



Quercus

Associação Nacional de Conservação da Natureza

Autor | Pedro S. Santos

23 de Agosto de 2019

O Custo Ambiental do Lítio Português



Estimativa de Emissões de CO₂ | Impacto no PNEC 2030
Plano Nacional Energia-Clima

índice

1. Resumo	3
2. Objectivos	4
3. Enquadramento - Lítio	5
3.1. Reservas de Lítio: Portugal no contexto mundial	5
3.2. Espodumena em Portugal	7
3.3. Novos depósitos	8
3.4. Métodos de exploração de Lítio	10
4. Metas de Redução de Emissões de CO2 em Portugal	13
4.1. Objectivos e Metas do PNEC 2030	13
4.2. Evolução nacional das emissões de CO2	15
5. Metodologia	17
5.1. Identificação dos Eixos Metodológicos	17
5.2. Pressupostos	19
6. Tratamento de Dados	23
6.1. Estimativa de emissões por unidade de equipamento	24
6.2. Estimativa de emissões associadas às minas	27
6.3. Desenvolvimento de Cenários Futuros	29
6.4. Impacte nos Objectivos e Metas do PNEC 2030	31
7. Discussão de Resultados	33
8. Conclusões	37
9. Referências	38
Anexo I	40
Síntese da Análise dos Planos de Lavra	40
Anexo II	42
Modelação de Emissões de Equipamentos de Construção e Mineração por medições de operações de Campo	42
Anexo III	45
Demonstração e Cálculos Auxiliares dos Pressupostos	45

1. RESUMO

O estudo incide sobre as emissões de CO₂, em concreto, por parte de uma mina a céu aberto.

- (I) Com base na leitura e análise dos Planos de Lavra de três Minas de Lítio já disponibilizados através da página electrónica da Agência Portuguesa do Ambiente, em concreto a Mina de Sepeda, Mina do Barroso e Mina da Argemela, tendo-se recolhido os elementos e máquinas necessárias à laboração das minas, quer em termo qualitativos quer em termos quantitativos, caracterizando-se de seguida a sua potência de motor;
- (II) Através da utilização de um método de cálculo desenvolvido em específico para estimar emissões de CO₂ (e outros) por parte de máquinas de minas e de construção, é possível efectuar uma estimativa de emissões que uma exploração mineira a céu aberto poderá ter associadas;
- (III) Da análise dos compromissos assumidos pelo Estado Português no Plano Nacional Integrado Energia e Clima (PNEC), foi possível perceber e impacte potencial que esta actividade terá ao nível do Inventário Nacional de Emissões de CO_{2e}, e no esforço de redução de emissões a que Portugal se comprometeu.

2. OBJECTIVOS

É objectivo do presente trabalho, realizar uma estimativa tão aproximada quanto possível do nível de emissões de gases com efeito de estufa por parte das extracções mineiras a céu aberto, em concreto, estimar as emissões de Dióxido de Carbono (CO₂).

As estimativas das emissões de CO₂ para as Minas da Sepeda, Covas do Barroso e Argemela, serão efectuadas com base nos respectivos Planos de Lavra disponíveis na página electrónica da Agência Portuguesa do Ambiente - APA.

Simultaneamente, é objectivo verificar o impacte da estimativa de emissões de CO₂ nos objectivos e metas de Portugal estabelecidos no Plano Nacional Integrado Energia e Clima (PNEC).

Perceber e compreender a magnitude do impacte da exploração de minério de lítio a céu aberto no quadro nacional de emissões, em concreto, no âmbito do Inventário Nacional de Emissões de 2019.

3. ENQUADRAMENTO - LÍTIO

As últimas décadas, e em especial desde o início dos anos 2000, a afirmação dos dispositivos tecnológicos (smartphones, tablet's, laptop's, e outros) originaram um substancial aumento da necessidade de capacidade de mobilidade destes dispositivos.

Adicionalmente, nos últimos anos, com o crescente fomento e dinâmica da mobilidade eléctrica (e sustentabilidade) dos automóveis um pouco por todo o mundo, intensificou-se a busca e desenvolvimento de tecnologias e de meios capazes de responder à pressão social e tecnológica sobre a necessidade de aumentar a capacidade de mobilidade.

OUTRAS UTILIZAÇÕES DE LÍTIO

- Óleos lubrificantes
- Produtos farmacêuticos (medicamentos)
- Produção de produtos de cerâmica e vidro
- Componentes de purificação do ar
- Produção de polímeros
- Componentes electrónicos
- Outros usos...

É no contexto supra-referido que se começa a verificar uma procura e pesquisa de soluções com base no lítio, e consequentemente por reservas capazes de dar resposta a tal necessidade.

Por outro lado, o lítio apresenta algumas vantagens em relação a outros compostos também eles utilizados para a fabricação de baterias (como é exemplo o níquel ou o cádmio). Destaca-se o fato de o lítio ser mais leve, permitir um melhor desempenho e uma vida útil mais longa. Contudo, as baterias de lítio apresentam também desvantagens; necessidade de maior potência, fiabilidade e autonomia, bem como de reduzir o tamanho das baterias e o custo [1].

3.1. Reservas de Lítio: Portugal no contexto mundial

Neste contexto é importante fazer um enquadramento relativamente às reservas mundiais de lítio já conhecidas, à produção mundial, e o contexto de Portugal perante o cenário atual.

De acordo com o Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS - sigla em inglês) [2], existem reservas de lítio espalhadas um pouco por todo o planeta, muito embora seja possível identificar locais com maiores níveis de concentração.

A América do Sul, é a região do planeta que alberga as maiores reservas de lítio, com três países que possuem entre 70 a 80% das reservas mundiais, mais concretamente a Bolívia o Chile e a Argentina, com 9, 7.5 e 2 milhões de toneladas respectivamente (Figura 1).

A China e a Austrália são também países com grandes reservas de lítio identificadas, 3,2 e 2,7 milhões de toneladas respectivamente. Portugal, Brasil, EUA e o Zimbábwe, muito embora

numa escala de reservas muito diferente, aparecem também neste *ranking* com reservas de lítio, de 0.06, 0.048, 0.038 e 0.023 milhões de toneladas respectivamente.



Figura 1 - Reservas de Lítio por país (em milhões de toneladas) [3]

Relativamente à produção mundial de lítio, a distribuição dos países na tabela de maiores produtores altera-se um pouco em relação às reservas identificadas.

Como é possível ver na Figura 2, a Austrália assume a liderança da produção de lítio, seguida do Chile, Argentina, China, Zimbábwe, EUA, Portugal e por fim o Brasil.

A Bolívia, embora tendo as maiores reservas de lítio do mundo, o volume de produção é muito diminuto.

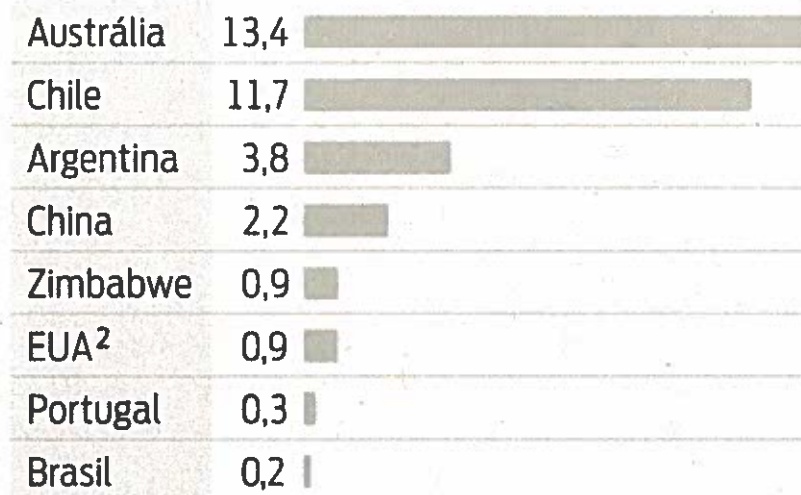


Figura 2 - Reservas de Lítio por país (em milhões de toneladas) [3]

De acordo com os indicadores referidos na *Global Lithium Market* [5], é possível antecipar uma taxa de crescimento (CAGR – *Compound Annual Growth Ratio*) de 10.1% no período de 2019-2024, com um crescimento mais acelerado na região asiática. As análises apontam também para que a produção mundial nos anos de 2016 e 2017 tenha crescido mais de 13%.

3.2. Espodumena em Portugal

A espodumena, não sendo um mineral que se encontre com muita facilidade, foi descoberto em Portugal, constituindo a maior reserva conhecida na Europa Ocidental. É então sob este enquadramento que se encontra o potencial de Portugal se poder constituir como elemento com alguma relevância na cadeia de valor emergente do lítio na Europa [1].

ESPODUMENA

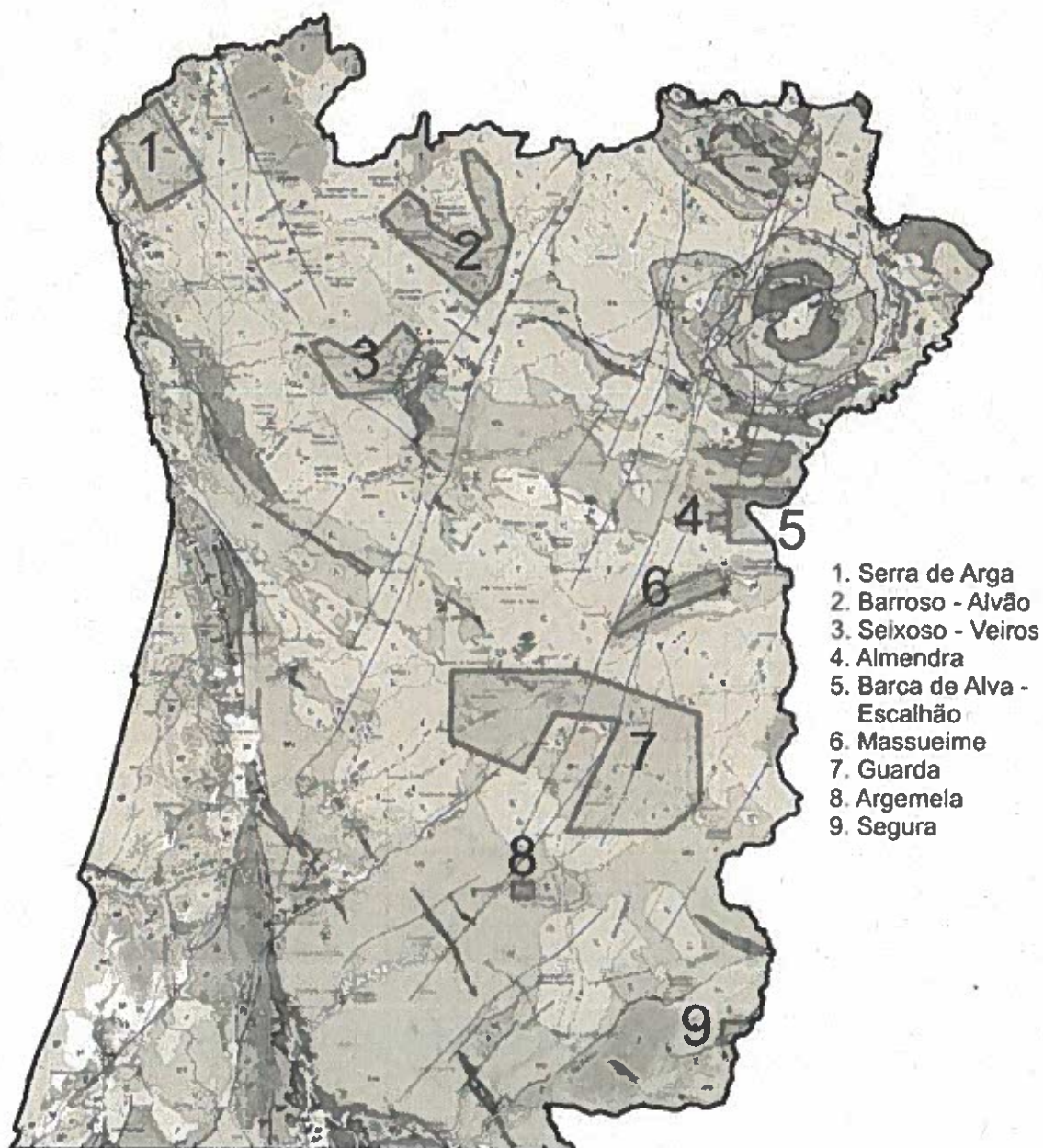
- Identificada por
José Bonifácio d'Andrada, 1800
- Fórmula Química
Silicato de lítio e alumínio - $\text{LiAl}(\text{Si}_2\text{O}_6)$
- Composição Química (ref.)
 SiO_2 64.58%; Al_2O_3 27.40%; Li_2O 8.03% (vestígios de Fe_2O_3 , MnO , MgO , CaO , Na_2O)
- Teor teórico em Li
3.73% (Li_2O 8.03%)
- Nomenclatura
O nome deriva do grego *spodoumenos*, e refere-se ao facto deste mineral, após ser aquecido, ficar revestido de cinza, sendo igualmente uma alusão à cor cinza dos primeiros exemplares encontrados. A espodumena era conhecida por trifana, uma palavra de origem grega que significa «três aspectos» por alusão ao seu tricoísmo [4].

De acordo com a Figura 1 as reservas de Portugal são na ordem das 60 mil toneladas.

É importante ter presente que os minerais de lítio já são explorados em Portugal há algumas décadas, nomeadamente a petalite, espodumena, lepidolite e fosfatos de lítio, com o uso principal a ser para o consumo da indústria cerâmica [6].

Em Portugal, por despacho da Secretaria de Estado da Energia, foi criado o Grupo de Trabalho "Lítio", que em aproximadamente três meses produziu O Relatório do Grupo de Trabalho do "Lítio" [6].

Neste documento, após realizado o enquadramento da dinâmica internacional do lítio (Capítulo II - Mercado), o enquadramento legal e regulamentar nacional (Capítulo III), o Capítulo IV - Enquadramento Geológico e Potencial Mineiro, identifica 9 zonas com ocorrências de mineralizações de lítio, com a distribuição geográfica identificada na Figura 3.



