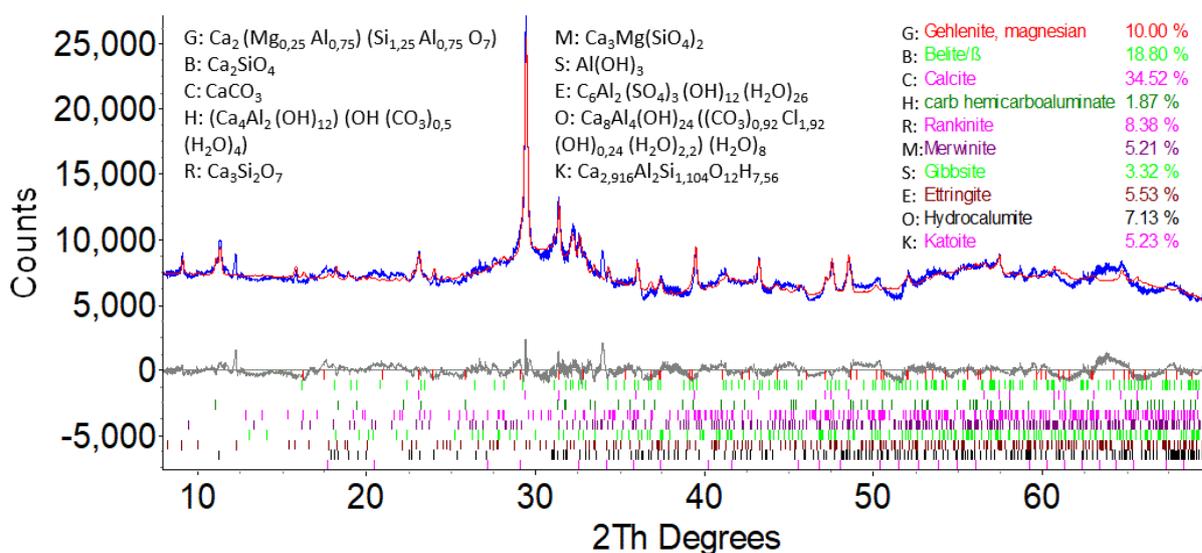
- f) Amostra da alvenaria do interior do forno (FBR – branco de campo): foram identificadas, essencialmente, as fases de quartzo (SiO_2), calcita magnesiana ($(\text{Mg}_{0,03}\text{Ca}_{0,97})(\text{CO}_3)$) e rutilo (TiO_2), minerais das classes dos silicatos, carbonatos e óxidos, esperados em materiais cerâmicos e refratários (BALTAR C. *et al*, 2008) e distintos daqueles encontrados nos Forno 1 (exceto quartzo).

FIGURA 88 – DIFRATOGRAMA DA AMOSTRA DA ALVENARIA DO INTERIOR DO FORNO.



g) Amostra da peça de cimento hidratado (CPB – barrica): tendo em vista os dados da difração de raios X do pó, para um grau de cristalinidade de 34,5578848 %, a partir do método de refinamento de Rietveld foi possível identificar e quantificar as fases de Calcita (CaCO_3), Belita β (Ca_2SiO_4), Gelenita magnésiana ($\text{Ca}_2(\text{Mg}_{0,25}\text{Al}_{0,75})(\text{Si}_{1,25}\text{Al}_{0,75}\text{O}_7)$), Rankinita ($\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7$), Hidrocalumita ($\text{Ca}_8\text{Al}_4(\text{OH})_{24}((\text{CO}_3)_{0,92}\text{Cl}_{1,92}(\text{OH})_{0,24}(\text{H}_2\text{O})_{2,2})(\text{H}_2\text{O})_8$), Etringita ($\text{C}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12}(\text{H}_2\text{O})_{26}$), Katoíta ($\text{Ca}_{2,916}\text{Al}_2\text{Si}_{1,104}\text{O}_{12}\text{H}_{7,56}$), Merwinita ($\text{Ca}_3\text{Mg}(\text{SiO}_4)_2$), Gibbssita ($\text{Al}(\text{OH})_3$) e Hemicarboaluminato carbonatado ($(\text{Ca}_4\text{Al}_2(\text{OH})_{12})(\text{OH}(\text{CO}_3)_{0,5}(\text{H}_2\text{O})_4)$). A quantidade de calcita predominante foi previsível tendo em vista a idade da peça e o local onde foi encontrada. Houve compatibilidade com o material encontrando do interior do forno, em relação à Belita β e Gelenita magnésiana.

FIGURA 89 – PERFIL OBSERVADO (AZUL), CALCULADO (VERMELHO) E DIFERENÇA ENTRE ELAS (CINZA) REFERENTE AO REFINAMENTO RIETVELD DOS DADOS DE DIFRAÇÃO DE RAIOS X DO PÓ DE AMOSTRA COLETADA DA PEÇA (BARRICA). AS MARCAS VERTICAIS REFEREM-SE AOS ÂNGULOS DE DIFRAÇÃO DE BRAGG DAS FASES IDENTIFICADAS.



A TABELA 14 ilustra o resultado dos indicadores estatísticos *R-weighted pattern (Rwp)* e pelo *goodness of fit (GOF)*, para cada amostra. Os valores encontram-se dentro dos limites aceitáveis (YOUNG, 1995) e demonstram que o refinamento procedeu de forma satisfatória.

TABELA 14 – INDICADORES RWP E GOF PARA OS MATERIAIS PESQUISADOS.

| Indicador | Forno | Barrica |
|------------|-------|---------|
| <i>Rwp</i> | 8,11 | 5,17 |
| <i>GOF</i> | 4,25 | 4,42 |

Fonte: Produzido pelo autor.

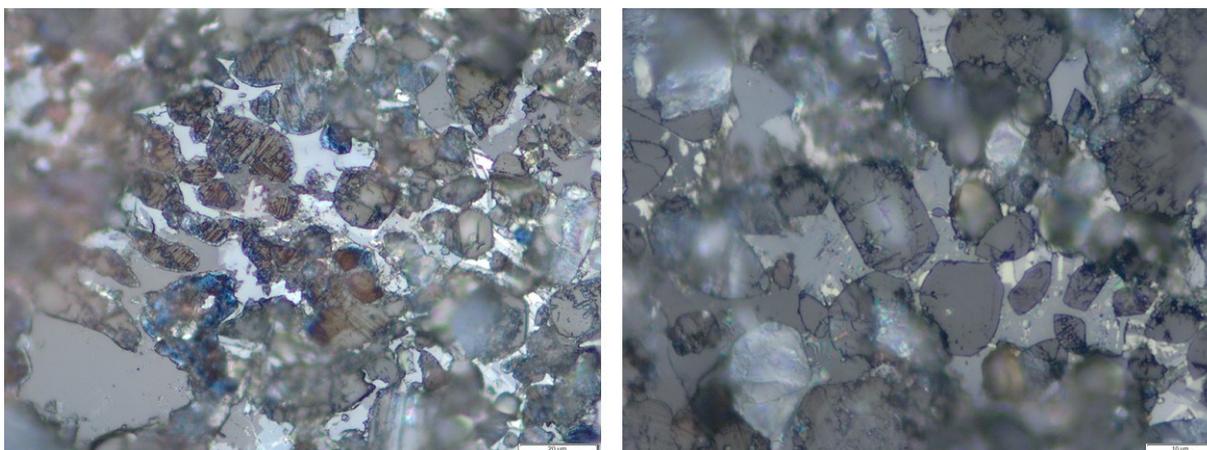
4.3.1.3 Microscopia Óptica

As amostras submetidas à análise por microscopia óptica foram aquelas oriundas dos materiais retirado do interior dos fornos 1 e 2 (FN1 e FN2). Assim como foi realizado nas análises de DRX, o material do forno 1 foi separado de acordo com suas características macroscópicas e classificado em material vítreo (FN1V) material opaco (FN1C).

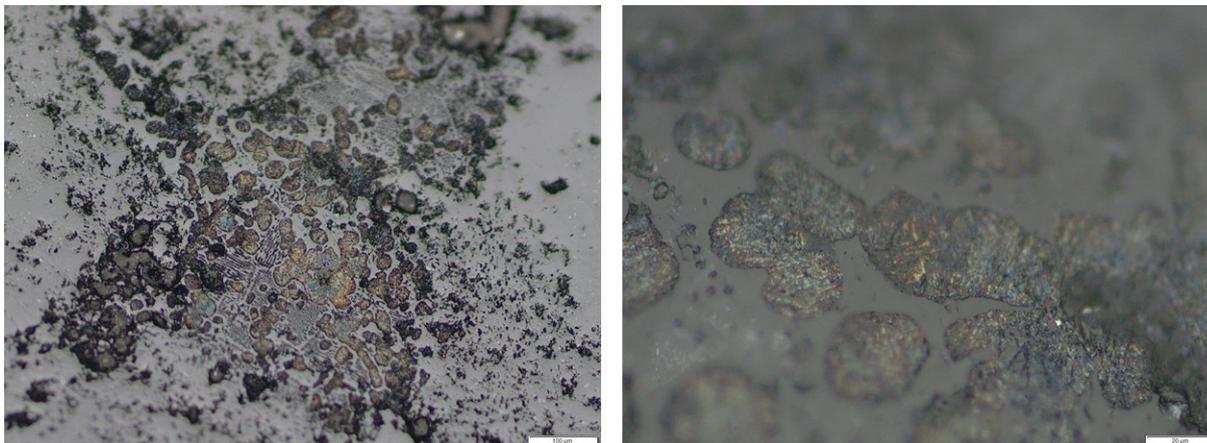
Diferentemente dos resultados das análises de DRX, o material relacionado ao forno 1 que apresentou resultados mais promissores, por meio de microscopia, foi a amostra retirada do material vítreo (FN1V), conforme detalhado a seguir.

- a) Amostra do material vítreo do forno 1: a análise do material FN1V permitiu localizar áreas com cristais, semelhantes a alita (C_3S), aprisionados na fase vítrea, conforme apresentado na FIGURA 90.

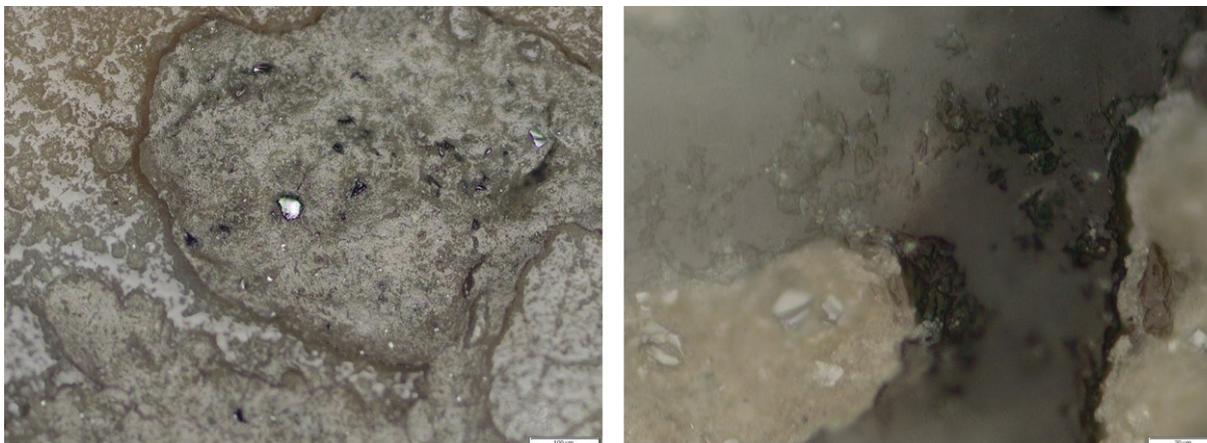
FIGURA 90 – IMAGENS DE MICROSCOPIA ÓPTICA, EM DIFERENTES AMPLIAÇÕES, ILUSTRANDO CRISTAIS APRISIONADOS NA FASE VÍTREA DA AMOSTRA FN1V.



- b) Análise do material opaco do forno 1: a análise do material FN1C permitiu localizar áreas com cristais, porém de morfologia distinta dos cristais encontrados na amostra do material vítreo, conforme apresentado na FIGURA 91.

FIGURA 91 – IMAGENS DE MICROSCOPIA ÓPTICA, EM DIFERENTES AMPLIAÇÕES, DA AMOSTRA FN1C.

- c) Análise do material do forno 2: a análise do material FN2 foi realizada a fim de verificar se havia áreas de cristais semelhantes aquelas encontradas nas amostras do forno 1, no entanto os resultados não resguardaram semelhanças, conforme apresentado na FIGURA 92.

FIGURA 92 – IMAGENS DE MICROSCOPIA ÓPTICA, EM DIFERENTES AMPLIAÇÕES, DA AMOSTRA FN2.

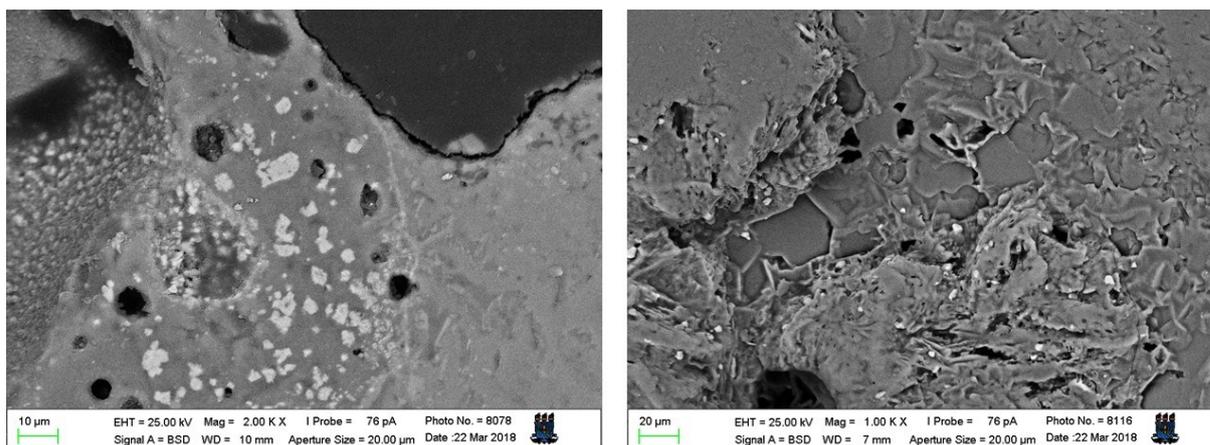
4.3.1.4 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Para o MEV sem EDS foram selecionadas amostras dos materiais do forno 1 e do forno 2, a fim de tentar obter novas informações a partir de maiores ampliações, enquanto o MEV com EDS foi utilizado para examinar outra seção da amostra FN1V submetida à Microscopia Óptica.

4.3.1.5 MEV sem EDS

As análises não permitiram encontrar cristais com características semelhantes às de um constituinte de um clínquer de cimento Portland ou que merecessem maiores investigações com EDS. Seguem algumas imagens obtidas na FIGURA 93.

FIGURA 93 – IMAGENS DE MEV DAS AMOSTRAS DO FORNO 1 E DO FORNO 2.

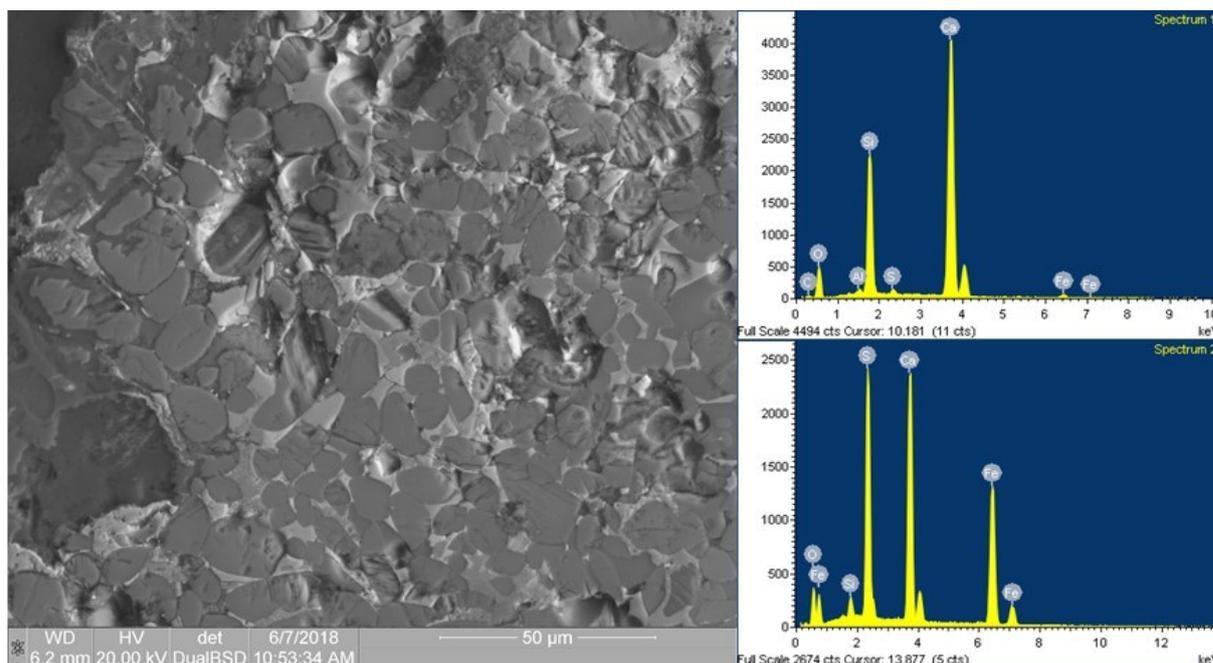


4.3.1.6 MEV com EDS

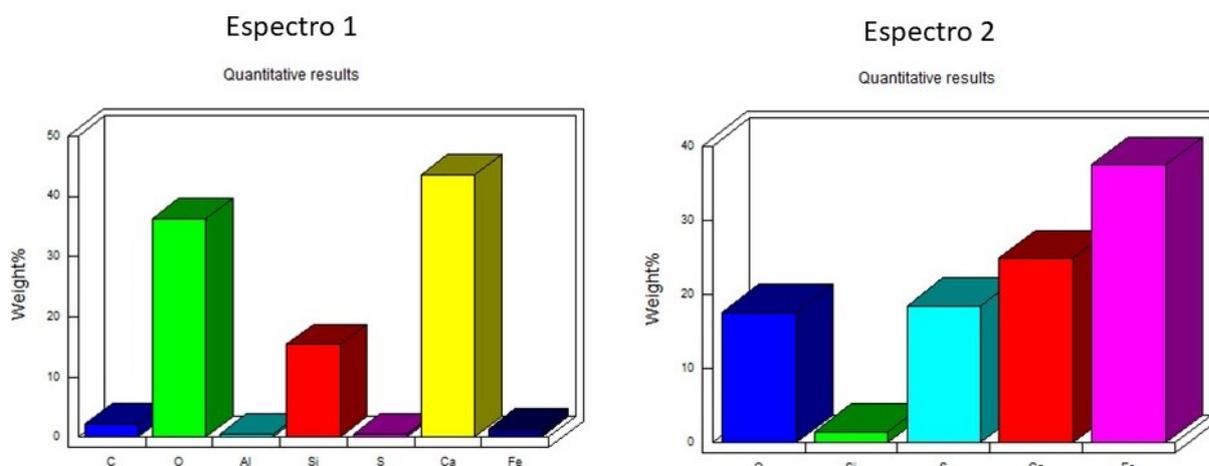
As análises foram realizadas em duas etapas, sendo a primeira destinada a investigar as duas principais fases identificadas na microscopia óptica, e a segunda destinada a investigar a fase mais densa, a partir de um maior número de espectros – ambas da amostra do material FINV.

