

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: 2004.09.29	(73) Titular(es): ECODECO S.R.L.	
(30) Prioridade(s): 2003.10.03 IT MI20031903	CORSO DI PORTA VITTORIA 4 20122 MILANO IT	
(43) Data de publicação do pedido: 2005.04.06	(72) Inventor(es):	
(45) Data e BPI da concessão: 2012.01.04	GIUSEPPE NATTA	IT
058/2012	GIANNI DONATI	IT
	FRANCESCO NATTA	IT
	(74) Mandatário:	
	JOSÉ RAUL DE MAGALHÃES SIMÕES	
	RUA CASTILHO, 167 - 2.º 1070-050 LISBOA	PT

(54) Epígrafe: **PROCESSO PARA ACTIVAÇÃO DE ATERROS DE RESÍDUOS SECOS BIOLOGICAMENTE**

(57) Resumo:

O PRESENTE INVENTO REFERE-SE A UM PROCESSO QUE COMPREENDE A CONSTRUÇÃO DE UM ATERRO UTILIZANDO RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU), SUBMETIDOS A BIOSECAGEM ATÉ UM TEOR EM HUMIDADE INFERIOR A 20% ATRAVÉS DE UM PROCESSO DE DIGESTÃO AERÓBICA Y COMPRIMIDOS EM FARDOS (BIOCUBES), E POSTERIOR ACTIVAÇÃO DO ATERRO ALIMENTANDO ÁGUA E RECIRCULANDO PERCOLADO DE MODO QUE SE ALCANÇEM TEORES DE HUMIDADE DE APROXIMADAMENTE 30-60% E SE DESENCADEIE UM PROCESSO DE DIGESTÃO ANAERÓBICA COM PRODUÇÃO DE BIOGÁS (40-50% DE METANO). ESTE BIOGÁS PODE SER UTILIZADO, POR EXEMPLO, EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA EQUIPADOS COM UM ALTERNADOR PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA. A INSTALAÇÃO COMPREENDE A) UM ATERRO CONSTRUÍDO EMPILHANDO BIOCUBES DO MATERIAL, SUBMETIDO A BIOSECAGEM E TORNADO INERTE, EM MONTES NUMA CAMADA DE CONTEÚDO IMPERMEÁVEL (T) E COBRINDO A PARTE SUPERIOR DOS REFERIDOS MONTES COM UMA CAMADA DE ARGILA (S) COM BAIXA PERMEABILIDADE AOS GASES E AOS LÍQUIDOS, B) UM SISTEMA DE TUBAGENS (C2) INTRODUZIDO PREVIAMENTE PRÓXIMO DA CAMADA IMPERMEÁVEL (T) PARA A RECOLHA DO PERCOLADO E ASPIRAÇÃO DO BIOGÁS PRODUZIDO, C) UM SISTEMA DE TUBAGENS (C1) COLOCADO ABAIXO DA CAMADA DE ARGILA DE CAMADA (S) INSERIDO ATRAVÉS DA REFERIDA CAMADA DE ARGILA PARA ALIMENTAR A ÁGUA DE HUMIDIFICAÇÃO NO ATERRO, D) UM SISTEMA PARA A RECOLHA E TRATAMENTO DO PERCOLADO A SER RECIRCULADO NAS TUBAGENS PARA DISTRIBUIÇÃO DA AGUA DE HUMIDIFICAÇÃO, E) UM SISTEMA DE ASPIRAÇÃO DO BIOGÁS A SER ENVIADO PARA A SUA UTILIZAÇÃO.

