



**Análise de Viabilidade
de Instalação de um
Queimador de Biogás
do Aterro de Resíduos
Industriais Não Perigosos
da BIOSMART – Castelo Branco**

-

1. Enquadramento

No presente estudo pretende-se realizar uma avaliação da viabilidade de instalação de um queimador e/ou valorização do biogás produzido pelo aterro de resíduos industriais não perigosos da BIOSMART sito no concelho de Castelo Branco. A avaliação da viabilidade de instalação de um queimador do biogás será realizada com base na caracterização da qualidade e quantidade do biogás produzido entre os anos de 2019 e 2022.

2. Introdução

O biogás resulta da digestão anaeróbia de materiais orgânicos, e pode ser obtido de uma forma económica e tecnicamente viável em estações de tratamento de águas residuais (ETAR) ou em aterros sanitários. Em Portugal, além de já estarem a funcionar várias centrais elétricas a biomassa, existem também exemplos de produção de energia elétrica em ETAR municipais e industriais, e também em aterros.

A produção e a utilização do biogás para produzir energia, representa uma alternativa muito atraente para utilizar certas categorias de biomassa, cuja transformação noutros biocombustíveis não é técnica ou economicamente viável. O biogás é produzido por um processo natural, mas que pode ser controlado e aplicado industrialmente. O que distingue o biogás de outras energias renováveis tem a ver com o facto de se poderem usar uma grande variedade de “matérias-primas”, incluindo resíduos industriais ou domésticos.

Segundo fontes bibliográficas, o biogás apresenta normalmente a seguinte composição (Quadro 2.1): metano (55-65%), dióxido de carbono (35-45%), azoto (0-3%), hidrogénio (0-1%), e sulfureto de hidrogénio (0-1%).

Quadro 2.1 – Composição Típica do Biogás

Composto	Análise Típica (% em volume)
Metano	55 - 65
Dióxido de Carbono	35 - 45
Sulfureto de Hidrogénio	0 - 1
Azoto	0 - 3
Hidrogénio	0 - 1
Oxigénio	0 - 2
Amoníaco	0 - 1

Devido ao seu elevado teor de metano, resultante da degradação biológica na ausência de oxigénio molecular, o biogás é uma fonte atraente de energia, apesar de ter um teor energético inferior ao gás natural, que é constituído por cerca de 90-95% de metano.

Geralmente, à saída dos biodigestores e/ou dos aterros, o biogás apresenta-se saturado em vapor de água, podendo conter partículas e siloxanos. A composição do biogás depende, por um lado, da natureza do resíduo digerido e, por outro, das condições em que a digestão anaeróbia se processa. As propriedades energéticas do biogás decorrem do seu principal constituinte, o metano. O metano é um gás incolor, indolor e inflamável, que consta do conjunto dos seis principais gases que contribuem para o aquecimento planetário. O biogás apresenta normalmente uma massa volúmica de 1,13 kg/m³.

Os restantes constituintes do biogás, apesar de estarem presentes em quantidades muito limitadas, podem afetar o seu transporte, depuração e combustão. De fato, tratando-se de uma mistura cuja composição é muito variável, importa conhecer as propriedades que lhe estão associadas e como estas podem influenciar o seu rendimento. Pela sua importância, destacam-se as seguintes propriedades do biogás:

- ✔ **Poder calorífico inferior (PCI):** corresponde à energia libertada, de uma massa combustível, sob a forma de calor, não incluindo a energia despendida na vaporização da água presente no combustível. Este parâmetro permite aferir a medida exata do conteúdo energético útil do combustível;
- ✔ **Limites de inflamabilidade:** correspondem às percentagens mínima e máxima de um combustível numa mistura ar/combustível para as quais essa mistura se inflama. São um parâmetro crítico na combustão com biogás, devido à diluição do metano com dióxido de carbono e outros gases inertes. Segundo a bibliografia misturas de ar e metano, com metano entre 5% e 15% são passíveis de gerar combustão.