Na primeira etapa, foram obtidas algumas imagens, em diferentes ampliações, por meio do detector de elétrons retroespalhados. Pelas imagens, foram visualizadas duas fases e então foram obtidos dois espectros, um de cada fase, por meio do detector EDS (espectrômetro de energia dispersiva), que detecta fótons na frequência de raios X e identifica os elementos químicos constituintes por meio da energia característica desses fótons emitidos. O espectro 1 refere-se aos cristais tendentes à geometria hexagonal, fase mais densa, que aparece mais cinza nas imagens de BSE⁵⁹. O espectro 2 refere-se à fase menos densa, na qual os cristais estão inseridos. A FIGURA 94 ilustra os espectros 1 e 2 de EDS.

⁵⁹ *Backscattering electrons* (Elétrons retroespalhados).

FIGURA 94 – IMAGEM E ESPECTROS DE EDS DA AMOSTRA FINV NAS FASES IDENTIFICADAS.

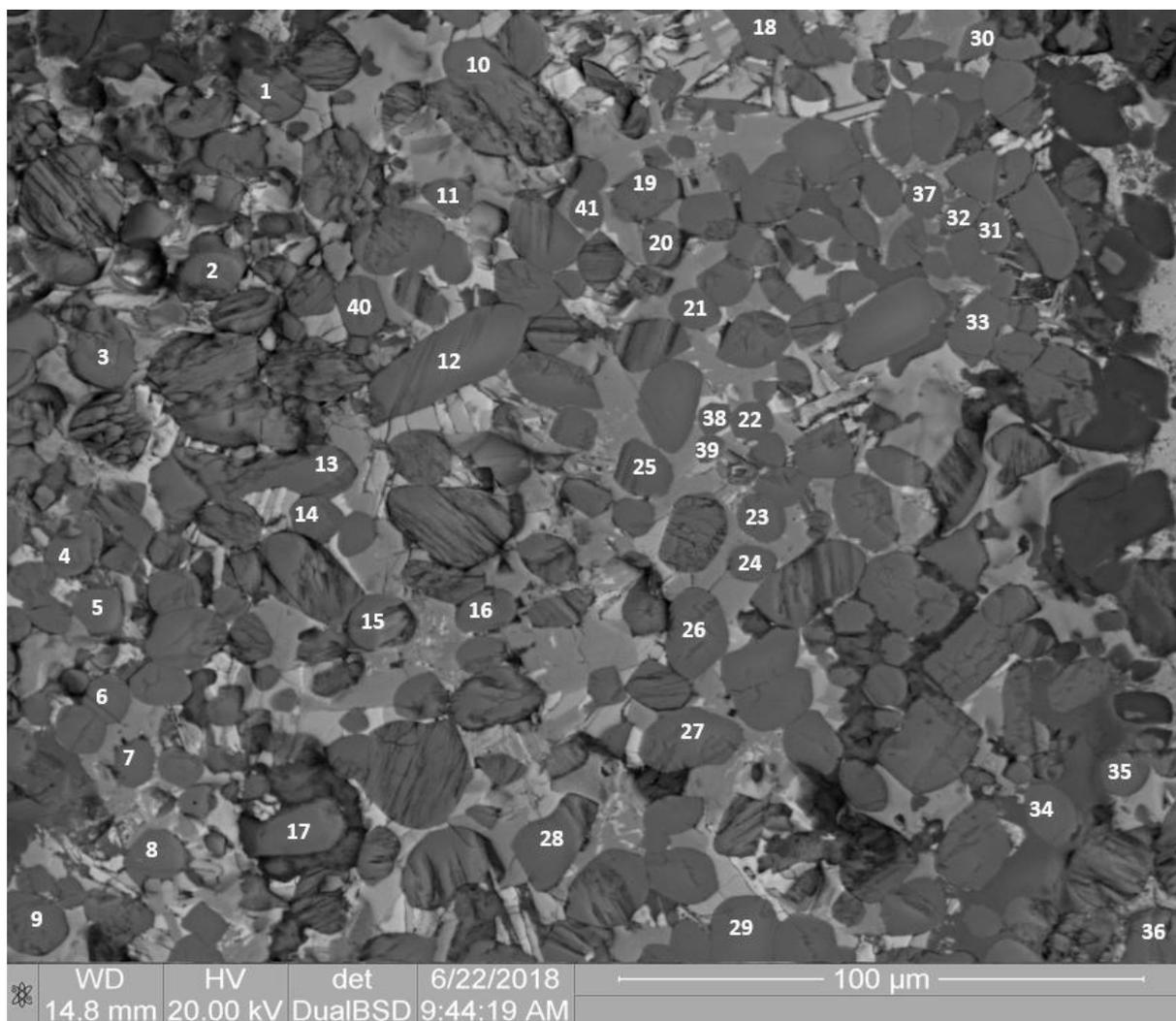
As tabelas com o resultado da análise quantitativa servem apenas para dar uma noção da porcentagem de cada elemento. São análises semi-quantitativas com erro podendo chegar a até 5%, não sendo, portanto, suficientes para determinar as substâncias exclusivamente por meio de cálculos estequiométricos. A FIGURA 95 ilustra os gráficos da composição química estimada para cada espectro, observando-se uma predominância de Cálcio e Silício no Espectro 1 (excluindo Oxigênio) e Ferro, Cálcio e Enxofre no Espectro 2.

FIGURA 95 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA ESTIMATIVA EM % PARA CADA ESPECTRO.

Na segunda etapa, em relação à mesma amostra, foram obtidos 41 espectros, exclusivamente na fase mais densa, ou seja, dos cristais com forma geométrica e tonalidade de

cinza semelhante. A FIGURA 96 ilustra imagem obtida com o MEV e os respectivos cristais escolhidos.

FIGURA 96 – IMAGEM DO MEV INDICANDO OS CRISTAIS ONDE FORAM OBTIDOS ESPECTROS.



Como já era de se esperar da primeira etapa, a composição predominante, excluindo-se o Oxigênio, foi de Cálcio e Silício, de acordo com os seguintes percentuais médios: Ca (42,58%), Si (15,44%), O (37,60%), C (1,75%), Fe (1,55%), Al (0,54%) e S (0,43%). Destaca-se que a razão média Si/Ca foi de 0,362183.

4.3.2 RESULTADO DAS ANÁLISES MICROESTRUTURAIS DOS MATERIAIS

As análises realizadas utilizaram as técnicas mais tradicionais referenciadas pela literatura que investiga materiais cimentícios antigos (IDORN, 1983; BLEZARD, 2004; VARAS, 2004; DARIZ, 2016), disponíveis nos laboratórios associados à pesquisa.

As análises dos materiais das jazidas permitiram indicar, preliminarmente:

- a) Percentuais de Al_2O_3 e Fe_2O_3 mais compatíveis com os materiais argilosos extraídos do capeamento (superfície) da jazida de calcário da Ilha Tiriri do que com a lama do mangue, se comparados à composição que acompanhou a patente de cimento Portland destinado à fábrica (CYRO, 1888);
- b) Calcários (amarelos) apresentaram percentuais de MgO inferiores a 5%, com destaque para a jazida de Tiriri que apresentou percentual de MgO inferior a 1%. Os resultados foram mais próximos dos percentuais contidos na patente atribuídos aos calcários amarelos;
- c) Os percentuais de MgO no calcário da Ilha Marques é compatível com os resultados apresentados por Santos (1928), inferiores a 5%.

A comparação entre os valores das amostras de matéria-prima com aquelas extraídas do interior do Forno, sugeriram:

- a) Percentuais de Al_2O_3 e Fe_2O_3 mais compatíveis com os materiais extraídos do capeamento (superfície) da jazida de Tiriri do que com aqueles referentes à argila do mangue e ao calcário da Ilha Marques;
- b) O tijolo (espécie de briquete) encontrado no interior do forno 4, resguarda maior compatibilidade com os materiais da jazida da Ilha de Tiriri do que com o calcário da Ilha Marques e da lama do mangue.

Em relação aos materiais extraídos do interior do forno:

- a) O baixíssimo percentual de perda ao fogo (% PF) encontrado nas amostras é compatível com um material submetido à queima, especialmente no forno 1, onde foi identificada maior atividade de queima e colagem de material (clínquer);
- b) O maior % PF do tijolo (briquete) encontrado no interior do forno 4 corresponde a um material que não tenha passado por um pré-aquecimento significativo, compatível com a sua identificação no forno 4, onde foi detectado um menor registro de atividade de queima;

- c) O material extraído para fins de branco de campo (FBR) mostrou-se adequado ao objetivo proposto (destoantes do material da colagem, em termos de percentuais de PF, Al_2O_3 e Fe_2O_3);
- d) A amostra FN4 (2) sugere conteúdo de matéria orgânica (maior % de PF, e menor % de Al_2O_3 e Fe_2O_3).

Apesar dos materiais coletados das argamassas de assentamento de tijolos e revestimento terem ficado em um plano secundário, após a identificação do material de colagem do forno e da peça de cimento hidratado, foi possível identificar:

- a) Percentuais de perda ao fogo distintos, sendo a da argamassa do reboco inferior (apesar de estar mais exposta às intempéries);
- b) Diferença entre os percentuais de Al_2O_3 , sendo inferior na argamassa de assentamento;
- c) Diferença significativa no percentual de SiO_2 entre ambas argamassas e a peça de cimento hidratado (barrica). Tal diferença pode ser explicada por se tratar, a peça, de um material puro (sem adição de areia), hidratado naturalmente;
- d) Em termos de percentual de Al_2O_3 , a barrica resguarda compatibilidade com a argamassa de reboco;
- e) A “barrica” apresenta um percentual de Fe_2O_3 bem superior ao das argamassas.

Além da diferença visual entre as amostras, tais diferenças sugerem que, além de traços diferentes, os materiais podem ter sido produzidos por aglomerantes distintos. Tendo em vista a impossibilidade da argamassa de assentamento ter sido fabricada com o cimento de Tiriri (lógica construtiva), dos relatos acerca do uso do cimento produzido na fábrica em sua própria usina, e do percentual de Al_2O_3 compatível com a peça de cimento hidratado, a hipótese de que o reboco tenha sido executado com o cimento de Tiriri continua válida, apesar do alto grau de carbonatação identificado no material.

As análises de DRX das argamassas e dos tijolos (briquete e branco de campo) ilustraram seus principais minerais, onde predominaram quartzo e calcita.

O confronto entre os difratogramas do material da colagem do Forno 1 com a peça de cimento hidratado resguardaram compatibilidade, com destaque para dois minerais: Belita β e Gelenita. A belita é uma das quatro fases principais do clínquer Portland, conforme apresentado no Capítulo 2.

A gelenita, por sua vez, é uma das fases finais prevista no Mesoportland, em virtude da tecnologia disponível à época (DARIZ, 2016). O método de Rietveld utilizado permitiu indicar a gelenita como a fase predominante no material do forno. Também foi possível identificá-la na peça de cimento hidratado, no entanto em quantidade menos expressiva.

A gelenita também faz parte da composição mineral prevista em escórias de alto forno resfriadas ao ar (MORANVILLE-REGOURD, 2004). Ressalta-se que a tecnologia de fornos do mesoportland envolvia um resfriamento lento e a solução sólida em transformação envolvia a presença de flocos de ferro, em virtude das barras metálicas localizadas no interior do forno vertical (BLEZARD, 2004).

Em relação ao material da barrica, a continuidade da gelenita por tanto tempo, em um material hidratado ao ar livre e exposto às intempéries e ao ambiente salino da ilha por tanto tempo, pode ir além da alta quantidade do mineral contida na matriz do clínquer que o originou. A ausência de adição de gesso à época pode ter contribuído para evitar o desaparecimento do mineral, uma vez que ao ser adicionado a cimentos ricos em gelenita, esta decresce gradualmente até desaparecer, eventualmente, após 60 dias (MASSAZZA, 2004).

No tocante à etringita identificada, esta pode estar relacionada às condições que conformaram a peça (hidratação ao ar livre), à exposição aos agentes agressivos da ilha, ou até mesmo aos produtos da reação, a exemplo do que ocorre em certos materiais pozolânicos. A depender do ambiente do forno e da temperatura de queima do carvão produtos como C-S-H⁶⁰, aluminato tetracálcico hidratado, carboaluminato, gelenita e etringita são formados (MASSAZZA, 2004). Neste aspecto, cabem maiores esclarecimentos, mediante outros estudos.

A microscopia óptica permitiu identificar cristais não hidratados, preservados no interior da massa vítrea, mesmo após tanto tempo de permanência no interior dos fornos. O conjunto resguardou semelhança com uma seção de clínquer Portland, incluindo cristais de geometrias, cores e tamanho distintos imersos em uma matriz de cor cinza clara e branca.

Os bons resultados alcançados pela microscopia óptica ensejaram maiores investigações, realizadas por meio MEV, com EDS, que esclareceram melhor, ainda que de forma semi-quantitativa, as fases encontradas em relação à sua composição química. Os

⁶⁰ Silicato de cálcio hidratado.

resultados de 41 espectros realizados apontaram uma tendência na relação Si/Ca de 0,362183, semelhante à relação da alita (C3S) que é de 0,33.

A identificação de cristais de alita (C3S) e belita (CS2) não hidratados mesmo após mais de um século de execução do produto é possível e já foi reportada por autores como Idorn (1983) e Blezard (1984). O material histórico examinado pelo autor também foi originado de um cimento mesoportland: um concreto pré-moldado de um muro construído por William Aspdin, supostamente executado entre 1850 e 1851 (BLEZARD, 1984).

Tendo em vista as informações históricas levantadas ao longo da pesquisa, é possível afirmar que os materiais aqui examinados, além de terem mais de um século de hidratação, representam fornadas do cimento Portland mais antigo fabricado no Brasil, com um intervalo de incerteza em sua confecção de apenas seis meses, dentro do ano de 1892.

Por todos os resultados acima apresentados, acredita-se que o método de tratamento dos vestígios empregado nesta investigação, incluindo as perspectivas histórica e forense adotadas, foi essencial para se chegar a uma maior compatibilidade nos confrontos realizados, uma vez que possibilitou caracterizar os materiais de forma mais delimitada e com maior segurança.

4.4 Análise das possíveis causas da falência do empreendimento

Tendo em vista os resultados obtidos até então e o entendimento mais aprofundado sobre o funcionamento das instalações da fábrica, das características do material produzido e do contexto tecnológico da época, foi possível analisar as causas atribuídas à falência da fábrica, após tão curto período de funcionamento. A partida inicial será o contexto interno à fábrica, ou seja, os eventos que impactaram diretamente no prosseguimento normal de suas atividades.

Dentre os eventos investigados estão: a quebra de um dos pulverizadores, a falta de capital, o atraso no pagamento dos funcionários, a demissão do gerente industrial, a paralização na manutenção das instalações, o desfalque nos equipamentos da fábrica e a discussão entre acionistas e o gerente industrial. O principal evento relacionado ao processo e que possivelmente atuou como um gatilho para os demais problemas foi a tecnologia de moagem adotada. O maquinismo foi identificado, inicialmente, a partir da descrição de Álvaro Machado e de uma fotografia obtida junto ao acervo pessoal do fotógrafo Arion Farias.

Ao descrever os diversos maquinismos utilizados na fábrica, Álvaro Machado diz o seguinte sobre os pulverizadores de clínquer:

“1ª Casa dos Globe Mill – Tem de comprimento 13m50, com um andar. Existem nesta casa 3 Globe Mill, 2 quebradores e 3 ventiladores, dos fabricantes Aland & C., os quebradores que esmagão a pedra calcarea estão collocados na parte inferior do edificio, sendo a pedra, depois de quebrada em pequenos pedaços, conduzida por meio de uma corrente munida de caçambas, para os Globe Mill, onde é triturada por uma bola de aço, sendo incontinenti, por meio dos ventiladores, conduzido o pó (calcareo) para as caixas ou funis, conjuntamente com a lama também triturada, para a machina de mistura, por meio dos parafusos sem fim, precipitando tudo na casa da mistura.

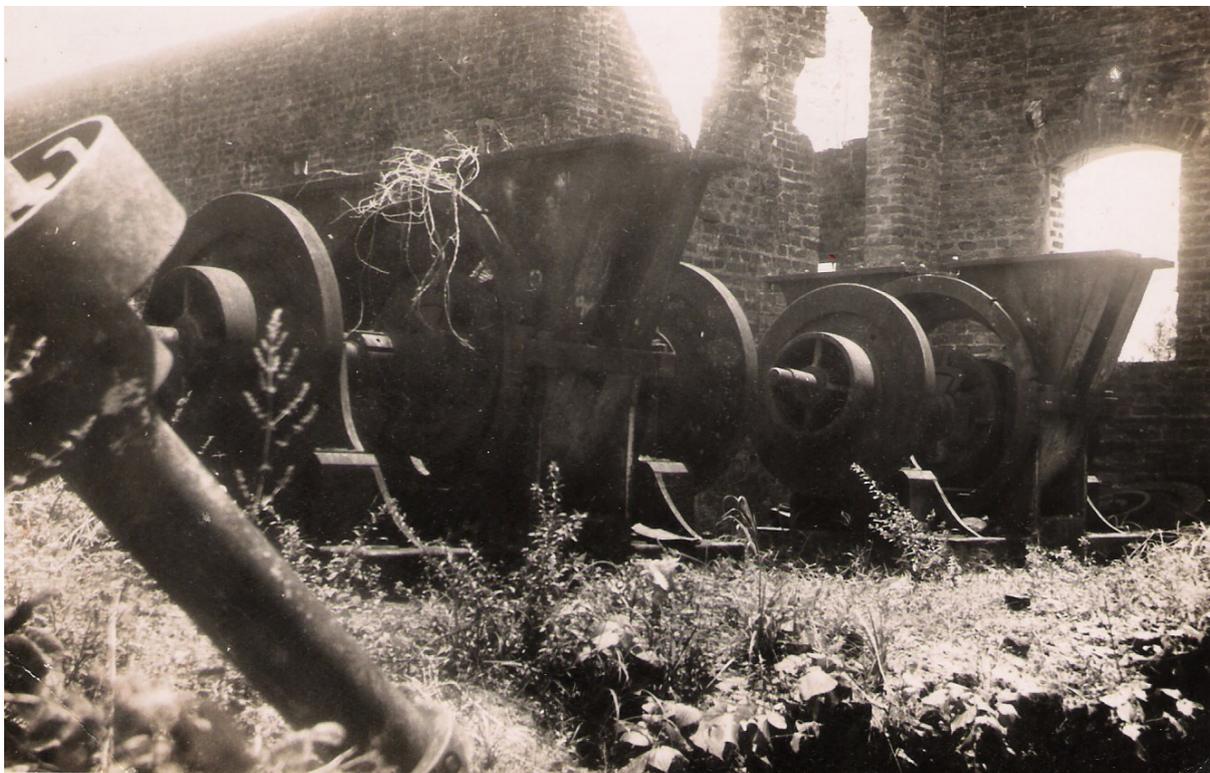
...

