
Uma máquina a vapor para a mina de Buarcos

A steam engine for the Buarcos coal mine

José Manuel Brandão
Robert Vernon
Pedro Miguel Callapez

José Manuel Brandão

HTC – História, Territórios e Comunidades, polo na NOVA FCSH do Centro de Ecologia Funcional e CITEUC – Centro de Investigação da Terra e do Espaço, Universidade de Coimbra

Robert Vernon

Northern Mine Research Society, England

Pedro Miguel Callapez

Universidade de Coimbra, CITEUC – Centro de Investigação da Terra e do Espaço, Departamento de Ciências da Terra e Grupo de Investigación PALEOIBERICA, Universidad de Alcalá de Henares, España

Uma máquina a vapor para a mina de Buarcos

A steam engine for the Buarcos coal mine

Resumo

A primeira máquina a vapor com fins industriais introduzida em Portugal, terá sido a destinada à bombagem de água do interior da mina de carvão de Buarcos. A sua aquisição à *Boulton & Watt*, em 1804, deveu-se ao Intendente Geral de Metais e Minas do Reino, José Bonifácio, e ao ministro D. Rodrigo de Sousa Coutinho, mas as primeiras sugestões para a sua introdução remontam à década de 1770, por Domingos Vandelli. De grande dimensão e peso, e uma potência de 50 CV, esta “bomba de fogo” incorporava todos melhoramentos patenteados por Watt. Após transporte para Lisboa na nau “Príncipe do Brasil”, os 144 volumes e 26 caixotes chegaram ao recinto da mina, para, paradoxalmente,

Abstract

The first steam engine for industrial purposes was introduced into Portugal for pumping water from the interior of the Buarcos coal mine. Its acquisition from Boulton & Watt, Birmingham, England in 1804 was initiated by the Intendant of Mines José Bonifácio and Minister D. Rodrigo de Sousa Coutinho. However, Domingos Vandelli in the 1770s was the first person to suggest an engine should be purchased for the mine. Large and heavy, this “fire pump”, with a power of 50 hp, incorporated all the improvements patented by Watt. After being transported to Lisbon on the ship “Príncipe do Brasil”, the 144 engine parts packed into 26 crates arrived at the mine site, only to remain there, paradoxically,

ali permanecerem sem que a máquina chegasse a ser montada. Razões de ordem diversa podem ser apontadas: desabamento precoce das galerias situadas sob o mar e que careciam de bombagem; ausência de técnico inglês especializado; instabilidade política e invasões francesas; desgaste das relações de Bonifácio com as tutelas. Em 1814, o que restava das peças da máquina terá voltado ao Arsenal da Marinha, onde se perdeu para a História.

Palavras-chave

Boulton & Watt; Buarcos; Domingos Vandelli; José Bonifácio de Andrada; máquina a vapor.

without the machine ever being set up. There were various reasons for this: the early collapse of the galleries located under the sea, which needed pumping; the absence of a specialized English engineer; political instability and the French invasions; and the deterioration of Bonifácio's relations with the authorities. In 1814, what was left of the machine's parts were transferred to the Naval Arsenal, where the engine became 'lost to history.'

Keywords

Boulton & Watt; Buarcos coal mine; Domingos Vandelli; José Bonifácio de Andrada; steam engine.

Introdução

Aceita-se que Thomas Savery (c. 1650-1715), tenha sido o primeiro a propor uma aplicação prática para o uso da força do vapor, ao construir, em 1699, uma caldeira e uma bomba para elevar água, engenho aplicado, nos anos seguintes, ao esgoto das águas das minas de carvão britânicas. Uma invenção amplamente divulgada a partir da publicação, em 1702, de um folheto intitulado *The Miner's Friend or An Engine to Raise Water by Fire*, no qual o autor explicava o funcionamento da sua máquina. Não obstante, a altura a que a água poderia ser bombeada era uma função da pressão na caldeira, sempre baixa por razões de construção, problema que foi um óbice à célere expansão do invento, o qual viria a ser substituído pela máquina a vapor inventada em 1712 por Thomas Newcomen (1664-1729).

Em Portugal, a tecnologia do vapor terá sido mostrada pela primeira vez em 1742, quando Bento de Moura Portugal (1702-1766)¹, incontornável rosto do Iluminismo e membro da *Royal Society*, apresentou à família real portuguesa uma modificação da máquina de Newcomen². Todavia, várias décadas se passariam sem que o país beneficiasse desta nova tecnologia, permanecendo a desejada industrialização quase totalmente dependente da energia hidráulica e da força animal, em contraciclo com os países onde a Revolução Industrial acelerava ao ritmo da difusão dos engenhos a vapor. Um movimento que se refletia, sobremaneira, na exploração das minas, cuja profundidade aumentara com a instalação de bombas de esgoto e de engenhos de extração a vapor.

No Portugal da segunda metade de Setecentos, o pioneirismo da máquina a vapor aplicada à indústria mineira liga-se, inexoravelmente, ao nome de dois homens de Ciência, dos quais o primeiro foi Domingos Vandelli (1735-1816), naturalista e lente da Faculdade de Filosofia Natural da Universidade de Coimbra que, em meados da década de 1770, foi encarregue de acompanhar os trabalhos de exploração da mina de carvão de Buarcos (Figueira da Foz). Já José Bonifácio de Andrada e Silva (1763-1838), após um périplo de dez anos pela Europa como pensionista do Estado, em que visitou diversas minas e estabelecimentos metalúrgicos, foi nomeado Intendente Geral de Metais e Minas do Reino. Contudo, por detrás destes dois atores,

1 Sobre este físico e engenheiro v. C. FIOLEAIS, “Portugal, Bento de Moura”, in *Dicionário CIUHCT de Cientistas, Engenheiros e Médicos em Portugal*. URL: doi.org/10.58277/LWRF4720.

2 *Gazeta de Lisboa*, n.º 6, 6/02/1742, p. 71; v. também J. SMEATON (1751-1752), “An Engine for Raising Water by Fire; Being an Improvement of Savery’s Construction, to Render It Capable of Working Itself, Invented by Mr. De Moura of Portugal, F. R. S”, *Philosophical Transactions*, 47: 436-438.

no foro da ação e decisão política, estavam dois governantes cunhados nos ventos do Iluminismo, com fortes relações às elites políticas e científicas da época: Martinho de Melo e Castro (1716-1795), Secretário de Estado do governo do Marquês de Pombal, impulsionador da exploração da mina de carvão de Buarcos, e D. Rodrigo de Sousa Coutinho (1755-1812), presidente do Real Erário, para quem a questão dos recursos minerais e da metalurgia vinha, sobretudo, por arrasto das questões militares, de reforço do armamento, como opinava Mansuy-Diniz (2003: vol. I: 129).

Confrontado com as abundantes infiltrações de água do mar, através do maciço calcário de proteção às galerias ao tempo exploradas na mina de Buarcos, cujo acumular incessante embaraçava a segurança e a franca progressão dos trabalhos mineiros, Vandelli terá sido o primeiro a alvitrar a aquisição de uma bomba de esgoto a vapor (BRANDÃO, aceite para publicação), à semelhança do que então se usava nas minas de carvão inglesas; porém, tal desígnio só viria a concretizar-se nos alvares do século XIX, com a chegada de uma máquina encomendada à *Boulton & Watt* por iniciativa de D. Rodrigo e de José Bonifácio. Uma inovação certamente fundada na convicção de que, apesar dos seus custos, o aumento de produtividade da mina poderia mitigar a recorrente importação de carvão britânico, evitando a sangria de divisas, em tempos tão conturbados na arena da política europeia.