Em condições normais de pressão e temperatura (PTN), ou seja, a uma pressão de 1 atm e a uma temperatura de 25°C, o metano puro apresenta um PCI de 9,44 kWh/m³. O biogás com um teor de metano entre 50% e 80% terá um PCI entre 4,72 kWh/m³ e 7,55 kWh/m³. Um m³ de biogás com cerca de 70% de metano apresenta uma equivalência energética de 6,5 kWh. Por outro lado, certas referências referem que 1 m³ de biogás seco, com uma percentagem de metano de 10%, pode corresponder a uma produção de energia de, aproximadamente, 1 kWh.

Para o caso dos aterros, a deposição de resíduos orgânicos por via anaeróbia denomina-se de biometanização ou digestão anaeróbia. Os principais produtos do metabolismo são CO_2 e CH_4 , constituintes principais do biogás, sendo ainda produzidos compostos intermediários, como ácidos orgânicos de baixo peso molecular, alguns voláteis, que têm um elevado potencial de produção de maus cheiros. Após a deposição dos resíduos em aterro, verifica-se de imediato a degradação da componente orgânica, pelo que após um curto período de tempo se inicia a produção de biogás, com libertação de gases com características caloríficas.

O aproveitamento energético do biogás ou a sua simples queima, reduz a emissão de metano para a atmosfera, contribuindo igualmente para uma melhoria da qualidade ambiental das zonas envolventes, uma vez que os componentes causadores de odores desagradáveis, particularmente os compostos de enxofre, são destruídos durante a combustão do biogás.

O biogás proveniente de resíduos, independentemente da origem dos resíduos, pode ter como objetivo várias aplicações. Este vai estar sujeito a diferentes níveis de exigência, mediante a aplicação final à qual vai estar sujeito. Assim, a título de resumo, a Tabela 2.2 mostra a necessidade de remoção de impurezas, de acordo com a finalidade de utilização do biogás.

Quadro 2.2 – Necessidade de remoção de gases e de outros componentes do biogás

Aplicação	H_2S	CO_2	H_2O
Caldeira a gás	< 1000 ppm	Não	Não
Utilização em cozinha	Sim	Não	Não
Veículos a Gás	Sim	Sim	Sim
Rede de gás natural	Sim	Sim	Sim

Essencialmente pode-se resumir a finalidade do biogás produzido a duas possibilidades:

- ✔ Produção de biometano;
- ✔ Produção de energia eléctrica.

3. Caracterização do Biogás Produzido

3.1. Material e Métodos

No aterro de Resíduos Industriais Não Perigosos da BIOSMART, sito no concelho de Castelo Branco, existe um programa de monitorização mensal das emissões de biogás. A referida monitorização consiste na análise da composição do biogás em termos de percentagem de metano, dióxido de carbono, azoto, oxigénio e sulfureto de hidrogénio. Procede-se também mensalmente à medição da pressão atmosférica (atm) e da velocidade de emissão de biogás (m/s). A análise da composição do biogás é realizada recorrendo a um analisador portátil marca *GEOTECH GEM 5000* devidamente calibrado. A velocidade de emissão de biogás é realizada utilizando um anemómetro portátil marca *Schiltknecht MiniAir Junior*.

3.2. Locais de Amostragem

No referido aterro estão instalados 5 poços de biogás. No Anexo I apresenta-se a carta de localização dos mesmos à escala 1:1500. No quadro 3.1 apresentam-se as coordenadas dos referidos poços.

Quadro 3.1 – Coordenadas dos poços de biogás

Código do poço	Coordenada X	Coordenada Y
1	39º 46'52.43"N	7º 27'28.33"W
2	39º 46'51.44"N	7º 27'27.33"W
3	39º 46'50.53"N	7º 27'28.40"W
4	39º 46'51.35"N	7º 27'29.79"W
5	39º46'51.30"N	7º 27'28.42"W

3.3. Composição do Biogás

No quadro 3.2 apresenta-se a evolução mediana no biogás entre os anos 2019 e 2022 para o conjunto dos 5 poços de biogás instalados no aterro em estudo.