2ª Casa Globe Mill – Tem de comprimento 9 metros e 7m,30 de largura. Existem nesta casa 1 quebrador, 2 Globe Mill e 2 ventiladores, dos mesmos fabricantes Aland & Co., que servem para a pulverização dos tijolos-cimento depois de calcinados. O cimento é conduzido por meio de parafusos sem fim para a casa de embarricamento.”
(Jornal do Commercio, 1894, p. 4)

Já a fotografia de Arion Farias, registrada na época que ainda havia partes e peças de máquinas no interior das ruínas da fábrica, ilustra um imponente equipamento, com sinais avançados de sucateamento, que remeteu à pesquisa de antigos maquinismos destinados à

moagem final de cimento, antes da consolidação da tecnologia do moinho de bolas e do moinho de tubo (FIGURA 97).

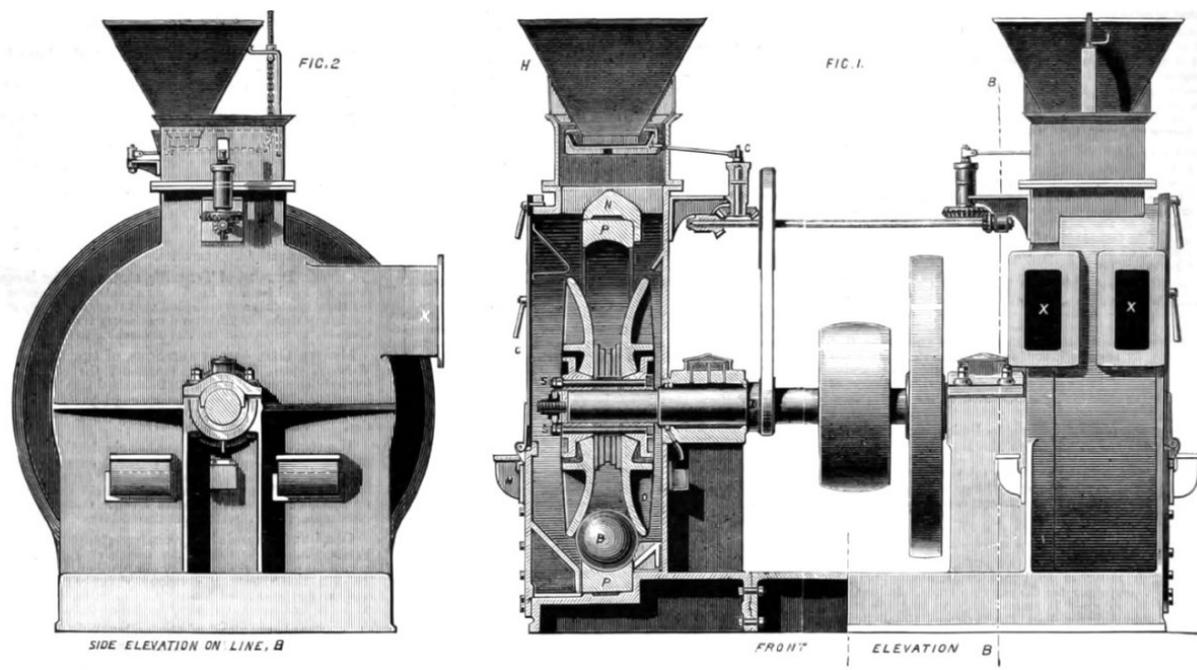
FIGURA 97 – SUCATA DE MAQUINISMO NO INTERIOR DAS RUÍNAS.



Fonte: Fotografia Arion Farias.

As informações obtidas apontaram para um moinho de quartzo do fabricante *The Globe Mill Company*. Apesar do governador se referir a *Globe Mill* como sendo o nome do equipamento, na verdade, tratava-se do seu fabricante londrino. Segundo revista especializada da época, era uma máquina destinada a pulverizar substâncias duras, como quartzo, escória e rochas fosfáticas (THE ENGINEER, 1887).

Segundo a reportagem que ilustrava o novo projeto do produto (FIGURA 98) e os respectivos melhoramentos efetivados, durante os testes realizados na versão disponível no mercado houve problema em relação à bandeja de alimentação, chegando a entupir o moinho, o que exigiu a interrupção do seu funcionamento e sua limpeza. Tratava-se de uma operação que tomava bastante tempo até então, mas que teria sido facilitada na nova versão do equipamento.

FIGURA 98 – ILUSTRAÇÃO DO TIPO DE MOINHO UTILIZADO NA FÁBRICA DE TIRIRI.

Fonte: THE ENGINEER, 1887, p. 26.

A tecnologia de moagem adotada em Tiriri era executada por ação de uma força centrífuga, com arranjo de eixo horizontal, provocada por uma esfera como equipamento de pressão do material.

Ironicamente, consta nas minutas de procedimentos do Instituto de Engenheiros Civis, o seguinte posicionamento de Henry Faija em relação à prescrição dos moinhos destinados aos seus projetos:

Tendo experimentado todas as máquinas de moagem que tem sido lançadas, ele adotou, preferencialmente, os moinhos de pedra em algumas obras recentes, apesar de caros e antiquados; e a menos que o princípio de pressão por rolagem de Dutrulle venha a superá-los, ele não sabia outro pulverizador dando os mesmos resultados. (BAMBER, 1892, p. 91).

Mesmo nas décadas de 1880 e 1890, a busca por cimentos mais finos tornou-se uma exigência do mercado, uma vez que já se havia sido compreendido que havia uma relação entre o aumento de finura e a obtenção de maiores resistências nas primeiras idades. Até mesmo a relação entre a química da hidratação, o processo físico de cristalização e a mecânica de endurecimento que resultavam nas propriedades dos aglomerantes hidráulicos já eram discutidos pelos cientistas da época, a exemplo de Le Chatelier (RENGADE, 1937).

Não se sabe, portanto qual foi o critério para a escolha do moinho da empresa *Globe Mill* – custo-benefício, facilidade de manutenção, etc. – para a fábrica de Tiriri. Os moinhos de pedra, por exemplo, eram excelentes para moagem final, mas, além de caros, o realinhamento dos mós tomava muito tempo e exigia profissionais bem habilitados. Sabe-se apenas que foi um período crítico de mudança e experimentação nas alternativas de moagem, de falhas dispendiosas, logo aperfeiçoada pela combinação dos princípios do moinho de tubo com o moinho de tombamento, consolidada por meio do moinho de bolas, ao longo da década de 1890 (TROUT, 2015; MOORE 2018).

O problema técnico na seção de moagem da fábrica e sua respectiva implicação no ritmo de produção parece ter desencadeado um círculo vicioso no empreendimento. O descontentamento mencionado pela diretoria aos acionistas, em relação às falhas nos equipamentos e a pouca especialização da mão-de-obra, pode ter repercutido no desânimo para reinvestir na empresa.

Em setembro de 1892, houve uma contenda entre acionistas da companhia e seu gerente industrial La Vallée, que discutem publicamente, via notas de protesto, em jornais de Pernambuco e da Paraíba. Inicialmente, os acionistas da companhia lançaram uma nota no *Jornal do Recife* comunicando ao pessoal que teria abandonado a fábrica, por falta de pagamento de salários, que comparecesse ao Banco de Pernambuco a fim de resolver o problema, tendo em vista não consentirem que as instalações e os maquinismos se deteriorassem por efeito de abandono (JORNAL DO RECIFE, 1892, n. 205).

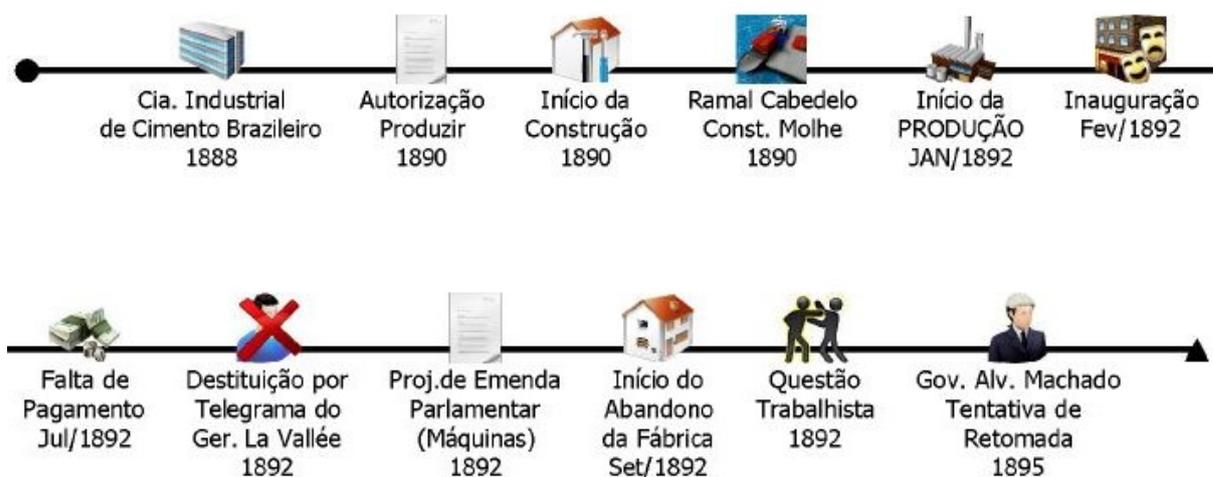
A réplica foi dada pelo corpo técnico, representado pelo diretor-gerente La Vallée, que reclamou sobre a vida financeira da companhia e os quatro meses sem salários, e reafirmou não ter havido abandono das instalações, apesar a paralização dos trabalhos. A firma passou a acusar La Vallée e o corpo técnico de já terem sido dispensados da firma e ameaçaram de processo criminal aqueles que se apropriassem ou vendessem máquinas ou os bens pertencentes à companhia, excetuando a venda de materiais dispensáveis para pagamento dos trabalhadores ocupados da conservação do maquinismo da fábrica. La Vallée então respondeu que continuava sendo o legítimo diretor-gerente da firma até a efetiva liquidação da sociedade e que, como tal, efetivara transações para vender objetos não essenciais ao maquinismo ou ao capital social fixo, mas apenas no sentido de honrar os salários dos operários e mediante autorização, não reconhecendo as ações dos novos acionistas que efetivaram o protesto contra sua pessoa. (O PARAHYBANO, 1892, n. 173; O Parahybano, 1892, n. 174).

No mês seguinte, os acionistas ratificaram o protesto no Jornal do Recife e apresentaram trechos de telegramas sugerindo que La Vallée havia sido destituído da gerência da companhia desde o mês de julho, e que este deveria recorrer aos meios legais para fins de recebimento de seus salários ao invés de retirar utensílios ou outros bens pertencentes à fábrica ou de se opor, juntamente com o chefe das máquinas, que o pessoal encarregado da conservação do maquinismo cumprisse com seus deveres. (JORNAL DO RECIFE, 1892, n. 224).

Além do conteúdo dos protestos veiculados ilustrarem que o empreendimento passava por uma crise financeira, em julho daquele ano foi realizada uma tentativa de emenda parlamentar ao projeto de nº 21, em favor da Companhia de Cimento Brasileiro, para repor alguns maquinismos que faltavam à fábrica. No entanto, a votação do referido projeto foi adiada, sem maiores dados identificados *a posteriori* (JORNAL DO COMMERCIO, 1892, n. 204).

Tendo em vista o conjunto de eventos e personagens identificados em relação ao fracasso do empreendimento, foi elaborada uma linha do tempo (FIGURA 99) dos principais eventos desde a criação da companhia, em 1888, até a sua primeira tentativa política de retomada, em 1895, com o Governador Álvaro Machado.

FIGURA 99 – LINHA DO TEMPO DO EMPREENDIMENTO DE TIRIRI.



Fonte: Produzido pelo autor.

Após explicado o contexto interno à Companhia, parte-se para a identificação dos principais problemas registrados externamente, relacionados ao cenário sociopolítico e econômico da segunda metade do século XIX na Paraíba e no Brasil.

Apesar do último quarto do século XIX ter sido um período de mudanças e melhorias na infraestrutura da província da Paraíba do Norte, a exemplo da instalação da Ferrovia Conde D'Eu, e de grandes expectativas em relação à industrialização, a exemplo da implantação do sistema de engenhos centrais⁶¹, o Estado da Paraíba, em 1892, ainda se mantinha distante do desenvolvimento industrial e da disponibilidade de mão-de-obra técnica alcançados a partir da década de 1930.

Conforme explicado por Soares (2018), que explicou a influência do traçado da Estrada de Ferro Conde D'Eu no novo desenho territorial e urbano da província da Parahyba do Norte, apenas a partir de meados da década de 1880, com a construção dos trechos da ferrovia, a província começava a consolidar os fluxos da produção de mercadorias de exportação (açúcar e algodão) do Agreste e Brejo até a Zona da Mata.

A autora ainda ressalta a constante crise econômica vivenciada pela província ao longo do século XIX e apresenta algumas justificativas atribuídas a esse atraso na economia, a partir de dados dos relatórios dos presidentes da província, das quais destaca-se: a escassez de mão-de-obra, especialmente após o fim do comércio de escravos em 1850 e a falta de instrução profissional para orientar na melhoria da produção (agrícola).

Sobre a mão-de-obra (chão-de-fábrica) possivelmente empregada na fábrica estudada, Nascimento Filho (2006) dá pistas sobre a origem da força de trabalho disponível na região da Ilha de Tiriri e seu entorno, especialmente na Freguesia do Livramento, hoje um dos distritos de Santa Rita que continua cedendo mão-de-obra, até hoje em dia, para as atividades de carcinicultura desenvolvidas na ilha:

Ao norte, em terras da Freguesia do Livramento (1813), a presença da Fortaleza de Santa Catarina, do Porto de Cabedelo e do estuário do Paraíba com suas camboas e mangues levava a que para essa parte do termo da cidade se dirigisse grande parte da população de escravos libertos e homens livres pobres, que vinham se juntar à numerosa população de índios, remanescente da antiga Aldeia da Utinga. Essa população residia em pequenos sítios ou lugares, explorando o mar e o mangue em favor da sua sobrevivência. (NASCIMENTO FILHO, 2006, p. 85)

Ainda segundo o autor, cujo recorte do estudo foi de 1799 a 1881, a população localizada junto aos rios, pequenos portos, mangues ou Ilhas do estuário do Paraíba tinha uma

⁶¹ Sistema de modernização da produção açucareira, cujo princípio consistia na separação entre a atividade agrícola e a industrial (GALLIZA, 1993).

vocação pesqueira e sobrevivência da pesca e da coleta de crustáceos e moluscos da região, em uma época que a indústria local advinha, basicamente, da fabricação de açúcar e farinha de mandioca.

Apenas cerca de quarenta anos mais tarde à experiência de Tiriri, conforme registrado no informativo em comemoração aos 70 anos de fundação da Companhia Paraíba de Cimento Portland (CIMEPAR, 2003), é que a Paraíba viria a contar com certa disponibilidade de mão-de-obra industrial com experiência em usinas de açúcar, fábricas de tecido, metalúrgicas e fundições, capaz de ser treinada e especializada nas operações do fabrico do cimento.

Outro fato que chamou a atenção é que várias iniciativas pioneiras, em diversos países – inclusive no pioneiríssimo Reino Unido – faliram em poucos anos, evidenciando que o caso brasileiro não destoou dos demais, mas apenas foi abreviado por uma crise econômica, justamente no período em que precisava ser reerguer dos problemas mais comuns que acometiam os empreendimentos da época.

Dois exemplos de empreendimentos que comercialmente faliram em poucos anos de operação foram o da Austrália, de Macau e o do Canadá – já o empreendimento neozelandês teve mais êxito. O de Macau, então sob ocupação portuguesa, com sua fábrica instalada em uma ilha – assim como a de Tiriri – tinha a peculiaridade de ter a jazida que servia a fábrica localizada no continente chinês. Curiosamente, após sua falência, foi assimilada e teve suas instalações transportadas para Hong Kong por uma empresa de origem britânica, operando até hoje no sudeste asiático com o mesmo nome do século XIX. Destino diferente teve o primeiro empreendimento considerado essencialmente chinês.

O empreendimento chinês faliu em menos de dois anos após sua inauguração e ilustrou as difíceis características operacionais da indústria cimenteira à época, conforme aponta Ko (2016). A fábrica chinesa foi patrocinada por investimento estatal, proveniente de vários departamentos militares, sob a justificativa de que havia necessidade de cimento para fins militares e governamentais. Tirando a origem do capital, há várias similaridades com a história da tentativa brasileira, além de praticamente terem sido construídas no mesmo período.

Ko (2016) resume, a partir da opinião do governante Li Hongzhang idealizador da fábrica, como teria sido a empreitada. Primeiramente, levaram amostras de calcário de Tangshan e areia da praia⁶² de Xiangshan para serem testadas na Grã-Bretanha por técnicos de

⁶² Provavelmente argila.

boa reputação – tal qual ocorreu com as amostras de Tiriri, que foram submetidos à Henry Faija. Os resultados dos ensaios teriam indicado um cimento de primeira qualidade, o que, se fosse verdade, seria o melhor cimento do mundo – tão quanto se atribuía ao produto brasileiro competitividade em relação ao produto europeu. A possibilidade de fabricar seu cimento, adequado às suas necessidades, implicaria em custos menores – restritos ao transporte – do que importar o produto – assim como apontava a análise de custo-benefício feita pelos investidores da fábrica brasileira. Havia uma grande demanda de cimento para obras oficiais do governo – assim como os portos brasileiros. A fábrica de Macau havia fechado e a sua produção teria passado para Hong Kong, cujo produto não seria adequado ao uso no norte da China.

A fábrica de Tangshan, após ter recebido consultoria e maquinário estrangeiro (como era de se esperar), iniciou sua produção em 1891. Logo em 1892, seu diretor faleceu, tendo sido substituído por um parente próximo da imperatriz chinesa, o que ocasionou o fechamento de suas portas em 1893. O capital investido foi totalmente exaurido, deixando o equivalente em dívidas junto à mina que fornecia carvão, mineral abundante na região. Assim como a fábrica brasileira, que também enfrentou no início problemas e mudança na direção da fábrica, ninguém sabia explicar, à época, o motivo do seu fracasso. A imprensa chinesa teria atribuído a falência da fábrica à corrupção, enquanto o gerente inglês que a reativou dez anos depois atribuiu à má qualidade do produto. Ironicamente, a fábrica chinesa foi recuperada e, em 1906, foi confiscada por um governante militar em ascensão, tornando-a uma das indústrias de maior sucesso na China e inaugurando um novo período para a indústria do país. Segundo Ko (2016), nenhum deles tinha razão quanto à explicação para a derrocada inicial da fábrica, o que deixou a questão pairando no ar, tal qual ocorreu com as dúvidas e especulações sobre o insucesso da fábrica da ilha de Tiriri.

O autor também descreve a precariedade legal do governo imperial chinês antes de 1904, cujo sistema legal, do ponto de vista da personalidade jurídica das empresas, se encontrava obsoleto e falido. Além disso tal sistema se mostrava inapropriado, pois tinha dificuldades de acomodar instituições econômicas modernas. Em suma, tratava-se de um sistema imperial arcaico, descendente de um antigo estado agrário que havia entrado em conflito com o mundo moderno. Ainda que não trata especificamente sobre os motivos do fracasso da fábrica no século XIX, ressalta-se aqui o perfil do “empreendedor” imperial responsável pela tentativa.