Esta, terá sido, seguramente, a primeira máquina a vapor introduzida em Portugal com fins industriais (1804); apesar disso, são escassas as referências conhecidas, muito possivelmente pelo facto de ela nunca ter chegado a funcionar, acabando desmantelada poucos anos depois e, por certo, consequência da perda e dispersão de grande parte da documentação da Intendência de Minas e dos arquivos das concessionárias oitocentistas que exploraram a mina de Buarcos. A exceção reside no significativo conjunto de documentos relativos à especificação, cálculo de custos e desenhos de engenharia preservados no fundo documental da Boulton & Watt, depositado na Biblioteca Central de Birmingham (Reino Unido), encontrado por um dos autores (Robert Vernon), que motivou uma comunicação apresentada em congresso internacional³.

Referências pontuais a esta máquina encontram-se, também, em textos sobre a história das minas portuguesas e dos seus mais importantes protagonistas (e.g. ESCHWEGE, 1824, 1838; SOLLA, 1970), bem como,

³ XVII Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero, SEDPGYM, Almadén, 21-24 de setembro de 2017.

com maior detalhe, em REIS (2002), VERNON, *et al.* (2019) e BRANDÃO, *et al.* (2023).

O presente estudo, visa contextualizar e destacar a aquisição desse equipamento inovador que, paradoxalmente, nunca chegou a ser erigido. Apesar da situação algo bizarra, não deixa de representar uma das primeiras tentativas de introdução da tecnologia do vapor em Portugal, naquilo que constituiu um esforço de incentivo à modernização deste país periférico da Revolução Industrial, quando o pouco carvão então consumido era quase todo importado de Inglaterra.

A modernidade no alvitre de Domingos Vandelli

A antiga mina de carvão de Buarcos, também conhecida como mina do Cabo Mondego, foi explorada desde a Época Pombalina, em camadas do maciço calcário da Boa Viagem, expostas em vertentes e arribas fronteiras ao litoral atlântico do Centro-Oeste de Portugal, cerca de 5 km a noroeste da Figueira da Foz. A lavra mineira terá aí ocorrido, de forma quase continua, durante cerca de dois séculos, aproveitando uma sequência de camadas de lignite intercaladas numa espessa sucessão de margas e calcários margosos lagunares do Jurássico Superior (Fig. 1)⁴.

Segundo José Bonifácio, os primeiros trabalhos de pesquisas de carvão em Buarcos, terão ocorrido c. de 1750. Após vários anos de explorações infrutíferas, o ministro Martinho de Melo encarregou o Tenente de Mineiros (Sapadores) do Exército Português, José Nunes Figueiredo, de dirigir os trabalhos e elaborar um primeiro esboço e descrição geral da jazida de carvão, então designada como “Mina de carvão de pedra do Focinho do Monte”, tarefa a que o militar, coadjuvado pelo Tenente de Artilharia Galego Soromenho se apressou a responder, procedendo a uma descrição das ocorrências e ao levantamento de um esquisso cartográfico expedito (BRANDÃO, 2021: 48-49). Perante esses dados, Vandelli, foi instado pelo ministro a visitar a mina e a instruir o tenente Figueiredo com o resultado das suas observações. A estas, juntaria os resultados obtidos com uma “verruma de terra”, *i.e.* uma sonda manual, mandada vir de Inglaterra através dos bons auspícios do Bispo Reitor e Reformador da Universidade de Coimbra, D. Francisco Lemos (SOLLA, 1970; BRANDÃO, submetido para publicação), que lhe permitiram conhecer a estrutura da jazida. Esta viria a

⁴ Sobre o enquadramento geológico e a exploração industrial da mina de carvão de Buarcos, v. coletânea de artigos coord. M. PERROLAS, Figueira da Foz, 2022.

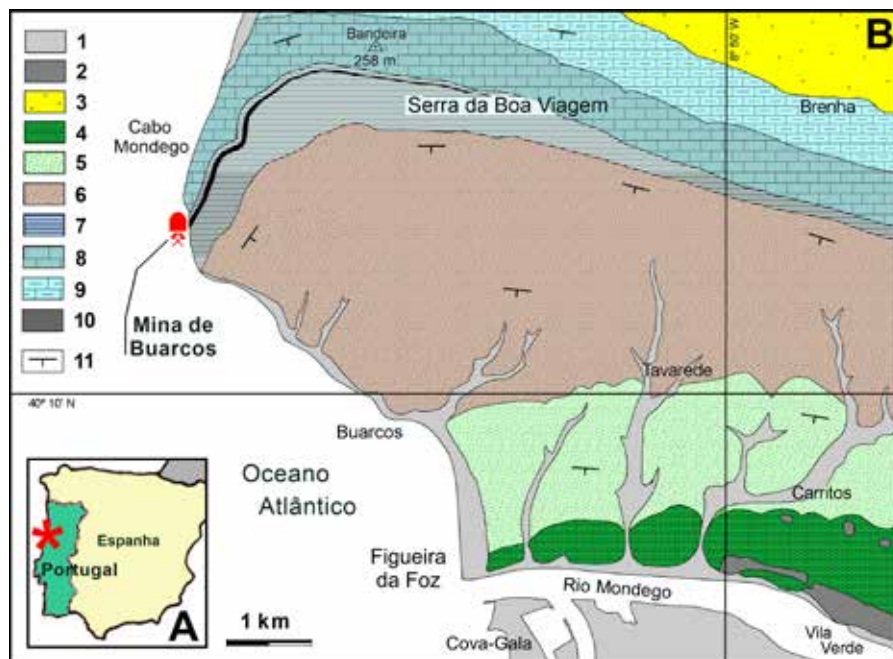


Fig. 1. Esboço de enquadramento geográfico e geológico da mina de carvão de Buarcos. A - Localização na Península Ibérica e em Portugal. B - Enquadramento no contexto da estrutura monoclinal do maciço calcário da serra da Boa Viagem e do estuário do rio Mondego. Unidades geológicas: 1 - Areias de praia, de estuário e aluviões (Holocénico); 2 - Depósitos de cascalheira de terraço fluvial (Plistocénico); 3 - Arenitos finos (Pliocénico); 4 - Calcários, calcários margosos e gresosos (Cretácico Superior); 5 - Conglomerados, arenitos e argilitos (Cretácico Inferior); 6 - Conglomerados, arenitos e argilitos vermelhos (Jurássico Superior); 7 - Calcários, calcários margosos e margas (Jurássico Superior); 8 - Calcários, calcários margosos e margas em alternâncias rítmicas (Jurássico Médio); 9 - Calcários margosos e margas calcárias e margas em alternâncias rítmicas (Jurássico Inferior); 10 - Camadas de carvão (Jurássico Superior). Indicações estruturais: 11 - Direção e pendor da estratificação.

ser representada num interessante tinteiro de cerâmica vidrada, produzido em 1776, na sua própria fábrica de faiança (Fig. 2). Trata-se de um modelo tridimensional que representa as arribas do Cabo Mondego e a posição relativa das principais camadas de carvão, embora sem escala, conservado nas coleções da Academia das Ciências de Lisboa⁵.

⁵ V. detalhes em M. T. ANTUNES (2008), “On a remarkable eighteen-century topographic and geological model in Coimbra (Portugal); the ceramic model of the Buarcos coal mine in its early exploitation stages”, *INHIGEO Newsletter*, 40: 25-27.



Fig. 2. O tinteiro moldado em 1776 por Domingos Vandelli, na sua fábrica de cerâmica, em Coimbra ("loja Vandelli"), representando a morfologia das arribas e vertentes do Cabo Mondego, a posição estrutural das principais camadas de carvão do Jurássico Superior (Oxfordiano) e as bocas dos poços inclinados. Coleção e fotografia do Museu da Academia das Ciências de Lisboa. Cortesia da Academia das Ciências de Lisboa.