RESUMO**PROCESSO PARA ACTIVAÇÃO DE ATERROS DE RESÍDUOS SECOS
BIOLOGICAMENTE**

O presente invento refere-se a um processo que compreende a construção de um aterro utilizando resíduos sólidos urbanos (RSU), submetidos a biosecagem até um teor em humidade inferior a 20% através de um processo de digestão aeróbica y comprimidos em fardos (BIOCUBES), e posterior activação do aterro alimentando água e recirculando percolato de modo que se alcancem teores de humidade de aproximadamente 30-60% e se desencadeie um processo de digestão anaeróbica com produção de biogás (40-50% de metano). Este biogás pode ser utilizado, por exemplo, em motores de combustão interna equipados com um alternador para a produção de energia eléctrica. A instalação compreende a) um aterro construído empilhando BIOCUBES do material, submetido a biosecagem e tornado inerte, em montes numa camada de conteúdo impermeável (T) e cobrindo a parte superior dos referidos montes com uma camada de argila (S) com baixa permeabilidade aos gases e aos líquidos, b) um sistema de tubagens (C2) introduzido previamente próximo da camada impermeável (T) para a recolha do percolato e aspiração do biogás produzido, c) um sistema de tubagens (C1) colocado abaixo da camada de argila de camada (S) inserido através da referida camada de argila para alimentar a água de humidificação no aterro, d) um sistema para a recolha e tratamento do percolato a ser recirculado nas tubagens para distribuição da água de humidificação, e) um sistema de aspiração do biogás a ser enviado para a sua utilização.

Esta utilização pode conseguir-se por meio de um motor de combustão interna conectado a um alternador para a produção de energia eléctrica.

DESCRIÇÃO

PROCESSO PARA ACTIVAÇÃO DE ATERROS DE RESÍDUOS SECOS BIOLOGICAMENTE

Campo de aplicação

A presente invenção refere-se à área dos aterros para resíduos sólidos urbanos (RSU), também após recolha selectiva ou fracções obtidas ou derivadas dos mesmos.

Mais particularmente a presente invenção refere-se a aterros obtidos acumulando material derivado de RSU, previamente submetido a biosecagem e comprimido em fardos (BIOCUBES), conhecidos por não emitirem biogás nem percolado.

A presente invenção revela um processo para activação dos referidos aterros de material submetido a biosecagem com o propósito do aproveitamento energético da fracção degradável contida no referido material submetido a biosecagem mediante humidificação intensa e digestão anaeróbica com produção de biogás.

As aplicações referem-se a aterros de material submetido a biosecagem já existentes e a novos aterros com diversos desenhos construtivos e sistemas de alimentação e de remoção de líquidos e gases produzidos.

Estado da técnica

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) procedentes de recolha selectiva, após terem sido compactados, são geralmente depositados em aterros controlados com bases previamente impermeabilizadas de acordo com a técnica anterior (aterro convencional).

Normalmente compreendem uma fracção facilmente digerível composta por resíduos orgânicos húmidos, uma fracção inorgânica não combustível composta por vidro, resíduos de demolições e metais, e uma fracção combustível que compreende material de embalagens, material de natureza plástica, madeira, papelão e papel tal como se indica na tabela.

Tabela: Composição típica de RSU após a recolha selectiva

	Composição	Humidade	Cinza	Fracção oxidável	Carbono	Fracção renovável	Poder calorífico inferior
	%	%	%	%	%	%	kcal kg ⁻¹
Papel e produtos de celulose	27	9,5	1,6	15,9	9,6	27	2387
Madeira	6	1,8	0,1	4,1	2,4	6	2949
Plástico	18	1,1	1,6	15,3	11,8	0	6764
Vidro e material inerte	4	0,1	3,9	0	0	0	-15
Metais	4	0,2	3,8	0	0	0	-30
Produtos orgânicos	29	20,3	4,4	4,4	3,8	29	272
Resíduos peinerados	12	3,6	5,4	3	1,3	7,2	921
TOTAL	100	36,5	20,8	42,7	28,9	69,2	2226

A crescente produção de resíduos e a consequente necessidade de espaços adicionais para aterros controlados levaram ao desenvolvimento de processos de eliminação, como alternativas à deposição em aterros convencionais.

Também se deve observar que estes aterros têm problemas ambientais consideráveis e problemas de aceitação social, tanto durante o seu começo, como durante a sua exploração e recuperação territorial no fim da sua vida.

O tempo de vida de um aterro é de aproximadamente 20 anos durante os quais se produz biogás aproximadamente a $150 \text{ Nm}^3/\text{t}$ e correspondentemente o material orgânico degrada-se quase totalmente, com excepção do plástico.