Extrato da Carta Geológica de Portugal, escala 1:1.000.000 (LNEG, 2010)

Figura 3 - Mapa com localização das nove zonas com ocorrências de mineralização de lítio em Portugal ⁽⁶⁾

3.3. Novos depósitos

O USGS tem em curso um projecto que pretende traçar o ciclo geoquímico do lítio (Li), com ênfase nos caminhos que conduzem ao desenvolvimento dos recursos existentes na argila e salmoura de lítio ⁽⁷⁾.

"A descoberta de novos recursos requer conhecimento especializado de onde o lítio reside na superfície da Terra e como ele é concentrado."

O objectivo é melhorar os conhecimentos específicos, para assim melhorar a capacidade de prever e estimar os recursos conhecidos de lítio em salmouras e argilas, auxiliando igualmente o desenvolvimento de técnicas e tecnologias para uma futura avaliação de recursos minerais de lítio eventualmente não descobertos [7].

Através de um ponto de partida diferente, investigadores da Universidade de Stanford desenvolveram um novo método para localizar lítio em depósitos de lagos em supervulcões antigos [8].

Este novo método, representa um importante passo em direção à diversificação da oferta deste metal (Li), introduzindo uma nova perspectiva no que respeita à disponibilidade e distribuição geográfica deste metal no mundo, como demonstra a Figura 4.

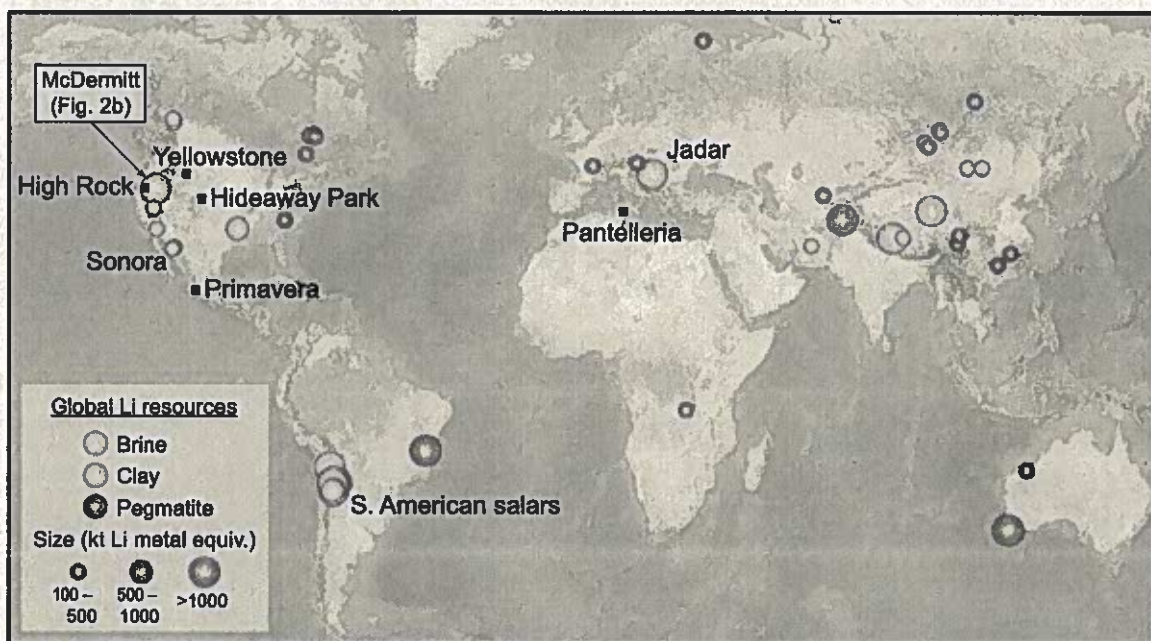


Figura 4 - Mapas de localização dos recursos globais de lítio e campos vulcânicos de McDermitt. Mapa de recursos mundiais de salmoura, argila e pegmatite de Li maiores que 100 kt Li e locais de sistemas vulcânicos analisados neste estudo (quadrados pretos) [8]

Perante estas novas perspectivas, é necessário ter presente a magnitude da mudança potencial no quadro mundial de reservas de lítio. No artigo [8] estima-se uma disponibilidade de Li para depósito em caldeiras na ordem de $2 \times 10^9 \text{ Mt}$, $3 \times 10^8 \text{ Mt}$ e $6 \times 10^6 \text{ Mt}$, para Tuff of Long Ridge, Hideaway Park e Tin Belt of Mexico, respectivamente.

No artigo [8] é referido ainda que, "Estas caldeiras e outras ao redor do mundo que resultam da erupção de riolito formado por fusão parcial ou assimilação de grandes quantidades de crosta de transição (por exemplo, McDermitt) ou pequenas quantidades de crosta cratônica (por exemplo, Yellowstone) provavelmente contêm grandes volumes de riolito, moderada a extremamente enriquecida com Li. Destes centros, as maiores caldeiras suficientemente jovens para preservar os sedimentos hidrotermais do lago da caldeira têm potencial para hospedar

recursos de argila com Li de alta tonelagem (...). A exploração dessas caldeiras poderá oferecer recursos estratégicos adicionais para países que buscam reduzir a dependência de importações e ajudar a responder à crescente procura global por lítio.”^[8]

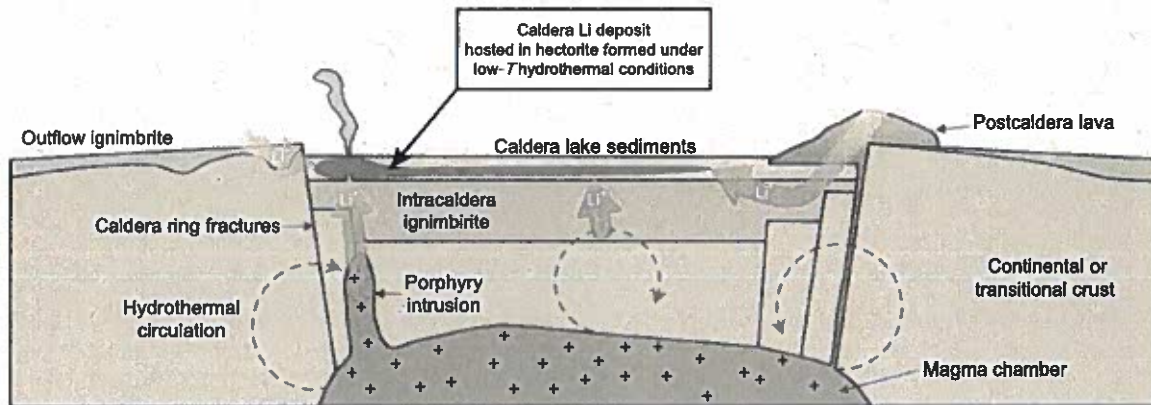


Figura 5 - Modelo esquemático para a formação de depósitos de argila Li numa caldeira ^[8]

Na eventualidade de se estar efectivamente perante uma mudança muito significativa no quadro das reservas mundiais de lítio a curto/médio prazo, torna-se necessário averiguar e perceber a possibilidade de exploração comercial destas novas reservas de minerais de lítio que emergem.

3.4. Métodos de exploração de Lítio

De acordo com o referido nos parágrafos anteriores, as reservas mundiais de lítio identificadas até ao momento encontram-se maioritariamente sob duas formas, mais especificamente, sob a forma de depósitos minerais (rochas pegmatíticas), ou em depósitos de salmoura localizados principalmente na América do Sul (Bolívia, Chile e Argentina).

Estas duas formas de reserva de lítio têm basicamente duas formas diferentes de exploração, que contemplam dois métodos diferentes com diferentes impactos.

Depósitos minerais em rochas pegmatíticas

A exploração dos depósitos minerais de lítio em rochas pegmatíticas, entre eles o espodumena, é na sua essência um processo de mineração e extração de inertes em grande escala.

Em termos simples, as operações mineiras em jazigos pegmatíticos têm custos operacionais mais altos, mas custos de capital mais baixos e podem responder mais rapidamente às condições de mercado ^[6].

Os impactes ambientais da mineração são vários e em diversas escalas. Problemas locais específicos, alterações biológicas, geomorfológicas, hídricas e atmosféricas.

A título de exemplo, é possível destacar alguns dos principais impactes e alterações nos valores ambientais:

- Perda de vegetação e biodiversidade em todas as áreas de extração e nas áreas circunvizinhas;
- Dano e poluição dos recursos hídricos (superficiais e subterrâneos) pelos produtos químicos utilizados na extração de minérios;
- Contaminação dos solos por elementos tóxicos;
- Disseminação e proliferação de processos erosivos (principalmente em minas antigas e/ou desativadas que não foram reparadas ou alvo de projectos de recuperação);
- Poluição do ar, com elevadas quantidades de emissões de gases;
- Perda de biodiversidade de populações de fauna e flora previamente existentes na área de extração mineral;
- Poluição sonora nas localidades em torno das instalações.

Depósitos de Salmoura

A segunda fonte de exploração do lítio são as salmouras. Existem diferentes tecnologias utilizadas em todo o mundo para extração de lítio neste tipo de depósitos, com diferentes influências nos custos operacionais [6].

As operações em depósitos deste tipo extraem o lítio através de uma série de poços de bombeamento. A salmoura é armazenada numa barragem durante um período de 9-12 meses, onde é adicionada cal (para precipitar impurezas). Neste local ocorre a evaporação e a salmoura é concentrada para processamento. As configurações da unidade de processamento podem variar [6].

Estas operações são geralmente mais afetadas por fatores externos como o clima (impactos na evaporação) [6].

No que diz respeito a impactes ambientais, a extração de lítio levanta preocupações também a vários níveis:

- Elevado consumo e poluição de cursos d'água;
- Impactos nas áreas vizinhas em termos de biodiversidade e contaminação química.

“O lítio é obtido através de um processo de evaporação, que requer dois milhões de litros de água por tonelada de mineral extraído. Parte é salgada, o que significa que a água é inadequada para consumo humano. Ao usar tanta água, os aquíferos subterrâneos de água doce podem ser afetados” [9].

Existe também danos potenciais para a biodiversidade em algumas áreas já aprovadas para mineração na América do Sul, de acordo com entidades locais, como é observável na página electrónica da *Fundación Ambiente Y Recursos Naturales - FARN* [10].

A Figura 6 esquematiza as diferenças dos dois processos produtivos, a partir de Minérios de Rocha e Salmoura, exemplificando igualmente as diferenças dos impactes que se podem observar num e noutro processo.

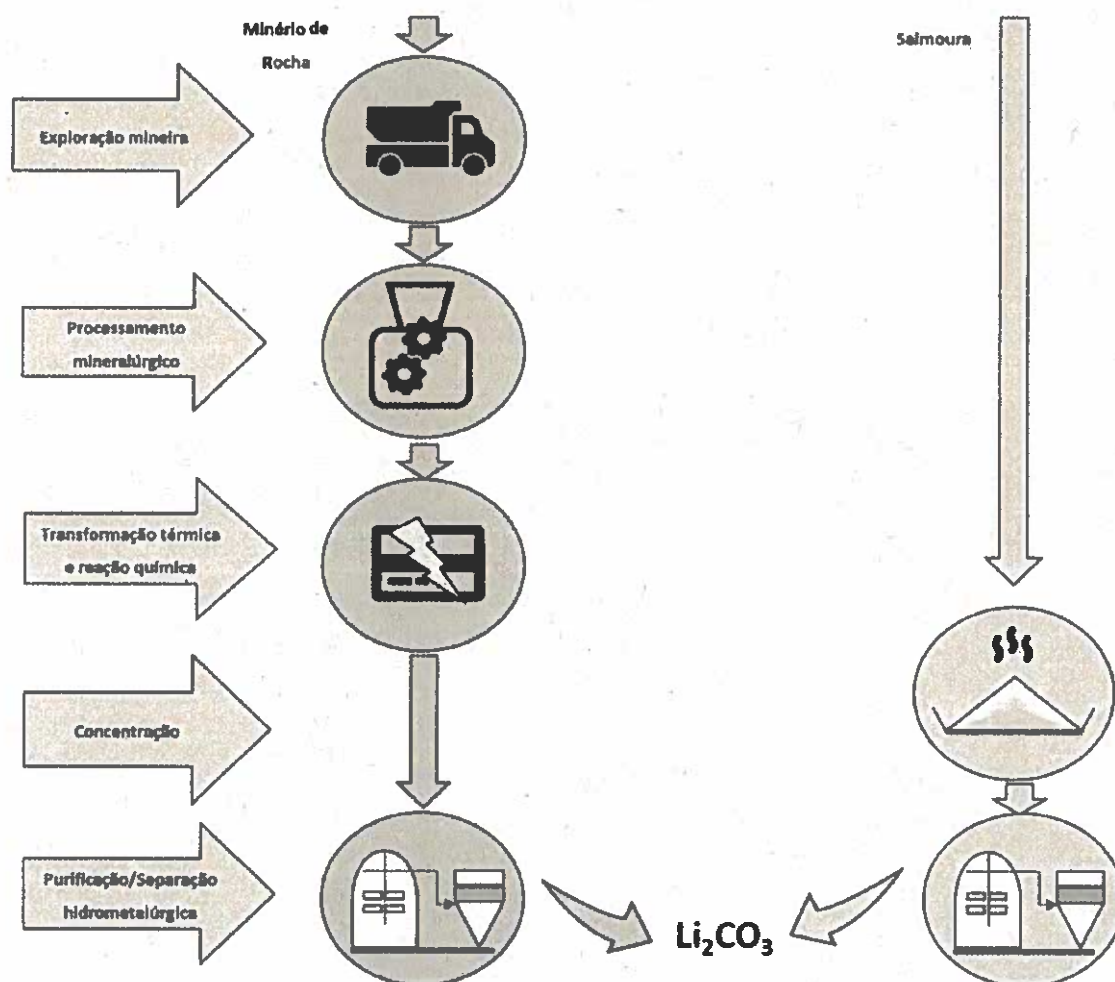


Figura 6 - Comparação dos processos de recuperação de lítio de minérios de rocha e de salmouras: etapas fundamentais. (adaptado de LNEG) [18]

4. METAS DE REDUÇÃO DE EMISSÕES DE CO₂ EM PORTUGAL

No Acordo de Paris, em vigor desde 4 de novembro de 2016, e rectificado por Portugal a 30 de setembro de 2016, ficou estabelecido o objetivo mundial de limitar o aumento da temperatura média global a menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais e prosseguir esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C, reconhecendo que tal medida reduzirá significativamente os riscos e impactos das alterações climáticas ^[11].