Quanto à mina de Buarcos, a constante infiltração de águas provenientes do maciço calcário fraturado e, sobretudo, consequentes com a proximidade das galerias ao mar, obrigavam a uma bombagem manual permanente e extenuante, forçando, repetidas vezes, a própria suspensão dos trabalhos por períodos prolongados. Ciente deste sério constrangimento, Vandelli não hesitaria em alivitar a aquisição da “máquina de fogo recentemente inventada em Inglaterra”⁶ para esgotar as águas da mina, informando que tinha sido contactado “pelo seu autor” que, todavia, não identificou⁷.

Perante o pedido de Vandelli, Martinho de Melo solicitou os bons auspícios de Luís Pinto de Sousa (1735-1804), embaixador de Portugal em Londres. Este, por sua vez, procurou informar-se no seu círculo de contactos e junto do seu compatriota, o físico João Jacinto de Magalhães (1722-1790), estabelecido naquela cidade onde se viria a notabilizar como construtor de instrumentos científicos e membro da reputada Royal Society.

A resposta de Pinto de Sousa chegaria às mãos do ministro em novembro de 1778. Dando nota das suas indagações, dizia que o único óbice seria o do preço, já que o mais baixo que apurara era de £ 300, enquanto comentava e lhe remetia a carta recebida de Magalhães, com informações pormenorizadas sobre as “máquinas de fogo” construídas em Inglaterra para o esgoto das minas⁸. Em concreto, Magalhães referia a existência de um tipo de máquinas

⁶ AHU. Ministério do Reino [D. Vandelli], *Relatório* (provavelmente enviado ao ministro), [177-?], Caixa 136.

⁷ Na ausência de data no referido relatório e não tendo sido encontrada documentação que o esclareça, fica a dúvida se Vandelli se estaria, de facto, a referir à máquina de James Watt (1736-1819), cuja patente fora registada em 1769 (N.º 913 – *Watt's Method of Lessening the Consumption of Steam & Fuel in Fire Engines*), o qual, em 1775, iniciara em Birmingham a profícua parceria com o industrial Matthew Boulton (1728-1809).

⁸ L. Pinto de Sousa a M. de Melo, Londres, 2/11/1778, in MACEDO, 1982: 341.

mais antigas e grandes consumidoras de carvão, os modelos atmosféricos inventados por Newcomen (1664-1729), que se difundiram rapidamente pelas minas de carvão inglesas e da Europa Continental. Destacava, ainda, outras mais modernas e eficientes, construídas pela Boulton & Watt, cujos mentores eram seus conhecidos e amigos e, em sua opinião, os melhores fabricantes⁹.

Estes já tinham erigido, em diversos pontos de Inglaterra, um “número considerável” de máquinas, “com satisfação universal”¹⁰.

Ao substituírem a pressão atmosférica pela pressão do vapor como força motriz, os novos modelos de dupla ação de Watt consumiam menos carvão, mas eram muito caros e complicados no seu mecanismo: Magalhães vira-os desmontados aquando de uma visita à Fundição de Soho em Birmingham (Fig. 3). Mesmo assim era perentório ao afirmar “pelo que respeita a obter hum modelo perfeito destas novas máquinas, é coisa que ninguém, senão os mesmos Mrs. Watt e Boulton pode fazer”; porém, estes pareciam não estar disponíveis para um tal fornecimento, e a garantia de eficácia das máquinas de outros construtores, parecia ser limitada¹¹.



Fig. 3. A fábrica da Boulton & Watt em Soho Rd., Handsworth, Birmingham. Rep. de Louis Figuier, Fig. 44, 1870.

⁹ Segundo Villas-Boas (2000: 76), os contactos com Watt remontavam a 1777 ou mesmo antes, no âmbito da influente *Lunar Society* de Birmingham.

¹⁰ J. Magalhães a P. de Sousa, Londres, 13/10/1778, in MACEDO, 1982: 342-343; HOME, *et al.*, 2017: 877-879.

¹¹ Não obstante alguma resistência que possa ter sido inicialmente gerada, segundo Tann e Breckin (1978: 542), entre 1775 e 1825, a B & W recebeu 110 encomendas do estrangeiro para máquinas destinadas a vários usos, designadamente, nos trabalhos mineiros.

A parceria de Boulton e Watt gozaria até 1800, quando caducou a patente, de um regime de privilégio que lhes permitiu um quase monopólio no fabrico e comercialização de máquinas a vapor (KANEFSKY, 2017: 165), situação que duraria ainda vários anos, não só devido à eficiência dos seus modelos, como também pela organização e *marketing*, como sublinhavam Nuvolari, *et al.* (2011: 305). Contudo, deve sublinhar-se o sucesso granjeado pelas máquinas de Newcomen, dado que, em 1778 – ano em que na Cornualha se erigiu a última máquina –, se contavam já por c. 654 instalações, não obstante a sua complexidade, a dificuldade de se manterem a trabalhar regularmente, e o avultado investimento requerido (KANEFSKY, 2017: 168).

Embora soubesse quem lhe poderia construir uma “máquina antiquada” a bom preço, – provavelmente um modelo “pirata” de um qualquer fabricante de “engenhos melhorados” de Savery, Newcomen ou mesmo cópia de Watt a que se referiam Tann e Breckin (1978: 542) –, Magalhães estava persuadido de que a melhor solução seria a de o governo português enviar a Birmingham, durante alguns meses, um “engenheiro competente” para acompanhar a construção e estudar todos os pormenores do funcionamento das máquinas, procedendo depois à sua montagem e manutenção em Portugal.

Em 1781, Martinho de Melo encarregou os capitães de Artilharia Ricardo e José António Raposo, sobrinhos do Tenente-Coronel Bartolomeu da Costa, do Arsenal Real do Exército, de inspecionarem a mina de Buarcos e proporem os trabalhos que entendessem necessários para aumentar a extração de carvão. A estes haveria de se juntar um terceiro irmão, Francisco Raposo, também oficial do Exército. Remonta aos anos seguintes, a abertura de três poços inclinados na face ocidental do Cabo Mondego, cujas aberturas entaipadas ainda hoje são visíveis num dos edifícios do antigo complexo mineiro. Estes poços contíguos seguiam a inclinação das camadas de carvão para sul-sudeste, deles partindo diversas galerias de exploração abertas para oeste, parte das quais situadas por debaixo do mar. Os trabalhos de lavra ao tempo efetuados, pressupõem algum conhecimento da extensão e orientação das camadas de carvão aflorantes ao longo da Serra da Boa Viagem, assim como a noção de que a sua espessura era cada vez maior para ocidente, justificando, por conseguinte, os riscos inerentes a uma escavação sob um maciço de proteção fraturado, sujeito a constantes infiltrações de água salgada.

Foi neste quadro que, em 1792, Francisco Raposo se deslocou a Inglaterra, para indagar sobre as máquinas a vapor para a esgoto da mina, porventura o maior dos desafios enfrentados. A visita, à fábrica da Boulton & Watt, propiciou-lhe a idealização de instalação de uma máquina em Buarcos,

projetada e construída pelo próprio, embora esta aspiração não tenha sido concretizada (SOLLA, 1970; REIS, 2006).

O tempo do Intendente José Bonifácio

O falecimento do então Tenente-General Bartolomeu da Costa, precipitou um novo rumo na vida industrial da mina de Buarcos: o conde de Linhares, D. Rodrigo de Sousa Coutinho (1755-1812), presidente do Real Erário, assumiria a “suprema Inspeção sobre todas as Minais e Metais do Reino” e o príncipe regente D. João reconhecia a necessidade, e criava, um “Estabelecimento Público” para dirigir a Casa da Moeda e superintender a administração dos bosques e das minas e fundições do Reino¹².