Analisando o quadro 3.2 verifica-se que o biogás gerado pelo aterro tem a seguinte composição mediana (percentil 50): azoto (73,3%), oxigénio (16,3%), dióxido de carbono (6,9%) e metano (4,7%). Assim verifica-se que o biogás gerado é composto maioritariamente por azoto e oxigénio sendo que os gases com maior poder calorífico apresentam-se concentrações extremamente baixas, principalmente no que diz respeito ao metano.

Quadro 3.2 – Evolução da Composição do Biogás em termos de percentil 50 anual

Ano	CH4 (%)	CO2 (%)	O2 (%)	N2 (%)
2019	8,5	9,8	12,5	69,0
2020	5,7	8,0	15,9	71,4
2021	3,5	5,4	17,6	75,0
2022	2,6	4,4	17,3	76,1
Mediana	4,7	6,9	16,3	73,3

Nas figuras 3.1 a 3.4 apresenta-se a evolução anual das principais estatísticas das concentrações de biogás medidas representadas em diagramas de caixa (*boxplot*) onde a linha central das caixas representa a mediana, e os seus limites superiores e inferiores, representam o percentil 75 e 25 respetivamente.

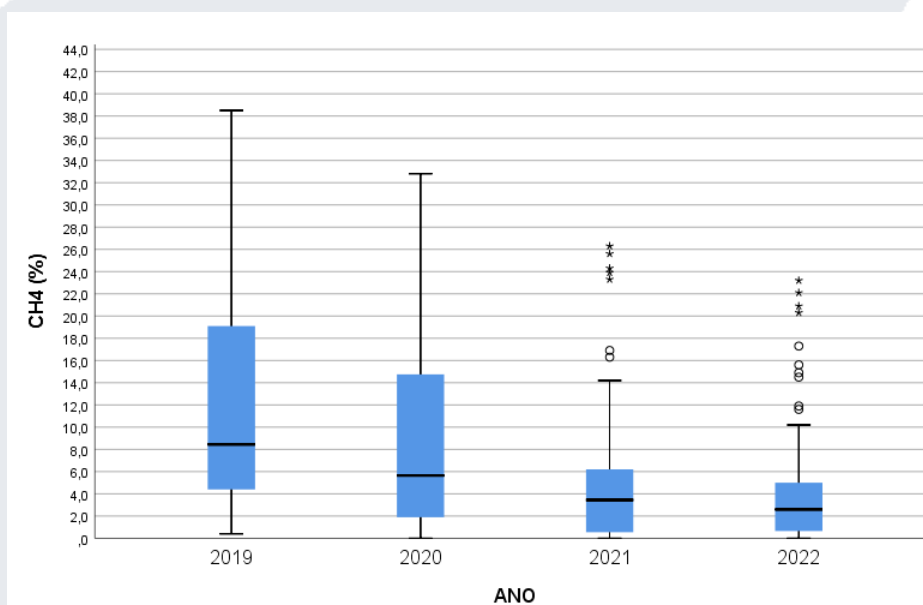


Figura 3.1 – Evolução da concentração mediana de metano (%) entre os anos 2019 e 2022 no conjunto dos 5 poços de biogás

