

Ver capítulo 6 – BIOGÁS na MD do Projeto de Execução

FUTURE

PROMAN ENGENHARIA
PARA ALÉM DA TÉCNICA

6. BIOGÁS

6.1 Drenagem do biogás

O aterro sanitário dispõe de poços de drenagem de biogás e rede superficial ligados ao sistema de valorização energético da CITVRSU (que também recebe o biogás produzido na Estação de Tratamento Mecânico e Biológico).

A Fase A + A2, agora seladas com geomembrana, encontram-se ligadas ao sistema desde 2014 (Figura 6-1).

O talude oeste da Célula B2 (Fase B) foi ligado ao sistema de extração e aproveitamento do biogás no início de 2023 (Figura 6-2). Conforme o respetivo projeto, ao longo da exploração serão construídos drenos de biogás horizontais, ligados ao coletor periférico existente.

A Figura 6-4 apresenta o sistema para captação e drenagem de biogás da Fase B (com poços verticais e horizontais), conforme o respetivo projeto.

Não se dispõe do cadastro da rede de drenagem existente da Fase A + A2.



Figura 6-1 – Extração de biogás da Fase A + A2, março 2022



Figura 6-2- Extração do biogás do talude oeste da Célula B2, abril 2023



Figura 6-3 – Cogeneradores do sistema de aproveitamento energético do biogás da CITVRSU



Figura 6-4 – Rede de drenagem de biogás existente e prevista da Fase B

6.2 Produção de biogás

6.2.1 Modelo utilizado

De modo a estimar a futura produção de biogás, recorreu-se à metodologia proposta pelo IPCC³ no refinamento de 2019⁴.

Este modelo matemático utiliza as quantidades de resíduos biodegradáveis depositados anualmente, uma vez que apenas estas vão contribuir para a produção de biogás, em combinação com uma fórmula paramétrica que descreve a produção de metano ao longo dos anos seguintes.

Conforme referido, o modelo prevê a produção do biogás nos resíduos. A previsão da extração do biogás requer estimativa da eficiência dos sistemas de extração (poços de drenagem, selagem dos resíduos etc.), que nunca atingem eficiências de 100%. Dado que em qualquer momento os sistemas de extração aplicados a cada célula de um aterro sanitário podem diferir significativamente, é conveniente estimar a produção em cada célula, com base nos quantitativos de resíduos nela depositados.

³ "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5 Waste", IGES, 2006

⁴ "2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5 Waste", IPCC, 2019.

6.2.2 Histórico de extração

Com o objetivo de confirmar o modelo, os resultados foram comparados com os dados históricos reais do aterro sanitário de Coimbra. A Tabela 6-1 apresenta as quantidades de biogás extraídas do aterro nos anos 2014 a 2022, tudo das Fases A+A2. Havendo alguma variação nos teores (%) de metano, calcularam-se as quantidades deste gás extraídas, apresentadas no Gráfico 6-1.

Tabela 6-1 – Extração de biogás da Fase A+A2, 2014-2022

Ano	Extração de biogás (Nm ³ /ano)	Teor de CH ₄ (% v/v)	Extração de CH ₄ (m ³ /ano)
2014	1 348 412	57,2%	771 907
2015	2 733 771	57,7%	1 577 512
2016	1 288 174	57,6%	742 331
2017	6 306 669	56,8%	3 582 188
2018	4 397 189	52,0%	2 285 997
2019	5 730 189	52,0%	2 981 548
2020	4 965 037	56,4%	2 802 722
2021	5 507 616	55,1%	3 034 166
2022	6 263 156	54,5%	3 411 012

Fonte: ERSUC

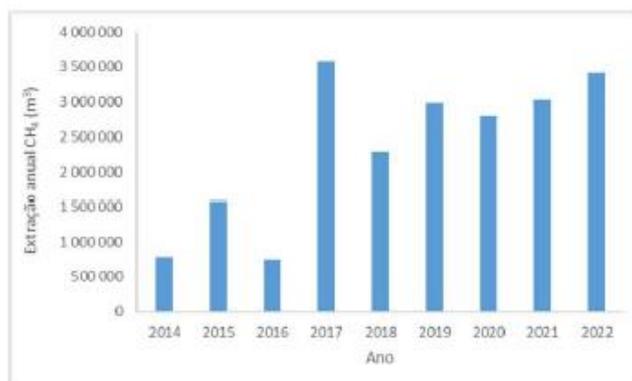


Gráfico 6-1 – Extração anual de biogás do aterro sanitário (como CH₄)

Embora fosse de esperar um aumento gradual na produção e extração do biogás, o Gráfico 6-1 mostra uma variação mais irregular na extração desde 2017. Desconhecem-se os motivos para esta variação.