Por Carta Régia de 18 de maio de 1801, dirigida ao bispo de Coimbra, Reitor da Universidade, foi nomeado para a sua direção, com o título de *Intendente Geral das Minas e Metais do Reino*, o Bacharel em Leis e Filosofia Natural, José Bonifácio de Andrada¹³. Este, viajara pela maior parte dos países da Europa durante dez anos, como bolseiro do Governo português, visitando diversos estabelecimentos montanísticos e mineiros¹⁴, e voltando a Portugal apetrechado “com todas as luzes e conhecimentos” necessários à assunção de tão complexo posto, que teria de acumular com a regência da cadeira de Metalurgia na Universidade de Coimbra.

As fontes disponíveis não permitem concluir, de forma segura, se a encomenda da almejada máquina a vapor se deverá ao empenho de D. Rodrigo, se à determinação de José Bonifácio, o qual viria a assumir um papel fulcral na vida económica da Real Mina de Carvão de Pedra de Buarcos.

As questões mineiras, não eram estranhas a D. Rodrigo, pois acompanhava, ainda que à distância, o negócio das exploração das minas no Brasil; além disso, a troca epistolar com o Abade Correia da Serra (1750-1823), exilado em Londres desde 1795, que era uma espécie de conselheiro do Governo português para questões de natureza científica, revela, entre outros assuntos, a encomenda, em março de 1801, de uma máquina a vapor destinada a trabalhar num dique (Arsenal de Marinha em Lisboa?), operação conduzida pela firma de transitários *Dias Santos & Co.*, de Londres¹⁵. Tratava-se, então, de um modelo fabricado por Watt, orçamentado em mais de 1700 libras¹⁶.

¹² Carta de lei de 8/07/1801. *Gazeta de Lisboa*, n.º 33, 2.º supl., 22/08/1801, pp. 3-4.

¹³ Carta de lei de 18/05/1801. *Gazeta de Lisboa*, n.º 23, 2.º supl., 13/06/1801, pp. 3-4.

¹⁴ Para detalhes desta longa viagem v., por exemplo, COELHO (1877, 1907) e FERREIRA (1998).

¹⁵ C. da Serra a D. Rodrigo, Londres, 3/02/1801, in CARVALHO, 1948: 148.

¹⁶ C. da Serra a D. Rodrigo, Londres, 20/04/1801, in CARVALHO, 1948: 150.

Por outro lado, encontramos em José Bonifácio, um lente que estava a par do que pela Europa se fazia no domínio da exploração de minas e que terá, certamente, observado algumas destas máquinas em serviço, avaliando as mais valias decorrentes de um tal investimento. Enquanto autor de propostas para o aproveitamento racional das potencialidades mineiras portuguesas, não é, por isso, de descartar a possibilidade desta ter sido uma das suas primeiras proposições ao governo, logo após ter sido nomeado *Intendente Geral das Minas e Metais do Reino* em maio de 1801, e de lhe ser confiada a direção da mina, para onde haveria de rumar com a seguinte ordem: “(...) chegando a Buarcos e tanto que tomar posse da Administração da Mina, informe interpondo o seu parecer sobre o transporte do carvão, sua produção e os trabalhos que nela se devem fazer, assim como das máquinas que se devem construir”¹⁷.

Prepara-se a aquisição da máquina

A primeira visita de Bonifácio a Buarcos, em condições invernosas adversas, revelou, além de uma mina em que por falta de manutenção das galerias, praticamente tudo tinha desabado, um sem número de problemas técnicos e administrativos em todas as áreas fundamentais, estando, a exploração entregue a operários sem quaisquer conhecimentos especializados. Nos dois anos anteriores, nada tinha sido feito, exceto o reforço dos arcos das entradas dos três poços inclinados abertos em 1782, sob supervisão dos irmãos Raposo; poços demasiado grandes e altos, “de uma magnificência escandalosa”¹⁸, que também não escaparam à crítica mordaz do Barão de Eschwege (1777-1855). A contabilidade da mina era confusa e era necessário mudar a maior parte dos empregados e métodos de trabalho, bem como adquirir novas ferramentas e máquinas; uma situação que se apressou a comunicar a D. Rodrigo nos seguintes termos: “Tudo encontrei em desordem vergonhosa, tudo são obstáculos, e tudo é má vontade e pouco zelo pelo serviço...”¹⁹, deixando claro o seu firme desejo de obter “uma ou duas bombas de fogo, não só para o esgotamento das águas, mas também para levantar e extrair o carvão”¹⁹. Desta forma acabaria, para sempre, com o uso de bois, cuja manutenção era muito dispendiosa.

¹⁷ AHMOP. Aviso n.º 14, D. Rodrigo para J. Bonifácio, Queluz 11/01/1802, Livro IGMM 1, fl. 9.

¹⁸ J. Bonifácio a D. Rodrigo, 4/03/1802, in VARELA, 2013: 293.

¹⁹ J. Bonifácio a D. Rodrigo, Buarcos, 11/03/1802, in SILVA, 2006: 458.

A leitura da correspondência trocada entre Correia da Serra, D. Rodrigo e José Bonifácio, entre março e abril de 1802, legitima a presunção de que a decisão sobre a introdução da tecnologia do vapor em Buarcos estaria tomada desde finais do ano anterior, decorrendo, desde então, diligências junto da Boulton & Watt, como se depreende quando Serra informa D. Rodrigo ter escrito a Bonifácio “em dezembro passado”, enviando-lhe algumas questões colocadas por aqueles fabricantes, “que eu remeti no original a V. Ex.^a no fim de setembro”²⁰. Questões essas que provavelmente incidiriam sobre a qualidade do combustível para alimentar a caldeira e a potência requerida, função da profundidade da mina, que pareciam não estarem ainda esclarecidas: “é preciso que V. M.^e me mande logo clareza das dimensões que devem ter as bombas de fogo, pois que o Abade assim o exige para a execução da encomenda”²¹.

Ao assumir a direção da exploração, Bonifácio decidiu reparar e remodelar a chamada “mina velha”. Para chegar às camadas de carvão abandonadas, optou por tentar esgotar os poços inundados, nos quais, como se de um velho casco de navio se tratasse, as águas superficiais se infiltravam rapidamente através da rede de fraturas aberta nas camadas de calcário, secundada pela água salgada, que penetrava na secção situada sob o mar. Uma situação problemática, várias vezes reportada pelo tenente Nunes Figueiredo quando este orientara os trabalhos mineiros²², agravada pelo facto de a bombagem manual dia e noite, implicar o recurso a um grande número de homens, escassos perante a oferta mais bem remunerada nos trabalhos agrícolas.

A água da mina era retirada através de uma combinação de bombas manuais e barris, transportados em carrinhos muito pesados, puxados por um sarilho instalado num dos antigos poços que, correndo sobre carris de madeira (Fig. 3), descarrilavam com frequência. Um equipamento pouco eficiente também usado para a extração, que se manteria ainda por vários anos, de que Bonifácio era crítico: “Parece mais uma máquina para matar bois do que para escoar a água”²³. Mesmo assim, parece ter conseguido algum sucesso como sublinharia mais tarde Eschwege (1838; 10), ao referir que o anterior Intendente tirava “carvão nas galerias mais aprofundadas, vencido o grande obstáculo de esgotar as águas das minas antigas”.

²⁰ C. da Serra a D. Rodrigo, Londres, 31/03/1802, in CARVALHO, 1948: 153-154.

²¹ AHMOP. Aviso n.º 27, D. Rodrigo para J. Bonifácio, Queluz 20/03/1802, Livro IGMM 1, fl. 16v.