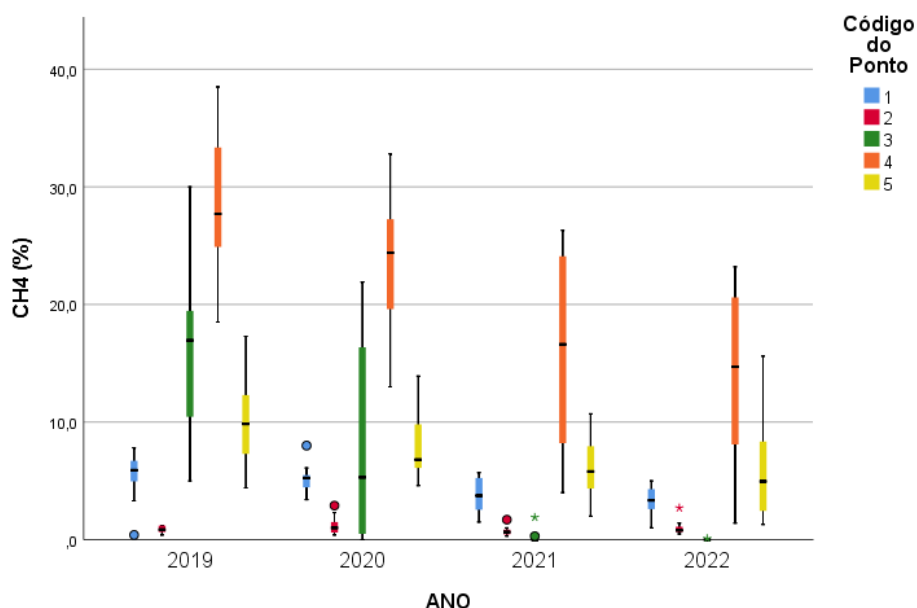


Figura 3.1a – Evolução da concentração mediana de metano (%) entre os anos 2019 e 2022 individualmente para cada um dos 5 poços de biogás

No que respeita à evolução do metano, o principal gás de efeito de estufa emitido pelos aterros, verifica-se que este apresentava um percentil 50 de cerca de 8,5% em 2019, tendo este valor vindo a decrescer lentamente ao longo dos anos apresentando em 2022 um percentil 50 de apenas 2,6% (ver figura 3.1). O percentil 25 também apresenta uma tendência de decréscimo ao longo dos anos, tal como o percentil 75. Analisando individualmente os 5 poços existentes na infraestrutura (figura 3.1a) verifica-se que o poço número 4 é aquele que apresenta concentrações superiores de metano, mas que ainda assim em 2022 não ultrapassam os 15% em termos de mediana. Os restantes poços apresentam teores residuais acompanhando todos eles uma tendência de decréscimo ao longo do tempo.

Tal como o metano, também o dióxido de carbono gerado pelo aterro tem vindo a apresentar um decaimento ao longo dos anos em todos os indicadores estatísticos, tendo iniciado com um percentil 50 de cerca de 8,5% em 2019 e terminado com apenas 4,4% em 2022, ou seja, verificou-se um decréscimo de cerca de 50%.

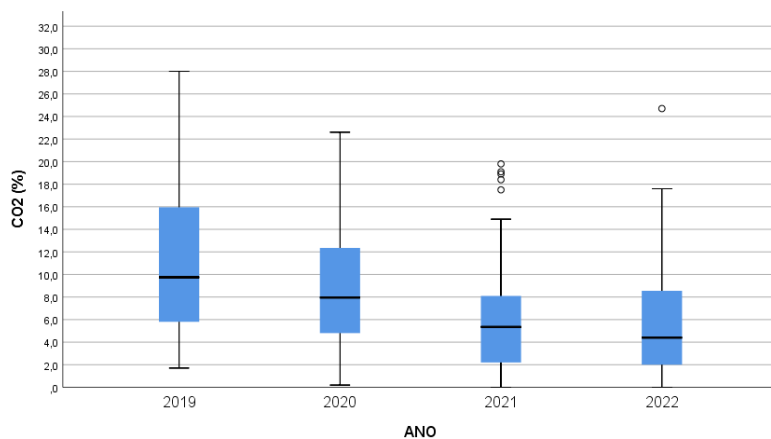


Figura 3.2 – Evolução da concentração de dióxido de carbono (%) entre os anos 2019 e 2022 nos 5 poços de biogás – boxplot

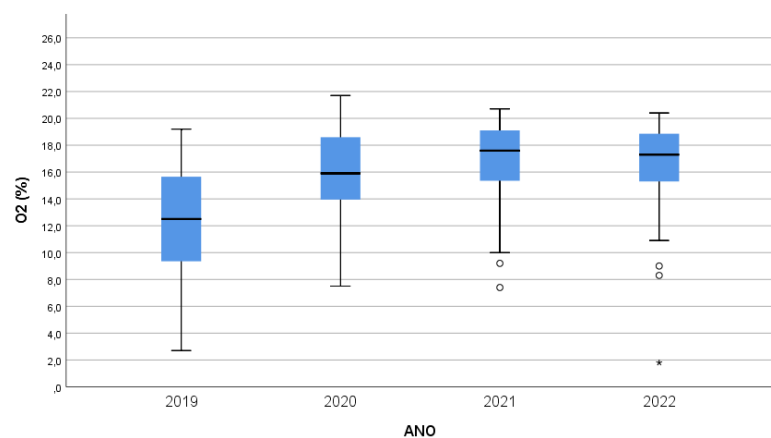


Figura 3.3 – Evolução da concentração de oxigénio (%) entre os anos 2019 e 2022 nos 5 poços de biogás – box plot