O Governo de Portugal, apresentou a 28 de Janeiro de 2019 em sessão pública ^[12] o **PNEC 2030 | Plano Nacional Energia-Clima** ^[13], plano este que estabelece as linhas de atuação para o horizonte 2021-2030 no sentido de alcançar a neutralidade de emissões de GEE até final da primeira metade do século.

· VISÃO ESTRATÉGICA PNEC 2030

Promover a DESCARBONIZAÇÃO da economia e a TRANSIÇÃO ENERGÉTICA visando a NEUTRALIDADE CARBÓNICA em 2050, enquanto oportunidade para o país, assente num modelo democrático e justo de coesão territorial que potencie a geração de riqueza e uso eficiente de recursos" ^[12, 13]

4.1. Objectivos e Metas do PNEC 2030

A visão estratégica do PNEC 2030 define 8 objectivos para Portugal para o horizonte 2030 para a concretização da estratégia das cinco dimensões do plano, sendo que cada objetivo pode contribuir para mais do que uma dimensão.

OBJETIVOS NACIONAIS DO PNEC 2030

- Descarbonização da economia nacional
- Dar prioridade à eficiência energética
- Reforçar a aposta nas energias renováveis e reduzir a dependência energética do país
- Garantir a segurança no abastecimento
- Promover a mobilidade sustentável
- Promover uma agricultura sustentável e potenciar o sequestro de carbono
- Desenvolver uma indústria inovadora e competitiva
- Garantir uma transição justa, democrática e coesa ^[13]

Sinteticamente, as cinco dimensões do PNEC 2030 são a *Descarbonização, Eficiência Energética, Segurança no Abastecimento, Mercado Interno e a Investigação, Inovação e Competitividade* [13].

Tal como é reconhecido no PNEC 2030, "alcançar a neutralidade carbónica em 2050, que implica uma redução de emissões para 2040 de -65% a -75% e para 2050 de -85% a -90% face aos níveis de 2005, representa um conjunto de desafios verdadeiramente transformacionais do modo como se encaram alguns dos aspetos mais determinantes da vida em sociedade, em particular no que diz respeito aos padrões de produção e consumo, à relação com a produção e utilização de energia, à forma como se pensam as cidades e os espaços de habitação, trabalho e lazer à forma como nos deslocamos e como se encaram as necessidades de mobilidade" [13].

Neste contexto, o plano define diversas metas de redução de emissões de CO_{2e} face ao anos de 2005, que importa ter presente e que o quadro da Figura 7 e o Gráfico 1 identificam.

	RESULTADOS 2016	META 2020	META 2030
 EMISSÕES GEE 2030 ¹	-22%	-18% a -23%	-45% a -55%
 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ²	23%	25%	35%
 RENOVÁVEIS	28,5%	31%	47%
 RENOVÁVEIS NOS TRANSPORTES	7,5%	10%	20%
 INTERLIGAÇÕES ELÉTRICAS	8%	10%	15%

Figura 7 - Metas de Portugal em Matéria de Energia e Clima [12]

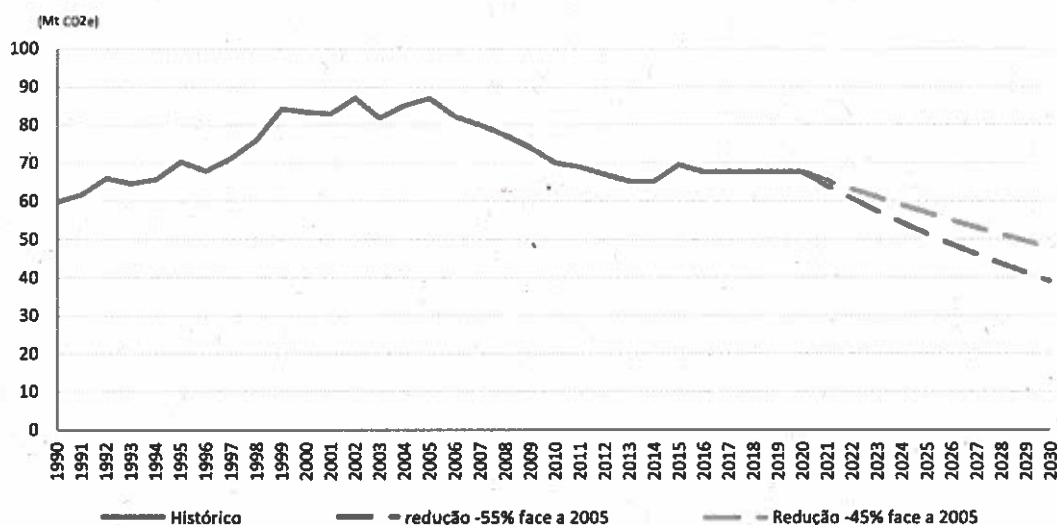


Gráfico 1 - Evolução das emissões de gases com efeito de estufa no horizonte 2030 (Mt CO_{2e}) [12]

O PNEC 2030, faz uma atribuição sectorial das metas globais preconizadas para o país, quer ao nível do serviços, eficiência energética, incorporação de renováveis no consumo de energia final, transportes, entre outros.

Por último, no sentido de agilizar os objetivos do plano, são definidas um total de 86 linhas de atuação para cada conjunto dos 8 objetivos nacionais.

4.2. Evolução nacional das emissões de CO₂

No âmbito nacional, os objectivos definidos no PNEC 2030, exigem que seja assegurada uma trajetória de redução das emissões nacionais de gases com efeito de estufa de forma a alcançar metas de -18% a -23% em 2020 (68-72Mt CO_{2e}) e de -30% a -40% (52,7-61,5Mt CO_{2e}) em 2030, em relação a 2005, garantindo o cumprimento dos compromissos nacionais de mitigação e colocando Portugal em linha com os objetivos europeus e internacionais ^[11].

De acordo com o **Relatório de Inventário Nacional Português Sobre Gases de Efeito de Estufa 1990-2017**, apresentado à convenção-quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas e o Protocolo de Quioto ^[14], “em 2017, as emissões totais portuguesas de gases com efeito de estufa, incluindo o CO₂ indireto, sem uso da terra, mudança do uso da terra e florestas (LULUCF) foram estimadas em cerca de 70,7Mt CO_{2e}, representando um aumento de 19,5% em relação aos níveis de 1990 e uma diminuição de 7,0% em relação ao ano anterior (2016)”.

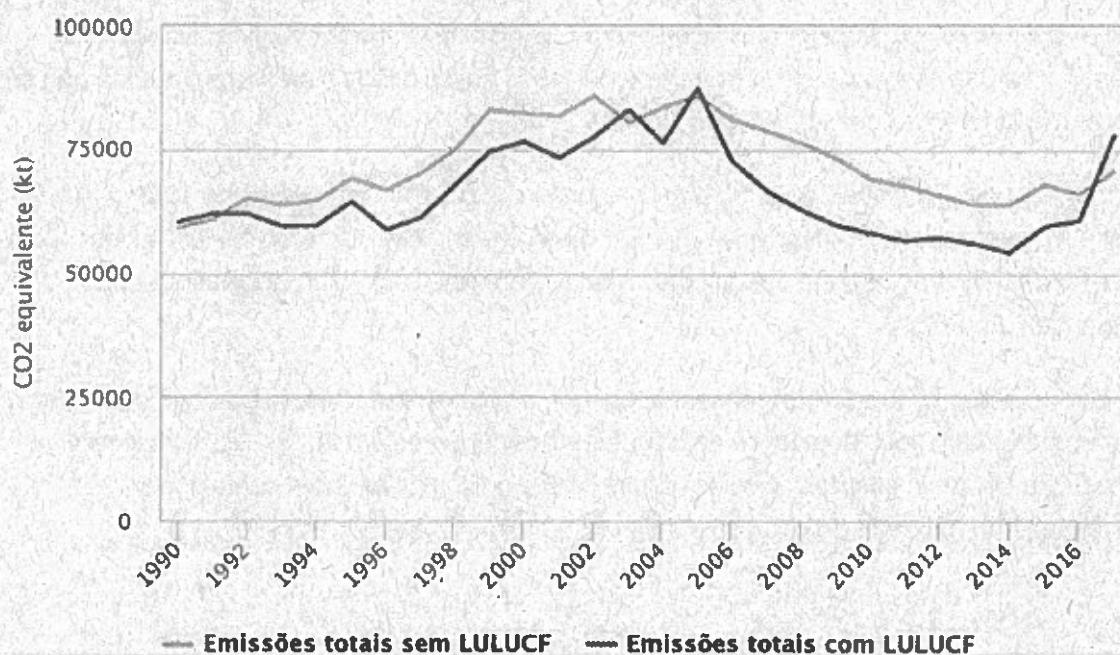


Gráfico 2 - Submissão do inventário nacional realizada em abril/maio de 2019 à União Europeia e à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas ^[11]

Ainda de acordo com o mesmo documento ^[14], se for considerado o setor LULUCF, o total de emissões em 2017 é estimado em 78,0Mt CO_{2e}, correspondendo a um aumento de 29,2% em relação a 1990 e um incremento de +28,5% face a 2016. Este crescimento acentuado está relacionado com os incêndios florestais ocorridos no ano de 2017, situação associada a um ano particularmente seco, às altas temperaturas verificadas que ocorreram fora do período normal de verão (os maiores incêndios florestais ocorreram em junho e outubro), e a ventos invulgarmente fortes, como o furacão Ofélia que varreu a costa da Península Ibérica em outubro de 2017.

Contudo, alguns dados publicados pelo gabinete de estatísticas da União Europeia (Eurostat) mostram que existem motivos de preocupação em relação às emissões de CO₂ provenientes de sectores específicos, mais concretamente em relação ao sector do consumo de energia.

As emissões de Portugal representam 1,4% do total da UE, sendo a Alemanha o país com maior peso percentual (23%) e Malta com o menor (0,05%) ^[15].

Portugal, em 2017, observou o quinto maior aumento de emissões de dióxido de carbono (CO₂) provenientes do consumo de energia face ao ano anterior, mais concretamente, em Portugal verificou-se um aumento de 7,3% de emissões de CO₂ provenientes do uso de combustíveis fósseis, sendo a média da União Europeia (UE) 1,8%.

De acordo com a Agência Europeia do Ambiente (EEA - European Environment Agency) ^[16], pelo segundo ano consecutivo, as emissões de dióxido de carbono (CO₂) na Europa e na Islândia relativas às vendas de carros de passageiros novos e SUV's cresceram, sendo que em 2018 atingiram uma média de 120,4g CO₂/km.

Os modelos SUV registradas na UE e na Islândia em 2018 emitiram em média 158,1g CO₂/km, o que representa mais 2,0g do que em 2017. Esse é o primeiro aumento nas emissões médias de CO₂ de SUV's desde que o regulamento entrou em vigor em 2011, após um queda acentuada em 2017 ^[16].

Os dados publicados pela EEA referem ainda que os principais factores que contribuem para o aumento das emissões dos novos automóveis de passageiros em 2018, são a crescente proporção do segmento dos veículos utilitários desportivos (SUV), bem como a lenta penetração no mercado de veículos com emissões zero ou baixas emissões.

5. METODOLOGIA

No presente estudo, a metodologia de cálculo adoptada para estimar as emissões de CO₂ tem na sua base três eixos.

Cada um destes eixos tem na sua génese documentos oficiais com informação oficial (I e III), e a recolha de dados de campo em tempo real (II), sendo que isso confere uma forte base prática à metodologia.

5.1. Identificação dos Eixos Metodológicos

I. Análise de Planos de Lavra

Foram analisados três planos de lavra referentes a três minas propostas para exploração de lítio.

Registaram-se os elementos relacionados com a tipologia e quantidade de equipamentos propostos para laboração das minas.

Igualmente, foram registados outros elementos que se consideraram relevantes para o estudo em causa, tais como, áreas, tempo útil de vida, tipologia de exploração e/ou processo de beneficiação do lítio.

Os Planos de Lavra (e documentos complementares) analisados estão disponíveis na página electrónica da APA - Agência Portuguesa do Ambiente (<http://www.apambiente.pt>), e são:

- ▶ Mina de Sepeda [17, 18]
- ▶ Mina do Barroso [19, 20]
- ▶ Mina da Argemela [21, 22]

A análise e levantamento dos Planos de Lavra encontra-se disponível no Anexo I.

II. Cálculo da estimativa de emissões de CO₂, (CO e HC) associadas aos planos de lavra

- a. Com recurso ao estudo "*Modeling Emissions of Construction and Mining Equipment*" [23] realizado pela *School of Civil and Environmental Engineering, University of New South Wales*, foi possível estimar as emissões de CO₂ (CO e HC) emitidas pelos equipamentos de construção e mineração;

Os investigadores identificaram inicialmente os parâmetros que afetam as emissões, tendo em consideração os dados necessários e as mais recentes

tecnologias disponíveis no mercado, implementando um sistema de instrumentação abrangente para recolha de dados de campo em tempo real.

Após a recolha dos dados, estes foram analisados e utilizados para efetuar modelação de emissões de acordo com o grau de importância de cada parâmetro recolhido apresentava.

A equação 1 foi concebida para determinar a taxa total de emissão de poluentes com base na carga do motor (AFR) e no volume relativo de poluentes.

$$(1) \quad P_{ij} = AFR_j * \left(\frac{1}{D_a}\right) * V_{ij} * D_i \quad [23]$$

Onde:

P_{ij} Quantidade de poluente i na carga do motor j (g/kWh)

AFR_j Taxa de fluxo de ar na carga do motor j (g/kWh)

V_{ij} Percentagem volumétrica do poluente i na carga do motor

D_a, D_i Densidade do ar e densidade do poluente i em condições normais de temperatura e pressão (NTP)

Nota: NTP - Em condições normais de temperatura e pressão (0°C, 1013 hPa)

O Anexo II transcreve os aspectos de cálculo relevantes do estudo.

- b. No respeitante ao cálculo das emissões provenientes do processo de beneficiação do lítio, efetuou-se uma consulta da página electrónica de uma empresa de referencia de comercialização de energia [24], e com base no ano de referência indicado (2017) para clientes empresariais, considerou-se que as emissões associadas à produção de energia são 268,77 gCO₂/kWh.
- c. No presente estudo, não foi efectuado o calculo relativo à diminuição da capacidade de captura de dióxido de carbono (CO₂) por parte da vegetação que é retirada nas áreas associadas à zona de instalação das minas, o que em alguns casos poderá ser bastante relevante.