A extração em 2022 correspondeu a 715 Nm³/hora de biogás.

6.2.3 Quantidades e características de resíduos

A modelação da produção do biogás utilizou o histórico de deposição de resíduos apresentado na Tabela 5-3, junto com dados de caracterização fornecidos pela ERSUC, e pressupondo o licenciamento da Fase C.

Os quantitativos de resíduos totais depositados na referida tabela correspondem aos seguintes fluxos cujos pesos relativos têm variado ao longo da exploração:

- Refugos do TMB
- RU indiferenciados
- Refugos da triagem
- Monos
- Produtos da limpeza urbana.

Destes fluxos, apenas os RU indiferenciados e os refugos do TMB e da triagem contêm matéria orgânica biodegradável que contribui para a produção do biogás (no caso do refugo da triagem apenas o papel produz biogás quando degradado biologicamente).

Para efeitos do cálculo avaliaram-se as seguintes frações dos resíduos urbanos e refugos depositados e a depositar:

- Madeira e embalagens de madeira
- Papel e cartão
- Resíduos putrescíveis (resíduos alimentares e de jardim)
- Inertes (plástico, metal, vidro, etc.).

O Gráfico 6-2 resume a composição dos resíduos depositados, nos anos 2016 a 2023 (dados fornecidos pela ERSUC). Nota-se:

- Apenas os refugos do TMB e os RU indiferenciados contêm resíduos putrescíveis;
- A fração putrescível do refugo do TMB tem diminuído significativamente ao longo da exploração;
- A fração de madeira não é significativa.

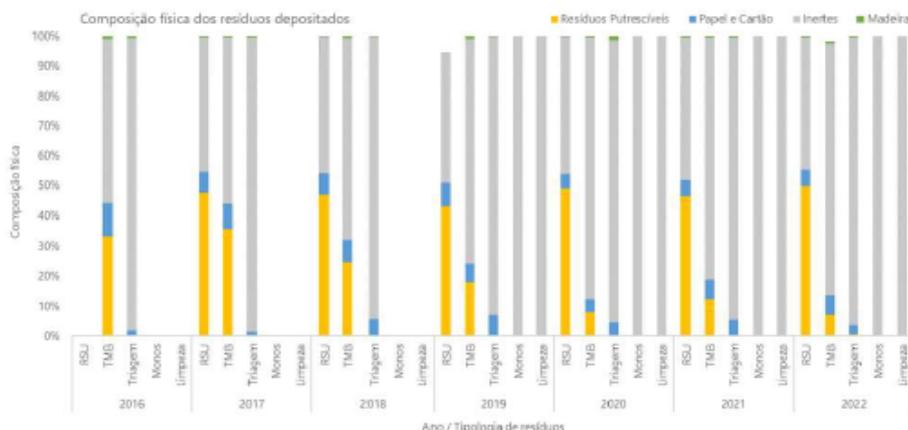


Gráfico 6-2 – Resumo da composição de cada tipologia de resíduos depositados

(Fonte: Relatórios "Caracterização física de resíduos urbanos do Sistema Multimunicipal do Litoral Centro", ERSUC, 2016 a 2022)

Assim, foi possível estimar uma composição global dos resíduos depositados para cada ano, considerando as quantidades de madeira, papel e cartão, resíduos putrescíveis e inertes depositados anualmente, nos diferentes fluxos de resíduos (Tabela 6-2).

Tabela 6-2 – Composição global dos resíduos depositados em cada ano.