Nos E.U.A., onde a disponibilidade de terreno não coloca problemas, mas onde a produção de resíduos está em forte crescimento, estão a realizar-se investigações para melhorar os rendimentos dos aterros de RSU.

A este respeito faz-se aqui menção ao projecto Outer Loop Landfill (Louisville, KY), apresentado no seminário da EPA dos E.U.A. sobre aterros de biorreactor, 27-28 de Fevereiro de 2003, Arlington, VA, que inclui estudos quantitativos sobre os rendimento de aterros, tanto anaeróbicos, como aeróbicos/anaeróbicos combinados com digestão acelerada mediante recirculação do percolado.

O pedido de patente US 2003/0108394 reivindica a conversão de aterros convencionais em condições aeróbicas

para acelerar o processo de conversão da parte de resíduos biodegradáveis.

As patentes US 6599058, US 6591695, US 2003/0114988 revelam processos para a medição melhorada do efluente e as emissões de aterros, e a caracterização dos seus rendimentos e métodos de gestão.

Ao contrário, a Comunidade Europeia (1999/31/CE) fixou uma redução de 50% nos RSU depostos para 2009 e o desenvolvimento de métodos de recuperação alternativos.

Uma característica comum destes processos alternativos é a recuperação e reciclagem de pelo menos uma fracção dos resíduos. Esta fracção pode recuperar-se obtendo energia a partir da combustão dos resíduos.

A opção preferida até à data tem sido a combustão de RSU com produção de energia eléctrica e a deposição da cinza, mas esta opção também tem problemas ambientais e de aceitabilidade pelo público e, sobretudo, não elimina totalmente a deposição dos RSU devido à descontinuidade das câmaras de combustão e a não uniformidade do material e dos fornecimentos.

Por este motivo desenvolveram-se processos para a transformação de resíduos malcheirosos e heterogéneos com elevado impacto ambiental em materiais inertes homogéneos, que são mais fáceis de manusear e armazenar, proporcionando assim uma solução definitiva para o problema dos resíduos, e oferecendo diversas opções para

a utilização de materiais derivados, com um aumento na flexibilidade de todo o ciclo dos próprios resíduos.

A aplicação destes novos materiais em incineradores representa uma das possíveis opções e são possíveis outras utilizações, tais como a integração de combustível convencional em fábricas de cimento ou centrais de carbono, e a deposição actual e a recuperação ambiental de aterros convencionais no final da sua vida.

Conhecem-se métodos para a preparação de materiais submetidos a biosecagem por meio do calor gerado pela digestão aeróbica da fracção digerível presente nos próprios resíduos.

Na patente europeia EP-A-706839, em nome do mesmo requerente, proporciona-se uma descrição de um processo para a recuperação de energia a partir de resíduos sólidos urbanos mediante a preparação de combustível não convencional, que compreende as fases de trituração rude dos resíduos, acumulação dos mesmos num leito poroso numa câmara de digestão, digestão aeróbica forçada com temperaturas de até 65-70°C até que os resíduos sequem, realizada por meio de um fluxo de ar aspirado através dos próprios resíduos, e eliminação dos cheiros do ar de saída por meio de biofiltros.

O produto assim submetido a biosecagem pode refinar-se por peneiração, eliminação dos metais e moagem da fracção restante até obter um diâmetro final máximo que é inferior a um centímetro.

A patente italiana IT-A-1283805 descreve um processo para a recuperação de energia a partir de resíduos sólidos urbanos que compreende uma fase de trituração inicial para homogeneizar e limitar a formação de sacos locais de digestão anaeróbica e uma fase de digestão forçada até que se sequem os resíduos. O fluxo de ar elimina a água e detém-se a digestão quando a água restante não é suficiente para suportá-la. Não se adiciona água durante o processo. Os materiais inertes, os metais, o vidro e os escombros de demolição eliminam-se dos resíduos digeridos e secos, moídos até 3 cm. O resíduo obtido é enviado directamente para a sua combustão ou carrega-se em contentores para o seu transporte rodoviário.