Usualmente conhecidas como emissões do setor LULUCF (uso do solo, alteração do uso do solo e floresta), pela bibliografia disponível, é perceptível que o calculo destas emissões é muito influenciado pela tipologia de coberto vegetal que se encontra presente nas áreas alvo.

Neste sentido, não tendo resultado evidente e claro uma caracterização fidedigna e minuciosa dos diversos cobertos vegetais das área afectas à instalação das

minas, julga-se prudente a não inserção deste setor nos cálculos de estimativas de emissões associadas à mineração.

Considera-se que o erro associado ao cálculo seria demasiado significativo.

III. Estimativa de emissões de CO₂ em três cenários

Na base no Levantamento dos pedidos de prospeção e pesquisa de depósitos Lítio 2016-2019 [25] efectuado pela Quercus - Associação Nacional de Conservação da Natureza, é possível realizar projeções para três cenários diferentes.

Foram definidos três cenários:

▶ **Cenário A**

Do número total de pedidos de prospeção e pesquisa de depósitos de Lítio identificados, 10% são aprovados e entram em fase de exploração.

▶ **Cenário B**

Do número total de pedidos de prospeção e pesquisa de depósitos de Lítio identificados, 15% são aprovados e entram em fase de exploração.

▶ **Cenário C**

Do número total de pedidos de prospeção e pesquisa de depósitos de Lítio identificados, 20% são aprovados e entram em fase de exploração.

5.2. Pressupostos

Identificados os eixos metodológicos anteriores, é necessária a assunção de pressupostos que permitam a realização da estimativa de emissões.

Os pressuposto em causa são definidos com base na definição de potência dos equipamento a utilizar na mineração (Tabela 1) bem como o cronograma/escala de lavra dos trabalhos a desenvolver (Tabela 2).

Para a definição destes pressupostos foi efectuada pesquisa sobre os “equipamentos tipo” identificados nos planos de lavra das minas, em marcas de referência do mercado.

Do mesmo modo, uma vez que se verificou que nos três planos de lavra analisados, a informação disponibilizada não era homogénea em relação ao cronograma/escala de lavra, procedeu-se a uma homogeneização da condução e desenvolvimento dos trabalhos a serem realizados nas minas.

Tabela 1 - Definição de potência dos equipamento a utilizar na mineração

EQUIPAMENTO	POTÊNCIA		REFERÊNCIAS
	KW	HP	
<i>Minerador de superfície</i>	447,4	600	Vermeer T1255
<i>Wagon-drill</i>	402	539	Atlas Copco ROC L8(30)
<i>Pás Carregadoras frontais (Front shovel)</i>	2 236	2 996	Hudraulic Mining Shovels CAT 6060/6060 FS
<i>Escavadoras giratórias</i>	322	438	352F XE - Hydraulic Excavator
<i>Dumpers</i>	758	1 016	777E - Off-Highway Truck
<i>Camião de rega de caminhos</i>	300	-	Tatra - Mining Trucks 6x6 ONE-WAY TIPPER
<i>Bulldozers</i>	538	722	D10T2
<i>Motoniveladora</i>	227	304	CAT 18M3
<i>Moinhos de Rolos</i>	3 000	4 023	Metso HRC HPGR 2400
<i>Moinhos de Bolas</i>	4 474	6 000	Metso Ball Mills
<i>Britador de Maxilas</i>	400	500	Nordberg® C200™ jaw crusher
<i>Britador cónico</i>	315	400	Metso MX4
<i>Crivos</i>	30	-	Metso VG745-3V

A análise dos planos de lavra e respectivo levantamento dos aspectos com relevância para a determinação e cálculo das emissões associadas às minas anteriormente identificadas, está consultável no Anexo I.

No que diz respeito às emissões provenientes de camiões de “uso comum”, que serão utilizados para as deslocações entre as Minas e os locais de encaminhamento do minério refinado (terminais de porto de mar, aeroporto e/ou terminal de caminho de ferro) para outras zonas do mundo para tratamento final, assume-se como referência a dissertação intitulada *Desempenho ambiental do transporte rodoviário pesado em Portugal* [27].

Na página 78 da dissertação [27], a leitura da Figura 4.4 Emissões de gases com efeito de estufa ao longo do ciclo de vida em pesados de mercadorias, para a Classe 34-40t (articulado) as emissões totais calculadas são 170,13g CO_{2eq}/tKm.

Tabela 2 - Definição de cronograma/escala de lavra dos trabalhos de mineração

ASPECTO	PRESSUPOSTO LÓGICO
Equipamento móvel	Pressupõe-se para as três minas alvo do estudo, a mesma metodologia de desenvolvimento dos trabalhos de mina. Assim, tendo em consideração o que é descrito no Plano de Lavra da Mina do Barroso (Anexo I) considera-se que todas as minas laboram sob um regime de:
	<ul style="list-style-type: none"> • 24h por dia
	<ul style="list-style-type: none"> • Em regime de três turnos diários de 8 horas
	<ul style="list-style-type: none"> • Por cada turno os equipamentos trabalham 6 horas efectivas, o que representam um total de 18 horas em trabalho em cada dia
	<ul style="list-style-type: none"> • Para paragens de manutenção, considera-se 5% dos dias do ano, a que correspondem = 19 dias
Beneficiação do lítio	<ul style="list-style-type: none"> • 365 - 19 = 346 dias de laboração
	Considera-se que os equipamentos funcionam com energia eléctrica. Dado os elevados consumos estimados de energia eléctrica, uma qualquer fração de energia de auto consumo será pouco significativa, pelo que se considera que toda a energia consumida será adquirida a empresa da especialidade.
	<ul style="list-style-type: none"> • Assim, após consulta da página electrónica da EDP [24] relativamente ao ano de 2017, para clientes empresariais, as emissões associadas à produção de energia são 268,77 gCO₂/kWh (0,26877 kgCO₂/kWh)
Fator de conversão	Após contabilização dos consumos dos equipamentos identificados na Tabela 1, aplica-se um fator de 1,15 em consideração aos consumos dos restantes equipamentos da unidade de beneficiação de lítio (passadeiras rolantes e outros equipamento)
	1 Hp = 745,699872W = 0,745699872kW
Mina de Sepeda (1)	No plano de lavra "prevê-se que veículos pesados realizem viagens diárias" entre as zonas definidas. Assim, procedeu-se a uma medição das distâncias com recurso a uma ferramenta online, o <i>Google Maps</i> .
	<ul style="list-style-type: none"> • Circulação entre Bloco B e a Zona Industrial é de 11,4km
	<ul style="list-style-type: none"> • Circulação entre Bloco A e a Zona Industrial é 5,7km
	Foi calculado o número de viagens a realizar por dia, na base da produção anual estimada, obtendo-se o valor de 128 ⁽²⁾ descargas/viagens entre os pontos de extração (A e B) e a Zona Industrial.
	<ul style="list-style-type: none"> • Assumiu-se que para o transporte do minério, cada camião transporte 26t em cada viagem
	<ul style="list-style-type: none"> • A tipologia do camião assumida é um semi-reboque de 4 eixos, 38t (tara de 12t) [26]
	Nas deslocações entre mina e entrepostos de encaminhamento do minério refinado para terminais de porto/aeroporto/caminho de ferro
	<ul style="list-style-type: none"> • A tipologia do camião assumida é um semi-reboque de 5 eixos 44t (tara de 14t) [26]

ASPECTO	PRESSUPOSTO LÓGICO
Mina de Sepeda e Barroso ⁽¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> Assumiu-se que para o transporte do minério, cada camião transporta 30t em cada viagem <p>Foi calculado o número de viagens a realizar por dia, na base da produção anual estimada, obtendo-se o valor de 22⁽²⁾ viagens por dia da Mina do Barroso e até 25⁽²⁾ viagens por dia da Mina de Sepeda</p> <ul style="list-style-type: none"> Deslocação é de $\approx 170km$ Distância entre Mina e o porto de Leixões é de 274km
Mina da Argemela ⁽¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> Assumiu-se o mesmo tipo de camião das Minas de Sepeda e Barroso <p>Foi calculado o número de viagens a realizar por dia, na base da produção anual estimada, obtendo-se o valor de 22 ⁽²⁾ viagens por dia.</p>

¹ Consultar Anexo III - Demonstração e Cálculos Auxiliares aos Pressupostos

² Referência de cálculo é a Mina do Barroso

6. TRATAMENTO DE DADOS

O tratamento dos dados considerados neste estudo tem ponto de partida no uso dos dados recolhido nos três Planos de Lavra das minas (Anexo I), aos quais se aplica a formula (1).

Neste contexto, construiu-se a Tabela 3, onde foram definidas três variações possíveis para os parâmetros analisados, mais concretamente, variação mínima, máxima e o valor médio.

Tabela 3.- Variação dos parâmetros analisados

PARÂMETROS	VARIACÃO			
	MÍNIMO	MÉDIA	MÁXIMO	UNIDADES
Carga do Motor	20	53	85	%
AFR _i	100	800	1 500	g/kWh
CO ₂	60 000	130 000	200 000	ppm
	6	22	37	%
Volume relativo (V _i)	30	17	4	ppm
	CO	0,0030	0,0017	0,0004
HC	27	15	2,5	ppm
	0,0027	0,001475	0,00025	%
D	Ar	1,2922		kg/m ³
	CO ₂	1,98		kg/m ³
	CO	1,25		kg/m ³
	HC	0,999		kg/m ³

Aplicando a equação 1 às variações lógicas dos parâmetros definidos na Tabela 3, obtém-se a Tabela 4, com as emissões produzidas pelo motor do equipamento tipo de uma mina (ou construção) por poluente (CO₂, CO e HC), mais concretamente, determina-se a quantidade de poluente emitido por potência de motor por hora (g/kWh), tendo em consideração a carga do motor, mínima (*ralenti*), média ou máxima (%).

Tabela 4 - Estimativa de emissões de acordo com as diferentes cargas de motor (g/kWh)

CARGA DE MOTOR (%)	CO ₂ (g/kWh)			CO (g/kWh)			HC (g/kWh)		
	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.	Mín.	Méd.	Máx.
20	919,4	3 294,4	5 669,4	0,290	0,164	0,039	0,209	0,114	0,019
53	7 354,9	26 355,1	45 355,2	2,322	1,316	0,310	1,670	0,912	0,155
85	13 790,4	49 415,7	85 041,0	4,353	2,467	0,580	3,131	1,710	0,290

A Tabela 5, faz a conversão da Tabela 4 de g/kWh para kg/kWh.

Tabela 5 - Estimativa de emissões de acordo com as diferentes cargas de motor (kg/kWh)

CARGA DE MOTOR (%)	CO ₂ (kg/kWh)			CO (kg/kWh)			HC (kg/kWh)		
	MÍN	MÉD	MÁX	MÍN	MÉD	MÁX	MÍN	MÉD	MÁX
20	0,92	3,29	5,67	2,902E-04	1,644E-04	3,869E-05	2,087E-04	1,140E-04	1,933E-05
53	7,35	26,36	45,36	2,322E-03	1,316E-03	3,095E-04	1,670E-03	9,123E-04	1,546E-04
85	13,79	49,42	85,04	4,353E-03	2,467E-03	5,804E-04	3,131E-03	1,710E-03	2,899E-04

6.1. Estimativa de emissões por unidade de equipamento

Equipamento móvel (máquinas)

Utilizando os valores da Tabela 5, as definições de potência dos equipamento a utilizar na mineração identificados na Tabela 1, e os pressupostos lógicos definidos na Tabela 2, é possível estimar as emissões (CO₂, CO e HC) que cada equipamento utilizado para a exploração das minas emite durante ao final de um ano de laboração.

Assim, na Tabela 6 está registada a estimativa de emissões de CO₂, CO e HC produzidas ao final de um ano de trabalho para todos os equipamentos identificados em todos os Planos de Lavra das minas, de acordo com a equação 2.

$$(2) \quad E_{inj} = E_{in} * P_j * H_j * d$$

Onde:

E_{inj} Emissões de poluente i , na potência do equipamento j para a carga de motor n (kg/Kwh)

E_{in} Emissões do poluente i para a carga de motor n (kg/kWh) (Tabela 5)

P_j Potência do equipamento j (kW) (Tabela 1)

H_j Número de horas trabalhadas pelo equipamento j num dia (Tabela 2)

d Dias trabalhados num ano (Tabela 2)

Neste ponto é importante referir que, para cada equipamento identificado na Tabela 1, foram consultadas as especificações técnicas disponibilizadas online pela marca de referência do mercado adoptada para a realização deste estudo.

NOTA

Os catálogos em causa, não fazendo parte das referências indicadas no capítulo Referências. Contudo, os mesmos podem ser solicitados directamente à Quercus - Associação Nacional de Conservação da Natureza via correio electrónico.