Ano	Composição (t)					Composição (%)			
	Madeira	Papel e Cartão	Resíduos Putrescíveis	Inertes	Total	Madeira	Papel e Cartão	Resíduos Putrescíveis	Inertes
2016	650	9 612	29 764	48 584	88 610	0,7%	10,8%	33,6%	54,8%
2017	335	8 671	40 134	61 294	110 434	0,3%	7,9%	36,3%	55,5%
2018	545	8 199	28 664	72 461	109 869	0,5%	7,5%	26,1%	66,0%
2019	919	7 331	20 281	91 578	120 109	0,8%	6,1%	16,9%	76,2%
2020	322	6 835	44 557	100 804	152 519	0,2%	4,5%	29,2%	66,1%
2021	365	7 324	17 681	100 569	125 940	0,3%	5,8%	14,0%	79,9%
2022	761	7 194	9 149	99 631	116 734	0,7%	6,2%	7,8%	85,3%

Para os anos anteriores a 2016 não se dispõe da discriminação dos resíduos depositados por fluxo (RU indiferenciados, refugos etc.). Deste modo considerou-se uma composição igual à do ano 2016. Para as previsões futuras, considerou-se uma composição igual à de 2022.

Para efeitos do modelo, e não dispondo de dados reais, considerou-se que 67% dos resíduos putrescíveis corresponderam e irão corresponder a resíduos alimentares e 33% a resíduos de jardim.

6.2.4 Critérios adotados no modelo de produção

Conforme descrito acima, a produção do biogás no aterro sanitário foi estimada usando o modelo do IPCC (refinamento de 2019).

Os valores padrão do modelo foram usados para:

- Fração de metano no biogás, por volume, F (0,5)
- A fração de carbono orgânico degradável em cada tipo de resíduo
- A taxa de degradação k para o tipo de resíduo e clima (1/y)
- DOCF, Fração de carbono orgânico degradável que se decompõe para o tipo de resíduo j
- Tempo de atraso (6 meses)
- Fatores de gestão de aterros sanitários.

Foi considerado um fator de gestão do aterro por ano de emissão (MCF_y) igual a 1,00, correspondente a exploração "anaeróbia gerida" (um aterro sanitário ativamente gerido, com compactação), nos termos das diretrizes do IPCC.

No modelo o clima caracterizou-se como boreal e temperado húmido.

Considerou-se uma densidade de metano em condições normais (20°C, 1 atm) de 0,668 kg/m³.

6.2.5 Modelação da produção histórica

Considerando o histórico de produção de resíduos biodegradáveis na Fase A+A2, o modelo estima a produção de biogás (em toneladas de metano) indicada no Gráfico 6-3.

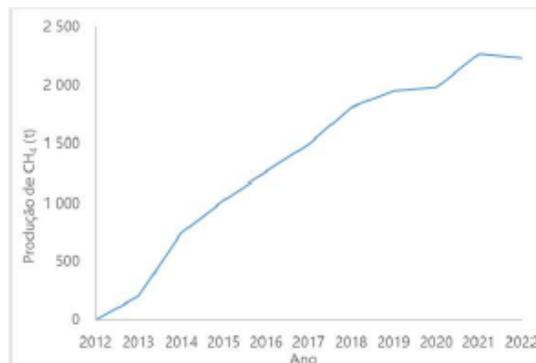


Gráfico 6-3 – Estimativa da produção de biogás (em toneladas de CH₄) nas Fases A+A2, por ano

A fração das Fases A+A2 ligada à rede de extração e a eficiência do sistema de extração devem ter aumentado ao longo da exploração, pelo que foram considerados os fatores de ligação e eficiência indicados na Tabela 6-3.

Tabela 6-3 – Critérios de eficiência e distribuição do sistema de extração considerados para a Fase A+A2

Ano	% da Célula conectada ao sistema de extração	Eficiência do sistema de extração
2013	50%	50%
2014	50%	50%
2015	60%	70%
2016	70%	70%
2017	70%	70%
2018	70%	70%
2019	70%	70%
2020	80%	90%
2021	90%	90%
2022	100%	90%

O Gráfico 6-4 compara os resultados do modelo com os dados reais fornecidos pela ERSUC, em termos das quantidades de biogás extraídos das Fases A+A2, em toneladas de metano. Embora o cálculo para 2022 dê um valor próximo ao real, o modelo de cálculo não reproduz as oscilações históricas na extração real do biogás. No entanto, considera-se o modelo válido para previsões.