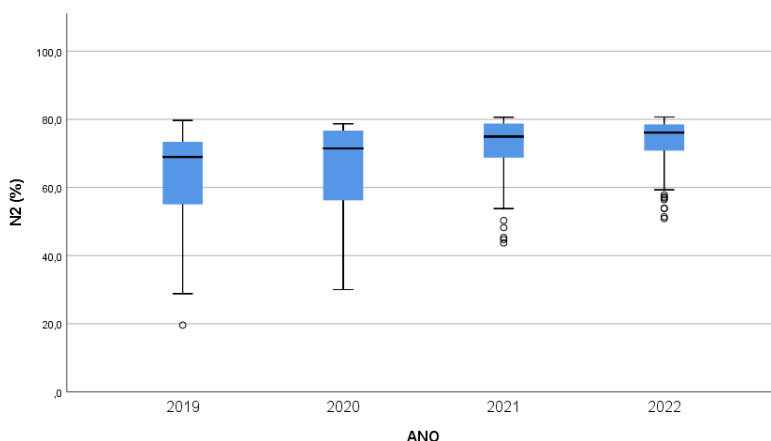


Figura 3.4 – Evolução da concentração de azoto (%) entre os anos 2019 e 2022 nos 5 poços de biogás – box plot

Analisando as figuras 3.3 e 3.4 verifica-se que o oxigénio e o azoto apresentam uma tendência inversamente proporcional ao metano e dióxido de carbono, ou seja, verifica-se um aumento ao longo do tempo.

O azoto apresentava uma mediana de 69% em 2019 tendo aumentado o seu teor gradualmente ao longo dos anos, registando em 2022 uma mediana de cerca de 76%, ou seja, um aumento médio de 7%. O oxigénio registou um mínimo histórico mediano em 2019 de cerca de 12,5% aumentando gradualmente para cerca de 17% em 2022.

Na figura 3.5 apresenta-se a evolução estatística da concentração de sulfureto de hidrogénio (ppm) individualmente para cada poço de biogás ao longo dos 4 anos de estudo. Destaca-se o ponto número 5 com teores elevados deste constituinte, que iniciou com valores medianos de cerca de 700ppm em 2019 tendo reduzido gradualmente para cerca de 200ppm em 2022. Nos restantes poços a expressão desta molécula mantém-se ausente ou pouco significativa ao longo do tempo.

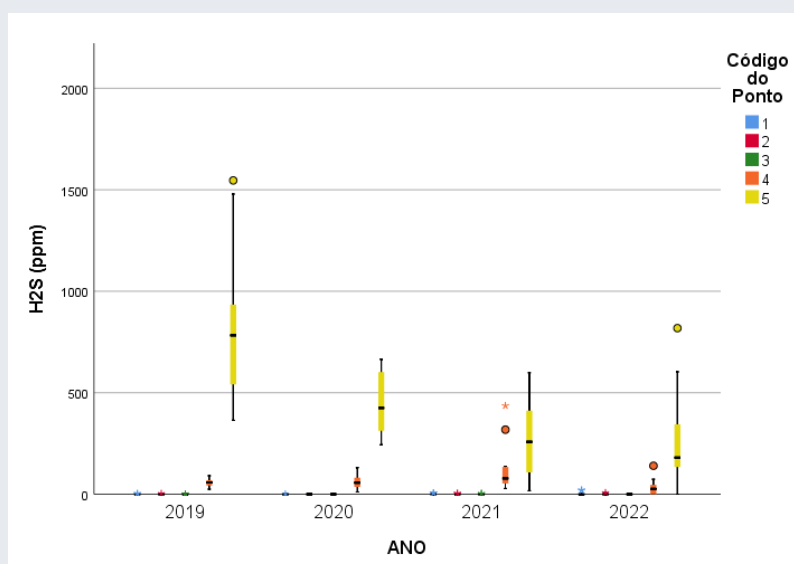


Figura 3.5 – Evolução da concentração de sulfureto de hidrogénio (ppm) entre os anos 2019 e 2022 nos 5 poços de biogás – Box plot