Tabela 6 - Estimativa de emissões por equipamento, por ano, com as diferentes cargas de motor

EQUIPAMENTO	CARGA DE MOTOR (%)	CO ₂ (kg)			CO (kg)			HC (kg)		
		MÍN.	MÉD.	MÁX.	MÍN.	MÉD.	MÁX.	MÍN.	MÉD.	MÁX.
Minerador de superfície	20	2,56E+06	9,18E+06	1,58E+07	8,09E+02	4,58E+02	1,08E+02	581,6	317,7	53,9
	53	2,05E+07	7,34E+07	1,26E+08	6,47E+03	3,67E+03	8,63E+02	4 653,0	2 541,9	430,8
	85	3,84E+07	1,38E+08	2,37E+08	1,21E+04	6,87E+03	1,62E+03	8 724,4	4 766,1	807,8
Wagon-drill	20	2,30E+06	8,25E+06	1,42E+07	7,27E+02	4,12E+02	9,69E+01	522,6	285,5	48,4
	53	1,84E+07	6,60E+07	1,14E+08	5,81E+03	3,29E+03	7,75E+02	4 180,8	2 284,0	387,1
	85	3,45E+07	1,24E+08	2,13E+08	1,09E+04	6,18E+03	1,45E+03	7 839,1	4 282,5	725,8
Pás Carregadoras frontais (Front shovel)	20	1,28E+07	4,59E+07	7,90E+07	4,04E+03	2,29E+03	5,39E+02	2 906,8	1 588,0	269,2
	53	1,02E+08	3,67E+08	6,32E+08	3,23E+04	1,83E+04	4,31E+03	23 254,7	12 703,9	2 153,2
	85	1,92E+08	6,88E+08	1,18E+09	6,06E+04	3,44E+04	8,08E+03	43 602,5	23 819,9	4 037,3
Escavadoras giratórias	20	6,52E+03	7,29E+03	8,05E+03	6,23E+03	6,23E+03	6,23E+03	6 228,1	6 228,0	6 228,0
	53	8,60E+03	1,47E+04	2,08E+04	6,23E+03	6,23E+03	6,23E+03	6 228,5	6 228,3	6 228,0
	85	1,07E+04	2,21E+04	3,36E+04	6,23E+03	6,23E+03	6,23E+03	6 229,0	6 228,6	6 228,1
Dumpers	20	6,92E+03	8,73E+03	1,05E+04	6,23E+03	6,23E+03	6,23E+03	6 228,2	6 228,1	6 228,0
	53	1,18E+04	2,62E+04	4,06E+04	6,23E+03	6,23E+03	6,23E+03	6 229,3	6 228,7	6 228,1
	85	1,67E+04	4,37E+04	7,07E+04	6,23E+03	6,23E+03	6,23E+03	6 230,4	6 229,3	6 228,2
Camião de rega de caminhos	20	6,50E+03	7,22E+03	7,93E+03	6,23E+03	6,23E+03	6,23E+03	6 228,1	6 228,0	6 228,0
	53	8,43E+03	1,41E+04	1,98E+04	6,23E+03	6,23E+03	6,23E+03	6 228,5	6 228,3	6 228,0
	85	1,04E+04	2,11E+04	3,17E+04	6,23E+03	6,23E+03	6,23E+03	6 228,9	6 228,5	6 228,1
Bulldozers	20	6,72E+03	8,00E+03	9,28E+03	6,23E+03	6,23E+03	6,23E+03	6 228,1	6 228,1	6 228,0
	53	1,02E+04	2,04E+04	3,06E+04	6,23E+03	6,23E+03	6,23E+03	6 228,9	6 228,5	6 228,1
	85	1,36E+04	3,28E+04	5,20E+04	6,23E+03	6,23E+03	6,23E+03	6 229,7	6 228,9	6 228,2
Motoniveladora	20	6,44E+03	6,98E+03	7,51E+03	6,23E+03	6,23E+03	6,23E+03	6 228,0	6 228,0	6 228,0
	53	7,90E+03	1,22E+04	1,65E+04	6,23E+03	6,23E+03	6,23E+03	6 228,4	6 228,2	6 228,0
	85	9,36E+03	1,74E+04	2,55E+04	6,23E+03	6,23E+03	6,23E+03	6 228,7	6 228,4	6 228,1

Equipamento de beneficição de lítio

Relativamente aos equipamentos de beneficição do lítio, o cálculo da estimativa das emissões associadas foi efetuado, tendo igualmente em consideração os pressupostos assumidos nas Tabelas 1 e 2.

Na Tabela 7, encontram-se registadas as estimativas de emissões de CO₂ associadas ao funcionamento do equipamento de beneficição de lítio, produzidas ao final de um ano de trabalho pelos equipamentos mais representativos do processo de beneficição identificados em todos os Planos de Lavra das minas, de acordo com a equação 3.

$$(3) \quad E_j = E_i * P_j * H_j * d$$

Onde:

- E_j Emissões de CO₂, na potência do equipamento j (kg/Kwh)
- E_i Emissões de CO₂ associadas á produção de energia (kg/kWh) (Tabela 2)
- P_j Potência do equipamento j (kW) (Tabela 1)
- H_j Número de horas trabalhadas pelo equipamento j num dia (Tabela 2)
- d Dias trabalhados num ano (Tabela 2)

Tabela 7 - Estimativa de emissões associadas aos equipamentos de beneficiação do lítio, ao final de um ano

EQUIPAMENTO	CO ₂ (kg)
<i>Moinhos de Rolos</i>	5,02E+06
<i>Moinhos de Bolas</i>	7,49E+06
<i>Britador de Maxilas</i>	6,70E+05
<i>Britador cónico</i>	5,27E+05
<i>Crivos</i>	5,02E+04

Deslocações de camiões

As deslocações consideradas no presente cálculo, são as deslocações identificadas nos Planos de Lavra, quer as que dizem respeito a deslocações entre centros de exploração e centros de beneficiação de lítio (como é o caso da Mina de Sepeda), quer as deslocações entre as minas e os terminais de encaminhamento do minério refinado, mais concretamente terminal de porto de mar, o aeroporto, ou o caminho de ferro.

A Tabela 8 reflete as estimativas calculadas com recurso à equação 4, que devolve o valor referente às emissões associadas às deslocações dos camiões, para cada mina analisada.

$$(4) \quad E_{ij} = E_i * D * N_M * T * d$$

Onde:

- E_{ij} Emissões de CO₂ associadas às deslocações (kg/Kwh)
- E_i Emissões de CO_{2eq} associadas à circulação de camiões (kg/kWh) (Tabela 2)
- D Distância do percurso a percorrer pelos camiões (kW) (Tabela 2)
- N_M Número de viagens por dia associadas à mina (Tabela 2)
- T Peso do camião a cada viagem (t) (Tabela 2)
- d Dias trabalhados num ano (Tabela 2)

Tabela 8 - Estimativa de emissões associadas à circulação de camiões, ao final de um ano

CIRCULAÇÃO DE CAMIÕES		g CO _{2eq}			Kg CO _{2eq}
		EM VAZIO	EM CARGA	TOTAL	
	<i>Bloco A - Zona Industrial</i>	5,2E+08	1,6E+09	2,1E+09	2,15E+06
<i>Sepeda</i>	<i>Bloco B - Zona Industrial</i>	1,0E+09	3,3E+09	4,3E+09	4,29E+06
	<i>Mina - Terminal</i>	3,50E+09	1,10E+10	1,5E+10	1,45E+07
<i>Barroso</i>	<i>Mina - Terminal</i>	3,08E+09	9,69E+09	1,3E+10	1,28E+07
<i>Argemela</i>	<i>Mina - Terminal</i>	4,97E+09	1,56E+10	2,1E+10	2,06E+07

6.2. Estimativa de emissões associadas às minas

Os valores estimados e apresentados nas Tabelas 6, 7 e 8, conjugados com o levantamento sintetizado na Tabela do Anexo I, tornou possível estimar as emissões de CO₂ e CO_{2eq} apresentados na Tabela 9, associadas a cada uma das minas analisadas no presente estudo, mais concretamente, Mina de Sepeda, Mina do Barroso e Mina da Argemela.

Na Tabela 9, refletem-se os resultados obtidos através do uso da equação 5, que devolve o valor a estimativa global de emissões de CO₂ associadas a cada mina.

$$(5) \quad E_{Tn} = (N_i * E_{In}) + (N_i * E_{In})_{(n+1)}$$

Onde:

E_{Tn} Emissões totais de CO₂ associadas à mina para a carga de motor n

N_i Número de equipamentos i identificados no Plano de Lavra (Tabela de Anexo 1)

E_{In} Emissões de CO₂ do equipamento i para a carga de motor n (Tabela 6, 7 e 8)

Tabela 9 - Estimativa de emissões de CO₂ e CO_{2eq} por ano, para as Minas de Sepeda, Barroso e Argemela

MINA	CARGA DE MOTOR (%)	KG CO ₂ ASSOCIADO À LABORAÇÃO			KG CO _{2eq} POR ANO CIRCULAÇÃO DE CAMIÕES
		MÍN.	MÉD.	MÁX.	
Sepeda	20	6,24E+07	1,75E+08	2,87E+08	2,10E+07
	53	3,67E+08	1,27E+09	2,17E+09	
	85	6,72E+08	2,36E+09	4,05E+09	
Barroso	20	1,03E+08	3,19E+08	5,35E+08	1,28E+07
	53	6,89E+08	2,42E+09	4,15E+09	
	85	1,27E+09	4,52E+09	7,76E+09	
Argemela	20	7,47E+07	2,19E+08	3,63E+08	2,06E+07
	53	4,65E+08	1,62E+09	2,77E+09	
	85	8,56E+08	3,02E+09	5,18E+09	

MINA	CARGA DE MOTOR (%)	TON CO ₂ ASSOCIADO À LABORAÇÃO			- TON CO _{2eq} POR ANO CIRCULAÇÃO DE CAMIÕES
		MÍN.	MÉD.	MÁX.	
Sepeda	20	62 414	174 894	287 375	20 952
	53	367 200	1 267 042	2 166 885	
	85	671 985	2 359 190	4 046 396	
Barroso	20	102 630	318 938	535 246	12 769
	53	688 755	2 419 217	4 149 680	
	85	1 274 879	4 519 497	7 764 115	
Argemela	20	74 703	218 914	363 124	20 581
	53	465 467	1 619 153	2 772 838	
	85	856 232	3 019 392	5 182 552	
		MT CO ₂ ASSOCIADO À LABORAÇÃO			
Sepeda	20	0,062	0,175	0,287	0,0210
	53	0,367	1,267	2,167	
	85	0,672	2,359	4,046	
Barroso	20	0,103	0,319	0,535	0,0128
	53	0,689	2,419	4,150	
	85	1,275	4,519	7,764	
Argemela	20	0,075	0,219	0,363	0,0206
	53	0,465	1,619	2,773	
	85	0,856	3,019	5,183	

Com base na Tabela 9, é possível identificar o valor médio estimado de emissões de CO₂ e CO_{2eq} associadas a cada mina.

A Tabela 10, resume os valores totais médios estimados de emissões de CO₂ e CO_{2eq} associadas às Minas de Sepeda, Barroso e Argemela.

Tabela 10 - Valores médios estimados de emissões por cada Mina num ano de laboração

MINA	CARGA DE MOTOR (%)	CO ₂			CO _{2eq}		
		Kg	TON	MT	Kg	TON	MT
Sepeda	53	1,27E+09	1 267 042	1,267	2,10E+07	20 952	0,0210
Barroso	53	2,42E+09	2 419 217	2,419	1,28E+07	12 769	0,0128
Argemela	53	1,62E+09	1 619 153	1,619	2,06E+07	20 581	0,0206
TOTAL		5,31E+09	5 305 413	5,305	5,43E+07	54 302	0,0543
MÉDIA		1,77E+09	1 768 471	1,768	1,81E+07	18101	0,0181

De modo a perceber-se o impacto total de cada mina durante o respectivo tempo de vida útil, através da Tabela 10 e da Tabela do Anexo I, foi possível estimar a quantidade concreta de emissões de CO₂ e CO_{2eq}.

A Tabela 11, quantifica assim o impacte total de cada mina durante o respectivo tempo máximo de vida útil, relativamente às emissões de CO₂ e CO_{2eq}.

Tabela 11 - Impacte total estimado de cada mina durante o seu tempo máximo de vida útil

MINA	CARGA DE MOTOR (%)	CO ₂			CO _{2eq}		
		KG	TON	MT	KG	TON	MT
Sepeda	53	3,29E+10	3,29E+07	32,94	5,45E+08	544 762	0,54
Barroso	53	5,56E+10	5,56E+07	55,64	2,94E+08	293 687	0,29
Argemela	53	3,24E+10	3,24E+07	32,38	4,12E+08	411 612	0,41
	TOTAL	1,21E+11	1,21E+08	120,97	1,25E+09	1 250 061	1,25

6.3. Desenvolvimento de Cenários Futuros

A Quercus - Associação Nacional de Conservação da Natureza, publicou em Julho de 2019 um *Levantamento dos pedidos de prospeção e pesquisa de depósitos Litio 2016-2019* [25], onde foi possível concluir que (entre outros aspectos) foram solicitados 50 pedidos de atribuição de direitos de prospeção e pesquisa de depósitos minerais de lítio, com a distribuição identificada na Tabela 12.

Tabela 12 - Número de pedidos e áreas consideradas [25]

	ANOS				TOTAL
	2019	2018	2017	2016	
N.º de requerimentos	22	1	5	22	50
Área total identificada nos requerimentos (km ²)	6 926,2	111,4	370,4	1 896,3	9 304,3
Área média por requerimento (km ²)	314,826	111,399	74,084	86,196	

Deste modo é possível conhecer em concreto o número de pedidos de atribuição de direitos de prospeção e pesquisa de depósitos de minerais de lítio, possibilitando e tornando exequível a concessão de cenários futuros, sob a perspectiva de eventuais aprovações e concessão de *Licença Exploração de Depósitos Minerais de Litio e Minerais Associados*, como a que já existe para a região de Montalegre [28].

Três cenários para o futuro

Neste contexto, foram definidos três cenários futuros - Cenário A, B e C - de acordo com a descrição efectuada no Capítulo 5 - Metodologia, que se resume:

- ▶ Cenário A - 10% dos pedidos são aprovados e seguem para exploração;
- ▶ Cenário B - 15% dos pedidos são aprovados e seguem para exploração;
- ▶ Cenário C - 20% dos pedidos são aprovados e seguem para exploração.

Considerando que as minas que forem eventualmente aprovadas e entrarem em fase de exploração terão um Plano de Lavra genericamente semelhante ao das minas analisadas no presente estudo, com equipamento semelhante em tipo e em número, é possível estimar valores médios de emissões em acumulado, com recurso aos valores médios obtidos na Tabela 10.

Considera-se também que a vida útil das explorações mineiras é a média dos tempos máximos de vida útil das Minas de Sepeda, Barroso e Argemela, ou seja, 23 anos.

A Tabela 13 regista a estimativa de emissões anuais de CO₂ e CO_{2eq}, associadas aos diferentes cenários traçados. A quantidade de minas aprovadas em cada cenário, pode ser consultado no Anexo III.

CENÁRIOS	CO ₂			CO _{2eq}		
	Kg	TON	MT	Kg	TON	MT
A	8,84E+09	8,84E+06	8,84	9,05E+07	9,05E+04	0,09
B	1,41E+10	1,41E+07	14,15	1,45E+08	1,45E+05	0,14
C	1,77E+10	1,77E+07	17,68	1,81E+08	1,81E+05	0,18

Tabela 13 - Estimativa de emissões associadas a um ano de laboração dos diferentes cenários
A Tabela 14 regista a estimativa de emissões de CO₂ e CO_{2eq}, associadas aos diferentes cenários traçados, durante o tempo médio de vida útil, 23 anos.