Gráfico 6-4 – Comparação da estimativa da extração de biogás (em toneladas de CH₄) modelada com os dados históricos

6.2.6 Estimativa da produção futura

Deste modo, estimou-se a produção de biogás em cada uma das fases previstas no ponto 5.1, considerando a deposição de resíduos prevista no ponto 5.3 e as caracterizações referidas no ponto 6.2.3 e o esgotamento do aterro sanitário em 2025.

Atendendo à reduzida contribuição, em termos quantitativos, da Fase A2 para o total da Fase A e por ser de difícil quantificação a separação do biogás produzido pelos resíduos das Fases A e A2, optou-se por considerar que o biogás produzido pela Fase A2 faz parte de toda a produção da Fase A.

Os resultados apresentam-se no Gráfico 6-5 e no Gráfico 6-6. Prevê-se uma diminuição da produção em boa parte devido à redução no teor de resíduos biodegradáveis no refugo do TMB desde 2018. A produção de biogás das Fases B1, B2 e C será sempre inferior à das Fases A+A2.

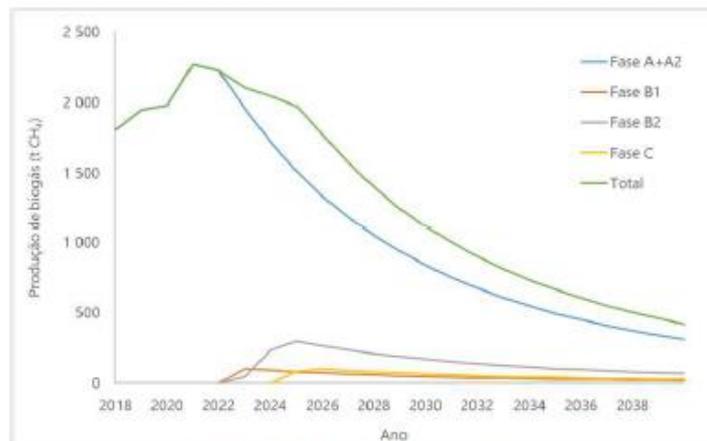


Gráfico 6-5 – Previsão da produção do biogás, por fase (em toneladas de CH₄)

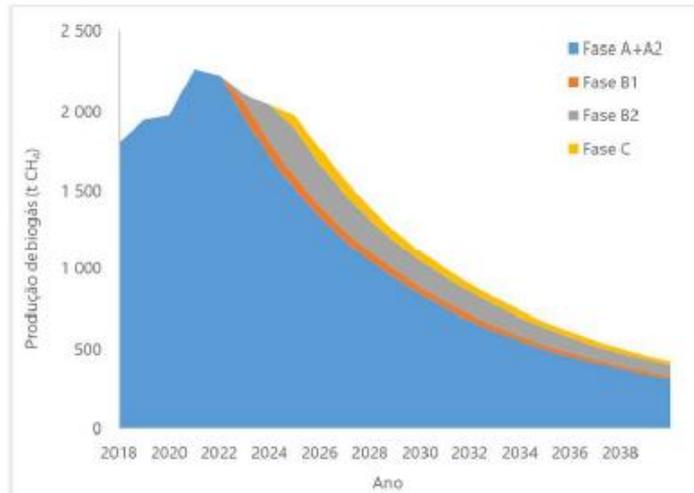


Gráfico 6-6 – Previsão das contribuições das fases de exploração à produção do biogás (em toneladas de CH₄)

Para estimar a futura extração do biogás, consideraram-se as percentagens do aterro conectado aos sistemas de extração e a eficiência dos mesmos indicadas na Tabela 6-4.

Tabela 6-4 – Critérios de eficiência e distribuição do sistema de extração considerados no modelo.