²² N. Figueiredo a M. de Melo, Figueira, 28/08/1774, in LIMA, 1956: 21.

²³ J. Bonifácio a D. Rodrigo, 4/03/1802, in VARELA, 2008: 364.

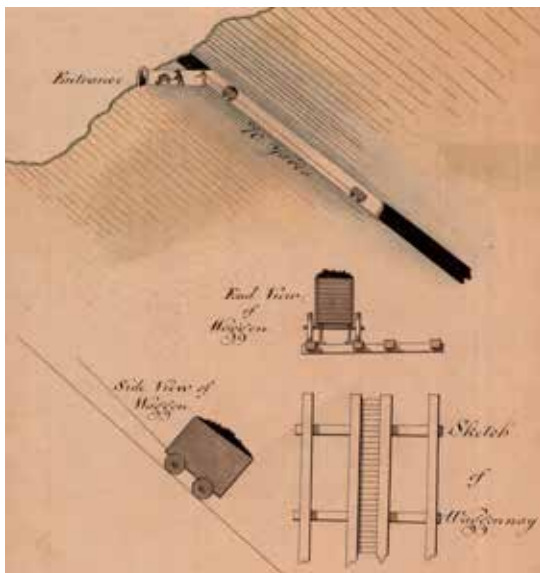


Fig. 4. Secção do desenho do engenheiro inglês George Hunter, c. 1818 representando o sistema de extração em uso na mina de Buarcos. Acervo da Junta do Comércio, mc. 70 (cx. 223), n.º 1 PT/TT/JC/A-H/1/1/00001. Imagem por cortesia do Arquivo Nacional da Torre do Tombo

Como Correia da Serra, entretanto se mudara para Paris, as negociações passaram a ser conduzidas por António Araújo Azevedo (1754-1817), Conde da Barca, a quem D. Rodrigo pedia o máximo empenho na verificação das encomendas de que Serra estava a tratar em Inglaterra, em particular a máquina de fogo, cuja aquisição era urgente, pedindo para este o informar dos fundos necessários, na convicção de que o Conde conseguiria um bom negócio com a Boulton & Watt²⁴.

Embora mantivesse uma correspondência regular com D. Rodrigo, o assunto da máquina voltaria a ser abordado em finais de 1802, quando Bonifácio lhe escreveu dizendo ter recebido “os longos quesitos” do fabricante, a que iria responder – “No entanto, o preço pedido parece-me demasiado caro. Como agora tenho melhores dados sobre a quantidade de água na mina, penso que não é necessária uma bomba tão grande como a proposta por Watt”²⁵. Aproveitou, também, para pedir o envio do volume do “Dicionário de Hutton”, por ter um capítulo sobre máquinas a vapor²⁶, bem

²⁴ D. Rodrigo a A. A. Azevedo, Lisboa, 3/07/1802, in SILVA, 2006, V. II: 429.

²⁵ J. Bonifácio a D. Rodrigo, s.l., 26/07/1802, in SILVA, 2006, V. II: 469.

²⁶ Trata-se, certamente, do 2.º volume do “*Mathematical and Philosophical Dictionary: Containing an explanation of the terms, and an account of the several subjects...*”, de Charles Hutton, Londres em 1796, que contém uma entrada desenvolvida sobre as máquinas a vapor, desde o invento de Savery aos melhoramentos de Watt (pp. 515-524).

como o 2.º volume do livro de hidráulica de Prony²⁷, duas importantes fontes de consulta para consolidar os seus cálculos. Recomendava ainda que se satisfizesse o pedido de Boulton, enviando-lhe “uma saca de carvão” para que ele pudesse projetar uma caldeira adequada²⁸.

Na complexa e difícil tarefa de recuperação da mina, através da abertura de novas galerias de transporte e ventilação, Bonifácio conseguiu, em pouco tempo, o “milagre de fazer aparecer carvão”, em sua opinião, tão bom como o britânico; um tipo de *cannel-coal* de Abraham Werner (1749-1817)²⁹, não escondendo, nesta classificação, a sua matriz de discípulo do famoso mestre da Academia de Minas de Freiberga. Contudo, no que respeitava a aplicações industriais, os ensaios efetuados anteriormente por Vandelli e até por potenciais compradores, como os irmãos e industriais italianos Shiappa Pietra, apontavam para um carvão inadequado, tanto para as fundições, por escoriar o ferro, em consequência do enxofre das pirites que continha, como para a cozedura em fornos de cerâmica. Aliás, Vandelli (1790: 434), já tinha apontado a necessidade de alguma preparação do carvão para ser utilizado para outros fins.

Independentemente destas carências, a importância estratégica da mina de Buarcos como polo demonstrativo da capacidade de o país produzir carvão, motivou a insistência renovada na sua exploração. Em relatório mais tardio, de 1809, parcialmente publicado no jornal do Rio de Janeiro *O Patriota* (1813), Bonifácio descreveu brevemente a estrutura da jazida de carvão, demonstrando conhecimento detalhado da exploração e do contexto geológico que a caracteriza. Refere-se, em concreto, à existência de seis camadas de carvão mergulhando para sudoeste e intercaladas com calcários e margas; uma descrição não muito distante da que em 1773 tinham dado o tenente Figueiredo e o seu colega Gallego Soromenho (BRANDÃO, 2021: 48-49). A camada de carvão mais profunda era, também, a mais espessa, com cerca de 36 a 40 polegadas, existindo, sobre ela, uma segunda camada com nove polegadas – as únicas que foram então exploradas³⁰.

Em meados de agosto de 1802, Bonifácio ordenou ao seu mestre mineiro Miguel Roiz a construção de mais duas bombas manuais, comunicando-lhe o seu desejo de ver concluídas as obras em curso, antes de abrir um novo poço

²⁷ “Nouvelle Architecture hydraulique, Contenant l’art d’élever l’eau au moyen de différentes machines...”, por Gaspard de Prony, Paris, 1796.

²⁸ J. Bonifácio a D. Rodrigo, s.l., 21/12/1802, in SILVA, 2006, V. II: 469.

²⁹ J. Bonifácio a D. Rodrigo, Buarcos, 11/03/1802, in SILVA, 2006, v. II: 457.

³⁰ BNRJ, Magnifica Memoria..., p. 14-15; RIBEIRO, 1853: 212.

que deveria ser escavado o mais longe possível das barreiras, para segurança e futura montagem da máquina³¹. Trata-se, sem dúvida, de uma referência explícita à futura máquina a vapor, sem que, no entanto, se indique qual o local de implantação.

A “máquina de fogo”: do desígnio ao abandono

Considerando as datas dos documentos disponíveis, a desejada máquina para a mina de Buarcos terá sido efetivamente encomendada em 1803, ano em que, segundo Tann e Breckin (1978, 543, 545), foram construídas apenas três, uma das quais, com a potência de 50 CV, destinada a Portugal. A “conta” (fatura?), chegaria às mãos de José Bonifácio em maio de 1803, remetida por aviso régio através de D. Rodrigo, com o pedido de que o Intendente se pronunciasse sobre o seu conteúdo³².

Não tendo sido possível encontrá-la, admitimos que o seu conteúdo não deveria diferir muito do de uma listagem detalhada, datada de 9 de abril de 1803, relativa aos materiais a fornecer e respetivos valores, conservada no fundo Boulton & Watt, que se resumiu na tabela 1.