O pedido de patente BS 2002 A 000055 (correspondente ao documento EP-A-1386675) descreve em detalhe a instalação para a biosecagem de resíduos e o sistema de controlo automático para a gestão do processo de digestão aeróbica.

O material submetido a biosecagem que ainda não está refinado é mais homogéneo e tem um maior poder calorífico (3100 kcal/kg) que os RSU, perdeu aproximadamente 25% em peso principalmente na forma de água evaporada e pode adoptar-se de maneira útil nos mesmos incineradores com grelhas onde se queimam os RSU actuais.

Enquanto se espera a disponibilidade de instalações de incineração que possam cumprir com a produção cada vez mais crescente de RSU, estes últimos podem armazenar-se

de maneira útil num aterro desde onde podem recuperar-se posteriormente se for necessário.

O pedido de patente VI 2002 A000196 (correspondente ao documento EP-A-1398088) do mesmo requerente revela um método para recuperar, mediante a utilização de material submetido a biosecagem comprimido em fardos (BIOCUBES), aterros convencionais no final da sua vida com benefícios ambientais e a recuperação territorial do aterro.

Construíram-se também numerosos aterros compostos unicamente de BIOCUBES que demonstraram um impacto ambiental insignificante, não só durante a sua construção, como também durante os primeiros anos de serviço.

O aterro está de facto coberto com uma camada de argila e não com uma camada impermeável, o que permite o rápido enraizamento de vegetação.

Os BIOCUBES submetidos a biosecagem não emitem cheiros, nem biogás e não produzem percolado.

A chuva é absorvida pela argila de camada, evapora-se e é absorvida pela vegetação e, inclusivamente no caso de precipitações intensas, a sua penetração limita-se a uns poucos centímetros de material submetido a biosecagem.

O material tem de facto uma absorvência de água de até 50-60% do seu peso.

A única desvantagem deste método é a imobilização, além da necessidade actual sem capacidade de incineração, de uma quantidade considerável de energia.

O documento WO 92/18261 A revela um método de produção/recolha de gás combustível a partir de resíduos não tóxicos.

O documento EP-A-0623399 descreve um processo para a eliminação de resíduos sólidos urbanos preparados em fardos.

Descrição da invenção

O objecto geral da presente invenção é o de eliminar a desvantagem descrita anteriormente, disponibilizando um processo que permita o aproveitamento energético parcial do aterro de material submetido a biosecagem mediante a produção de metano inclusive antes da disponibilidade de uma capacidade de incineração.

Um objecto especial consiste em proporcionar um processo que permita implementar este aproveitamento em parte de ou todo o aterro quando surja a necessidade.

Um objecto adicional consiste em proporcionar um processo para a produção intensiva de metano e, portanto, para justificar as inversões nos sistemas de produção de energia.

Estes objectos e outros que se explicarão em maior detalhe a seguir no presente documento são conseguidos

pelo processo de acordo com a reivindicação independente 1.

Formas de realizações vantajosas da invenção revelam-se mediante as reivindicações dependentes.

De facto verificou-se, surpreendentemente, que humidificando os BIOUBES, podem reter até 56% de água e que após a humidificação, inclusive limitada, tem lugar uma produção intensiva de biogás, consideravelmente maior do que a presente em montes e aterros de RSU.

Os BIOUBES comportam-se como se o tratamento intensivo de biosecagem realizado no processo e na instalação, tal como o descrito nos documentos EP-A-706839 e EP-A-1386675, tivesse disponibilizado a parte biodegradável do material de que são compostos os RSU para a rápida activação da digestão anaeróbica para a produção de biogás.

O processo da presente invenção pode aproveitar-se industrialmente em aterros existentes compostos de BIOUBES e pode modificar-se o desenho de aterros recém-construídos.

Portanto, realizou-se directamente um controlo num aterro situado próximo de uma instalação para a produção de 120.000 t/a de BIOUBES, mostrado nos desenhos adjuntos, em que:

- Figura 1 é uma vista em planta do aterro;

- Figura 2 é uma vista em secção vertical do aterro da figura 1 tomada na área designada por A;
- Figuras 2A e 2B são secções horizontais tomadas ao longo das linhas A-A e B-B, respectivamente, na figura 2.