Ano	% do aterro conectado ao sistema de extração				Eficiência do sistema de extração			
	Fase A+A2	Fase B1	Fase B2	Fase C	Fase A+A2	Fase B1	Fase B2	Fase C
2022	100%				90%			
2023	100%	50%	40%		90%	70%	50%	
2024	100%	80%	40%		90%	80%	50%	
2025	100%	90%	80%	30%	90%	90%	70%	50%
2026	100%	100%	90%	60%	90%	90%	90%	60%
2027	100%	100%	100%	70%	90%	90%	90%	70%
2028	100%	100%	100%	90%	90%	90%	90%	90%
2029	100%	100%	100%	100%	90%	90%	90%	90%
2030	100%	100%	100%	100%	90%	90%	90%	90%
2031	100%	100%	100%	100%	90%	90%	90%	90%

Notas:

* - a amarelo representa a fase em exploração

Deste modo, estimou-se extração de biogás de cada fase, indicada no Gráfico 6-7 e no Gráfico 6-8. A extração vai diminuir ao longo da exploração da Fase C.

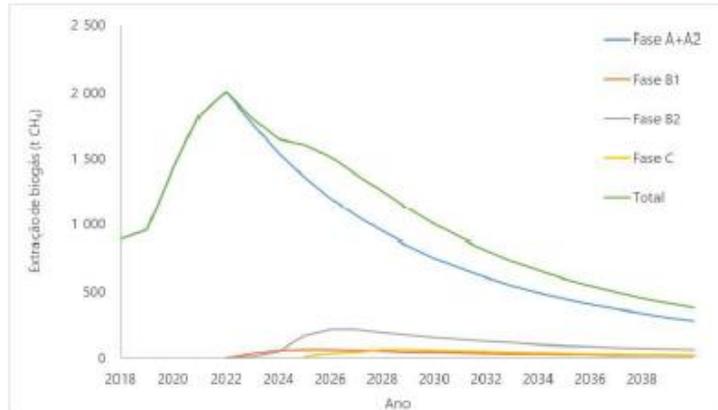


Gráfico 6-7 – Previsão da extração do biogás, por fase (em toneladas de CH₄)

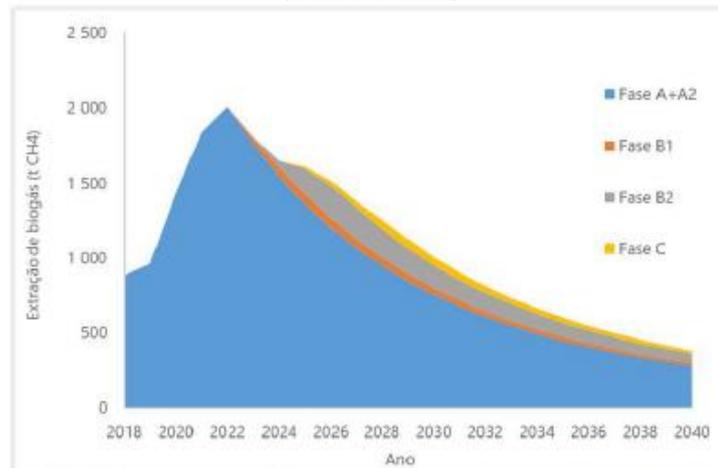


Gráfico 6-8 – Previsão das contribuições das fases de exploração à extração do biogás (em toneladas de CH₄)

O Gráfico 6-9 apresenta as previsões de produção e extração, em termos de caudal de biogás (Nm³/hora).

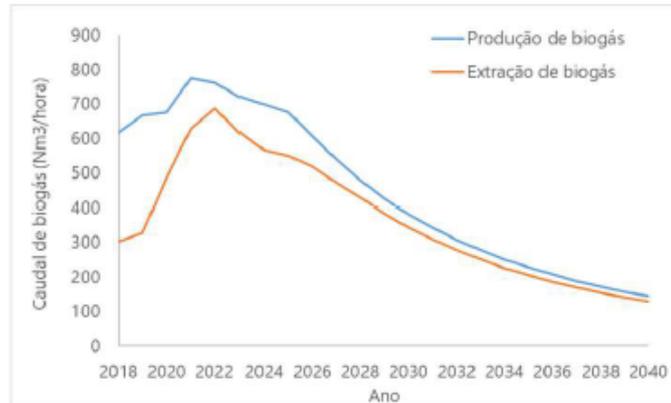


Gráfico 6-9 – Produção e extração de biogás estimado pelo modelo (considerando um teor de CH₄ de 50%).