Ainda que o Brasil já estivesse com a sua legislação comercial mais atualizada em 1892 do que a China, a concluir pelo que sugere o autor, não há como deixar de traçar um paralelo

de algumas características daquele país com a situação brasileira e, especialmente, a paraibana ao final do século XIX, como bem pontuou Galliza (1993). Nacionalmente, a recém-república também consistia em um Estado agrário e arcaico, tanto que acabara de abandonar há apenas quatro anos o regime escravocrata. Regionalmente, a província da Parahyba do Norte, onde se produzia e exportava bens de origem agrícola ou produzindo em engenhos – predominantemente açúcar e algodão – também parecia entrar em conflito com a modernização e o mundo industrializado.

Em relação à indústria cimenteira, o Brasil só iria contornar essa dificuldade a partir da década de 1920, e a Paraíba somente na década seguinte, mediante amadurecimento das instituições da então jovem República e de outros fatores extrínsecos ao ramo, uma vez que a produção de cimento moderna já não mais padecia da extrema instabilidade tecnológica típica do último quarto do século XIX.

Ao descrever as características do cimento, Ko (2016) ressalta a dificuldade em fabricá-lo, manuseá-lo e transportá-lo na era pré-moderna dessa indústria. Em outras palavras, a densidade do produto, a necessidade de transportá-lo em grandes volumes, a vulnerabilidade perante umidade e condições atmosféricas, a aderência ao local onde era depositado para transporte e o risco químico e ergonômico oferecido para quem o manuseava e transportava, aspectos estes plenamente administrados pela indústria moderna, eram dificilmente contornados na realidade do século XIX.

Outro exemplo das dificuldades enfrentadas no início dessa indústria, até mesmo no século XX, encontra-se bem ilustrado nos relatos de operários aposentados constantes no informativo CIMEPAR (2003), a primeira companhia cimenteira a prosperar e consolidar-se no Estado, em meados da década de 1930:

Após a dinamitação da rocha calcária, eram carregados manualmente os vagonetes, que, por sua vez, eram empurrados por operários, até um britador no interior da fábrica. O forno instalado era do tipo vertical por batelada.

...

Conta ainda Genival que, ao iniciar suas atividades na CIMEPAR, em 1962, no tempo da via úmida, teve como companheiros, hoje falecidos, alguns trabalhadores que operaram a fábrica nos anos 40 e, pelo que lhe contavam, ele relata:

“Aquilo sim era dificuldade. Tudo era manual. Enchiam manualmente os vagonetes e despejavam o material no forno. Eram dois vagonetes de carvão e dois de farinha, até

encher. Quando o material estava clinquerizado, arriava-se e começava tudo de novo. Gastava-se um tempão enorme, pois era preciso atingir uma temperatura acima de 1200 graus. Para arriar o clínquer, tinha-se que cutucar o material do forno com varões de ferro. Qualquer desatenção era um acidente. O calor era infernal e não tinha nenhum equipamento de proteção. O pessoal de produção e manutenção sofria e sempre havia acidente com queimaduras” E ele acrescenta: “ Me diziam os amigos que para agüentar aquilo, tinha de ser homem de ferro, e diziam isto cheios de orgulho”.

Relata outro operário aposentado, Mário Vicente dos Santos, já na casa dos 70 anos, admitido em 1962 na empresa:

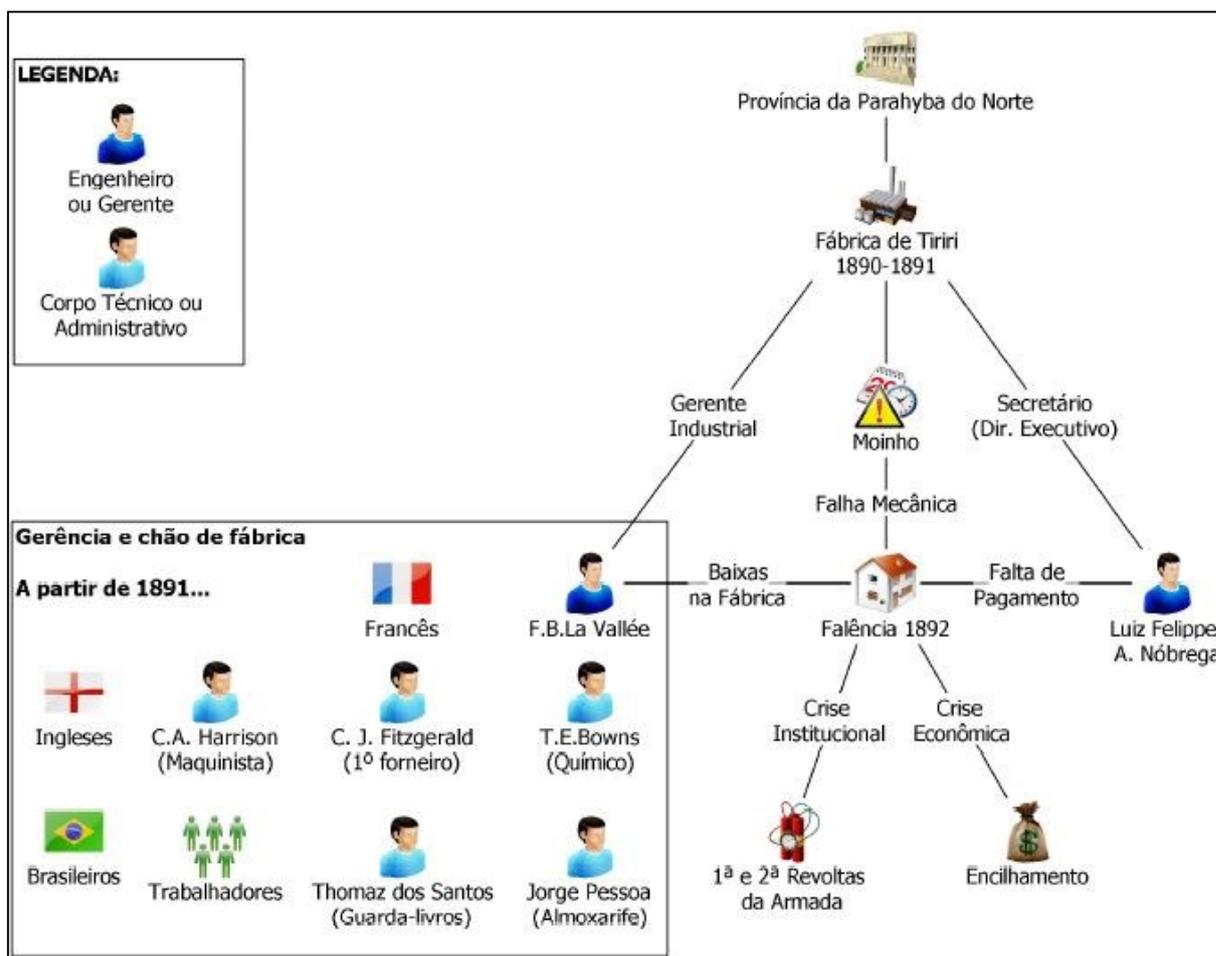
“Eu era encarregado do ensacamento. Serviço duro e pesado! Não havia máquinas como as de hoje. Tudo era manual. Trabalhávamos com máquinas instaladas no final da década de 40. Também não havia desempoeiramento, nem filtros, nada. A poeira era tão grande, que, as vezes, não dava para a gente ver o companheiro de trabalho do lado. Quem tinha problema respiratório, então, coitado, sofria em dobro. A situação era tão complicada, que trabalhávamos quase sem roupa. A produtividade era baixíssima. Ainda guardo muitas cicatrizes daqueles tempos. Mas tínhamos, e tenho, muito orgulho de todo nosso trabalho. (CIMEPAR, 2003, p.3).

Outro aspecto peculiar de um empreendimento do ramo cimenteiro é que este depende não somente da eficiência em sua gestão e controle dos processos, mas da política externa à empresa. Segundo Ko, “apesar de sua fachada inocente, trata-se de um ramo traiçoeiro” (Ko, 2016, p.51).

É o tipo do negócio que depende, essencialmente, de uma operação contínua e confiável, bem controlada e com boa logística. Assim como qualquer atividade industrial, quanto maior a continuidade na produção sem prejuízo da qualidade do produto, maior a expectativa de lucros. Por outro lado, uma operação descontínua – devido a erros – pode tornar a atividade extremamente dispendiosa e os custos de reativação proibitivos, causando o colapso da empresa, conforme aponto Ko.

Tendo em vista o conjunto de motivos relacionados às possíveis causas da falência da fábrica de Tiriri em tão curto período de tempo, especialmente a tecnologia de moagem utilizada, a FIGURA 100 ilustra o diagrama de elos de eventos e personagens relacionados.

FIGURA 100 – DIAGRAMA DE ELLOS ASSOCIADO À FALÊNCIA DA FÁBRICA.



Fonte: Produzido pelo autor.

Sobre o aspecto externo, Ko acrescenta que diante de um panorama atrasado de desenvolvimento, sempre se pode esperar uma relação de controle entre o detentor de poder local – a quem denominou de “barão” (podendo ser de origem militar, burocrática, financeira, comercial ou criminosa) – e a indústria cimenteira. Tal relação ocorreria uma vez que dessa organização local poderosa pode-se esperar a capacidade de controlar o mercado o que, por sua vez, pode ajudar a garantir o atendimento contínuo da fábrica aos consumidores.

De forma geral, pode-se depreender da informação do autor que para uma indústria como a cimenteira se instalar e progredir em um cenário precário, além de contornarem os problemas intrínsecos à produção (predominantemente técnicos), seus representantes teriam que se articular junto a estruturas de poder local, seja de ordem política ou burocrática, por exemplo, a fim de contornar as questões extrínsecas ao processo, a exemplo de registro de patente, arrendamento de áreas, licenças de operação, trâmites legais, suporte do mercado financeiro, questões trabalhistas etc.

No caso da fase prévia de Tiriri, ainda no período Imperial, ficou evidente um esforço financeiro e burocrático no sentido de viabilizar a fábrica, não tendo sido evidenciado um detentor de um poder local específico a ponto de querer controlar, de forma nociva, o mercado nacional de cimento – mesmo porque era a primeira e única iniciativa até então. É mais provável que a busca de apoio para implementar a ideia da instalação de uma fábrica de cimento em uma pequena província agrícola localizada no Norte⁶³ do país, tenha se dado no sentido de neutralizar as estruturas de poder contrárias à ideia, tanto na corte como dentre as lideranças regionais, conforme descreve Rebouças em suas impressões sobre o cenário político da província, especialmente na tomada de ações retrógradas e prejudiciais ao desenvolvimento local.

Desde os primeiros anos da República ficou evidenciado, por meio de decretos, o estímulo ao emprego de um eventual cimento nacional nas obras públicas, e, até mesmo, a existência de uma demanda contínua destinada ao produto em obras portuárias, mas sem impor nenhum caráter restritivo maior à competição com produtos estrangeiros. Obviamente, diante de um mercado em que não havia concorrência nacional, nem era entendido como estratégico ou de cunho militar, em um ambiente de livre mercado, o produto de uma eventual fábrica pioneira só poderia competir com congêneres importados.

Foi identificado a seguinte cláusula nos decretos relacionados à concessão de obras portuárias, no 2º semestre de 1890:

Os concessionarios ou a companhia empregarão quanto possivel material nacional, incluido o cimento, caso alguma fabrica nacional se proponha fornecel-o em igualdade de condições de preço e qualidade, a juizo da commissão fiscal do Governo. Si o preço do genero estrangeiro for inferior ao do producto nacional, serão obrigados os concessionarios ou a companhia a ceder ao Governo pelo mesmo preço por que comprar a quantidade que for por este requisitada. (BRASIL, 19 jul. de 1890; 11 out. de 1890; 18 out. de 1890 e 14 de nov. de 1890.)

Portanto, pode-se afirmar que houve um estímulo por parte do Estado à produção de cimento (Portland) em território nacional, ainda que discreto, capaz de prover as obras portuárias desse material. Tal especificidade não foi identificada nos decretos em anos anteriores à proclamação da República, uma vez que o termo “incluído o cimento” passou a ser identificado apenas a partir de fevereiro de 1890. No caso da autorização do prolongamento do

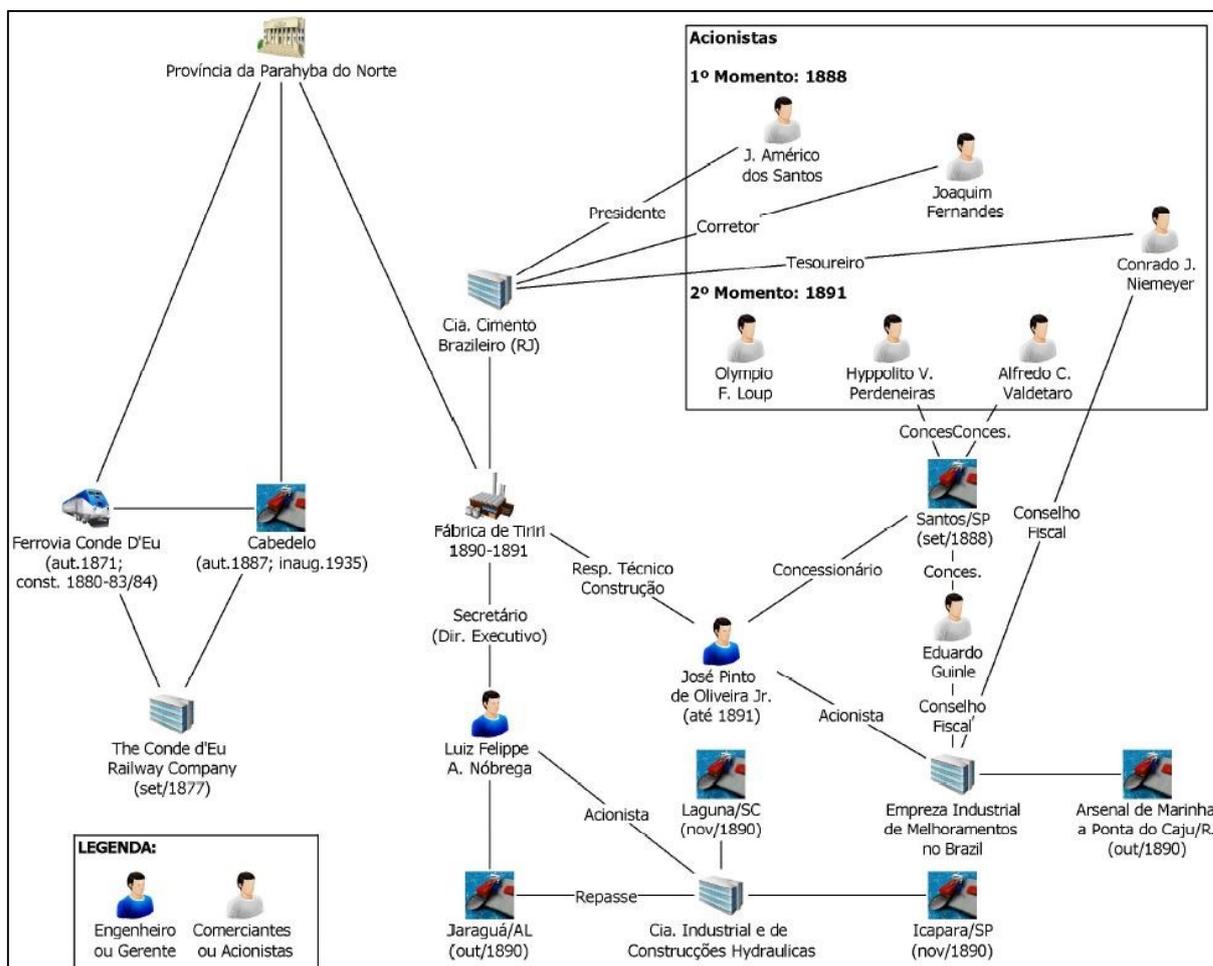
⁶³ Conforme divisão política da época.

cais do Porto de Santos, por outro lado, o decreto foi específico em relação ao uso de “cimento nacional” e não “material nacional” (BRASIL, 7 nov. de 1890).

Além disso, constatou-se que vários integrantes do projeto de fabricação de cimento no Brasil, representado pela iniciativa de Tiriri, faziam parte de concessões ou de empresas destinadas à execução de obras portuárias, cujo emprego de cimento Portland vinha se mostrando indispensável à época. Isto sugere que, uma vez apresentando um preço inferior ao cimento estrangeiro, um produto de qualidade e um ritmo de produção consistente, o empreendimento teria garantido um mercado consumidor em grande escala, representado por obras portuárias em diversos pontos do território nacional, e inclusive na Paraíba, representado por uma parte das obras do porto de Cabedelo, relativa ao prolongamento da Ferrovia Conde D’Eu (BRASIL, 1887; Brasil, 1890, 6 nov. 1890).

Por esses motivos e outros apontados ao longo do trabalho, a hipótese proposta por alguns historiadores de que fábrica teria fracassado principalmente em virtude da competição desleal com o produto importado, que seria livre de tarifas, não parece prosperar e carece de maiores evidências.

Tendo em vista o conjunto de relações estabelecidas entre os participantes da Companhia de Cimento Brasileiro e concessionários de obras portuárias, a FIGURA 101 ilustra o diagrama de elos de empresas e personagens relacionados, envolvendo pelo menos seis portos.

FIGURA 101 – DIAGRAMA DE ELOS DAS PRINCIPAIS RELAÇÕES ESTABELECIDAS ENTRE OS PARTICIPANTES DA CIA. E CONCESSIONÁRIOS DE OBRAS PORTUÁRIAS.

Fonte: Produzido pelo autor.

No período após o encerramento das atividades da fábrica verificou-se uma tentativa política do Presidente da Província, Álvaro Machado, de encontrar novos investidores, no entanto, restou infrutífera. A tentativa deu-se, primeiramente, em caráter informativo, divulgando na imprensa geral⁶⁴, escolas de engenharia⁶⁵ e em outros poderes⁶⁶. Posteriormente, o Presidente da Província emitiu apólices, destinadas a possíveis investidores no Estado, a fim de retomar o empreendimento, no entanto, as apólices expiraram e foram resgatadas, tornando tal tentativa infrutífera. Esta iniciativa, por motivos relacionados à guarda das instalações da fábrica durante seu período de inatividade, acabou dando ensejo à famosa questão jurídica da Ilha de Tiriri, ainda no final do século XIX, cujo deslinde se deu apenas na década de 1930, momento em que praticamente todas as tentativas de resgate da atividade da ilha já tinham se

⁶⁴ Jornal do Commercio de 1894.

⁶⁵ Palestra na Escola Politécnica em 1895

⁶⁶ Assembleia Legislativa do Estado da Paraíba em 1896.

esgotado, momento em que o processo moderno de fabricação de cimento já havia se consolidado.

Por fim, destaca-se a relação estabelecida entre fábrica de Tiriri com os antecedentes da instalação do empreendimento das Indústrias Portella, segundo um de seus fomentadores, o interventor do Estado da Paraíba Gratuliano Brito, no início da década de 1930. Na ocasião em que comunicou ao Ministro da Viação sobre o andamento da análise jurídica de uma proposta de instalação de fábrica de cimento no litoral paraibano, ele mencionou:

“...Constitui antiga aspiração da Parahyba a montagem de uma fábrica de cimento para aproveitar suas grandes reservas de calcário.