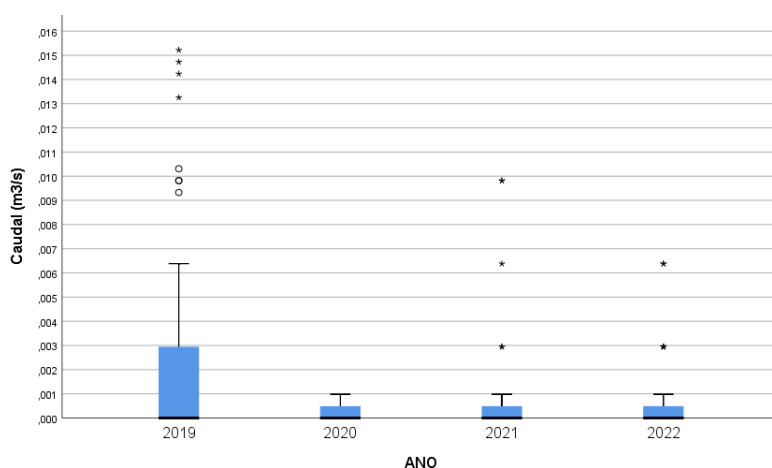


Figura 3.6 – Evolução do caudal (m^3/s) entre os anos 2019 e 2022 nos 5 poços de biogás – Box plot

Analisando a figura 3.6 verifica-se que as medições de caudal do biogás no sistema de captação do aterro (poços), apontam para caudais nulos ou muito baixos, inferiores a $0,001m^3/s$ em todos os poços do sistema. Em 2019 registram-se algumas medições mais elevadas mas que ainda assim obtiveram um percentil 75 abaixo dos $0,007 m^3/s$ o que se pode considerar um valor extremamente baixo.

Considerando a hipótese de uma velocidade de emissão de biogás constante ao longo tempo entre cada medição mensal, verifica-se que em 2022 o volume total mensal médio foi de $7422m^3$, o que corresponde a uma **emissão média diária de apenas $244m^3/dia$ considerando 24 horas de emissão** (ver quadro 3.3)

Quadro 3.3 – Evolução do volume emitido de biogás (m^3) entre os anos 2019 e 2022 nos 5 poços de biogás

		Volume Anual (m^3)	Volume médio mensal (m^3)	Volume médio diário (m^3)
ANO	2019	472040	39336	1293
	2020	31808	2650	87
	2021	106877	8906	292
	2022	89064	7422	244

4. Discussão de Resultados

Para a realização deste estudo, aplicou-se o método de pesquisa descritiva com a utilização de dados primários e secundários. A pesquisa por meio de informações secundárias foi utilizada para identificar diferentes perspetivas científicas que de alguma maneira possam fundamentar e contribuir para a

análise da viabilidade de valorização do biogás do aterro em estudo. Esse tipo de dados foi obtido através de trabalhos já realizados, tais como artigos científicos, livros, sites, periódicos e revistas especializadas. Os dados primários relativos ao volume de biogás gerado no aterro, a qualidade do gás e o seu potencial para geração de energia elétrica ou queima, foram obtidos por meio de análise dos dados de monitorização realizada mensalmente entre os anos 2019 e 2022, na qual se realizaram medições de vazão do gás produzido no aterro mediante o emprego de equipamentos específicos. Também foram realizadas análises da qualidade do gás e, dessa forma, foi possível obter dados quantitativos sobre o potencial energético do biogás produzido no aterro. Esses dados contribuíram para responder aos objetivos específicos deste estudo, no qual se objetiva avaliar o atual potencial e capacidade de valorização do biogás produzido pelo aterro.

