

perspetivas do uso da **tecnologia** solar de **concentração** na indústria **mineira**

Este artigo pretende abordar as possibilidades de utilização da tecnologia solar de concentração ao nível da indústria mineira. Tratando-se de dois recursos importantes a nível nacional, o sol e os minérios, estes poderão vir a constituir no futuro um binómio importante, aumentando a sustentabilidade da exploração mineira, contribuindo para a descarbonização da economia e, eventualmente, vir também a constituir um estudo de caso para certos tipos de produção. As tecnologias descritas e as suas aplicações específicas a nível mineiro poderão também servir de demonstração para outras aplicações noutros setores industriais.

Luis Gil Isabel Cabrita

Direção-Geral de Energia e Geologia, Divisão de Estudos, Investigação e Renováveis
luis.gil@dgeg.pt

Introdução

Os recursos geológicos são fundamentais para o funcionamento sustentável das sociedades modernas e a disponibilidade interna de matérias-primas é fundamental para a economia [1].

A exploração responsável dos recursos geológicos constitui um meio importante de desenvolvimento, que pode contribuir de modo relevante para o desempenho da economia nacional. Verifica-se que, a nível mundial, os recursos minerais têm vindo a assumir uma importância estratégica crescente mas existe ainda uma dependência da Europa relativamente ao exterior no que respeita ao fornecimento dos referidos recursos e a consequente necessidade de implementação de medidas capazes de assegurar um fornecimento seguro e sustentável dos mesmos.

Assegurar que estes recursos são explorados de forma economicamente viável e tendo presente a necessidade de coordenação entre diferentes estratégias ao nível das políticas nacionais, a simbiose com processos energéticos que promovam o recurso às energias renováveis trará vantagens tanto na perspetiva dos recursos como ao nível da proteção ambiental.

Portugal tem um potencial mineiro por aproveitar pelo que o ressurgir do interesse pela atividade de exploração mineira é expectável que seja geradora de mais emprego, riqueza e desenvolvimento.

As tecnologias de Concentração de Energia Solar (CSP) para produção de energia, também conhecidas como Tecnologias de Concentração Térmica Solar (CST) [2] usam concentradores óticos, geralmente refletores, para focar a radiação solar direta num recetor térmico, num foco ou num



Figura 1 Sistema de recetor central (CSIRO [CC BY 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>)]).



Figura 2 Refletores cilindro-parabólicos (Solarite CSP Technology GmbH [CC BY3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>)], via Wikimedia Commons).

absorvedor linear. A radiação solar concentrada é absorvida, sendo usada para aquecer um fluido (fluido de transferência de calor – HTF). O calor contido neste fluido pode ser utilizado diretamente num processo térmico ou ser armazenado num sistema de armazenamento de energia térmica (TES) para uso posterior.

Os sistemas de concentração têm diversos campos de aplicação nomeadamente, a dessalinização de água, energia térmica para processo industrial, produção termoelétrica, produção de combustíveis solares.

Em Portugal existe uma disponibilidade significativa anual de radiação solar ao longo do país. A **Figura 3** apresenta a disponibilidade da radiação solar em Portugal, que varia de cerca de 1450 a 1950 kWh/m² e a **Figura 4** apresenta a localização geográfica das concessões mineiras no território nacional. Como se pode verificar, as zonas com maior radiação solar e, portanto, com maior interesse ao nível da possibilidade de utilização de tecnologias de concentração solar, são as zonas sul e interior do país, que correspondem a algumas das importantes concessões mineiras existentes.



Figura 5 Mina a céu aberto (Marshman at the English Wikipedia [GFDL (www.gnu.org/copyleft/fdl.html) or CC BY-SA 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)]).

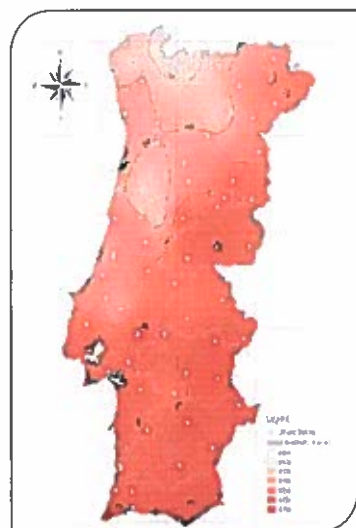


Figura 3 Disponibilidade anual de radiação solar em global (adaptado de [3]).



Figura 4 Mapa de concessões mineiras Portugal Continental (DGE).