Foram levados a efeito vários estudos, chegando a ser montada uma fábrica na Ilha de Tiriri que ficou abandonada até hoje.

O assunto continuou a preocupar os dirigentes do Estado. Em Janeiro de 1927, o Estado fez concessões ao engenheiro *Puchs*, de acordo com a lei do ano anterior, para a montagem de uma fábrica, porém o mesmo contrato foi declarado caduco por decreto de Março de 1929.

Posteriormente, o Presidente João Pessoa sancionou a lei, concedendo isenção de todos os impostos até trinta anos, para a fábrica de cimento que fosse montada no Estado, com as vantagens para esta, estipuladas a juízo do Presidente...”

(JORNAL DO COMMERCIO, 1933, p.4).

Além de demonstrar a inquietação que o insucesso da fábrica Tiriri causou em sucessivos dirigentes até a reinstalação da indústria cimenteira no Estado – desta vez com êxito – o trecho ainda ressalta as concessões e os incentivos fiscais que os governantes passaram a oferecer visando à instalação da indústria em seu território, algo que não foi tentado 40 anos antes, mesmo em uma época tecnologicamente bem mais adversa à instalação de uma planta de cimento.

5 CONCLUSÕES

“E o problema social máximo do século anuncia-se assim: “Educar os povos para serem soberanos”; “Educar os reis para serem cidadãos”. Tudo isto demonstra que é necessário educar a geração que cresce, para a agricultura, para a indústria, para o comércio, para o trabalho em uma só palavra!”

(André Rebouças)

5.1 A LAMA DA ILHA DE TIRIRI

Em relação à hipótese lendária de que a motivação para instalação da fábrica de cimento na referida ilha teria se dado, simplesmente, pelas características cimentícias da lama do seu mangue – a lenda do cajado fincado no solo da ilha pelo garoto Antônio, filho do comendador José Varandas – esta vem a ser refutada neste trabalho.

Além das explicações de ordem lógica – as ilhas vizinhas também apresentam a mesma argila “cimentícia”, uma vez que a aderência é uma característica da lama dos mangues, em geral – os ensaios dos constituintes das argilas extraídas do mangue e do capeamento da jazida de calcário indicaram um teor de ferro muito maior no segundo caso – com destaque para amostra ARG3. Confrontando tais dados com o material extraído do interior dos fornos, verificou-se que o percentual de ferro (Fe) das amostras resguarda bem mais compatibilidade com a argila extraída do capeamento da jazida, que, naturalmente, costuma ser uma das primeiras fontes procuradas de material argiloso destinado à produção de uma fábrica de cimento. Portanto, ao se identificar na Ilha de Tiriri, ainda hoje, uma pedreira que inclui uma cobertura significativa de material argiloso, com composição que resguarda maior relação com o material produzido na usina, é possível inferir que a jazida identificada tenha sido a principal referência de matéria-prima para a fábrica e não, simplesmente, a lama do mangue.

Por fim, o próprio autor do artigo⁶⁷ que permaneceu como a principal fonte histórica sobre a fábrica, até então, revela o português José Varandas como um homem brincalhão e fantasioso, um português que dispunha de grande veia humorística e que teria engendrado uma história qualquer a fim de influenciar no “caso do cimento” (VIDAL, 1943, p.79), se referindo ao privilégio que teria obtido junto ao Império para produzir cimento na Paraíba. Sua história sugeria que a descoberta da vocação de Tiriri para a indústria de cimento teria se dado enquanto ele caminhava na Ilha com um amigo inglês e seu pequeno filho, Antônio, que teria relatado aos dois o rápido endurecimento da lama que se acumulava no pé do cajado por ele utilizado.

⁶⁷ “*A Propósito do Cimento e da Ilha Tiriri*”, de Adhemar Victor de Menezes Vidal.

Enquanto Vidal apresenta uma análise sociocomportamental de Varandas para sugerir que sua história não tenha passado de mero divertimento ou jogada de *marketing*, este estudo confirma tal suspeita com base nas análises químicas dos materiais da ilha (mangue e jazidas), no conhecimento das peculiaridades do processo de fabricação de cimento Portland e na documentação levantada sobre a fábrica em diversas fontes primárias. Além disso, foi apresentado no Capítulo 4, a decisão para uma instalação de uma fábrica de cimento na ilha paraibana, envolveu um número de personagens e um grau de envolvimento técnico bem superiores àqueles sugeridos pela história fantasiosa.

No entanto, se por um lado essa lenda reduziu a epopeia da iniciativa da fábrica à curiosidade de um garoto de nove anos, por outro, ajudou a história da fábrica a não cair completamente no esquecimento, uma vez que foi motivo de inspiração no campo jornalístico. Como exemplo, temos as reportagens de Hilton Gouvêa no jornal *A União*, ao longo das últimas décadas, sintetizadas em um capítulo de sua obra (GOUVÊA, 2014). No campo histórico, o registro familiar do pesquisador Edival Toscano Varandas, descendente de José Varandas, também foi importante no sentido de divulgar parte da história da fábrica e de alguns de seus personagens (VARANDAS, 2001).

Sobre as jazidas paraibanas, há um argumento técnico muito mais consistente acerca da motivação para a exploração do calcário paraibano para fins de produção de cimento Portland. Conforme ressaltado durante a perspectiva histórica, no Capítulo 4, o engenheiro André Rebouças deslumbrou-se com as jazidas do Estado. E o visionário Rebouças mais uma vez acertava com seu olhar técnico privilegiado.

A jazida a qual se referia, percebida durante visita para a construção do novo Matadouro da província, viria a ser explorada pela indústria cimenteira 70 anos depois, sendo a primeira de sucesso fora do Sudeste do país. A FIGURA 102 ilustra as imediações do antigo matadouro no atual Distrito Mecânico de João Pessoa e sua proximidade da antiga jazida (esquerda) e das instalações da fábrica, ainda em funcionamento (direita).

FIGURA 102 – PONTO DESTACADO (MATADOURO) ILUSTRA A PROXIMIDADE DO LOCAL COM A JAZIDA DESCRITA POR REBOUÇAS EM 1864.



Fonte: *Google Earth*, imagem datada de set. de 2017.

A mencionada jazida foi explorada pela indústria de cimento Portland da década de 1930 até o início da década de 2010, ou seja, por pelo menos 80 anos⁶⁸. Aos olhos do especialista francês Jean Andrieux (Santos, 1928), em visita ao local no início do século XX, tal jazida foi denominada de “inesgotável”.

Assim, conforme publicamente manifestado pela intenção dos acionistas quando da prospecção de sócios para o empreendimento cimenteiro pioneiro, o interesse na exploração das jazidas paraibanas transcendia à jazida localizada na Ilha Tiriri e se estendia ao calcário litorâneo à vista e à argila do estuário e afluentes do Rio Paraíba:

Fabricação de cimento hidráulico e produtos calcáreos da camada que se encontra em quase toda a província da Parahyba do Norte e partes das adjacentes, e a lama ou vasa que se encontra no estuário e afluentes do Rio Parahyba e em outros rios d'aquellas provincias.” Qualidade atestada por ensaios e análises na Casa da Moeda e pelos engenheiros de renome da época (Rebouças, Nulhões, Morsing e H. Hargreaves). (JORNAL DO COMMERCIO, 1888, p.3).

A implantação da fábrica de cimento em uma ilhota paraibana não foi, portanto, motivada pelo endurecimento extraordinário da sua lama no cajado de um menino naquela localidade, mas por um projeto bem maior visado pelo acionistas, que incluía a possibilidade de exploração futura de outras jazidas na região e a expectativa em relação às previsões técnicas

⁶⁸ Ressalta-se que a fábrica ainda se encontra em operação, adquirindo clínquer de outras empresas.

5.2 O CLÍNQUER DA FÁBRICA DE TIRIRI

O registro dos vestígios de maior atividade em um dos fornos Dietzsch da fábrica de Tiriri é uma evidência irrefutável de que ali houve queima de uma massa contendo rocha e argila. A aparência (coloração e textura) da colagem do material nas paredes do forno pode ser caracterizada como uma crosta formada pelos resíduos de cargas de matéria-prima queimadas em seu interior, conforme evidenciado na literatura atinente a este tipo de forno. A formação heterogênea dessa crosta – em diferentes camadas – sugere que o material queimado tenha se acumulado durante mais de uma fornada. A própria diferença entre a atividade dos fornos pôde ser avaliada e apontou sinais que permitem identificar gargalos em outras áreas da produção.

As evidências que indicaram a formação de um clínquer da época foram obtidas, inicialmente, a partir da análise do material da colagem. Por sua natureza hipocristalina (parte vítrea e parte cristalina), apenas mediante o emprego de um conjunto de técnicas de caracterização microestrutural foi possível sugerir tal afirmação.

As análises de FRX sugeriram que a alta presença de sílica e fase líquida (Fe + Al) contribuíram para proteger as amostras de carbonatação, enquanto a análise qualitativa e quantitativa de DRX de pó indicaram a presença de gellenita (C2AS) e belita (C2S) tanto no material do interior do forno quanto no material da peça de cimento hidratado encontrada. Ressalta-se que a gellenita é um produto típico de hidratação do cimento do século XIX – e fase intermediária dos cimentos atualmente produzidos em fornos rotativos. Os exames de microscopia óptica sugeriram traços de alita (C3S) presos dentro da fase vítrea da amostra. Já a análise do MEV confirmou a hipótese sugerida de que o material aprisionado na fase vítrea possa ser alita, tendo em vista a relação Si/Ca de sua composição química.

O cimento Portland produzido em Tiriri pode ser classificado como Mesoportland, que é um estágio pré-evolutivo da qualidade do produto atualmente comercializado. As evidências que permitiram indicar tais características são diversas, indo desde os equipamentos e instalações fabris tipicamente associados à sua produção – com destaque para tipo de fornos e as características dos moinhos – até as características microestruturais de seus vestígios (composição química, composição mineral, morfologia, textura, etc.).

Se não bastasse a compatibilidade sugerida entre resultados das análises das jazidas com o material encontrado no interior do forno 1, e sua coerência com os dados de referência da época, a descoberta da peça de cimento hidratado – em formato de barrica – em meios às

instalações fabris, por si só, é uma evidência de primeira grandeza da produção de cimento Portland na Ilha de Tiriri, ilustrando bem o tipo de armazenamento do produto final adotado pela fábrica, comum à indústria da época. E a compatibilidade identificada entre as características microestruturais da referida peça com as dos vestígios de clínquer oriundos do interior do forno vem a reforçar a integridade do achado realizado.

5.3 A FÁBRICA PIONEIRA

Como já foi visto na revisão de literatura, pouco se sabe sobre as origens do Cimento Portland além da Europa e EUA, ao final do século XIX. A pesquisa realizada sobre as fábricas pioneiras, em âmbito mundial, permitiu complementar as listas formuladas pelos historiadores mais reconhecidos da área, uma vez que estes se restringiram basicamente ao Hemisfério Norte.

Uma vez constatada a efetiva fabricação de cimento na usina de Tiriri, foi possível acrescentá-la à lista dos fabricantes pioneiros de Cimento Portland (de fato, Mesoportland), em âmbito mundial. Aproveitou-se para destacar os demais produtores pioneiros em seus países até o fim do século XIX, incluindo América Latina, Ásia, África e Oceania.

Foi possível elencar, com base em registros históricos e pesquisa documental, um grupo de 25 países, conforme apresentado na TABELA 15, tomando-se como marco zero o Reino Unido, local da patente do Cimento Portland e primeiro produtor “oficial” de Protoportland⁷⁰ e Mesoportland, conforme discutido no Capítulo 2.

⁷⁰ Cimento produzido por Joseph Aspdin.

TABELA 15 – LISTA DOS PAÍSES PIONEIROS NA FABRICAÇÃO DE CIMENTO PORTLAND NO MUNDO (ATÉ 1898), COM DESTAQUE PARA O EMPREENDIMENTO BRASILEIRO (EM VERMELHO).

| # | País | Cidade ou Região | Ano |
|----|---|---|-------------|
| 0 | England (UK) - J. Aspdin | Wakefield (West Yorkshire) | 1824 |
| 1 | Inglaterra (W. Aspdin) | Rotherhithe (Londres) | 1843 |
| 2 | França | Boulogne (Pas de Calais) | 1853 |
| 3 | Alemanha | Szczecin (atual Polônia) | 1855 |
| 4 | Rússia | Гроздеце/Grodziec (atual Polônia) | 1857 |
| 5 | Áustria (Império) | Kufstein (Tirol) | 1860 |
| 6 | Dinamarca | Ringsted (Sjælland) | 1868 |
| 7 | Suíça | Luterbach (Solothurn) | 1871 |
| 8 | Holanda | Delfzijl (Groningen) | 1871 |
| 9 | Bélgica | Cronfestu (Hainaut) | 1872 |
| 10 | Suécia (inc. Noruega) | Lomma (Skane) | 1873 |
| 11 | EUA | Lehigh (Pensilvânia) | 1875 |
| 12 | Japão | Fukagawa (Tóquio) | 1875 |
| 13 | Itália | Casale Monferrato (Piemonte) | 1876 |
| 14 | Sérvia | Popovac (Pomoravlje) | 1878* |
| 15 | Nova Zelândia (Col. Britânica) | Mahurangi (Auckland) | 1885 |
| 16 | Macau / Hong Kong (Domínio Português / Britânico) | Ilha Verde/Green Island | 1886 |
| 17 | Austrália (Col. Britânica) | Portland (NSW) | 1889 |
| 18 | Canadá (ainda politicamente subordinado do Reino Unido) | Marlbank (Ontário) | 1891 |
| 19 | China (Fábrica Estatal/Militar) | Tangshan (Hebei) - continente | 1891 |
| 20 | Brasil | Ilha de Tiriri, Santa Rita (Parahyba do Norte) | 1892 |
| 21 | África do Sul (Col. Holandesa/Britânica) | Pretória (República do Transvaal - holandês) | 1892 |
| 22 | Romênia | Brăila (Brăila) | 1893 |
| 23 | Portugal | Alhandra (Vila Franca de Xira) | 1894 |
| 24 | Cuba (Colônia Espanhola) | Havana (La Havana) | 1895 |
| 25 | Espanha | Tudela Veguín (Astúrias) | 1898 |

* Há registro de que já se produzia Cimento Portland na Sérvia quando da sua independência em 1878.

Fonte: Produzido pelo autor.

Legenda:

| | |
|--|---|
| | Patente e Protoportland: 1820-1839 (Fornos primitivos - cal) |
| | Mesoportland: 1840-1869 (Forno tipo Garrafa) |
| | Mesoportland: 1860-1879 (Forno de câmara: Johnson) |
| | Mesoportland: 1880-1899 (Forno de eixo contínuo: Dietzsch, Schoefer etc.) |

Segue, ainda, representação gráfica desta tabela em mapa-múndi (FIGURA 104), destacando as nações que chegaram a produzir mesoportland no século XIX, bem como os respectivos períodos em que teriam iniciado as suas atividades.

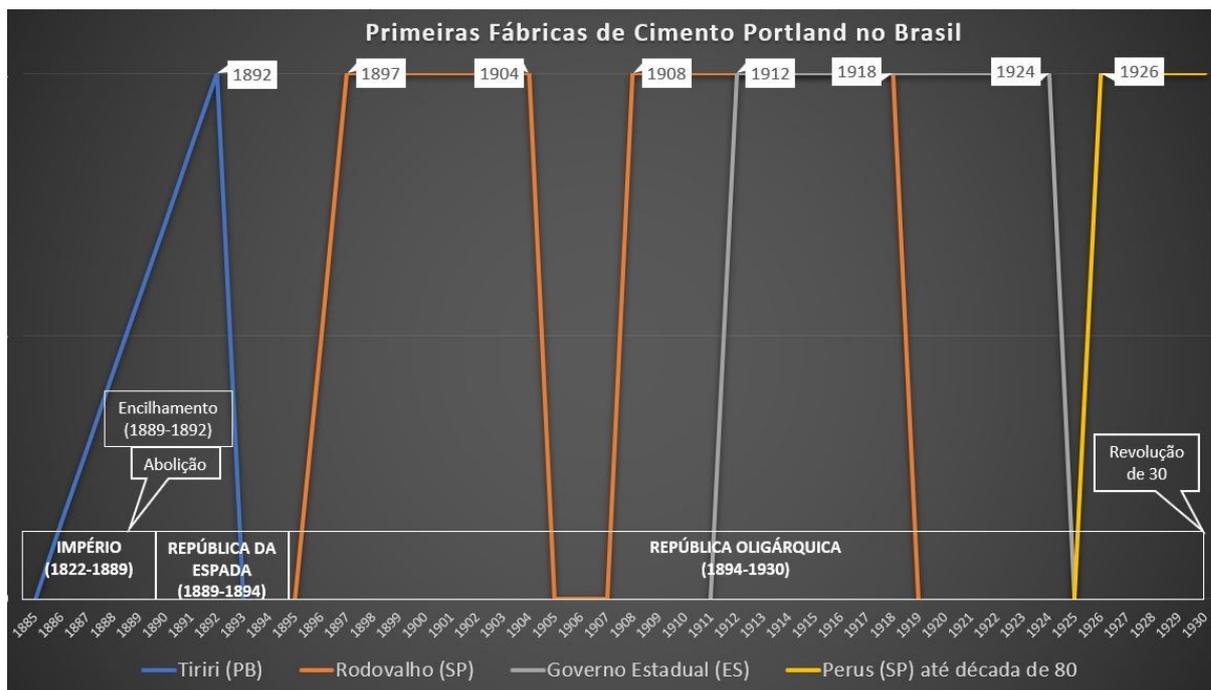
Canadá e África do Sul), destinavam-se à finalidade civil, tendo sua indústria vinculada à empreendedores particulares.

A presença inglesa no suporte tecnológico no projeto e na montagem das instalações foi um denominador comum em todos eles, algo bastante esperado para colônias britânicas, e também confirmado nas referências acerca das experiências no Brasil e China. Destaca-se que esse período mais intenso de expansão da indústria cimenteira para além da Europa deu-se durante o estágio de produção de Mesoportland em forno de eixo contínuo (*Dietzsch e Schoefer*), sinalizando a consolidação daquela tecnologia de fabricação do produto⁷⁴.

A dúvida, até então existente, entre os pesquisadores e historiadores nacionais sobre se a fábrica localizada no município de Santa Rita, na antiga província da Parahyba do Norte, teria sido a primeira do Brasil ou da América Latina foi, portanto, dissipada.

A fim de posicionar a fábrica pioneira de Tiriri em relação aos empreendimentos seguintes nacionais, foi elaborada uma linha do tempo (FIGURA 105) constando os principais eventos e períodos históricos compreendidos entre 1885 e 1930, destacando a duração aproximada atribuída ao funcionamento de cada empreendimento, segundo as fontes pesquisadas. Ressalta-se que a fábrica de Rodovalho (SP) é apresentada em dois momentos, uma vez que teria sofrido um período de interrupção em suas atividades. A linha termina na fábrica de Perus (SP), a primeira a se consolidar definitivamente no país, com mais de seis décadas de atividade.

⁷⁴ Ressalta-se que, no levantamento realizado, houve o cuidado de distinguir as fábricas produtoras de cimento Portland das fábricas produtoras de cimento Romano ou Natural, produto que foi gradativamente substituído pelo primeiro ao longo do referido século.