Tabela 1
Formação do preço da máquina a vapor para a mina de Buarcos

Partes	Valor (Libras)	Totais parciais (Libras)
Componentes metálicos da máquina	1194	
Adicional de 33% para o estrangeiro	398	
Transporte para Londres (28 toneladas)	112	1704
Viga em madeira de carvalho e demais acessórios	125.08	
Adicional de 33% para o estrangeiro	41.12	
Transporte (204 m³)	20	187
Bombas, tubos e acessórios	726	
Transporte para Londres (20 toneladas)	80	806
TOTAL		2697

Fonte: Fundo Boulton & Watt, Calculation Blotter, MS 3147/4/14.

³¹ AHGM. Aviso de J. Bonifácio ao Inspetor da Real Mina de Carvão, Ericeira, 11/08/1802. in *Livro 1.º de Avisos, Portarias, Ordens expedidas...*, fl. 55v.

³² AHMOP. Aviso n.º 123, D. Rodrigo para J. Bonifácio, Queluz, 7/05/1803, Livro IGMM 1, fl. 55.

O valor total a pagar pelo Estado português era de £ 2697, incluindo todos os componentes da máquina, o sistema de bombas para o poço e os custos de transporte para Londres, bem como um adicional de 33% por encomenda para o estrangeiro. Esse valor seria aumentado para £ 2750, “para cobrir o trabalho de instrução dos homens, agência em Londres, etc. etc.”, como se lê no referido documento³³.

A especificação era para uma máquina com um cilindro de 44 polegadas de diâmetro e um curso de 8 pés. Incorporava todos os melhoramentos patenteados por Watt, designadamente o recente movimento paralelo, que garantia que a haste do pistão estivesse sempre na vertical em relação ao movimento ascendente e descendente do balanceiro, constituído por dois troncos de carvalho de comprimento adequado. A máquina era de duplo efeito, com condensador externo e a caldeira, também fornecida pela empresa, horizontal, sem tubos de fogo (Fig. 5), prevendo-se a possibilidade de instalação de uma segunda caldeira. A encomenda incluía, também, duas bombas de 12 polegadas de diâmetro e 45 jardas de tubos (c. 40 m), para serem instaladas no poço. No seu conjunto e de acordo com o manifesto de embarque, máquina, caldeira, bombas e acessórios foram distribuídos em 26 caixotes, num peso total de 54 toneladas.

A expedição fez-se através de agentes sedeados no movimentado porto de Hull em 28 de janeiro de 1804, sendo o transporte assegurado pela nau da Marinha Portuguesa “Príncipe do Brasil”, por conta e risco da firma *Dias Santos & Co.* de Londres³⁴. O navio veio em comboio, uma necessidade já apontada por Correia da Serra, devido à tensão política com França e Espanha que então se vivia. Por notas de serviço soltas, conservadas no Arquivo Histórico Ultramarino, fica-se a saber que o “comboio” no qual vinha “uma bomba de vapor” encomendada pelo governo, chegou a Lisboa em 5 de julho. Compreendia 144 volumes e 26 caixotes, que haveriam de ser transportados para a Figueira em navios mais pequenos, dado o constante assoreamento da barra de Santa Catarina, no rio Mondego. Sugeria-se que, com “corpos de ferro tão volumosos e pesados”, cujo transporte além de “incómodo”, era dispendioso, estes deveriam ser baldeados diretamente para o navio que os haveria de levar à Figueira da Foz, “sem o rodeio vão e muito custoso de passarem a Alfandega”³⁵. Contudo, outra nota solta não assinada, de 7 de julho, refere ordens “para transportar e pôr em

33 ADLB. Boulton & Watt Collection, Pf. 594, *Calculation Blotter*.

34 ADLB. Boulton & Watt Collection, Pf. 594, *List of materials for a steam engine...*

35 AHU. Nota de serviço de F. Soares, [Lisboa], 6/07/1804. Reino, Cx 136.

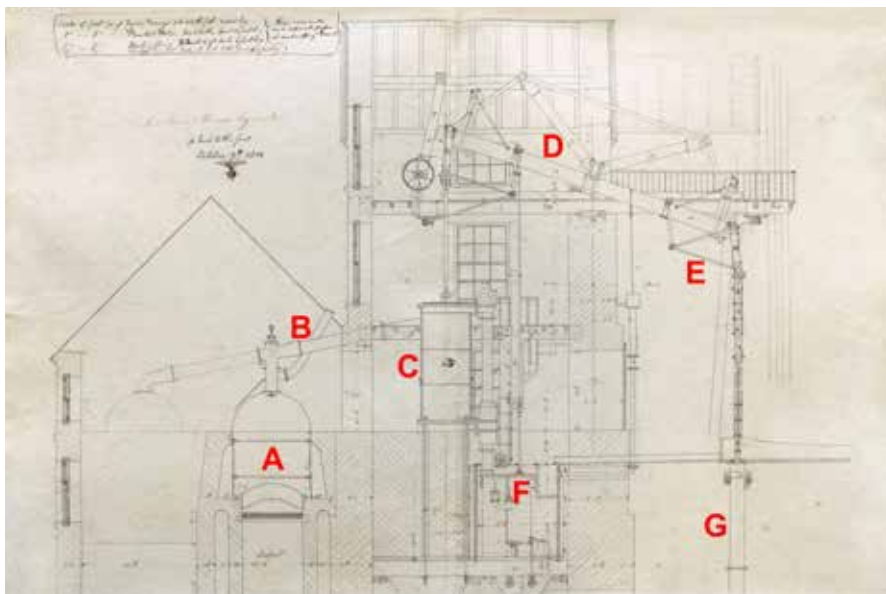


Fig. 5. Desenho de engenharia, detalhando os principais componentes da máquina fornecida pela Boulton & Watt. A – Fornalha e caldeira; B – Conduta de vapor; C – Cilindro; D – Feixe; E – Movimento paralelo; F – Condensador; G – Coluna (tubagem de aspiração). Base gráfica com autorização da Biblioteca de Birmingham. Fundo *Boulton & Watt*, [Birmingham], 7/10/1803, MS 3147/5/594.

arrecadação esta Bomba no Arsenal, no caso de não haver algum iate pronto para poder levar à Figueira para onde é destinada”, o que certamente terá acontecido.

Portugal terá pagado efetivamente pela máquina a quantia de 11.834\$570 reais. Uma vez que o cofre da mina não comportava uma tal despesa – a mina de Buarcos sempre foi deficitária –, esta verba foi suportada pelo cofre privativo da *Real Fabrica das Sedas e Obras de Águas Livres*³⁶, que custeou também o frete de navegação, 629\$180 reais, bem como a compra de corda de linho para descarregar as caixas; mais 426\$530 reais (BRANDÃO, *et al.*, 2023: 14).

Deve referir-se que em finais de 1803, D. Rodrigo de Sousa Coutinho foi exonerado dos seus cargos, o que provocou sérias dificuldades à Intendência de Minas. Por ordem do novo Presidente da Fazenda Pública, a produção da mina de carvão de Buarcos foi reduzida e, em janeiro de 1804, a lavra foi mesmo suspensa. No entanto, devido aos protestos do Intendente e a fim de “manter a mina útil” para o futuro³⁷, foi autorizada a manutenção do esgoto,

³⁶ Cf. Representação ao Príncipe Regente D. João, 8/01/1808, in DINIZ, 1939, vol. I: 51.

³⁷ AHMOP. Aviso n.º 146, Luiz Vasconcelos Sousa para J. Bonifácio, Queluz, 24/01/1804, Livro de registo de Avisos... IGMM 1, fl. 69.

sob supervisão do magistrado de Coimbra, o que não evitaria a ruína da mina, como assinalou ESCHWEGE (1838: 11). Entretanto, por Decreto de 4 de maio de 1804³⁸, a administração das minas e ferrarias do Reino passou para a alçada da Real Fabrica das Sedas, mudança que Bonifácio nunca aceitou e foi geradora de permanente tensão com os novos administradores.