Fazendo referência à figura 1, a área alocada a BIOCUBES é a colina mostrada numa vista em planta com as linhas de nível, designada por A e dividida em 5 sectores do 9 ao 13.

Cada sector mede aproximadamente 50 m de largura, 200 m de comprimento e 10 m de profundidade e compreende 100.000 m³ de BIOCUBES, equivalente a aproximadamente 70.000 t.

Fazendo referência ao diagrama da figura 2, o aterro A assenta numa camada impermeável T e cada sector 9, 10, 11 tem paredes inclinadas cobertas com uma camada de argila S de aproximadamente 1 m de espessura.

Cada sector está equipado, próximo da camada, com um sistema C2 para a drenagem do percolado P que também se pode utilizar para aspirar biogás G.

Em condições de serviço normal o aterro de BIOCUBES tem praticamente um percolado igual a zero e não tem uma produção significativa de biogás.

Contudo, o sistema de aspiração de biogás activa-se de vez em quando, já que o aterro actua como um enorme

tanque de armazenamento e satura-se com o tempo, inclusive por quantidades mínimas de biogás produzido devido à presença accidental de sacos de humidade devidos à chuva durante a sua construção e antes da cobertura com argila.

Fazendo referência ao sector 10 e em particular à parte 10A deste sector que tem um sistema independente para recolher percolato e biogás, o aterro pode estar equipado com uma série de tubagens C1 que atravessam a camada de argila S e distribuem pelo aterro uma quantidade Q de água com o fim de humidificar os BIOUCUBES.

Este tipo de operação pode realizar-se vantajosamente para um aterro já completado.

Para um aterro recém-desenhado e construído, o distribuidor de água C1 pode construir-se de uma maneira similar ao colector de recolha C2 e estabelecer-se sob a camada impermeável de argila.

De maneira similar, e sobretudo no caso de se alimentarem grandes quantidades de água Q e, apesar da alta capacidade absorvente dos BIOUCUBES há uma produção significativa de percolato P, é possível construir condutas independentes C2 para recolher o percolato P e o biogás G, sendo o primeiro disposto próximo da camada T do aterro e o segundo imediatamente por cima para realizar a aspiração do biogás G.

De modo semelhante, de acordo com a técnica anterior para aterros convencionais, o percolado G pode enviar-se a um reator para tratamento e desnitrificação com o fim de se recircular para humidificar o aterro com a quantidade Q.

O biogás G pode utilizar-se numa instalação de combustão para a produção de calor e/ou energia eléctrica.

Por exemplo pode utiliza-se para integrar os combustíveis de centrais termoeléctricas ou para aumentar a capacidade calorífica do vapor nas instalações de incineração de resíduos em lugar de combustíveis convencionais.

Vantajosamente, pode ser utilizado em motores de combustão interna, possivelmente móveis entre os diversos aterros e equipados com um alternador para a produção de energia eléctrica que se pode utilizar *in situ*, ou que vai alimentar-se à rede de distribuição.

Os resultados obtidos com o processo da presente invenção são dados nos seguintes exemplos de aplicação realizados utilizando o aterro representado na figura 1 e em particular activando o sector 10A deste aterro apenas com fins demonstrativos.

EXEMPLO 1

Fazendo referência à figura 2, nas tubagens C1, instaladas no sector 10A de acordo com o desenho mostrado

na secção A-A, alimentam-se 80 m³ de água de poço durante aproximadamente um dia.

A água alimentada representa uma quantidade muito reduzida em comparação com os 50.000 m³ de BIOCUBES ou as aproximadamente 35.000 t de que é formado o sector 10A.

Dado o poder absorvente do material armazenado, pode supor-se que a operação implicou uma massa de material de aproximadamente 400-500 m³ ou 300-400 t.

O sector 10A foi deixado repousar durante aproximadamente uma semana, sem observar nenhum aumento no percolado e só um ligeiro excesso de pressão no colector de recolha C2.