FIGURA 105 – LINHA DO TEMPO DAS PRIMEIRAS FÁBRICAS DE CIMENTO NO BRASIL.

Fonte: Produzido pelo autor.

A FIGURA 106 ilustra uma linha do tempo com alguns dos principais eventos históricos ocorridos entre 1866 e 1894, no período anterior e imediatamente posterior ao fim das atividades da usina de Tiriri:

FIGURA 106 – LINHA DO TEMPO ILUSTRADA DE EVENTOS HISTÓRICOS ENTRE 1866 E 1894.

5.4 O LEGADO DA FÁBRICA PARA A PARAÍBA

A importância da fábrica de Tiriri é muito maior do que os poucos meses que operou e do que se presume para um empreendimento tão prematuro; serviu como um laboratório do que estava por vir; convocou técnicos e empreendedores estrangeiros (franceses e alemães) à Paraíba no início do século XX (VINAGRE, 1917; SANTOS, 1928 e CÂNDIDO, 2007) e incomodou consecutivamente governantes do Estado, durante mais de 40 anos até que sua tentativa de retorno repercutiu no surgimento de outro empreendimento, este sim de sucesso industrial pleno e indiscutível: à princípio, atribuído à Companhia Indústrias Brasileiras Portela S.A e iniciado na década de 1930.

Este empreendimento, provavelmente, trata-se da única fábrica de cimento do Brasil que passou por todas as fases da indústria cimenteira: processo por batelada e forno rotativo; sistema úmido e sistema seco. Sua jazida que, segundo o olhar do francês Jean Andrieux parecia “inesgotável” na percepção da fabricação de cimento da década de 1920, esgotou-se nesta década de 2010. No entanto, tal empreendimento, que já passou por vários grupos nacionais e internacionais, permanece ativo, moendo clínquer produzido por outras fábricas e disponibilizando cimento Portland para o mercado.

É espantoso concluir que esse ciclo foi iniciado ainda na década de 1860, quando o engenheiro André Rebouças previu a extraordinária capacidade das jazidas paraibanas, graças a sua percepção técnica aguçada.

5.5 O “FÓSSIL” DA BARRICA E O LEGADO NACIONAL

Sendo a fábrica de Tiriri a pioneira na América Latina, isso torna a peça de cimento hidratado (barrica) descoberta também uma relíquia da Arqueologia Industrial, com data estimada de pelo menos 127 anos – completados em 2019 – considerando que tenha sido proveniente de uma fornada realizada até junho de 1892.

A partir da hipótese de que pudesse ser um raro exemplar do século XIX, em todo o mundo, tomou-se conhecimento de que em Kent, no Reino Unido, há exemplares semelhantes de cimento hidratado compondo uma gruta incorporada a um *pub*⁷⁵ denominado de “*Ship on Shore*”. Segundo comentam os visitantes do local (Skelton, P; Cox, N.; Edwards, T.)⁷⁶, após um navio ter encalhado em Sheerness, em 1848, os moradores da região teriam levado a carga afundada ao bar da localidade pensado tratar-se de barris de uísque. Apesar da decepção com o conteúdo, o dono do local teria decidido construir uma gruta com o cimento já em processo de endurecimento, naquele mesmo formato, a fim de chamar a atenção de visitantes. Pela época do naufrágio, alguns presumem⁷⁷ que seria uma carga de barris de cimento Portland fabricados por William Aspdin.

⁷⁵ Estabelecimento comercial popular no Reino Unido, onde são servidas bebidas alcólicas.

⁷⁶ <http://www.dover-kent.com/2014-project/Ship-on-Shore-Sheerness.html>;

<https://www.geograph.org.uk/photo/3755667>; <http://www.pbases.com/luckytrev/shiponshore>;

⁷⁷ <https://www.understanding-cement.com/history.html#> .

Já a versão oficial do órgão de patrimônio histórico inglês⁷⁸ remonta a construção da gruta por volta de 1830, e resume essa história a uma empreitada de um fazendeiro que encontrou, na costa de Sheerness, a carga de um navio que transportava cimento. Se assim o for, o cimento da gruta trata-se, provavelmente, de cimento romano ou, no máximo, de Protoportland de Joseph Aspdin.

Especulações à parte, o fato é que tais relíquias inglesas remontam à longa data – provavelmente à primeira metade do século XIX – e assemelham-se bastante, em seu formato, àquela descoberto no âmbito desta pesquisa, na ilha de Tiriri. Diferentemente do conjunto das ruínas da fábrica, que ainda não é reconhecido como patrimônio cultural nacional, as “barricas” de cimento inglesas, até mesmo fora de um contexto industrial, permanecem preservados como atração histórica e turística, em um local pouco usual (FIGURA 107).

FIGURA 107 IMAGEM DE CARTÃO POSTAL DA GRUTA CONSTRUÍDA COM ARTEFATOS DE CIMENTO HIDRATADO, NO INÍCIO DO SÉCULO XX.



Fonte: <http://www.dover-kent.com/2014-project/Ship-on-Shore-Sheerness.html>. Atribuído ao ano de 1907.

Hoje em dia (FIGURA 108), a gruta está classificada na categoria grau II da lista de edificações protegidas inglesas – aquelas de interesse especial, garantindo todos os esforços

⁷⁸ <https://historicengland.org.uk/listing/the-list/list-entry/1273263> .

para sua preservação – por seu valor histórico e, curiosamente, pelo formato inusitado de suas paredes.

FIGURA 108 – DETALHE DA GRUTA DO *SHIP AND SHORE*, NOS ÚLTIMOS ANOS.



Fonte: Google Street View, jul. 2016.

Há, no entanto, outro patrimônio inglês que melhor resguarda à história da indústria de cimento Portland do século XIX. Trata-se do forno de Aspdin (FIGURA 109), também em Kent, que é tido como o mais antigo forno de cimento Portland remanescente do mundo. O forno recebe proteção na categoria de “*scheduled monument*”⁷⁹, por ser considerado um sítio arqueológico importante, uma vez que “contém informação arqueológica enterrada relativa à sua construção, bem como depósitos do material por ele produzido”⁸⁰.

Dentre as informações disponibilizadas no site do Projeto de Restauração do Cais de Northfleet, destaca-se uma das descobertas recentes – sem precisar a data – encontradas nos túneis e no solo daquele sítio: duas barricas de cimento solidificadas, cuja madeira desintegrou-se ao longo do tempo, deixando “um fóssil remanescente da indústria do cimento” (NORTHFLEET, 2018).

⁷⁹ Monumento antigo.

⁸⁰ <https://historicengland.org.uk/listing/the-list/list-entry/1004227>

FIGURA 109 – FORNO DE ASPDIN, LOCALIZADO EM NORTHFLEET, INGLATERRA, À MARGEM SUL DO RIO TÂMISA.

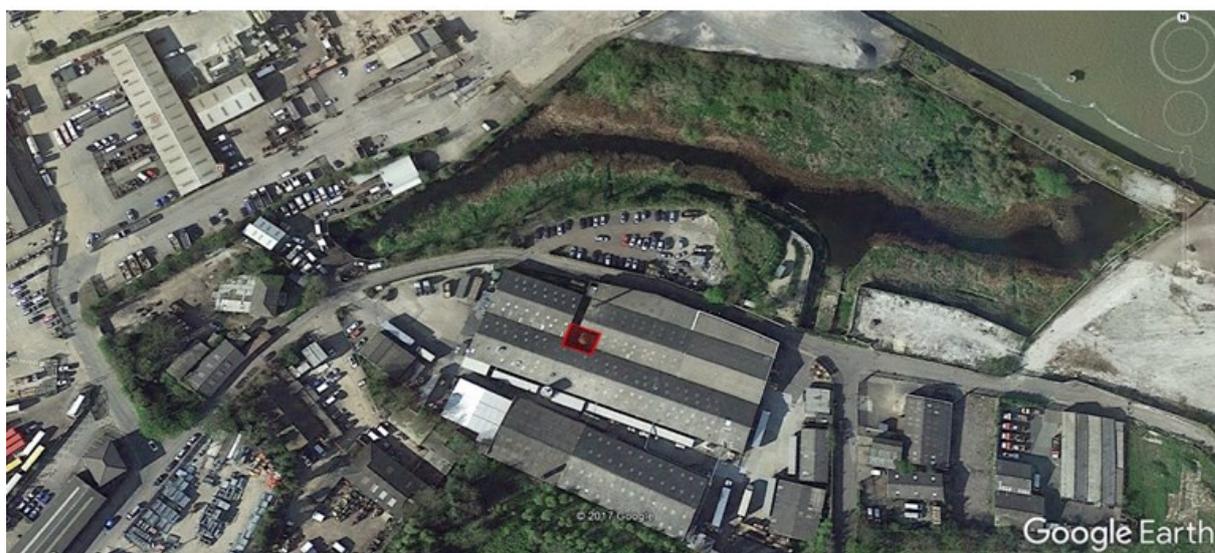


Fonte: site do Projeto de Restauração do Cais de Northfleet⁸¹, Foto: créditos não atribuídos no site.

Observando-se as imagens de satélite dos arredores do referido sítio, verifica-se que este se encontra encravado em uma área densamente ocupada. A comparação entre imagens aéreas datadas de 1939 e imagens de satélite de 2017 permite evidenciar o desenvolvimento da região ao longo dos anos (FIGURA 110).

⁸¹ http://www.northfleetharbour.org.uk/northfleet_harbour_a_history_to_be_proud_of.html

FIGURA 110 – CONTRASTE ENTRE IMAGEM DE SATÉLITE DA REGIÃO DO CAIS DE NORTHFLEET APÓS 76 ANOS: retângulo vermelho destaca área de cerca de 100 m² que resguarda o forno de Aspdin no interior de uma fábrica de papelão corrugado.



Fonte: Adaptado do software *Google Earth Pro*. Imagens datadas de 31/12/1939 e 19/04/2015, respectivamente. Acesso em 20/06/2017.

Ruínas como a de Tiriri, com fornos Dietzsch praticamente intactos, são raras, pois a maioria das fábricas contemporâneas e com tecnologia semelhante ou se encontravam em áreas urbanas e foram demolidas após fracassarem – cedendo espaço à expansão das cidades – ou tiveram seus fornos demolidos e substituídos por fornos rotativos, quando prosperaram. A região da Dalmácia, hoje Croácia, exemplifica esta segunda alternativa. Suas fábricas de cimento Portland utilizaram, expressivamente, fornos *Dietzsch* de 1885 até 1920 (antes de sua substituição por fornos rotativos) e tiveram seus últimos exemplares demolidos entre 2001 e 2010 durante a revitalização das instalações das respectivas fábricas, conforme descrito por Zizic (2015).

Além do exemplo inglês, foram catalogadas ruínas em outros países com características semelhantes às de Tiriri ou que dispõem de pelo menos um forno vertical ainda erguido, acompanhadas do ano aproximado de operação para produção de cimento Portland. São elas: ruínas da fábrica da Companhia Álamo de Cimento Romano e Portland (década de 1880) e fornos da Companhia de Cimento Coplay (1893), ambos exemplares dos Estados Unidos da América; ruínas de Mahurangi na Nova Zelândia (entre 1885 e 1893); Moinho de Raffan na Austrália (a partir de 1889); ruínas da Fábrica de Cimento de Marlbank no Canadá (entre 1891 e 1909); e fornos da Fábrica de cimento de Ozzano Monferrato na Itália (a partir de 1911).

Dos sítios elencados, destacam-se, pela similaridade com a tecnologia empregada em Tiriri, os fornos *Schoefer* da empresa norte-americana Coplay, pois além de terem sido construídos quase no mesmo período dos fornos *Dietzsch* da fábrica paraibana, tratam-se de um aperfeiçoamento deste tipo de forno.

Dentre os exemplos citados, as ruínas brasileiras e norte-americanas são as únicas onde foi possível estimar, com intervalo máximo de dois anos, o período preciso de sua construção, tendo em vista que os demais pertencem a sítios cujas construções foram erguidas e transformadas ao longo de vários anos, tendo em vista as constantes ampliações e incrementos tecnológicos pelos quais suas fábricas passaram.

As ruínas norte-americanas atualmente fazem parte de um museu industrial, *The Saylor*⁸² *Park Industrial Museum*, no condado de Lehigh, Pensilvânia, aberto à visitação (FIGURA 111). Trata-se da antiga fábrica referente à planta apresentada na FIGURA 30.

⁸² Nome da marca de cimento comercializada pela Coplay.

FIGURA 111 – NOVE FORNOS VERTICAIS DO TIPO SCHOEFER, DE TECNOLOGIA DINAMARQUESA, CONSTRUÍDOS ENTRE 1892 E 1893 PELA COPLAY, ADICIONADOS AO REGISTRO NACIONAL DE BENS HISTÓRICOS DOS EUA, EM 1980.



Fonte: *Flickr.com*. Imagem datada de 10/09/2012 e atribuída a Nicholas A. Tonelli, sob licença da Creative Commons Attribution 2.0 Generic. Acesso em 07/05/2017.

Exceto pelo sítio canadense, ressalta-se que todos os demais se tornaram bens protegidos e integram o patrimônio histórico industrial de seus países. Apesar de representarem um bem de mesma relevância histórica dos seus congêneres estrangeiros, as ruínas de Tiriri seguem desamparadas de qualquer instrumento legal de proteção do patrimônio histórico estadual ou nacional. Com divulgações esporádicas na imprensa, sendo uma das mais recentes datada de 15 de julho de 2018, no Jornal “A União” (GOUVEIA, 2018), sua história ainda permanece praticamente desconhecida da população local.

Tomando-se como referência o congêneres inglês, ressalta-se a importância de reconhecimento do sítio da antiga fábrica de cimento Portland da Ilha de Tiriri como patrimônio industrial e cultural nacional. Além do caráter de pioneirismo continental do empreendimento, o local vai além de um forno isolado; na verdade são dois fornos conjugados, do tipo Dietzsch,

e ruínas de: uma casa de calcários, uma chaminé de mais de 30m de altura, um túnel, uma sala de máquinas motoras, uma casa de cimento, uma fábrica de barricas, um porto, um forno de cal, entre outros recintos remanescentes.

Se o sítio composto por apenas um forno isolado como o de Aspdin, de cerca de 100 m², é resguardado pelo potencial de revelar importante informação arqueológica em seu subsolo, o que seria, então, capaz de revelar o subsolo de um sítio contendo ruínas de uma fábrica quase inteira, com área aproximada de nove mil metros quadrados? E quando vestígios da época – a exemplo de uma “barrica” de cimento hidratado do século XIX – podem ser encontrados até mesmo na superfície do solo, após cerca de 127 anos?

Não há qualquer dúvida de que, apesar do insucesso das atividades da fábrica no século XIX, o empreendimento acabou deixando como legado um estímulo à industrialização para o Estado da Paraíba e ainda um rico patrimônio tecnológico e cultural nacional, que merece ser protegido e divulgado a fim de que possa ser objeto de preservação e conhecimento para as gerações futuras.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

“O nosso propósito é de agitar uma questão que deve interessar aos paraibanos que procuram zelar por aquilo que nos pertence. Mormente quando se trata de um bem inestimável como o da Ilha de Tiriri com as ruínas de sua fábrica que tanto suor e gosto custou a um punhado de amigos da Paraíba. Precisamos fazer com que essas ruínas falem...”

(Adhemar Vidal, 1946)

Esta pesquisa, realizada sob três vertentes acerca da fábrica de cimento Portland instalada na Ilha de Tiriri (História, Vestígios e Caracterização dos Materiais), abordou a evolução tecnológica do produto e do seu processo produtivo. Uma vez que o conhecimento e a tecnologia são construções contínuas, não sendo estanques ao longo do tempo e tampouco exclusivas de qualquer nação, a fábrica pesquisada apresenta-se como um fiel exemplo destes saberes e de um esforço dinâmico e conjunto entre diferentes nações e formações, ao final do século XIX.

O Reino Unido, além do exemplo de empreendedorismo e marco inicial (a patente do cimento Portland), forneceu um projetista da planta fabril de grande experiência e renome à época; máquinas e equipamentos extraordinários; imigrantes capazes de operá-los, e até mesmo materiais de construção diferenciados (tijolos refratários).

A Alemanha contribuiu como referência no controle de qualidade do produto e com a solução do forno mais racional à época, que melhor atendia as peculiaridades (mão-de-obra e tipo de combustível) de uma instalação fabril em um país e região nos primórdios de sua industrialização.

A França, muito além do gerente industrial, contribuiu com a originalidade de Vicat e a genialidade de Le Chatelier, cuja tese de doutorado, em 1887, chacoalhou e influenciou a comunidade científica europeia sobre a análise térmica em cimentos, estimulando a indústria da época e inaugurando um caminho que vem sendo trilhado até hoje.

O Brasil forneceu um engenheiro inspirador e outros dispostos a executarem o projeto inglês, além de empreendedores dispostos a encararem o hercúleo desafio de implantar uma indústria de relevância nacional em uma longínqua e pequena província esquecida ao norte da corte do Império Brasileiro. Portugal ainda participou da iniciativa por meio de um comerciante ousado e astuto, radicado na Paraíba, que ajudou a transformar a história da fábrica em uma lenda que perdura até hoje.

A Paraíba garantiu o viabilizador da patente nacional do produto e um solo privilegiado para fornecimento da matéria-prima (calcário e argila), além da mão-de-obra necessária para erguer a fábrica e imprimir sua força de trabalho no sentido de tocar suas instalações.

Essa babilônia resultou na primeira fábrica brasileira produtora de cimento Portland, um empreendimento que, apesar de reunir e implantar a melhor tecnologia disponível na indústria cimenteira oitocentista e produzir cimento com a qualidade esperada para época, fracassou por não ter conseguido, internamente:

- a) atender à necessidade de manutenção do seu parque industrial;
- b) responder com rapidez aos problemas de ordem técnica (moagem) e vencer o isolamento ultramarino dos fornecedores estrangeiros de maquinário e mão-de-obra técnica especializada à época;
- c) superar as dificuldades de gestão de uma indústria principiante e prover uma comunicação eficiente entre sede e usina, distantes entre si a mais de 1.000 milhas náuticas;
- d) pagar seus funcionários em dia e administrar os conflitos decorrentes desta e de outras falhas relacionadas aos seus recursos humanos.

Ressalte-se que, além dos problemas elencados, outras fábricas do período (especialmente aquelas localizadas nas colônias britânicas e na China) também enfrentaram, a curto ou médio prazo, os altos custos de uma indústria em constante e efervescente desenvolvimento tecnológico e científico – e nem sempre conseguiram superá-los. Tratava-se de uma indústria muito penosa para principiantes e para o empirismo comum aquele contexto histórico.

Para completar o diagnóstico, o empreendimento nacional ainda se deparou, externamente, com um quadro de:

- a) dificuldade de crédito no período em que mais precisava, tendo em vista a instabilidade econômica gerada pela crise denominada de Encilhamento;
- b) crise institucional da República, marcado por revoltas armadas em seus primeiros anos, cujo cenário pode não ter inspirado novos investimentos destinados à atualização e remediação de suas instalações fabris deficientes.

Apesar da rede telegráfica instalada ter encurtado as distâncias, da iniciativa ter feito parte de um projeto maior e aparentemente organizado – relacionado a concessões portuárias –

e da articulação evidenciada entre diretores, acionistas e engenheiros junto a políticos e burocratas da época, tais fatores não foram suficientes para superar os obstáculos enfrentados.