Figura 6 Operações de movimentação (Peter Tzefens [CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)], from Wikimedia Commons).

A indústria mineira e a energia

No âmbito da indústria mineira são várias as operações que consomem energia, quer sob a forma de calor quer de energia elétrica, nomeadamente: perfuração, escavação, trituração, transporte/elevação, fusão, secagem, lixiviação, separação, eventualmente ventilação e outras [4,5]. Este consumo energético, que corresponde em média a cerca de 10%-40% dos custos de produção [4,6], divide-se do seguinte modo: transporte do minério – 10%; flotação/concentração – 7%; lixiviação/absorção – 22%; deposição dos resíduos – 1%; perfuração/fragmentação – 2%; escavação/movimentação – 10%; trituração/moagem – 53% [7]. O consumo global a nível mundial de energia neste domínio foi estimado em 21,9 TWh para 2014, prevendo-se para 2025, 39,5 TWh [4].

Outros dados referem que o setor mineiro utiliza cerca de 11% da energia primária mundial, correspondendo a mais de 38% da energia consumida a nível industrial [6]. Num cenário de continuidade prevê-se ainda que este consumo de energia duplique até 2050 [7]. É, assim, necessário um fornecimento fiável e constante de energia [6], devendo ser garantida a inovação no setor através da introdução de tecnologias que utilizem fontes de energia mais limpas, seguras, menos carbono intensivas, ambientalmente aceitáveis e energeticamente mais eficientes [5]. O custo e o tipo de uso da energia são, atualmente, fatores chave e estratégicos na indústria mineira, geralmente apontados nos próprios relatórios de sustentabilidade [6].

À medida que se vão esgotando os recursos minerais e se tem que recorrer a minérios menos concentrados, é necessário aumentar a cominuição, sendo que esta é a operação que é a maior consumidora energética, e daí a necessidade em otimizar a respetiva eficiência [8]. Devido a este declínio do grau do minério e a um aumento da procura de minérios, estima-se que o consumo de energia para este setor tem tendência para aumentar, face a uma maior procura devido à transição energética (mais mineral intensiva) [6].

É de salientar que o interesse das empresas mineiras tem-se direcionado para as energias renováveis, isto devido nomeadamente ao custo decrescente das tecnologias e a já provada fiabilidade dos sistemas híbridos [6].

Uma estimativa recente indica uma capacidade mundial instalada total de energia eólica e solar em projetos mineiros de 942 MW, compreendendo 352 MW de fotovoltaica, 39 MW de solar térmica e 551 MW de eólica. Se se considerar a recuperação e valorização ambiental de minas abandonadas, esse valor é de 1100 MW [6].

Potencial da tecnologia solar de concentração nas operações mineiras

Sendo que algumas explorações mineiras e mesmo de processamento dos minérios se podem encontrar localizadas em zonas longe das redes de fornecimento de energia elétrica ou de abastecimento de combustíveis, será útil poder ter sistemas/tecnologias que se possam instalar *off-grid* no sentido de satisfazer, autonomamente, as necessidades de energia dessas explorações.

As localizações remotas estão frequentemente ligadas a mais elevados custos da energia e as conhecidas estão frequentemente em zonas com

um excelente recurso solar. Muitas das operações de mineração remotas estão localizadas à volta do Equador entre os paralelos 35° norte e 35° sul, zona ideal para a geração de eletricidade por via solar [5]. Portugal não fica muito fora deste espaço, apresentando também um bom recurso solar.

Existe, assim, uma oportunidade potencial para a produção e consumo combinado de calor e eletricidade, para as várias operações. O espaço necessário para o heliostato (conjunto de espelhos montados sobre uma estrutura fixada no solo) normalmente não apresenta qualquer tipo de problema nessas localizações remotas. Geralmente são necessários 20 000 a 30 000 m² por MW de eletricidade produzida através de um sistema de refletores cilindro-parabólicos [9].



Figura 7 Heliostato de uma instalação com concentradores cilindro-parabólicos (Solarlite CSP Technology GmbH [CC BY 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>)], via Wikimedia Commons).

As vantagens da utilização do calor solar de concentração (com armazenamento de energia) referem-se à sua fiabilidade e disponibilidade, além de evitar problemas logísticos em áreas remotas, como o do transporte de combustíveis, reduzindo o risco de falha de abastecimento e os custos associados, adicionando ainda a redução das emissões de CO₂ [5].