6.2.7 Comparação com a situação de licenciamento atual

No ponto anterior apresentaram-se estimativas da produção e extração de biogás do aterro, no caso de exploração com a Fase C. No presente ponto pretende-se comparar aquelas previsões com a situação de licenciamento em vigor, isto é licenciamento de apenas as Fases A+A2 e B, até 2024, e encerramento do aterro sanitário logo a seguir.

O Gráfico 6-10 compara as estimativas de produção do biogás no aterro sanitário (todas as fases exploradas) na situação de licenciamento em vigor e no cenário de exploração da Fase C (licenciamento proposto). Verifica-se que a produção máxima do biogás no segundo cenário não seria superior à prevista no primeiro, no entanto a diminuição da produção será mais lenta.

De igual modo, conforme Gráfico 6-11, a extração máxima no caso de implementação da Fase C não excederá a que já ocorreu com a exploração das Fases A+A2 e B, mas a extração será prolongada, devido ao adiamento da selagem final do aterro sanitário.

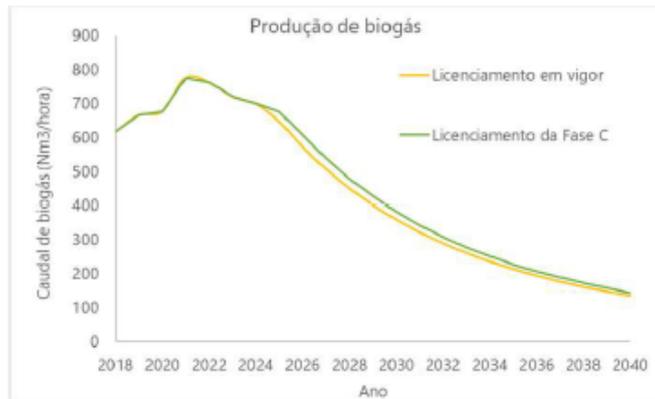


Gráfico 6-10 – Comparação entre a produção de biogás estimada no aterro sob o licenciamento em vigor e no cenário de exploração da Fase C (considerando um teor de CH₄ de 50%)

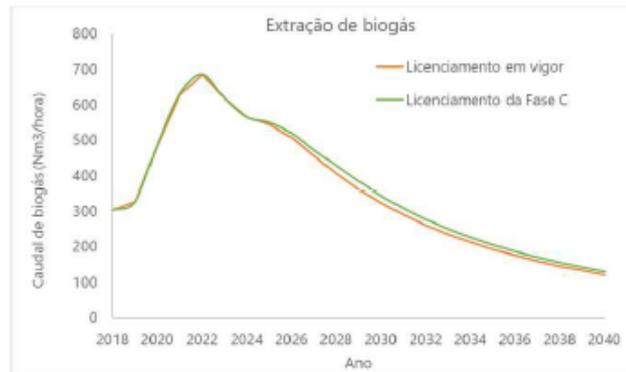


Gráfico 6-11 – Comparação da extração de biogás estimada no aterro sob licenciamento em vigor e no cenário de exploração da Fase C (considerando um teor de CH₄ de 50%),

6.2.8 Resumo

Do acima exposto, constata-se o seguinte:

- Para maximizar a extração os poços de extração da Fase C serão ligados ao sistema existente o mais cedo possível, como já é prática da exploração, vide a instalação da extração em taludes da Fase B2.
- Prevê-se uma diminuição da produção do biogás em boa parte devido à redução no teor de resíduos biodegradáveis no refugo do TMB desde 2018. A produção da Fase A+A2 será sempre superior à das restantes fases. Esta diminuição ocorrerá em ambos os cenários: o licenciamento em vigor e o licenciamento da Fase C.
- O licenciamento da Fase C não implicará caudais de produção e extração do biogás superiores ao máximo já observado. Implicará um prolongamento da produção (a Fase C prolongará a vida útil do aterro por 12 meses).
- Os caudais a extrair serão sempre inferiores à capacidade do sistema de extração e aproveitamento existente.