O motivo para a falência da fábrica de Tiriri, portanto, não foi um só. E não foi pela tecnologia dos fornos utilizada, tampouco pela dificuldade de lutar contra os preços do produto importado e muito menos pela suposta campanha de desmoralização contra o produto nacional, desencadeada pelos importadores de cimento. Tais motivos poderiam até ensejar uma suposta falência à longo prazo, especialmente na primeira década do século XX, quando a tecnologia de fornos rotativos se consolidou de vez e houve, de fato, um movimento de truste⁸³ inglês. No caso concreto, no entanto, não houve nem época, nem tempo suficiente para isso.

Além de se defender que houve efetiva produção de cimento Portland – classificado como mesoportland – na fábrica instalada na Ilha de Tiriri, defende-se a ideia de que a falência foi ocasionada por motivos diversos. No entanto, as evidências encontradas sugerem que o “gatilho do desastre” tenha sido mesmo a quebra (ou diminuição no ritmo de operação) da máquina⁸⁴ de moagem do clínquer produzido. Ressalta-se que, juntamente com os fornos, os moinhos eram pontos extremamente vulneráveis, em termos de controle da produção, estando diretamente relacionados à qualidade final do cimento Portland – queima e finura adequadas. Estando o setor de moagem de finos ausente de um *backup*, e sendo incapaz de sincronizar-se ao ritmo da produção de queima de clínquer, a produção não atingia a escala minimamente desejada e repercutia em todas as atividades do processo – e no ânimo dos acionistas, respectivamente.

Nesse aspecto comunga-se da opinião de Galliza (1993) que, apesar de não ter se aprofundado na análise de viabilidade tecnológica das instalações da fábrica, tampouco em seus vestígios materiais, sugeriu que houve uma concorrência de aspectos que levaram ao malogro da empresa. Sua expertise sobre a realidade do tardio processo de industrialização na Paraíba, vista sob a perspectiva econômica na República Velha, permitiu que destacasse a administração deficiente e má gerência do empreendimento dentre os aspectos atribuídos ao fim do empreendimento.

A falência da fábrica, de forma abrupta, a repercussão criada pela posterior disputa jurídica arrastada ao longo de décadas, bem como sua localização discreta e isolada, fora da

⁸³ Representado pela associação denominada *Associated Portland Cement Manufacturers Ltd.*, fundada em 1900.

⁸⁴ Fabricado pela empresa *The Globe Mill Company*, de Londres.

rota de crescimento urbano e industrial metropolitano da capital paraibana, por outro lado, contribuíram para que as ruínas da usina continuassem existindo e possibilitando a identificação de vestígios da época, mesmo após cerca de 127 anos de inatividade.

Já o fantasma gerado pela falência de um empreendimento tão promissor ao período, criou uma constante inquietação desde o governo de Álvaro Lopes Machado, em 1892, até o de Gratuliano da Costa Brito, em 1932. Tal inquietação, por sua vez, estimulou sucessivos governantes a encararem o problema, chegando até mesmo, em distintos momentos do início do século XX, a convocarem técnicos norte-americanos e europeus (franceses e alemães) a fim de opinarem sobre o potencial de retomada do empreendimento. Apesar da frustração mantida em relação à usina de Tiriri, os olhares acabaram sendo lançados à jazida da Fazenda Graça, e a experiência malsucedida do século XIX acabou apontando os caminhos necessários à contrapartida estatal, visando à instalação bem-sucedida da indústria cimenteira no Estado da Paraíba, em meados da década de 1930. Trata-se, portanto, de um processo intelectualmente iniciado na década de 1860, ativado e interrompido na década de 1890, reativado na década de 1930 e que persiste produtivo até os dias de hoje, passados mais de 150 anos.

Em relação aos materiais cimentícios identificados, coletados e analisados, aplicando-se uma abordagem exclusiva incorporada à pesquisa de campo e um método que transcende aos trabalhos convencionais da Ciência e Engenharia de Materiais – em sua maioria restritos aos ambientes laboratoriais – acredita-se que há, neste sentido, uma contribuição inovadora para a área. Neste estudo, os materiais foram investigados em uma perspectiva ampla, envolvendo começo, meio e fim (matéria-prima, produto e aplicação), mas nem por isso deixou-se de se aprofundar em cada uma dessas fases, tampouco em sua tecnologia de processamento, diferenciada, justamente, por se encontrar obsoleta há mais de um século, elevando ainda mais o desafio enfrentado durante o processo de pesquisa vivenciado.

A peça de cimento hidratado descoberta na fábrica, agora resguardada no Laboratório de Caracterização Microestrutural da UFPB, por si só, tem um grandioso potencial para pesquisas futuras, especialmente aquelas que se utilizam de técnicas minimamente invasivas ou não destrutivas, a fim de conciliar a produção de conhecimento científico com a proteção e preservação desta preciosa relíquia da Arqueologia Industrial.

Acredita-se, ainda, que pesquisas vindouras sobre os materiais da usina de Tiriri poderão ser bem mais específicas, abrindo-se um veio de trabalhos na área de materiais cimentícios, a

exemplo de outras instituições acadêmicas que desenvolvem trabalhos sobre materiais metálicos em ruínas ou minas (arqueometalurgia), a exemplo dos estudos realizados pelo Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Escola Universidade de São Paulo (USP) na Real Fábrica de Ferro de São João de Ipanema, localizada naquele Estado. Fazendo um paralelo, as ruínas da fábrica de cimento de Tiriri são o marco zero nacional de uma eventual linha de pesquisa *arqueocimentícia* que venha a ser criada, e que agora passa a ser estimulada por este trabalho.

Sobre a fábrica de ferro de Ipanema, iniciativa também datada do século XIX e de extrema relevância para a história da engenharia nacional, conforme bem pontuado por Telles (1984), trata-se de um sítio histórico tombado tanto pelo IPHAN quanto pelo CONDEPHAAT⁸⁵, estando atualmente resguardado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), na Floresta Nacional de Ipanema, em Iperó/SP.

Ao passo que este trabalho amplia a citação da fábrica de Tiriri para muito além de um parágrafo na história da engenharia no Brasil, é importante que passe a receber semelhante destaque e proteção reservados a outros bens históricos, a exemplo daqueles garantidos à fábrica paulista. Em outras palavras, há que se proteger igualmente os berços industriais no Brasil dos materiais que, juntos, compõem um dos materiais construtivos indispensáveis à vida moderna: o concreto armado.

Ao ter resgatada sua importância histórica, redescobrem-se as ruínas paraibanas como um exemplo raro – em todo o mundo – da criação tecnológica e industrial ao final do século XIX, resguardando materialmente um período marcante da evolução de um setor que ainda hoje é de extrema importância para economia regional. Neste sentido, tais ruínas e seus respectivos materiais passam a figurar como um promissor sítio para futuras pesquisas em Ciência e Engenharia de Materiais, muito além das perspectivas consideradas no âmbito deste trabalho.

As evidências levantadas ao longo da pesquisa sobre os materiais e instalações do empreendimento, sua origem e atos durante sua curta existência, naturalmente, conduziram a um acervo de fatos, personagens, eventos econômicos, políticos e relações de trabalho que transcendem a Ciência e Engenharia de Materiais, as Ciências Forenses e a História e podem

⁸⁵ Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo.

ser explorados por outras áreas do conhecimento, a exemplo da Arqueologia, Arquitetura, Economia, Direito, Comunicação Social, etc.

Com base nas evidências encontradas e nas informações apresentadas ao longo desta tese, defende-se, por fim, a ideia de que o sítio que abrange as ruínas da *Fábrica de Cimento da Ilha de Tiriri*, pioneira na América Latina na produção de cimento Portland, trata-se de um bem que atende plenamente aos requisitos necessários para se constituir como parte integrante do patrimônio cultural nacional, devendo, assim, ser objeto de reconhecimento e proteção legais, visando a sua preservação.

Admite-se que Edmond Locard não errou a dizer que o “*tempo que passa é a verdade que foge*”, mesmo porque em casos criminais a sociedade exige uma resposta rápida e, a depender do tipo de caso, os vestígios são efêmeros ou podem ser removidos. No entanto, fazendo-se um paralelo da premissa de Locard com a investigação realizada, há casos, a exemplo das perícias em obras de Engenharia, em que as evidências documentais e físicas (vestígios construtivos), a depender de sua associação, integralidade e integridade, podem permitir a elucidação de algumas verdades, mesmo após decorridos vários anos. Método científico apropriado e sorte em relação à permanência de vestígios íntegros são fundamentais neste sentido.

REFERÊNCIAS

- ABCP. **80 anos**: uma trajetória de sucesso. 1. ed. São Paulo: BB Editora, 2016.
- ABCP. Guia básico de utilização do Cimento Portland. 10. ed. São Paulo: ABCP, 2018.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 12653**: Materiais pozolânicos: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- ALMEIDA FILHO, A. Justiça Federal na Paraíba: perspectiva histórica. p. 268-279. In: **Revista Parahyba Judiciária**: João Pessoa: Centro de Estudos Jurídicos Ministro Torreão Braz. a. 1, n. 2, 1998. 314p.
- _____. Justiça Federal na Paraíba: perspectiva histórica. p. 304-309. In: **Revista Parahyba Judiciária**: João Pessoa: Centro de Estudos Jurídicos Ministro Torreão Braz. a. 1, n. 2, 1998. 314p.
- ANDERSON, J. **Notes on the adulteration of Portland Cement (Paper & Discussion)**. London: Victorian Institute of Engineers, 1900.
- ARAÚJO, M. **Água e Rocha na Definição do Sítio de Nossa Senhora das Neves, Atual Cidade João Pessoa – Paraíba**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismos). Faculdade de Arquitetura. Salvador, Universidade Federal da Bahia, 2012.
- ARCHIVES MUNICIPALES DE LYON. **Edmond Locard**. Disponível em <http://www.archives-lyon.fr/static/archives/edmond_locard/>. Acesso em 14 nov. 2018.
- ASPDIN, J. **An Improvement in the Modes of Producing an Artificial Stone**. British Patent Office nº BP 5022, London. Granted: 21 oct. 1824. Enrolled: 18 dec. 1824. Disponível em <<https://patentyogi.com/american-inventor/this-day-in-patent-history-on-october-21-1824-joseph-aspdin-patented-portland-cement>> . Acesso em: 27 nov. 2018.
- AST, F. **Der Beton und seine Anwerdung**. Berlin: Tonindustrie-Zeitung G. m. b. H. 1907.
- BAMBER, H. **Portland Cement and Portland Cement Concrete**. London: James Forrest, 1892.
- BARBOSA, N. **Materiais Cimentícios**: Introdução. Notas de Aula. João Pessoa: Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da UFPB, 17 abr. 2016.
- BARREIRO JÚNIOR, I.; MEDEIROS, J.; VALENÇA, S. A estrutura competitiva da indústria brasileira do cimento. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 21., 2001, Salvador. **Anais** [...]. Salvador: FTC, 2001.
- BALTAR, C. A. M.; SAMPAIO, J. A.; ANDRADE, M. C. PINTO, D. C. Titânio: minerais de titânio. IN: **Rochas e Minerais Industriais no Brasil**: usos e especificações. 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2008. p. 841-863. Disponível em: http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1141/1/37._Minerais_de_Tit%C3%A2nio_revisado.pdf. Acesso em: 25 jan. 2019.
- BIEDERMANN, R. **Technisch-chemisches Jahrbuch**: 1882-1883. Berlin: Verlag von Julius Springer, 1884.
- BLEZARD, G. **Reflections on the history of the chemistry of cement**. Society of Chemical Industry Lecture Papers Series LPs, 104, pp 1-27. London: SCI, 1998.

_____. The history of calcareous cement. In: LEA, F; DESCH, C. **Lea's Chemistry of Cement and Concrete**, 4th ed., London: Elsevier, 2004.

_____. A Discussion of the paper "Examination of 136 years old Portland cement concrete" by G. M. Idorn and N. Thaulow. In: **Cement and Concrete Research**. vol. 14, pp. 154-156. USA: Pergamon Press Ltd, 1984.

BRASIL. **Decreto nº 9.764, de 6 de novembro de 1887**. Concede á The Conde d'Eu Railway Company, limited privilegio e garantia de juros para a construcção do prolongamento da estrada até ao porto do Cabedello.

_____. **Decreto nº 597-A, de 19 de julho de 1890**. Concede aos cidadãos Trajano Viriato de Medeiros e Alfredo Dillon autorização para construírem um porto artificial na enseada de S. Domingos das Torres, Estado do Rio Grande do Sul, e uma estrada de ferro desse porto á cidade de Porto Alegre.

_____. **Decreto nº 849, de 11 de outubro de 1890**. Concede á Empreza Industrial de Melhoramentos no Brazil autorização para construcção de um caes de atracação entre a ponta do Arsenal de Marinha da Capital Federal e a da Chichorra e dahi á ponta do Cajú, com os onus e vantagens da lei n. 1746 de 13 de outubro de 1869.

_____. **Decreto nº 904, de 18 de outubro de 1890**. Concede ao engenheiro Luiz Felipe Alves da Nobrega e a Carlos Dias de Oliveira privilegio por 90 annos...uso e gozo das obras do melhoramento do porto de Jaraguá, no Estado das Alagôas.

_____. **Decreto nº 959, de 6 de novembro de 1890**. Eleva a 69.272 o capital de £ 59.272 garantido pelo decreto n. 9764 de 14 de julho de 1887, para construcção do prolongamento da Parahyba ao Cabedello, comprehendendo o molhe neste porto.

_____. **Decreto nº 966, 7 de novembro de 1890**. Autoriza a Empreza das Obras de Melhoramentos do Porto de Santos, no Estado de S. Paulo, a prolongar o caes em construcção e prorroga e prazo das concessões constantes dos decretos ns. 9979 de 12 de julho de 1888 e 10.277 de 30 de julho de 1889.

_____. **Decreto nº 1.034, de 14 de nov. de 1890**. Concede, de accordo com as leis ns. 1746 de 13 de outubro de 1869 e 3314 de 16 de outubro de 1886, á Companhia Industrial e de Construcções Hydraulicas privilegio por 40 annos...para a construcção, uso e gozo das obras de melhoramento da barra e porto da Laguna, no Estado de Santa Catharina.

BUTLER, D. **Portland Cement: it's manufacture, testing and use**. London: E. & F. N. SPON. 1899.

CÂNDIDO, Gemy. **Clóvis dos Santos Lima: um homem predestinado**. João Pessoa: Edições Linha d'Água, 2007.

CANDLOT, E. **Ciments et Chaux Hydrauliques**. 3 ed. Paris e Liège: Librairie Polytechnique, 1906.

CARDARELLI, F. **Scientific unit conversion: practical guide to metrication**. London: Springer-Verlag, 1997.

CARROL, L. Former Cement plant was a key part of Wampum's history. In: **Ellwood City Ledger**. Disponível em: <http://www.ellwoodcityledger.com/335de742-3759-5f2f-a7ed-5347ed6fa5ab.html>. Acesso em 17 dez. 2018.

CARVALHO, G.; ROCHA, C. **A Aventura do Concreto no Rio de Janeiro: 1900-1936**. Rio de Janeiro, SNIC, 2003.

CAVALCANTI FILHO, I.; AZEVEDO, C.; SILVA, T.; LEAL, A.; TORRES, S.; OLIVEIRA, J.; SILVA, Y. Tiriri, a 1ª fábrica de Cimento da América do Sul. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA EM MATERIAIS, 12., 2014, João Pessoa. **Pôster** [...]. João Pessoa: UFPB, 2014.

CEMENT HISTORY. Disponível em <<https://www.understanding-cement.com/history.html#>>. Acesso em 16 dez. 2018.

CIMEPAR. **70 anos de Realizações**: informativo dos 70 anos de fundação. João Pessoa: Moura Ramos. 2003.

CHAVES, M. **Da periferia ao centro da(o) capital**: perfil dos trabalhadores do primeiro complexo cimenteiro do Brasil, São Paulo, 1925-1945. Dissertação (Mestrado em História Social do Trabalho). Departamento de História. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 2005.

CONSULTEC. **A indústria de cimento no Brasil**: aspectos de seus custos e desenvolvimento. Rio de Janeiro: SNIC/ABCP, 1967. p. 1-16.

COSTA, E. *et al.* Clínter Portland com reduzido impacto ambiental. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 75-86, abr./jun. 2013.

COX, N. **Sheerness**: The Grotto at the Ship On Shore. Disponível em <<https://www.geograph.org.uk/photo/3755667>>. Acesso em 16 dez. 2018.

CRANSTON, M. Crown Fire Clay Works, Glasgow. In: **Scotland's Brick Manufacturing Industry**. 2015. Disponível em: <https://www.scottishbrickhistory.co.uk/crown-fire-clay-works-glasgow/>. Acesso em 11 out. 2017.

DARIZ, P. et al. Calcium aluminates in clinker remnants as marker phases for various types of 19th-century cement studied by Raman microspectroscopy. **European Journal of Mineralogy**, v. 28, p. 907-914, 2016.

DE LA TORRE, A. et al. Diffraction and crystallography applied to anhydrous cements. In: PÖLMANN, H. (ORG.). **Cimentitious Materials**: Composition, Properties, Application. Germany: De Gruyter, 2017 p. 1-29.

DEDAVID, B. et al. **Microscopia Eletrônica de Varredura**: aplicações e preparações de amostras. Porto Alegre: EdiPucRS, 2007.

DESCH, C. **The Chemistry and Testing of Cement**. London: Edward Arnold, 1911.

DIETZSCH, C. **Improved process of and Furnace for Burning Lime and similar Materials**. P. M. Justice, London. Eng. Pat 1,252, 11 dec. 1885. p. 328. In: **The Journal of the Society of Chemistry Industry**, v. V. Manchester: Emmot and Company, 1886.

EDWARDS, T. **The Ship on Shore**. Disponível em <<http://www.pbase.com/luckytrev/shiponshore>>. Acesso em 16 dez. 2018.

ESTADO DO PARAHYBA. **Folhetim**: Dr. Oliveira Pinto. Ano II. n. 329. Cidade da Parahyba: 5 set. 1891.

_____. **Annuncios**: Cimento Nacional da Ilha do Tiriri. Ano III, n. 525, Cidade da Parahyba: 15 mai. 1892.

FAIJA, H. **Portland Cement for Users**. London: Crosby Lockwood and son, 1890.

FLORA; A.; VERÍSSIMO, I. **André Rebouças, Diário e Notas Autobiográficas**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1938.

FONDATION LOUIS VICAT. **L' Histoire**. Disponível em <<http://www.fondationlouisvicat.org/La-Fondation-Louis-Vicat/L-Histoire>>. Acesso em 22 nov. 2018.

FORSCHUNGSINSTITUT DER ZEMENTINDUSTRIE. **Verein Deutscher Zementwerke e.V.: 125 Jahre Forschung für Qualität und Fortschritt**. Düsseldorf: Verlag Bau+Technik GmbH, 2002.

GALLIZA, D. **Modernização sem desenvolvimento na Paraíba 1890 – 1930**. João Pessoa, Editora Ideia, 1993. 212p.

GLASGOW WEST-END ADDRESSES. **P. S. Brownlie & Co**. Disponível em: http://www.glasgowwestaddress.co.uk/1888_Book/Brownlie_P_S_&_Co.htm. Acesso em 11 out. 2017.