Iniciou-se a aspiração de gás e analisou-se o conteúdo em metano durante aproximadamente 15 dias, medindo uma produção neta constante de aproximadamente 7 Nm³/h.

Se fosse para se manter constante e com as hipóteses realizadas, esta produção corresponderia a aproximadamente 0,025 - 0,018 Nm³·h⁻¹·t⁻¹, isto é, seria tal como para garantir em 8-12 meses a produção de um aterro de RSU convencional que, tal como se mencionou, é de aproximadamente 150 Nm³/t em 20 anos e que corresponde à transformação em biogás da maior parte da parte degradável dos resíduos.

Para um melhor entendimento deste resultado inesperado e surpreendente que prevê a possibilidade de

um aproveitamento energético intensivo do aterro de BIOCUBES, iniciaram-se uma bateria de testes no sector 10A que ainda estão em seguimento.

EXEMPLO 2

Distribuiu-se um fluxo de 4-5 m³/h pelas tubagens C1 durante 30 dias para um total de aproximadamente 3000 m³ e igual a 5% do volume do aterro.

Não se observou um aumento na quantidade de percolado produzido e portanto reteve-se completamente pela camada de BIOCUBES.

Ao contrário, o metano produzido aumentou dos 7 Nm³/h do exemplo anterior até os 60 Nm³/h após um mês, um valor que se manteve praticamente constante na última semana.

Também supondo de maneira conservadora que o fenómeno implicava toda a massa de 35.000 t armazenadas no sector 10A, esta produção sugeriria um possível aproveitamento energético do material biodegradável presente no aterro em 10 anos.

Já que o material biodegradável composto por resíduos peneirados, papel e madeira (tabela) representa aproximadamente 50% da energia contida nos RSU nos BIOCUBES, prevê-se a possibilidade de um aproveitamento energético e económico da tecnologia do aterro de BIOCUBES junto com incineração.

De facto, o investimento num motor de combustão equipado com um alternador é mínima quando comparada com a de um incinerador e o rendimento termoeléctrico é maior.

Se adicionarmos que o material combustível não biodegradável se pode recuperar do aterro esgotado e se considerar a possibilidade de uma selecção mais estrita do plástico, não só através da recolha selectiva, como também águas abaixo do processo de biosecagem, o aterro de BIOCUBES pode passar a ser, não só um sumidouro de carbono estável, tal como o é actualmente, como também uma fonte potencial para fornecer para utilização a maioria da energia contida nos RSU e que pode activar-se de acordo com o que se requeira.

Lisboa, 9 de Março de 2012

REIVINDICAÇÕES

1. Processo de activação de um aterro de resíduos sólidos urbanos (RSU) secos por meio de uma digestão aeróbica até um conteúdo em humidade inferior a 20% em peso, colocados numa camada de conteúdo impermeável (T) e cobertos na parte superior com uma camada de argila com baixa permeabilidade aos gases e aos líquidos, caracterizado por a etapa de alimentação de água ao aterro até atingir teores de humidade de aproximadamente 30-60% em peso para desencadear um processo de digestão anaeróbica com produção de biogás que compreende 40-50% de metano.

2. Processo, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por os referidos RSU secos por meio de um processo de digestão aeróbica se comprimirem em fardos.

3. Processo, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pela etapa adicional de recircular o percolado do aterro, após o possível tratamento do mesmo, para a sua utilização além de ou em vez da água para a activação dos RSU ou os fardos comprimidos.