Logo nesse ano em que a máquina chegou, aconteceu o que nunca se desejara: em novembro de 1804, a água do mar irrompeu por uma fratura na “mina velha” sob o oceano, a que se acedia através dos poços “Raposos”, de que resultou a uma enorme inundação que destruiu os trabalhos. Confirmando que a aspereza do mar não permitia tapar a fratura por onde a água tinha entrado, José Bonifácio decidiu abandonar a exploração da “mina velha” e abrir um novo poço inclinado, a cota ligeiramente mais elevada, conduzindo, a partir daí, a abertura de novas galerias em direção a terra. O novo poço apresentava duas vantagens principais: além de evitar o risco de entrada de água do mar, a sua localização permitia o escoamento das águas infiltradas por gravidade. Mais tarde, referia que na dita “nova mina” encontrara “um carvão tão bom como o melhor de Inglaterra”, que podia ser “extraído com pouca despesa para estancar a drenagem das minas”³⁹, afirmação obviamente exagerada, pois quase de certeza sabia que se tratava de um carvão betuminoso com “uma boa quantidade” de enxofre, que impedia o seu consumo generalizado.

D. Rodrigo, que desde a primeira hora acarinhara o projeto da introdução da tecnologia do vapor em Portugal, ainda questionaria José Bonifácio sobre a situação, pedindo-lhe que o “tranquilizasse sobre a bomba de fogo ou de vapores, pois que sendo a primeira que se erigia em Portugal, e podendo ter as mais uteis e proveitosas aplicações para as artes (...) seria bem útil que se pusesse em ação e que se conservasse assim este fogo sagrado que deverá para bem nosso tomar uma muito maior extensão”⁴⁰. Todavia, apesar dos esforços e despesas para adquirir um tal inovador equipamento de bombagem a vapor para Buarcos, o Sistema, que terá sido entregue na mina entre 1804 e 1805⁴¹, não chegou a ser instalado, ficando a máquina e as bombas ali deixadas em processo de deterioração, até ficarem completamente inutilizados.

³⁸ V. transcrição em DINIZ, 1939, vol. I: 23-24.

³⁹ BNRJ. *Magnífica Memoria...*, p. 14.

⁴⁰ D. Rodrigo a J. Bonifácio, Arroios, 20/09/1806, in SILVA, 2006 V. II: 485.

⁴¹ Não foi encontrada qualquer referência à chegada da máquina ao porto da Figueira da Foz, nem ao seu transporte para a mina, certamente em carretos de bois.

A pergunta é inevitável: terá esta paradoxal situação resultado de uma opção deliberada, ou as condições das novas frentes de desmonte tornaram este equipamento desnecessário? Não haverá uma explicação única para esta inesperável viragem, a qual tem de ser procurada, conjuntamente, em circunstâncias conjunturais e diretamente ligadas a Bonifácio, relacionadas com o desgaste das suas relações com as tutelas (Fábrica das Sedas e Universidade), sem descartar as consequências das invasões francesas que, por duas vezes, afetaram o centro-oeste de Portugal, delas resultando a destruição de muitas das principais infraestruturas, com destaque para os estabelecimentos industriais.

Quando Bonifácio encomendou a máquina a vapor, estava convencido de que a zona minada a oeste, sob o oceano, era muito rica e, como tal, era nessa direção que a mina deveria ser desenvolvida. Assim, quando se deu a grande inundação, desinteressou-se daquela zona e abandonou todo o investimento feito, incluindo a máquina a vapor de que já não necessitava, ao passar a trabalhar ao nível superior e na direção oposta, onde a água do mar já não constituía uma ameaça permanente.

O Barão de Eschwege, que sucedeu a Bonifácio no cargo de Intendente, diria, mais tarde, que aquele enfrentou as maiores dificuldades no seu exercício e muitos outros problemas que culminaram no seu retorno ao Brasil, em 1819, com a saúde debilitada. Todavia, era crítico das suas decisões técnicas e administrativas, e, no respeitante à máquina para Buarcos, dizia que fora encomendado um equipamento demasiado grande, sem se conhecer as condições necessárias para a sua instalação, sendo a energia do vapor uma inovação para Portugal e, não havendo, no país, competências para montar a máquina (ESCHWEGE, 1826, *in* DINIZ, 1941: 349). Independentemente de a máquina dever ter vindo acompanhada de brochuras técnicas explicativas, uma prática habitual como referem Nuvolari, *et al.* (2017: 310), não viera um engenheiro da fábrica para a instalar e instruir os trabalhadores sobre o seu arranque e manutenção; certamente objeto de um contrato (e custo) adicional, não solicitado talvez por razões financeiras.

O sonho da tecnologia do vapor em Buarcos findou quando Bonifácio, em outubro de 1814, recebeu ordem para colocar a máquina – ou o que dela restava – à disposição do Marquês de Borba⁴², então Presidente da Real Fazenda, a qual seria enviada para o Arsenal da Marinha, em Lisboa.

⁴² AHMOP. Aviso n.º 217, Alexandre José Castelo para J. Bonifácio, Palácio do Governo, 18/19/1814. *Livro de Avisos...*, IGMM 1, fl. 105v.

Considerações finais

No final do século XVIII, a tecnologia do vapor difundia-se a passos largos, nomeadamente nas suas aplicações à indústria mineira. A sua introdução permitiu aumentar a eficiência e a profundidade das minas, chegando a novas reservas, porventura ainda mais ricas. Em Portugal, nesse período, a utilização do vapor para fins industriais era ainda novidade absoluta. É consensual que a utilização da tecnologia do vapor foi introduzida no país, no início da década de 1820, quando o cônsul português em Liverpool, António Julião da Costa adquiriu um navio a vapor construído num estaleiro dessa cidade, para assegurar a navegação no rio Tejo, e enviou para Lisboa máquinas a vapor para um moinho de farinha e uma fundição, pertencentes a uma empresa de que era sócio (BRANDÃO & VERNON, 2021: 34). Desde então, jamais parou a aquisição de novas máquinas e a tecnologia do vapor foi-se difundindo, aplicando-se tanto à agricultura como à indústria.

No que respeita à mina de Buarcos, não há dúvida de que tal inovação teria suscitado grande interesse, mas talvez o facto de a máquina nunca ter sido erigida e posta a funcionar, tenha feito com que este episódio marcante da história mineira portuguesa tenha sido (deliberadamente?) esquecido.

Desconhece-se se, ou quando, a máquina encaixotada foi desmantelada. Talvez o que restava dos componentes metálicos tenham sido posteriormente usados para o fabrico de armamento, peças de navios, ou até reutilizados na construção de uma máquina a vapor para o Arsenal, quando ao considerar a sua aquisição, Francisco Raposo afirmava, em 1826, que “seria mais vantajoso construí-la no Arsenal, onde já havia algumas peças fundidas e outras acabadas a tempo” (REIS, 2006: 147).

Em Buarcos, se a máquina da Boulton & Watt tivesse sido erigida, é provável que a exploração dos veios acessíveis através dos poços Raposos tivesse aumentado significativamente a produção de carvão. Isto partindo do princípio que aquela teria conseguido fazer face às quantidades de água que se infiltravam nas galerias abertas sob o leito marinho. Mas, numa situação tão perigosa, teria a “bomba de fogo” sido a solução eficaz para viabilizar a “velha mina”? Nunca o saberemos!