GOUVÊA, H. A primeira fábrica de cimento. In: _____ **Histórias fantásticas da Paraíba**. João Pessoa: Patmos Editora, 2014. p. 77-79.

GOUVÊA, H. Paraíba abriga as ruínas da primeira fábrica de cimento. In: **A União**. ano CXXXV, n. 140. João Pessoa: 15 jul. 2018, p. 1 e 25.

GRACES'S GUIDE. **Henry Faija**: 1895 Obituary. Disponível em: http://www.gracesguide.co.uk/Henry_Faija. Acesso em 27 jan. 2017.

GUEDES, L. **Monitoramento geoambiental do estuário do rio Paraíba do Norte – PB por meio da cartografia temática digital e de produtos de sensoriamento remoto**. Dissertação de mestrado (Mestre em geodinâmica). Pelo Programa de pós-graduação em geodinâmica e geofísica. Natal, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2002. 90 p.

HALSTEAD, P. The Early History of Portland Cement. **Transactions of Newcomen Society**, 34:1, 37-54, 1961. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1179/tns.1961.003>. Acesso em: 25 jan. 2017.

HISTORIC ENGLAND. **Aspdin's Kiln**. Disponível em <<https://historicengland.org.uk/listing/the-list/list-entry/1004227>>. Acesso em: 17 dez. 2018.

_____. **Grotto shaped folly to North East of Ship On Shore public house** Disponível em <<https://historicengland.org.uk/listing/the-list/list-entry/1273263>>. Acesso em 17 dez.2018.

IBGE. **Território Brasileiro e Povoamento**. Disponível em <<http://brasil500anos.ibge.gov.br/territorio-brasileiro-e-povoamento/construcao-do-territorio/extensao-territorial-atual.html>> Acesso em 8 mai. 2017.

IDORN, G.; TAULOW, N. Examination of 136 years old Portland cement concrete. In: **Cement and Concrete Research**. vol. 13, pp. 739-743. USA: Pergamon Press ltd, 1983.

JAMES, D.; CHANSON, H. Cement by the Barrel and Cask. In: **Concrete in Australia**, Vol. 26, No. 3, pp. 10-13 (ISSN1440-656X). North Sidney: Concrete Institute of Australia. 2000. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/14983096.pdf>. Acessado em 02 jan. 2019.

JORNAL DO COMMERCIO. **Declarações**: Companhia de Cimento Brasileiro. Ano 66. n. 157. Rio de Janeiro: 6 jun. 1888.

_____. **Publicações a pedido**: Companhia Industrial Cimento Brasileiro. Ano 70. n. 90. Rio de Janeiro: 30 mar. 1892.

_____. **Câmara dos Deputados**: Emendas. Ano 70. n. 204. Rio de Janeiro: 23 jun. 1892.

_____. **Publicações a pedido**: Fábrica de Cimento Brasileiro. Ano 72. n. 175. Rio de Janeiro: 26 jun. 1894.

_____. **Publicações a pedido**: O Caso do Cimento Parahybano. Ano 111. n. 24. Rio de Janeiro 18 out. 1933.

JORNAL DO RECIFE. **Publicações solicitadas**: Companhia de Cimento Paraibana. n. 205. Recife: 11 set. 1892.

_____. **Publicações solicitadas**: Ratificação de protesto. n. 224. Recife: 4 out. 1892.

KAHLENBERG, V. et. al. High-pressure Ca₄Al₆O₁₃: An example of a calcium aluminate with three different types of coordination polyhedra for aluminium. In: **American Mineralogist**, v. 85, p. 1492-1496. 2000.

KO, Humphrey. **The Making of the Modern Chinese State**: Cement, Legal Personality, and Industry. Singapore: Palgrave Macmillan, 2016.

LAVOR, L. F. **Geodiversidade e sítios históricos na porção terminal do baixo curso do rio Paraíba do Norte**. Dissertação de mestrado (Mestre em geografia). Pelo Programa de pós-graduação em geografia. João Pessoa, Universidade Federal da Paraíba, 2016. 175 p.

LEIBA, L. **Novo processo de fabricação de cimento Portland impermeável denominado cimento brasileiro**. Rio de Janeiro: Jules Géraud (procurador), 1888. Disponível no Arquivo Nacional: BR_RJANRIO_PI.0.0.274.

LEWIS, F. **The European Cement Industry**. New York: The Engineering Record, 1899.

_____. **The cement industry**: descriptions of Portland and natural cement plants in the United States and Europe, with notes on materials and processes in Portland cement manufacture. New York: The Engineering record, 1900.

LIRA, B. **Fotografia na Paraíba**: um inventário dos fotógrafos através do retrato (1850 a 1950). João Pessoa: Editora Universitária, 1997. 243 p.

MACLEY, W. **Portland Cement for Engineering Works**. New York: James Brand, 1890.

MASSAZZA, F. Pozzolana and Pozzolanic Cements. In: LEA, F; DESCH, C. **Lea's Chemistry of Cement and Concrete**, 4th ed., London: Elsevier, 2004.

MATTOS, H. André Rebouças e o Pós-abolição: entre a África e o Brasil (1888-1898). In: **XXVII Simpósio Nacional de História**. Natal: ANPUH, 2013.

MAURÍCIO, J. **A Vida Dramática de Silvino Olavo**. 1. ed. João Pessoa: Unigraf, 1992.

MEADE, **Portland Cement**: its composition, raw materials, manufacture, testing and analysis. Easton: The Chemical Publishing Company, 1906.

MEDEIROS, C. **Dicionário Corográfico do Estado da Paraíba**. 4. ed. João Pessoa: IFPB, 2016. 290 p. Disponível em: <http://editora.ifpb.edu.br/index.php/ifpb/catalog/book/10>. Acesso em 18 jan. 2019.

MEDEIROS, J.; PATRIOTA, R.; TORRES, S. Proposta de Uso de Drones na Realização de Perícias em Patrimônio Histórico: abordagem experimental nas ruínas da primeira fábrica de cimento Portland da América Latina. **Revista Brasileira de Ciências Policiais**. Brasília, v. 8, n. 2, p. 205-221, jul./dez. 2017.

MELHORAMENTOS. **História**: Companhia Melhoramentos. Disponível em <http://www.melhoramentos.com.br/v2/historia/>. Acesso em 14 nov. 2018.

MELLO, J. **Testamento do General Francisco Barreto de Menezes; A cartografia holandesa do Recife; A rendição dos holandeses no Recife (1654)**. Recife: Cepe, 2017. 387p.

MEYER, J. Politische Karte Europas ca. 1890. In: **Meyers Kleines Konversationslexikon**. Fünfte, umgearbeitete und vermehrte Auflage. Bd. 1. Bibliographisches Institut, Leipzig und Wien 1892. Disponível em https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Europa_1890.jpg. Acesso em: 8 mai. 2017.

MODICA, M. **Cementeria di Ozzano Monferrato**. Disponível em: http://www.st-al.com/archive/milanese_ozzano/scheda.html. Acesso em: 05/07/2017.

MOORE. D. **About Cement**: William Aspdin. 2010, última ed. em 12 mai. 2018. Disponível em: <https://www.cementkilns.co.uk/cement.html#jaspdin>. Acesso em: 27 nov. 2018.

_____. **Parker's "roman cement" patent**. Reino unido, última ed. Em 29 out. 2017. Disponível em: <https://www.cementkilns.co.uk/cemkilndoc006.html>. Acesso em: 26 nov. 2018.

_____. **Early kilns**: Continuous Shaft Kilns. 2011, última ed. em 18 jan. 2018. Disponível em: https://www.cementkilns.co.uk/early_kilns.html. Acesso em: 27 nov. 2018.

MORANVILLE-REGOURD, M. Cements made from blastfurnace slag. In: LEA, F; DESCH, C. **Lea's Chemistry of Cement and Concrete**, 4th ed., London: Elsevier, 2004.

MOUCHEZ, E. **Parahyba e Bahia**: 1821-1892. Marinha do Brasil: 1908.

NASCIMENTO FILHO, C. **A Fronteira Móvel**: os homens livres pobres e a produção do espaço da Mata Sul da Paraíba. (Dissertação de Mestrado) Programa de Pós-graduação em Geografia, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

NASKE, C. **Die Portland-Zement-Fabrikation**: Ein Handbuch für Ingenieure und Zementfabrikanten. Leipzig: Verlag von Theod. 1909.

NORTHFLEET HARBOUR RESTORATION TRUST. **Past**. Disponível em: <http://www.northfleetharbour.org.uk/past/>. Acesso em 16 dez. 2018.

O PARAHYBANO. **Fábrica de Cimento Brasileiro**. Anno I, n. 13. Parahyba do Norte: 4 fev. 1892.

_____. **Annuncios:** Arcos para barricas e Tanoeiros. Anno I, n. 47. Parahyba do Norte: 7 abr. 1892.

_____. **Notas:** A exm.^a sr.^a Roza Augusta. Anno I, n. 50. Parahyba do Norte: 13 abr. 1892.

_____. **Annuncios:** Photographia Minerva. Anno I, n. 52. Parahyba do Norte: 19 abr. 1892.

_____. **Annuncios:** Cimento Nacional da Ilha do Tiriri. Anno I, n. 71. Parahyba do Norte: 15 mai. 1892.

_____. **Inedictoriaes:** Protesto. Anno I, n. 173. Parahyba do Norte: 23 set. 1892.

_____. **Inedictoriaes:** Contra-protesto. Anno I, n. 174. Parahyba do Norte: 24 set. 1892.

OLD BRICKS. **Old Bricks:** history at your feet. Disponível em: <http://www.penmorfa.com/bricks/links.htm>. Acesso em 11 out. 2017.

PANTHEON ROME. **History of Pantheon.** Disponível em: <<http://www.pantheon-rome.com/history-of-pantheon/>>. Acesso em 21 nov. 2018.

PEREIRA, L. A paisagem cultural da Capitania da Parahyba, Brasil, na ótica da iconografia do período colonial. In: PASOS. **Revista de Turismo y Patrimonio Cultural**, Santa Cruz de Tenerife, v. 15, n. 1, p. 139-162, jan. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.25145/j.pasos.2017.15.009>. Acesso em: 15 dez. 2018.

PESSOA JÚNIOR. **Estudo Descritivo das Estradas de Ferro do Brazil.** Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1886.

PINTO, I. **Datas e notas para a história da Paraíba.** Vol. II. João Pessoa: Editora universitária/UFPB, 1977.

POPESCU, C.; MUNTEAN, M.; SHARP, J. Industrial trial production of low energy belite cement. **Cement and Concrete Composites**, v. 25, n. 7, p. 689–693. Out. 2003. [internet] [https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(02\)00097-5](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(02)00097-5). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946502000975?via%3Dihub>. Acesso em: 27 set. 2016.

POST OFFICE GLASGOW DIRECTORY. **Fire-Clay Manufacturers.** Glasgow: William Mackenzie, 1890. p. 1008.

REBOUÇAS, A. **Garantia de Juros:** estudos para sua aplicação em empresas de utilidade pública no Brazil. Rio de Janeiro: Typographia Nacional, 1874.

_____. Primeiras experiências sobre a resistência dos cimentos de Portland. **Revista do Instituto Polytechnico Brasileiro.** Tomo I, n. 2. Rio de Janeiro: Lith. e Typographia do Imperial Instituto Artístico, 1868. p. 17-28. Disponível em <http://memoria.bn.br/docreader/334774/28>. Acesso em: 24 set. 2018.

REID, H. **The Science and Art of the Manufacture of Portland Cement with Observations on some of its constructive Applications.** London: 1877.

RENGADE, E. Henry Le Chatelier et l'Industrie des Ciments. In : **Revue de Metallurgie.** Numero special. Paris: 1937. Disponível em: <http://www.anales.org/archives/x/lechat1.html>. Acesso em 17 dez. 2018.

REVISTA DE ENGENHARIA. **Engenharia Civil**: Cal de marisco. Ano II, n.1. Rio de Janeiro, 1880, p. 4 a 7. Disponível em: <http://memoria.bn.br/DocReader/709743/121>. Acesso em 7 jun. 2018.

_____. **Actos Officiaes**. Ano III, n. 4. Rio de Janeiro: 1881. p. 64. Disponível em: <http://memoria.bn.br/DocReader/709743/389>. Acesso em 7 jun. 2018.

_____. **Noticiário**: Calcáreos Hydraulicos de S. Paulo. Ano VI, n. 1. Rio de Janeiro, 1884. p. 116 e 117.

_____. **Noticiário**: Companhia de Cimento Brasileiro. Ano X, n. 187. Rio de Janeiro: 1888. p. 129-130. Disponível em: <http://memoria.bn.br/DocReader/709743/2612>. Acesso em 27 mai. 2016.

_____. **Noticiário**: Cimento brasileiro. Ano XII, n. 234. Rio de Janeiro: 1890, p. 124. Disponível em: <http://memoria.bn.br/DocReader/709743/3204>. Acesso em 27 mai. 2016.

REVISTA DO INSTITUTO POLYTECNICO. **Parahyba do Norte, pelo Dr. Álvaro Machado, presidente d'esse Estado**. 33º anno, tomo XXIII. Rio de Janeiro: Typographia Leuzinger, 1895.

RIBAUX, O. **Police scientifique**: Le renseignement par la trace, Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes, 2014. p. 159

RODRIGUES, F. **Os engenheiros tomam Partido**: Trajetórias e transformações no Clube de Engenharia (1874 – 1910). Dissertação (Mestrado em História). Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2017.

RUA, M. **Os Dez Livros de Architectura de Vitruvius**. 1. ed. Lisboa: RBM, 1998.

SAINT-HILAIRE, A. de; **Voyage dans l'intérieur du Brésil Seconde Partie. Voyage dans le district des diamans et sur le littoral du Brésil**, Gide: Paris, 1833, tome II, p. 59. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k10494347/f75.item.r=anjo>. Acesso em 12/12/2018.

SANTA RITA. Lei Municipal nº 1.264, de 14 de dezembro de 2006. Santa Rita: 2006. Acesso em 02 jan. 2019: <https://www.santarita.pb.gov.br/procuradoria/lei-municipal-no-12642006/>.

SANTIAGO, C. **Argamassas tradicionais de cal**. Salvador: EDUFBA, 2007. 202 p. ISBN 978-85-232-0471-6. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>.

SANTOS, J. D. dos. **Os calcários do estuário do Rio Parahyba e seus arredores**. Parahyba do Norte: 1928, 30p.

SIQUEIRA, E. **Companhia Brasileira de Cimento Portland Perus**: contribuição para uma história da indústria pioneira do ramo no Brasil (1926-1987). Dissertação (Mestrado em História Econômica). Faculdade de Economia. Universidade Estadual Paulista Araraquara, 2001.

SCRIVENER. K. L. Backscattered electron imaging of cementitious microstructures: understanding and quantification, in **Cement and Concrete Research**, v. 26, p. 935-945, 2004.

SKELTON, P. **Dover Kent Archives**: Ship on Shore. Disponível em <<http://www.dover-kent.com/2014-project/Ship-on-Shore-Sheerness.html>>. Acesso em 16 dez. 2018.

SKEMPTON, A.W. Portland cements 1843–1887. **Transactions of Newcomen Society**, 35:1, 117–152, 1962. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1179/tns.1962.008>. Acesso em: 25 jan. 2017.

SMEATON, J. **A narrative of the building and a description of the construction of the Edystone lighthouse with stone**. London, 1791, 272. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3931/e-rara-14672> www.e-rara.ch. Acesso em: 22 out. 2018.

SNEALINGS, R. X-ray power diffraction applied to cement. In: SCRIVENER, K; SNELLINGS, R., LOTHENBACH, B. **A Practical Guide to Microstructural Analysis of Cementitious Materials**. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2016. p. 107 - 176.

SNIC. **Fábricas no Brasil**: Localizações. Disponível em: <http://snic.org.br/fabricas-localizacoes.php>. Acesso em 16 fev. 2019.

SOARES, Maria Simone Morais. **Território e cidade nos trilhos da Estrada de Ferro Conde D'Eu - Província da Parahyba do Norte (1871-1901)**. (Tese de Doutorado) Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2018.

SOCIEDADE AUXILIADORA DA INDÚSTRIA NACIONAL. **O Auxiliador da Industria Nacional**. n. 57. Rio de Janeiro: 1889. p. 19.

TELLES, P. **História de Engenharia no Brasil**: Séculos XVI a XIX. 1. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 1984. 510p.

THOMAZ, E. **Cimentos e Concretos: 1900 – 2008**. Notas de Aula. Rio de Janeiro: IME, 2009. 57p. [internet] Disponível em: http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/cimentos_concretos/cimentos.pdf. Acesso em: 14 jun. 2016.

TROUT, E. Butler, David Butler. In: CHRIMES, M. et al. **Biographical Dictionary of Civil Engineers in Great Britain and Ireland – Volume 3: 1890-1920**. London: ICE Publishing, 2014. p. 110-111.

_____. **Traditional Milling Technology in the English Cement Industry: 1796-1899**. 1th ed. Reading: The Mills Archive, 2015.

_____. Keynote: Cement Technologist. In: **World Cement**. v. 48. n. 3, p. 12-19. Surrey: Palladian Publications Ltd, mar. 2017.

VAN OSS, H. **Background Facts and Issues Concerning Cement and Cement Data**. Open-File Report 2005-1152. U.S. Geological Survey. 2005. Disponível em: <http://www.usgs.gov/pubprod>. Acesso em: 22 nov. 2018.

VARANDAS, Edival Toscano. O despertar de um garoto de 9 anos para a primeira fábrica de cimento da América Latina. In: **Gente da minha terra – Antonio Varandas de Carvalho**. 2001. Disponível em: <http://blogdopedromarinho.com/?p=single&id=56647>. Acessado em: 12 mai. 2016.

VARAS M. J. et al. Natural cement as the precursor of Portland cement: Methodology for its identification. In: **Cement And Concrete Research**, v. 35, p. 2055-2065, 2005.

VICAT, L.J. **Recherches expérimentales sur les chaux de construction, le bétons et les mortiers ordinaires**. Paris, 1818. Disponível em: https://ia902707.us.archive.org/8/items/recherchesexperi00vica/recherchesexperi00vica_bw.pdf. Acesso em: 22 nov. 2018.

VIDAL, A. A propósito do cimento e da ilha Tirirí. 19 jul. 1941. In: **Revista do Instituto Histórico e Geográfico Paraibano**, v. 10. João Pessoa: Departamento de Publicidade, 1946. p. 69-79.

VINAGRE, J. L. **A Fábrica de Cimento da Parahyba**. Cidade da Parahyba: Imprensa official, 1917.

VITA S. et al. Descrições de técnicas da química na produção de bens de acordo com os relatos dos naturalistas viajantes no Brasil colonial e imperial. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 30 n. 5, set-out. 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422007000500055>. Acesso em: 01/10/2018

VITRUVIUS POLLIO. **Tratado de arquitetura/Vitrúvio**. Tradução M. Justino Maciel. São Paulo: Martins, 2007.

ZIZIC, D; BARTOLOVIC, H. Dietzsch cement kilns and their significance for the industrial architecture of Dalmatia. In: **Prostor: Znanstveni Casopis Za Arhitekturu I Urbanizam**, v. 23, p. 42-55. jan. – jun. 2015. Disponível em: https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=207808&lang=en. Acesso em 02 nov. 2016.