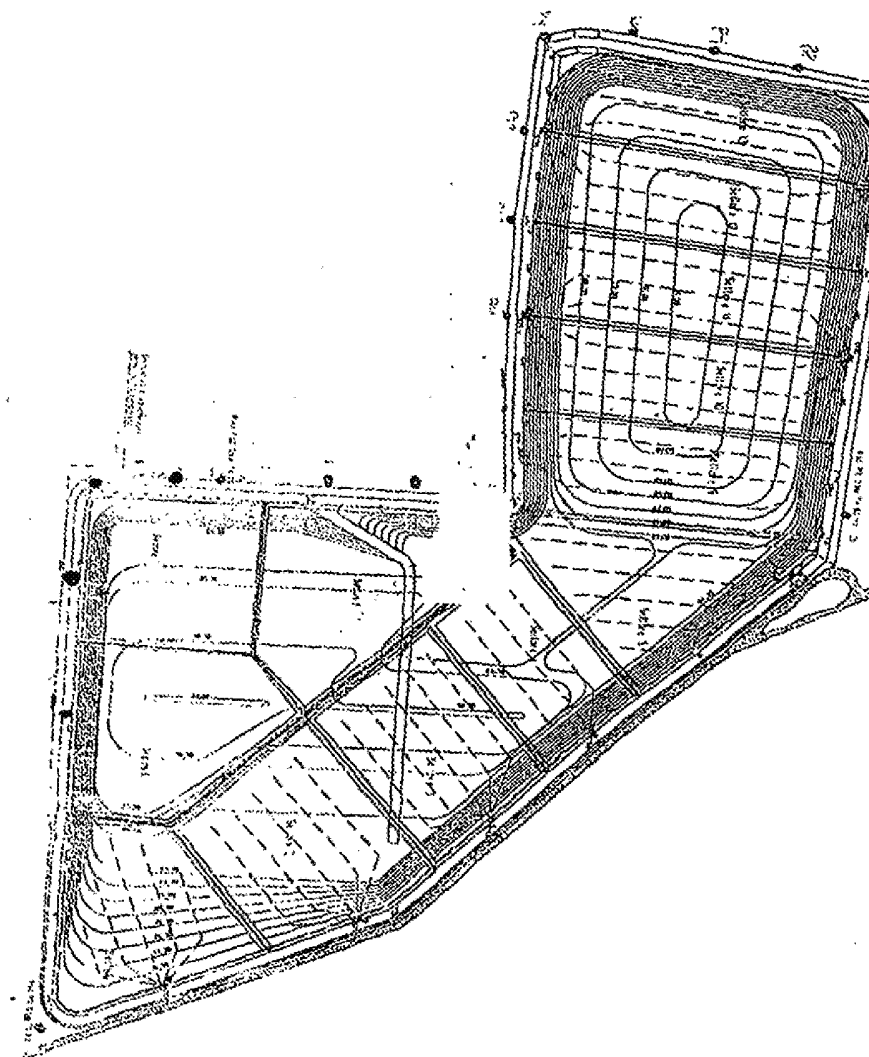
4. Processo, de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizado por o referido biogás produzido mediante a activação dos RSU ser utilizado numa instalação de combustão para a produção de calor e/ou energia eléctrica.

5. Processo, de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 3, caracterizado por o referido biogás se utilizar em

motores de combustão interna equipados com um alternador para a produção de energia eléctrica.

Lisboa, 9 de Março de 2012

FIGURA 1



3/4

FIGURA 2A

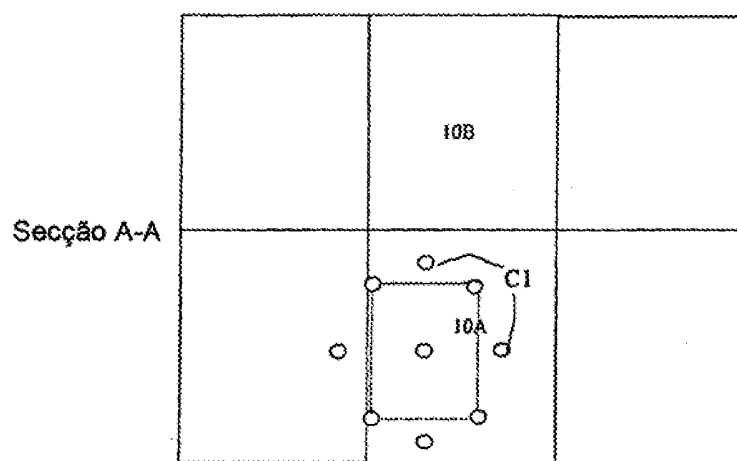


FIGURA 2B