CENÁRIOS	CO ₂			CO _{2eq}		
	Kg	TON	MT	Kg	TON	MT
A	2,03E+11	2,03E+08	203,37	2,08E+09	2,08E+06	2,08
B	3,25E+11	3,25E+08	325,40	3,33E+09	3,33E+06	3,33
C	4,07E+11	4,07E+08	406,75	4,16E+09	4,16E+06	4,16

Tabela 14 - Estimativa de emissões associadas ao tempo médio de de vida útil

6.4. Impacte nos Objectivos e Metas do PNEC 2030

A determinação do impacte das estimativas de emissões associadas às minas nos objectivos e metas do **PNEC 2030 | Plano Nacional Energia-Clima** ^[13], passa por perceber a magnitude e proporção das emissões determinadas nos cenários anteriores em relação às metas preconizadas pelo PNEC 2030.

A Tabela 15, sintetiza a estimativa realizada no Inventário Nacional de Emissões de 2019 e as Metas preconizadas no PNEC ^[11, 12].

Tabela 15 - Inventário e Metas PNEC de emissões

	INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES		METAS PNEC			
	2005	2017	2020		2030	
			-18%	-23%	-30%	-40%
Emissões Mt CO _{2eq}	85,8	70,7	72	68	61,5	52,7

De acordo com os objectivos e metas com que Portugal se comprometeu, é possível estimar o valor médio anual de redução de Mt CO_{2e} a cada ano, no sentido de assegurar que os objectivos e metas PNEC são atingidos.

A Tabela 16 faz registo da redução média de emissões de CO_{2e} que são necessárias garantir a cada ano (entre 2020 a 2030).

Tabela 16 - Redução média anual necessária para atingir metas PNEC

MT CO _{2EQ}	INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES		METAS PNEC			
	2005		2020		2030	
			-18%	-23%	-30%	-40%
Emissões	85,8		72	68	61,5	52,7
Média das Metas PNEC			70		57,1	
Redução Média Anual	2,87		1,29			

No sentido de se atingir as metas do PNEC, no pressuposto das metas de 2020 serem alcançadas (o que de acordo com as estimativas de emissões de CO_{2e} inventariadas para 2017 é realizável, Tabela 15), entre 2020 e 2030, a cada ano, é necessário reduzir em média 1,29 Mt CO_{2e}. Sob a perspectiva de 2005, será necessário reduzir 2,87 Mt CO_{2e}.

A Tabela 17, resume as estimativas de emissões nos casos e nos cenários estudados, bem como a média anual de redução de emissões de CO_{2e} (Mt) no sentido de se atingirem as metas assumidas no PNEC 2030.

Tabela 17 - Resumo das estimativas de emissões e de redução nos casos considerados e alvo de análise

MINA	ESTIMATIVA DE INCREMENTO ANUAL DE EMISSÕES DE CO _{2EQ} (MT)	REDUÇÃO MÉDIA ANUAL DE EMISSÕES DE CO _{2EQ} (MT) PARA ATINGIR META PNEC	
		2005	2020
Sepeda	1,29		
Barroso	2,43		
Argemela	1,64		
MÉDIA	1,79		
CENÁRIOS		-2,87	-1,29
A	8,93		
B	14,29		
C	17,87		

7. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

O presente capítulo destina-se à reflexão e discussão dos resultados obtidos no capítulo anterior - tratamento de dados e resultados. É necessário discutir e refletir sobre os resultados, no sentido de sistematizar e apresentar conclusões do trabalho desenvolvido.

A Discussão de Resultados está organizada sobre a mesma sistematização do capítulo anterior.

ESTIMATIVA DE EMISSÕES POR UNIDADE DE EQUIPAMENTO

Os valores obtidos na Tabela 6, 7 e 8, relativas às estimativas de emissões por equipamento por ano, permitem efectuar uma leitura aproximada sobre o potencial de impacte proveniente da utilização deste tipo de equipamentos.

Assim, é possível dizer que:

- i. Os equipamentos móveis de mineração, em concreto, as máquinas e veículos de elevada tonelagem, comparativamente com os equipamentos da unidade de beneficiação de lítio e com as deslocações de camiões, são os que tem emissões poluentes associadas mais elevadas, nomeadamente CO₂;
- ii. O impacte estimado por parte do equipamento móvel de utilização nas minas, deve a sua magnitude à elevada potencia dos motores com que estão equipados;
- iii. Dos gases emitidos que foram alvo de análise, o Dióxido de Carbono (CO₂) é o que apresenta estimativas maiores valores globais médios estimados de emissão, seguido do Monóxido de Carbono (CO) e dos Hidrocarbonetos (HC);
- iv. As **Pás Carregadoras Frontais (Front Shovel)** são o equipamento a utilizar nas minas (no processo extrativo) que em média mais emissões apresentam, mais concretamente 3,67E+08 kgCO₂/ano, sendo que em condições de carga de motor máxima podem atingir valores na ordem 1,18E+09 kgCO₂/ano;
- v. Por outro lado, a Motoniveladora é o equipamento com menos emissões, em média 1,22E+04 kgCO₂/ano, podendo atingir em condições de carga máxima do motor valores na ordem 2,55E+04 kgCO₂/ano;
- vi. Os equipamentos de beneficiação de lítio, é perceptível que a tipologia de equipamento que mais emissões de CO₂ tem associadas são os Moinhos (rolos e bolas), com ordens de grandeza dos milhares;
- vii. Os **Moinhos de Bolas** são o equipamento de beneficiação de lítio com mais emissões estimadas de CO₂, podendo atingir 7,5E+06 kg/ano;
- viii. É ainda possível verificar que, relativamente às estimativas de emissões de CO_{2e}, associadas às deslocações/circulação de camiões para encaminhamento de minério,

as deslocações relativas à Mina da Sepeda são as mais elevadas, uma vez que nesta mina, o minério tem que ser transportado por camião para o centro de beneficiação de lítio, o que tem forte impacte nas emissões associadas;

- ix. Considerando que a deslocação de camiões até à Zona Industrial (beneficiação de lítio) se fará maioritariamente através de caminhos rurais, prevê-se forte impacto na qualidade do ar local, e por consequência, na qualidade de vida e bem-estar das populações locais.

ESTIMATIVA DE EMISSÕES ASSOCIADAS ÀS MINAS

Estimativa de emissões por unidade de equipamento efectuada, permite posteriormente iniciar uma outra estimativa e quantificação de emissões gasosas poluentes, directamente relacionadas com as minas alvo de análise neste estudo.

Assim, tendo como base a Tabela 10, torna-se perceptível que:

- i. Das três minas analisadas, a **mina com maior estimativa de emissões poluentes e impacte na qualidade do ar, é Mina do Barroso**, com uma estimativa global de $2,43E+09$ kg/ano, ou **2,43 Mt/ano**;
- ii. O facto da Mina do Barroso ser a que apresenta maior número de equipamentos móveis associados em Plano de Lavra (máquinas) faz com que tenha maior impacte;
- iii. Para a **Mina da Argemela e de Sepeda**, estima-se que as emissões de CO₂ possam atingir $1,64E+09$ kg/ano (**1,64 Mt/ano**) e $1,29E+09$ kg/ano (**1,29 Mt/ano**) respectivamente;
- iv. O nível médio estimado de emissões de CO₂ para as três mina é de $1,79E+09$ kg/ano, ou **1,79 Mt/ano**, o que permite dizer que em média **uma mina de exploração de lítio a céu aberto emite 1,79 Mt CO₂/ano**;
- v. Outros dados muito relevantes no estudo realizado, relacionam-se com as estimativas de emissões de CO₂ efectuadas para os o tempo máximo de vida útil das minas avaliadas, sendo que, em termos globais é possível estimar que a **Mina do Barroso vai emitir 55,93 Mt nos 23 anos** de exploração previstos, a **Mina de Sepeda irá emitir 33,48 Mt em 26 anos** de exploração, e a **Mina da Argemela emitirá 32,79 Mt nos 20 anos** de exploração previstos.
- vi. Os valores globais anteriores, perspectivam um forte impacte na qualidade do ar local, bem como um impacte muito significativo no inventário de emissões nacional.

DESENVOLVIMENTO DE CENÁRIOS FUTUROS

Tendo como referência os cenários perspectivados no Capítulo 5 do presente estudo, e as estimativas efectuadas no Capítulo 6, é exequível uma análise alargada considerando o

enquadramento nacional de pedidos de prospecção e pesquisa de Minérios de Lítio que estão em curso em Portugal.

É possível dizer que:

- i. Caso **10% dos pedidos de prospecção e pesquisa** de minério de lítio actualmente em curso sejam aprovados (abertura de 5 minas de lítio), estima-se que em média sejam **emitidas 8,93 Mt CO₂/ano** para a atmosfera, cerca de 12,6% em relação às estimativas de emissão para 2017;
- ii. No caso de **15% dos pedidos de prospecção e pesquisa** de minério de lítio actualmente em curso sejam aprovados (abertura de 8 minas de lítio), estima-se que em média sejam **emitidas 14,29 Mt CO₂/ano** para a atmosfera, aproximadamente 20,2% em relação às estimativas de emissão para 2017;
- iii. Na perspectiva de **20% dos pedidos de prospecção e pesquisa** de minério de lítio actualmente em curso sejam aprovados (abertura de 10 minas de lítio), estima-se que em média sejam **emitidas 17,86 Mt CO₂/ano** para a atmosfera, que corresponde a 25,3% em relação às estimativas de emissão para 2017;
- iv. Na base de um tempo de vida útil das minas de 23 anos, estima-se que em média, sejam emitidas **205,45 Mt, 328,73 Mt e 410,91 Mt CO₂**, para os cenários A, B e C respectivamente.

IMPACTO NOS OBJECTIVOS E METAS DO PNEC 2030

Relativamente aos objectivos e metas preconizados no PNEC 2030, os resultados obtidos e as estimativas realizadas até este ponto permitem dizer que:

- i. Face aos compromissos assumidos no PNEC 2030, Portugal necessita de reduzir em relação aos objectivos para 2020, em média, 1,29 Mt CO₂/ano, sendo que em relação a 2005 este valor sobe para 2,87 Mt CO₂/ano;
- ii. De acordo com as estimativas realizada, uma mina de exploração de lítio a céu aberto emite 1,79 Mt CO₂/ano, ou seja, conclui-se que em relação às necessidades de redução de emissões de CO₂ a partir de 2020, **existe um saldo negativo na ordem das 0,5 Mt CO₂/ano**, em média;
- iii. Todas as minas analisadas no presente estudo, tem impacto muito significativo no Inventário Nacional de Emissões de CO₂, pelo que é seguro dizer que a actividade de mineração a céu aberto tem forte impacto nos objectivos assumidos no PNEC 2030;
- iv. Relativamente a 2017 (último ano estimado no Inventário Nacional de Emissões), a estimativa indica que **cada unidade de exploração mineira a céu aberto representa um acréscimo de 2,53% de emissões CO₂ a cada ano** para a atmosfera;

- v. Relativamente à estimativa de emissões de CO₂ efectuada para o cenário A, o impacte estimado (8,93Mt/ano), está ao nível das emissões estimadas para as maiores unidades poluidoras nacionais, nomeadamente a Central Termo Eléctrica de Sines (9,54Mt/ano).

8. CONCLUSÕES

O trabalho de análise desenvolvido no presente estudo, permite retirar algumas conclusões inequívocas, relativamente à possibilidade de instalação de minas a céu aberto que atualmente se verifica em Portugal, mais concretamente em relação à intenção de exploração de minérios de lítio.

Assim, conclui-se que:

1. Os equipamentos (máquinas e beneficiação de lítio) utilizados pela indústria de exploração mineira tem forte contributo ao nível de emissões de CO₂, e por conseguinte, forte impacte nas Alterações Climáticas e Aquecimento Global;
2. As máquinas utilizadas no processo de extração de rocha nas minas a céu aberto, no seu conjunto, são os equipamento com maior impacte ao nível de emissões poluentes, principalmente no que diz respeito a emissões de CO₂;
3. Em concreto, as explorações mineiras a céu aberto projectadas para as Mina de Sepeda, Mina do Barroso e Mina da Argemela, de acordo com o Plano de Lavra que apresentam, **estima-se que cada uma delas emitirá em CO₂/ano, valor igual ou superior ao compromisso nacional de redução de emissões entre 2020 e 2030, anulando por completo a meta de redução anual de 1,29 MtCO₂;**
4. **A Mina do Barroso, de entre as três analisadas é a que apresenta maior estimativa de emissões poluentes, com cerca de 2,43 Mt CO₂/ano;**
5. De acordo com os cenários traçados, a aprovação de apenas 5 minas de lítio a nível nacional, conduz a um incremento anual de 8,93 Mt CO₂/ano, ou seja, 12,6% do total de emissões inventariadas para o ano de 2017;
6. **Existirá um impacto directo muito significativo nos objectivos e metas preconizadas no PNEC 2030, sendo que a estimativa aponta para um incremento de 1,79 Mt CO₂/ano por cada mina a céu aberto que entrar em fase de exploração, ou seja, mais 2,53% de emissões de CO₂ em relação a 2017;**
7. A mineração será um dos maiores obstáculos ao cumprimento das metas com que Portugal de comprometeu no PNEC 2030, pelo que, por cada mina a céu aberto diminuirá significativamente a capacidade de Portugal cumprir e alcançar a meta de 57,1 MtCO₂/ano (valor médio) em 2030;
8. **Relativamente à descarbonização da economia e da sociedade portuguesa, a capacidade de ação neste sentido fica significativamente comprometida com a exploração de minérios a céu aberto.** Esta indústria apresenta-se como um entrave severo na persecução deste objectivo.