Do ponto de vista da produção da energia elétrica necessária, por exemplo para a trituração, a designada termoeletricidade solar pode ser uma via com interesse, nomeadamente com armazenamento térmico. Para se ter uma perceção sobre o consumo de energia elétrica no domínio mineiro, a nível nacional, refira-se que, de acordo com dados da DGE (www.dgeg.gov.pt), em 2016, este consumo para o setor de atividades da extração e preparação de minérios metálicos foi de cerca de 19 GWh.

A geração de energia recorrendo à concentração solar térmica recorre, atualmente, a 3 tecnologias principais: refletores de Fresnel lineares (150-500°C), sistema de recetor central (250-1200°C) e espelhos cilindro-parabólicos (150-550°C). O armazenamento térmico é feito através de sistemas de óleo ou recorrendo a sais fundidos [2, 9, 10]. Estes sistemas permitem a produção de energia elétrica despachável [10].

Ao nível das infraestruturas é necessário um campo de concentradores, tanques de armazenamento do fluido térmico, sistema de produção de vapor e de condensação, além de uma turbina de geração de eletricidade [10]. A nível indicativo no que se refere a temperaturas operacionais possíveis, refiram-se temperaturas de 565-580°C para os sais fundidos, vapor a 540°C e 100-140 bar [11].

Paralelamente podem ser usados sistemas de utilização de calor direto industrial como os utilizados na dessalinização da água do mar ou os usados para a produção de combustíveis "solares", para necessidades energéticas semelhantes ao nível da exploração e indústria mineira.

Ao nível do calor de processo industrial, normalmente são considerados 3 patamares: baixa temperatura (<150°C), média temperatura (150-400°C) e alta temperatura (>400°C). Ao nível dos processos da indústria mineira, os processos de secagem, lavagem, concentração e digestão de minérios operam a temperaturas inferiores a 400°C e no caso dos processos de calcinação de alumina, redução do ferro e do cobre a temperatura é superior a 400°C [11].

Mais especificamente, a concentração dos minérios de cobre, ferro, entre outros, ocorre tipicamente a 180-300°C, cuja gama é compatível com as tecnologias de sistemas de recetor central e de espelhos cilindro-parabólicos. Para a bauxite aplica-se a chamada digestão solar com vapor a 180°C e a calcinação solar a cerca de 1000°C [11]. Referindo outros minérios, o processo de extração de ouro raramente necessita de temperaturas superiores a 100°C, mas no caso do urânio e do alumínio são necessárias temperaturas até 980°C [9].

Um dos problemas que se pode colocar ao nível da calcinação é o facto de os calcinadores terem que estar integrados na instalação, que pode distanciar-se um pouco do heliostato. Saliente-se que a calcinação é um bom "alvo" para o uso do calor solar direto porque pode ser realizada ao ar [11].

Já o transporte de ar quente para as operações que disso necessitem (exemplo: secadores) não apresenta grande risco técnico e não requer alterações significativas do processo [11]. Como caso documentado, na Austrália, existe um processo Bayer para a alumina em 3 instalações diferentes, recorrendo ao uso de ar quente solar como aquecimento térmico, o que permite uma poupança de combustível e uma redução da emissão de CO₂ em cerca de 20-50% [11].

Ao nível do calor térmico solar de concentração saliente-se ainda que este é de fácil hibridação com a tecnologia dos combustíveis fósseis, e tenderá a diminuir de custo, o que lhe confere uma característica de adaptabilidade que deve ser assinalada [7, 10].

Outro exemplo de aplicação deste tipo de tecnologia na indústria mineira é a instalação da Minera el Tesoro, no deserto de Atacama no Chile. Trata-se de uma das maiores instalações industriais de tecnologia solar térmica a nível industrial no mundo. Está operacional desde 2012 e funciona em modo 24 horas/7 dias para o processo de extração eletrolítica, reduzindo o consumo de combustível em 55% (aquecedores), correspondendo a uma redução anual de 10 000 toneladas de emissões de CO₂ [4]. Ainda outra instalação de energia solar de concentração a referir é a que existe na Austrália, construída em 2015, para uma mina de bauxite. O resultado desta aplicação levou a uma diminuição do consumo de 600 000 litros de gásóleo por ano [12].

No que se refere ao setor da tecnologia existem empresas que fornecem soluções de CSP com armazenamento de energia baseado na tecnologia de sais fundidos, fiáveis e não intermitentes, com um recetor hemi-cilíndrico e um heliostato de 180° que, em classes-tipo gera 200-400 GWh de energia por ano para uma potência instalada de 20-50 MW ou, numa maior escala, gera 500-700 GWh para uma potência instalada de 50-200 MW [13].