Agradecimentos

J. M. Brandão realizou este **trabalho** financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UIDB/04004/2020 com o identificador DOI 10.54499/UIDB/04004/2020 (URL: doi.org/10.54499/UIDB/04004/2020). P. M. Callapez agradece o suporte institucional do CITEUC – Centro de Investigação da Terra e do Espaço da Universidade de Coimbra, através do projeto UID/Multi/00611/2020 da FCT, e do grupo de investigação PALEOIBERICA da Universidad de Alcalá.

Fontes e bibliografia

Fontes manuscritas

- Archives Department, Library of Birmingham (ADLB), United Kingdom. *Boulton and Watt Collection Buarcos Mine*, MS 3147/5/594.
- Arquivo Histórico do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (AHGM). *Livro 1.º do Registo dos Avisos, Portarias, e Ordens recebidos por esta secretaria de 1802 a 1811*. Fundo Intendência de Minas.
- Livro 1.º do Registo dos Avisos, Portarias, e Ordens remetidos nesta secretaria de 1801 a 1815*. Fundo Intendência de Minas.
- Arquivo Histórico de Obras Públicas (AHMOP). *Livro de Registo de Avisos e Decretos de 1801 a 1820*, IGM1.
- Arquivo Histórico Ultramarino (AHU). D. VANDELLI, *Memoria*, n.d.; Ofícios, s.n.. Ministério do Reino, Cx. 136. Lisboa.
- Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro (BNRJ). *Magnifica Memoria do Des.º Jose Bonifacio Andrada*. Lisboa, 1809.

Publicações periódicas

- Gazeta de Lisboa*. Vários números.

Referências bibliográficas

- BRANDÃO, J. M., (aceite para publicação), “Domingos Vandelli e a mina carvão do Cabo Mondego em finais do século XVIII”, *Comunicações Geológicas*.
- BRANDÃO, J. M. (2021), “Um esquisso setecentista da «Mina de carvão de pedra do Cabo Mondego», *Comunicações Geológicas*, 108(1): 45-53.
URL: doi.org/10.34637/rv8s-py47.
- BRANDÃO, J. M. & VERNON, R. (2021), “When John Buddle of Newcastle was asked to evaluate some Portuguese coal mines (1818)”, *British Mining – Memoirs*, 111: 31-49.
- BRANDÃO, J. M., VERNON, R., CALLAPEZ, P. M & PINTO, J. S. (2023), “The attempted introduction of steam-pumping technology at the Buarcos coal mine, Portugal, in the early 19th century”, *The International Journal for the History of Engineering & Technology*. URL: doi.org/10.1080/17581206.2023.2176801.
- CARVALHO, A. S. (1948), “O Abade Correia da Serra”. *Memórias da Academia das Ciências de Lisboa, Classe de Ciências*, 6: 7-223.
- COELHO, L. (1877), *Elogio histórico de José Bonifácio de Andrada e Silva lido na sessão publica da Academia Real das Sciencias de Lisboa em 15 de maio de 1877*. Lisboa: Typographia da Academia.
- COELHO, L. (1907), “A obra mineralogica de J. Bonifácio de Andrade e Silva”. *Revista Portuguesa de Chimica Pura e Aplicada*, 2: 489-392; 3: 82-88.
- DINIZ, P. J., *Subsídios para a história da montanística*, Vol. 1, 1939; Vol. 2, 1941. Lisboa: Direção-Geral de Minas e Serviços Geológicos.
- ESCHWEGE, W. B. (1824), “Relatorio sobre o estado das Minas e Estabelecimentos Metalurgicos deste Reino, de que foi encarregado o Coronel Barão d’Eschwege pelo Decreto de Sua Mag. Em data de 2 de Janeiro de 1824”, in P. J. DINIZ (1941), *Subsídios para a história da montanística*. Lisboa: Direção-Geral de Minas e Serviços Geológicos., Vol. 2, pp. 178-247.
- ESCHWEGE, W. B. (1838), *Memoria sobre a historia moderna da administração das minas em Portugal*. Lisboa: Typographia da Academia Real das Sciencias.

- FERREIRA, M. P. (1998), *200 anos de Mineralogia e Arte de Minas: desde a Faculdade de Filosofia /1772) à Faculdade de Ciências e Tecnologia*. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- FIGUIER, L. (1870), *Les merveilles de la science ou description populaire des inventions modernes*. Paris: Jouvett et C.ie, Éditeurs.
- HOME, R. W., MALAQUIAS, I. M., & THOMAZ, M. F. (Eds.) (2017), *For the Love of Science – The Correspondence of J. H. de Magellan (1722-1790)*, Vol. 1. Bern: Peter Lang AG.
- KANEFSKY, J. (2017), “Newcomen Engines Before Watt: A Quantitative Assessment”, *The International Journal for the History of Engineering & Technology*, 87 (2): 165-175. URL: doi.org/10.1080/17581206.2018.1462625
- LIMA, A. P. (1956), *Subsídios para a história das minas de carvão do Cabo Mondego*. Porto: Empresa Industrial Gráfica do Porto.
- MACEDO, B. (1982), *Problemas de história da indústria portuguesa no século XVIII*. Lisboa: Quercor.
- NUVOLARI, A., VERSAPAGEN, B. & TUNZELMANN, N. (2011), “The early diffusion of the steam technology in Britain, 1700-1800: a reappraisal”, *Cliometrica*, 5: 291-321. URL: doi.org/10.1007/s11698-011-0063-6
- PERROLAS, M. (Ed. lit.) (2022), *Cabo Mondego: carvão, arte de minas e indústria. Uma coletânea de contributos (1991-2019)*. Cadernos Municipais 55. Figueira da Foz: Município da Figueira da Foz.
- REIS, A. E. (2006), *Gaspar José Marques e a máquina a vapor. Sua introdução em Portugal e no Brasil*. Lisboa: Comissão Cultural da Marinha.
- RIBEIRO, C. (1853), “Memoria sobre a mina de carvão de pedra do Cabo Mondego”, *Boletim de Obras Públicas e Minas*, 1: 209-228.
- SILVA, A. M.-D. (2006). *Portrait d'un homme d'État: D. Rodrigo de Souza Coutinho, Comte de Linhares: 1755-1812*, Vol. II. Lisboa: Centre Culturel Calouste Gulbenkian.
- SOLLA, L. C. (1970), “Primeiros tempos da mina do Cabo Mondego”, *Boletim de Minas*, 7 (1): 5-47.
- TANN, J. & BRECKIN, M. J. (1978), “The International Diffusion of the Watt Engine, 1775-1825”, *The Economic History Review*, 31 (4): 541-564.
- VANDELLI, D. (1790), “Memoria sobre o modo de aproveitar o Carvão de Pedra, e os Pãos Bituminosos deste Reino”, *Memórias Económicas da Academia Real das Ciências*, 2: 434-436.
- VARELA, A. G. (2013), “Juro-lhe pela honra de bom vassalo e bom português: as cartas de José Bonifácio de Andrada e Silva para D. Rodrigo de Sousa Coutinho”, *Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro*, 174 (460): 281-310.
- VARELA, A. G. (2008), “A contribuição do naturalista José Bonifácio de Andrada e Silva para a constituição de redes de informação sobre o reino português (1780-1819)”, *Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro*, 169 (439): 339-379.
- VERNON, R., BRANDÃO, J. M., CALLAPEZ P. M., PINTO, J. S. (2019), “A Boulton and Watt steam engine for the Buarcos coal mine (Cape Mondego, Figueira da Foz, Portugal) in the early 19th century”, in L. M. PLAZA & J. MATA-PERELLÓ (Eds.), *El patrimonio Geológico y Minero. Identidad y motor de desarrollo*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, pp. 147-158.
- VILLAS-BOAS, M. (2000), *João Jacinto de Magalhães: um empreendedor científico na Europa do século XVIII*. Aveiro: Fundação João Jacinto de Magalhães.