9. REFERÊNCIAS

- [1] - <https://www.wattson.pt/2019/01/08/7908/>
- [2] - <https://www.usgs.gov> ; <https://www.sciencebase.gov/catalog/item/imap/594d3c8ee4b062508e39b332>
- [3] - <https://www.gazetadopovo.com.br/economia/energia-e-sustentabilidade/petroleo-branco-mercado-de-litio-vai-crescer-290-ate-2020-3totd5h2ddnic1ousqfwi369s/>
- [4] - <http://e-escola.tecnico.ulisboa.pt/topico.asp?id=467>
- [5] - <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/lithium-market>
- [6] - Relatório do Grupo de Trabalho do "Lítio"; criado por despacho n.º 15040/2016 de S.E. o Secretário de estado da energia, publicado no DR, 2.ª serie, de 13 de dezembro de 2016.
- [7] - https://www.usgs.gov/energy-and-minerals/mineral-resources-program/science/lithium-source-sink-genesis-and-evolution-li?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects
- [8] - "Lithium enrichment in intracontinental rhyolite magmas leads to Li deposits in caldera basins"; Nature Communications; Thomas R. Benson, Matthew A. Coble, James J. Rytuba, Gail A. Mahood; 2017
- [9] - <https://www.batimes.com.ar/news/economy/argentina-eyes-off-lithium-growth-despite-concerns.phtml>
- [10] - FARN, Fundación Ambiente y Recursos Naturales, <https://farn.org.ar>
- [11] - <https://rea.apambiente.pt/content/emissões-de-gases-com-efeito-de-estufa>
- [12] - Sessão de Apresentação PNEC 2030 - Plano Nacional de Energia e Clima
- [13] - PNEC 2030 - Plano Nacional Energia-Clima (documento para consulta pública) Portugal, 2019
- [14] - Relatório de Inventário Nacional Português Sobre Gases de Efeito de Estufa 1990-2017, apresentado pela convenção-quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas e o Protocolo de Quioto, 2019
- [15] - Eurostat, Early estimates of CO₂ emissions from energy use, 2019
- [16] - <https://www.eea.europa.eu/highlights/average-co2-emissions-from-new>
- [17] - Proposta de Definição de Âmbito do Estudo de Impacte Ambiental do projecto exploração Mineira de Sepeda - Montalegre; Lusorecursos Lda, 2017
- [18] - Mina de Sepeda, Resumo não Técnico; Lusorecursos Lda.; Montalegre
- [19] - Proposta de Definição de Âmbito Estudo de Impacte Ambiental da Ampliação da Mina do Barroso, Dornelas e Covas do Barroso/Boticas; Slipstream Resources Portugal Lda. & Visa Consultores; 2018

[20] - Parecer da Comissão de Avaliação - Proposta de Definição de Âmbito Estudo de Impacte Ambiental da Ampliação da Mina do Barroso; 2018

[21] - Proposta de Definição de Âmbito Estudo de Impacte Ambiental Mina da Argemela, União de Freguesias de Barco e Coutada/Covilhã, Silvares e Lavacolhos/Fundão; PANNN Consultores de Geociências Lda. & Visa Consultores; 2017

[22] - Proposta de Definição de Âmbito N.º 201, Mina da Argemela; Parecer da Comissão da Avaliação; 2018

[23] - Modeling Emissions of Construction and Mining Equipment; K. Barati e X. Shen; School of Civil and Environmental Engineering, University of New South Wales; Australia

[24] - <https://www.edp.pt/origem-energia/?sector=Empresas&year=2019&period=-1>

[25] - Levantamento dos pedidos de prospeção e pesquisa de depósitos Lítio 2016-2019, Quercus - ANCN | Pedro S.Santos; 2019

[26] - Decreto-Lei n.º 132/2017, de 11 de outubro, Diário da República, 1.ª série — N.º 196

[27] - Desempenho ambiental do transporte rodoviário pesado em Portugal, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Perfil de Engenharia de Sistemas Ambientais, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, Eduardo Miguel Pinto Seduvm, 2015

[28] - Contrato para atribuição da Concessão de Exploração de Depósitos Minerais de Lítio e Minerais Associados, com o Numero de Cadastro C-152 e com a Denominação "Romano", Numa Área Situada no Concelho de Montalegre, à Lusorecursos Portugal Lithium, S.A.

ANEXO I

Síntese da Análise dos Planos de Lavra

EQUIPAMENTO		ARGEMELA		COVAS DO BARROSO		SEPEDA	
		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
Equipamento móvel	Minerador de superfície					2	
	Wagon-drill	1	2	2	3		
	Pás Carregadoras frontais (Front shovel)	3	4	5	6	3	
	Escavadoras giratórias	3	4	5	6	2	
	Dumpers	7	9	7	9	10	
	Camião de rega de caminhos	1	2	1	2		
	Bulldozers		1	1	2	2	
	Motoniveladora					1	
Beneficiação do lítio	Moinhos de Rolos		2		2	2	
	Moinhos de Bolas		1		1	1	
	Britador de Maxilas		1		1	1	
	Britador cónico		1		1	1	
	Crivos		1		1	1	
Distância aos centros de transporte (portos, aeroporto e comboio) (km)			170		170		
Área (ha)	Concessão		403,71		680,62		843
	Extração		45		140		
	Unidade Industrial		7,7		2		30
Vida útil	Exploração da mina	11	20	13	23	26	
	Com período de instalação (4 anos) e encerramento (2 anos)	17	26	17	27	32	
Volumes	Reservas (t)	11 000 000	15 000 000	6 150 000		5 000 000	30 000 000
	Reservas (Mm³)			2,5			
	Ritmo de Exploração (t/ano)	750 000	1 000 000	1 000 000	1 500 000		1 153 846
	Escavação (Mm³)			7,5			
	Estéreis (Mm³)			5,0			
Teor potencial de Espudomena (Li ₂ O)	1,0% a 1,2% (Mt)			22	24		
	> 5,5% (t/ano)		175 000	175 000			201 923
	3% a 5% (t/ano)		50 000	50 000			57 692

Legenda

 Valor calculado. Ver demonstração no anexo III

Notas

◆ Mina do Barroso

A expedição será feita por camião para o porto de Leixões

A exploração e tratamento e beneficiação do minério na lavaria decorrerão em contínuo (24h/dia) todo o ano com paragens apenas para manutenção

◆ Mina Sepeda

No que respeita a vias ferroviárias (...) um ponto de partida em Vigo, com cais de carga em Ourense, a uma distancia de 170Km e 70Km, respetivamente da região do Barroso

A nível de infra-estruturas internacionais aéreas, a região apresenta os aeroportos de Vigo e do Porto, ambos a cerca de 170Km da região do Barroso

Na via marítima, os portos de Vigo e de Leixões (Porto), (...), a uma distância de cerca de 170Km da região do Barroso

ANEXO II

Modelação de Emissões de Equipamentos de Construção e Mineração por medições de operações de Campo

(Modeling Emissions of Construction and Mining Equipment by Tracking Field Operations [23])

TRANSCRIÇÃO DOS ASPECTOS DE CÁLCULO RELEVANTES PARA ESTE ESTUDO

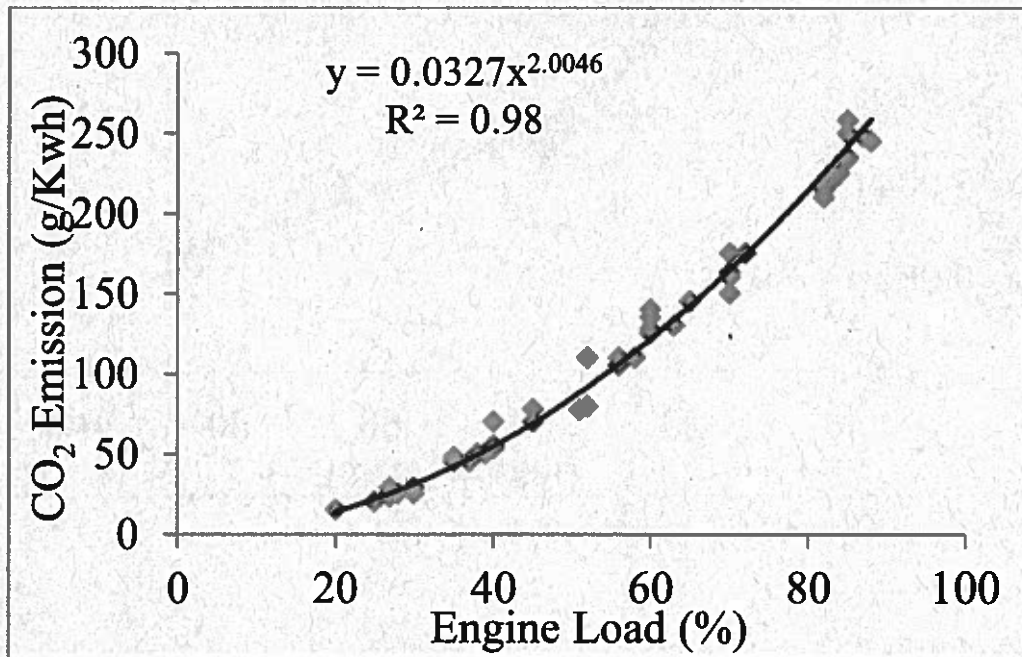
- “Dependendo do *status* do motor durante a operação, o valor de carga no motor varia de 20% (*relenti*) para cerca de 85% (carga total).”
- “Ao mesmo tempo, a relação ar/combustível (AFR) é de cerca de 100g/kWh (*relenti*). Atinge cerca de 1 500g/kWh quando o motor está funcionando em plena capacidade.”
- “O volume relativo de CO₂ é de cerca de 6% a 20% da carga do motor, o que aumenta para 17% quase linearmente com a carga do motor de 85%. Esta tendência é invertida para os poluentes CO e HC. No modo inativo, os volumes relativos de fluxo de escape para CO e HC são, no máximo, de 30 e 27ppm, respectivamente. Ao aumentar a carga do motor para 85%, essas taxas diminuem não linearmente para 4 e 2,5ppm para CO e HC.”
- “Os hidrocarbonetos (HC) são considerados neste estudo como o principal elemento da formação de O₃.”

A equação resultante, é concebida para determinar a taxa total de emissão de poluentes com base na carga do motor, AFR e volume relativo de poluentes

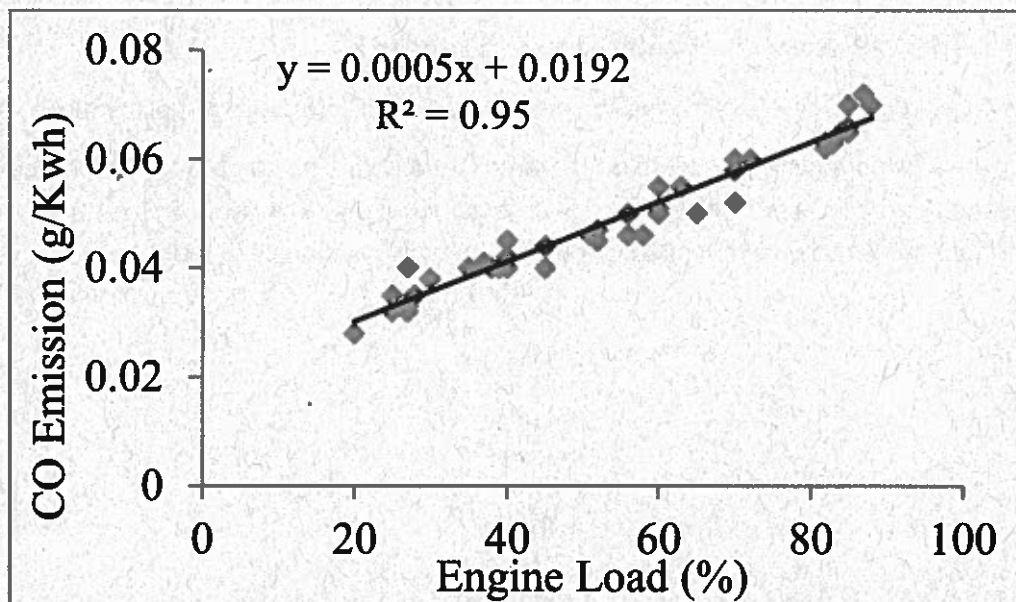
$$P_{ij} = AFR_j * (1/D_a) * V_{ij} * D_i$$

P _{ij}	Quantidade de poluente i na carga do motor j (g/Kwh)
AFR _j	Taxa de fluxo de ar na carga do motor j (g/kWh)
V _{ij}	Percentagem volumétrica do poluente i na carga do motor
D _a , D _i	Densidade do ar e densidade do poluente i em condições normais de temperatura e pressão (NTP)
NTP	Condições normais de temperatura e pressão (0°C, 1013hPa)
D _a	1,2922kg/m ³
D _{co2}	1,98kg/m ³
D _{co}	1,25kg/m ³
D _{HC}	< 0,999kg/m ³

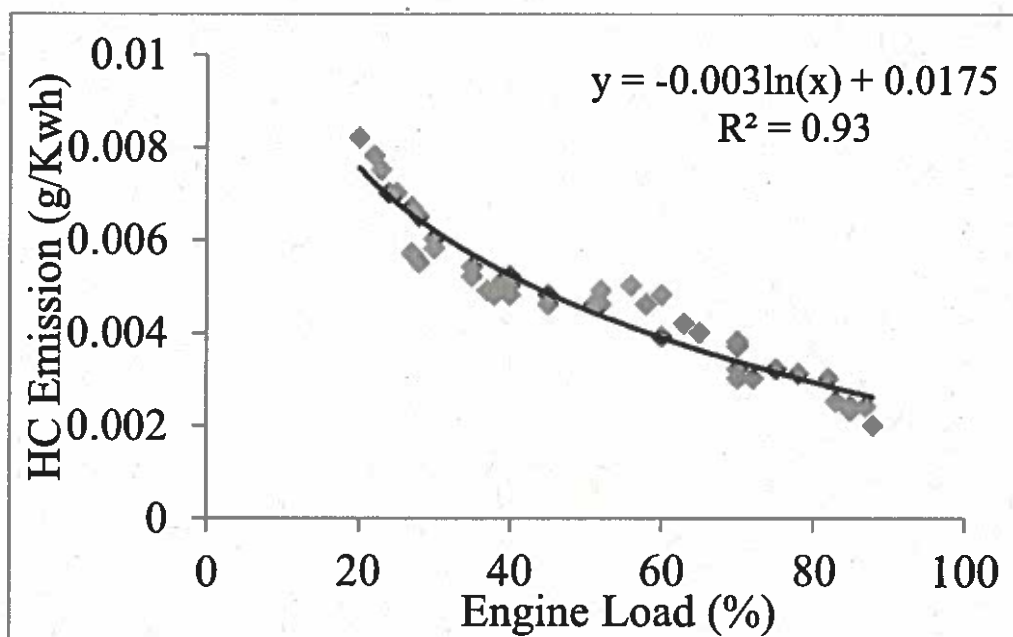
Taxas totais de emissão de CO₂, CO e HC do escape com base na carga do motor