Soluções híbridas associando o fotovoltaico ao solar térmico concentrado (CSP/PV) estão também a ser consideradas (exemplo: norte do Chile), em que é reportado uma potência instalada de 100 MW de CSP com 14 horas de armazenamento em sais fundidos, associado a 75 MW de PV durante 90% das horas no ano [13].


No caso da exploração petrolífera também é possível recorrer à energia solar para produção de vapor de alta pressão e temperatura, por exemplo em situações de recuperação secundária ou a partir de poços "esgotados" [14, 15].

Havendo interesse, no final do tempo de vida da exploração mineira, se ainda não tiver sido ultrapassado o tempo de vida útil do sistema de geração de eletricidade e/ou calor por via de concentração solar, esta pode continuar a operar respondendo a outras necessidades, quer com ligação à rede quer em outras aplicações *off-grid*.

Conclusão

A energia solar de concentração pode constituir uma alternativa interessante no abastecimento energético de instalações mineiras, nomeadamente em localizações remotas. Esta via vai-se tornando cada vez mais atrativa à medida que vão diminuindo os custos de produção de energia com esta tecnologia. Este tipo de tecnologia pode não apenas diminuir os custos operacionais das indústrias mineiras como pode também contribuir para melhorar a sua imagem pública numa época de elevada consciência ambiental. Face ao recurso solar disponível, o nosso país poderá ser um bom candidato para este tipo de produção de energia também para fins mineiros.

Referências

- [1] J. S. Pereira, *Geologia e Recursos minerais portugueses: presente e futuro*, 2.^a Jornadas da Associação Portuguesa de Geólogos, FEUP, Porto, 7/ dez/2012.
- [2] www.newsol.uevora.pt/pt-pt/tecnologia-csp/ acedido em 8 novembro 2018.
- [3] A. Cavaco et al., *Radiação solar global em Portugal e a sua variabilidade mensal e anual*, Ed. IPES/CER/ICT/IPMA, 2016.
- [4] A. Moreno, ABENGOA – *Solar process heat systems for mining*, Webinar – *The potential of Concentrated Solar Heat (CSH) in mining processes*, ATA Insights, 23/Oct/2018.
- [5] J. Paraszczak, K. Fytas, *Renewable Energy sources – a promising opportunity for remote mine sites?*, *International Conference on Renewables energies and Powder Quality*, Santiago de Compostela, 20-30/mar/2012.
- [6] <https://energyandmines.com/wp-content/uploads/2016/09/Ranking-sandawards.pdf> acedido a 14/novembro/2018.
- [7] <http://apki.net/wp-content/uploads/2012/07/Global-Industrial-Energy-Efficiency-Benchmarking-An-Energy-Policy-Tool.pdf> acedido a 13/novembro/2018.
- [8] www.youtube.com/watch?v=ZQ5YToRDvG&t=9s acedido a 13/novembro/2018.
- [9] M. H. Baig, D. Surotseva, E. Halawa, *The potential of concentrated solar power for remote mine sites in the northern territory*, Australia, J. Solar Energy, 2015, Arhivrid. ID 617356, <http://dx.doi.org/10.1155/2015/617356>.
- [10] M. C. Pereira, *Avanços na termoelectricidade solar (CSP/STE)*, Conferência APREN 2017-Eletricidade renovável, inovação e tendências, Fundação Champalimaud, Lisboa, 25/out/2017.
- [11] G. J. Nathan, *The potential for concentrating solar thermal energy in mining and minerals processing*, Webinar – *The potential of Concentrated Solar Heat (CSH) in mining processes*, ATA Insights, 23/Oct/2018.
- [12] www.trinasolar.com/us/resources/blog/why-mining-projects-and-solar-power-are-natural-combination acedido a 16/novembro/2018.
- [13] www.solarreserve.com/en/solutions/mining-industry acedido a 16/novembro/2018.
- [14] www.oilandgasmiddleeast.com/article-8545-worlds-first-commercial-solar-eor-project-begins#.UgPLJ2T71YI acedido a 15/novembro/2018.
- [15] www.forbes.com/forbes/2011/0425/features-glasspoint-greenhouses-green-energy-oil-from-sun.html#48cb5db54c41 acedido a 15/novembro/2018. 



SunEver
Engenharia

Cogeração
Iluminação LED
Instalações Eléctricas
Sistemas Fotovoltaicos

Redes de Águas e Saneamento
Sistemas de Aquecimento
Manutenção Industrial
Contratos de Energia

www.sunever.pt