Após realizadas medições de vazão do biogás no sistema de captação do aterro (poços), conclui-se que a vazão mediana de biogás no aterro varia ao longo do tempo sendo que o valor mais recente é de aproximadamente 244 m³/dia considerando 24 horas de emissão. A concentração de metano presente neste biogás emitido correspondeu a apenas 2,6 % em 2022. É importante destacar que quanto maior for a concentração de metano no biogás, melhor será sua qualidade e neste caso a concentração de metano é manifestamente baixa, quando comparada com a concentração existente nos aterros de resíduos sólidos urbanos com sistemas de valorização do biogás instalados, onde a concentração de metano varia normalmente entre 55-60%, ou seja, ou seja, cerca de 20x superior ao que se detecta no aterro em estudo. Além do baixo caudal e do fraco teor em metano, o biogás emitido é ainda rico em sulfureto de hidrogénio, uma impureza que inviabiliza a utilização do biogás para a maioria das aplicações de valorização do mesmo.

Com base nos resultados da pesquisa bibliográfica foi possível verificar que o volume de biogás gerado no aterro em estudo gera uma vazão diária insuficiente para a implantação de um sistema valorização, seja ele de cogeração de energia elétrica ou de produção de biometano. Assim, a qualidade do gás que é dada pela baixa concentração de metano, e o seu reduzido caudal impactam negativamente os resultados de qualquer tipo de instalação. Além disso, a concentração mediana de metano em 2022 está ainda abaixo dos limites mínimos de inflamabilidade (5%) o que aliado ao seu baixo caudal dificulta a instalação de um simples queimador. Estudos bibliográficos indicam que a viabilidade de instalações de queimadores de biogás requer misturas com concentrações de biogás entre 55 e 60%, sendo que no aterro em estudo esta é de apenas 2,6%.

Segundo dados fornecidos pela Biosmart a composição dos resíduos depositados no aterro de Castelo Branco é extremamente pobre em matéria orgânica. O fraco conteúdo em detritos orgânicos justifica a pobre emissão de metano, cuja produção assenta na digestão anaeróbia da matéria orgânica.

Conclui-se assim que o aterro de resíduos sólidos industriais não perigosos da BIOSMART sito no concelho de Castelo Branco, não possui aptidão técnica para a instalação de dispositivos de queima e valorização de biogás, pelo fraco caudal emitido para generalidade dos poços e pela baixa concentração de metano existente.

5. Bibliografia

Fachverband Biogas e.V. 2016. Biogas Saphety first! Diretrizes para o uso seguro da tecnologia de biogás, 68pp

Garcia, A. 2014. Techno-economic feasibility study of a small-scale biogas plant for treating market waste in the city of El Alto, 67pp

ICLEI, Manual para Aproveitamento de Biogás, Volume 1 – Aterros Sanitários, 82pp.

Instituto Federal de Minas Gerais (2018). Dimensionamento e análise da viabilidade técnica e econômica de um biodigestor tubular, 31pp.

Jacobowski, .M. et al. (2020). VIABILIDADE ECONÔMICA DA COGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DO BIOGÁS: UM ESTUDO DE CASO NO ATERRO SANITÁRIO DE TOLEDO, PARANÁ. Revista Desafios – v. 7, n. 3.

Moço, E. Projeto de uma unidade produtora de biogás. Instituto Politécnico de Tomar, 69pp.

Mendonça, F. 2016. Análise da pré viabilidade técnico económica da produção de biometano na Tratolixo, 116pp.

Teixeira, B. 2011. Análise da Viabilidade Económica de uma Central de Micro-Cogeração no Setor da AgroPecuária, 153pp.

- ANEXO I -

- CARTOGRAFIA -

7°27'30"W



Legenda



● Poços Biogás

Mapa Base: Google Maps

Escala

1:1 500

Escala gráfica:

0 5 10 20 30 40
Metros

Aterro de Resíduos Industriais
Não Perigosos de Castelo Branco

BIOSMART - Soluções Ambientais, S.A.
Carta de Poços de Biogás

Número

1

Folha

1/1