Relação de remissão de CO₂ e carga do motor



Relação de remissão de CO e carga do motor



Relação de remissão de HC e carga do motor

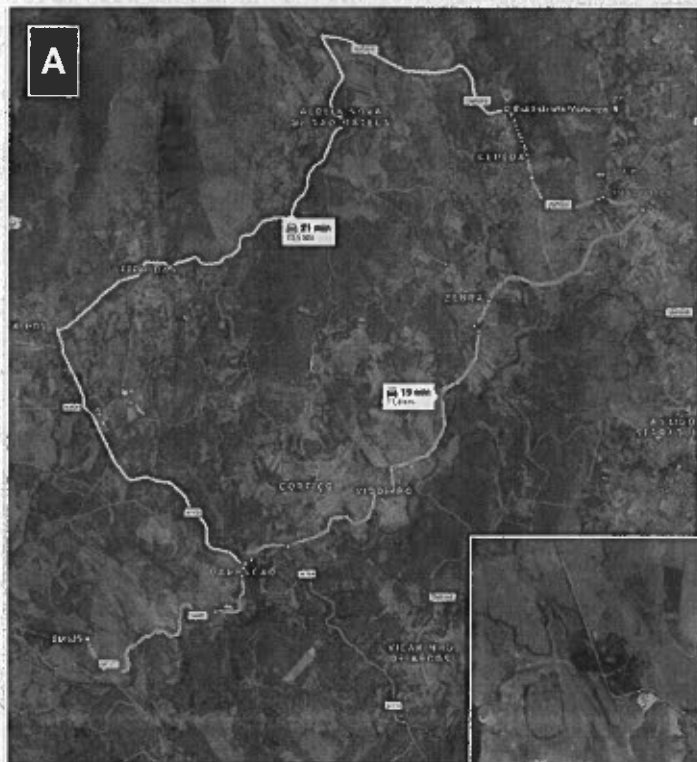
Esta pesquisa desenvolveu um modelo de estimativa de emissões em nível operacional de equipamentos de construção e mineração. Foram necessários vários dados recolhidos em condições reais de trabalho, no sentido de tornar possível o entendimento efetivo de diferentes parâmetros na taxa de emissão de poluentes.

Os modelos de emissão foram desenvolvidos em duas etapas:

- O efeito da carga do motor nas emissões de CO₂, CO e HC, investigado pela primeira vez;
- De seguida, foi determinado o efeito de diferentes parâmetros na carga do motor, incluindo parâmetros operacionais de velocidade de deslocamento e aceleração, bem como parâmetros ambientais da inclinação da estrada (não aplicado neste estudo).

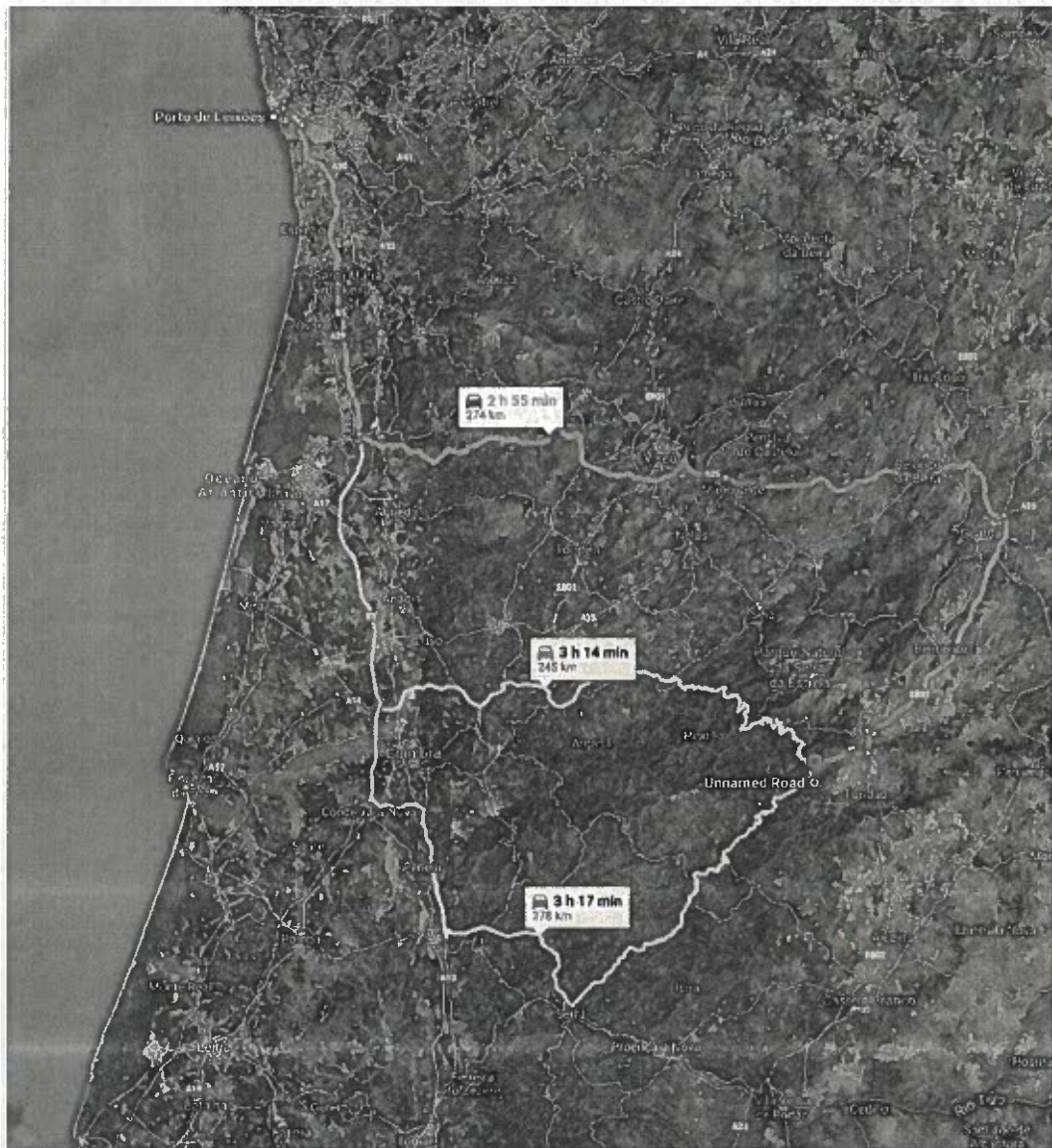
ANEXO III

Demonstração e Cálculos Auxiliares dos Pressupostos



- A) Circulação entre Bloco B e a Zona Industrial
- B) Circulação entre Bloco A e a Zona Industrial

Nota: Ferramenta utilizada para calculo do traçado foi *Google Maps*



Das opções apresentadas pela ferramenta utilizada (Google Maps) considerou-se a adoção do percurso mais rápido.

CALCULO DO NÚMERO DE VIAGENS A REALIZAR POR DIA ENTRE OS PONTOS DE EXTRAÇÃO (A E B) E A ZONA INDUSTRIAL

- ♦ Volume de reservas na Mina de Sepeda está entre 5 000 000t a 30 000 000t.
- ♦ É referido que a vida útil da Mina de Sepeda é de 32 anos. Considerando que estão neste valor o período de instalação (4 anos) e encerramento (2 anos), temos que:

$$\text{Vida Útil}_{\text{Exploração da Mina}} = \text{Vida Útil}_{\text{(Total)}} - (\text{Período de Instalação} + \text{Período de Encerramento})$$

$$\text{Vida Útil}_{\text{Exploração da Mina}} = 32 - (4 + 2)$$

$$\text{Vida Útil}_{\text{Exploração da Mina}} = 26\text{anos}$$

- ♦ O ritmo de exploração da Mina de Sepeda é:

$$\text{Ritmo de Exploração} = \text{Volume de Reservas} / \text{Vida Útil}_{(\text{Exploração da Mina})}$$

$$\text{Ritmo de Exploração} = 30\,000\,000 / 26$$

$$\text{Ritmo de Exploração} = 1\,153\,846t/\text{ano}$$

- ♦ O ritmo de exploração diário da Mina de Sepeda é:

$$\text{Ritmo de Exploração}_{(d)} = \text{Ritmo de Exploração} / \text{Dias de laboração}$$

$$\text{Ritmo de Exploração}_{(d)} = 1\,153\,846 / 346$$

$$\text{Ritmo de Exploração}_{(d)} = 3\,335t/\text{dia}$$

- ♦ Número de viagens a realizar por dia:

$$\text{N.º viagens dia} = \text{Ritmo de Exploração}_{(d)} / \text{Capacidade de Carga do Camião}$$

$$\text{N.º viagens dia} = \text{Ritmo de Exploração}_{(d)} / (\text{Peso Bruto} - \text{Tara})$$

$$\text{N.º viagens dia} = 3\,335 / (38 - 12)$$

$$\text{N.º viagens dia} = 128$$

CALCULO DO NÚMERO DE VIAGENS A REALIZAR POR DIA ENTRE AS MINAS (SEPEDA, BARROSO E ARGEMELA) E OS INTERPOSTOS DE ENCAMINHAMENTO DE MINÉRIO (PORTO MARÍTIMO, AEROPORTO E/OU TERMINAL CAMINHO DE FERRO)

Mina do Barroso

- ♦ Teor potencial de espodumena (Li_2O) é de 175 000t/ano (superior a 5,5%) e 50 000t/ano (3% a 5%). Assim, o total potencial de espodumena (Li_2O) a encaminhar é de 225 000t/ano.

- ♦ O ritmo de encaminhamento diário da Mina do Barrosos é:

$$\text{Ritmo de Encaminhamento}_{(d)} = \text{Total potencial de espodumena} (\text{Li}_2\text{O}) / \text{Dias de laboração}$$

$$\text{Ritmo de Encaminhamento}_{(d)} = 225\,000 / 346$$

$$\text{Ritmo de Encaminhamento}_{(d)} = 650,29t/\text{dia}$$

- ♦ Número de viagens a realizar por dia:

$$\text{N.º viagens dia} = \text{Ritmo de Encaminhamento}_{(d)} / \text{Capacidade de Carga do Camião}$$

$$\text{N.º viagens dia} = \text{Ritmo de Encaminhamento}_{(d)} / (\text{Peso Bruto} - \text{Tara})$$

$$\text{N.º viagens dia} = 650,29 / (44 - 14)$$

$$\text{N.º viagens dia} = 21,7 \approx 22$$

Mina de Sepeda

- ♦ TPE - Teor potencial de espodumena (Li_2O) é obtido com recurso ao Ritmo de Exploração da mina. Assim:

$$\text{TPE}_{(> 5,5\%, \text{Sepeda})} = (\text{Ritmo de Exploração}_{(\text{Sepeda})} \times \text{TPE}_{(> 5,5\%, \text{Barroso})}) / \text{Ritmo de Exploração}_{(\text{Barroso})}$$

$$\text{TPE}_{(> 5,5\%, \text{Sepeda})} = (1\ 153\ 846 \times 175\ 000) / 1\ 000\ 000$$

$$\text{TPE}_{(> 5,5\%, \text{Sepeda})} = 201\ 923\text{t/ano}$$

$$\text{TPE}_{(3\% \text{ a } 5\%, \text{Sepeda})} = (\text{Ritmo de Exploração}_{(\text{Sepeda})} \times \text{TPE}_{(3\% \text{ a } 5\%, \text{Barroso})}) / \text{Ritmo de Exploração}_{(\text{Barroso})}$$

$$\text{TPE}_{(3\% \text{ a } 5\%, \text{Sepeda})} = (1\ 153\ 846 \times 50\ 000) / 1\ 000\ 000$$

$$\text{TPE}_{(3\% \text{ a } 5\%, \text{Sepeda})} = 57\ 692\text{t/ano}$$

- ♦ Teor potencial de espodumena (Li_2O) é de 201 923t/ano (superior a 5,5%) e 57 692t/ano (3% a 5%). Assim, o total potencial de espodumena (Li_2O) a encaminhar é de 259 615t/ano

- ♦ O ritmo de encaminhamento diário da Mina de Sepeda é:

$$\text{Ritmo de Encaminhamento}_{(d)} = \text{Total potencial de espodumena } (\text{Li}_2\text{O}) / \text{Dias de laboração}$$

$$\text{Ritmo de Encaminhamento}_{(d)} = 259\ 615 / 346$$

$$\text{Ritmo de Encaminhamento}_{(d)} = 750,33\text{t/dia}$$

- ♦ Número de viagens a realizar por dia:

$$\text{N.º viagens dia} = \text{Ritmo de Encaminhamento}_{(d)} / \text{Capacidade de Carga do Camião}$$

$$\text{N.º viagens dia} = \text{Ritmo de Encaminhamento}_{(d)} / (\text{Peso Bruto} - \text{Tara})$$

$$\text{N.º viagens dia} = 750,33 / (44 - 14)$$

$$\text{N.º viagens dia} = 25,01 \approx 25$$

Mina da Argemela

Considerando que o Ritmo de Exploração máximo admitido para a Mina da Argemela é 1 000 000t/ano, ou seja, igual ao Ritmo de Exploração mínimo admitido para a Mina do Barroso, é legítimo assumir que o número de viagens a realizar será em tudo idêntico. Assim temos:

- ♦ Número de viagens a realizar por dia:

$$\text{N.º viagens dia} = \text{Ritmo de Encaminhamento}_{(d)} / \text{Capacidade de Carga do Camião}$$

N.º viagens dia = Ritmo de Encaminhamento_(a) / (Peso Bruto - Tara)

N.º viagens dia = 650,29 / (44 - 14)

N.º viagens dia = 21,7 ≈ 22

CÁLCULO DO NÚMERO DE PROJECTOS DE EXPLORAÇÃO DE MINAS APROVADOS PARA OS DIFERENTES CENÁRIOS CONSIDERADOS

CENÁRIOS	N.º DE PEDIDOS EFECTUADOS	N.º DE PEDIDOS APROVADOS	
		DETERMINADOS	ARREDONDAMENTO
A	10%	50	5
B	15%	50	7,5
C	20%	50	10

