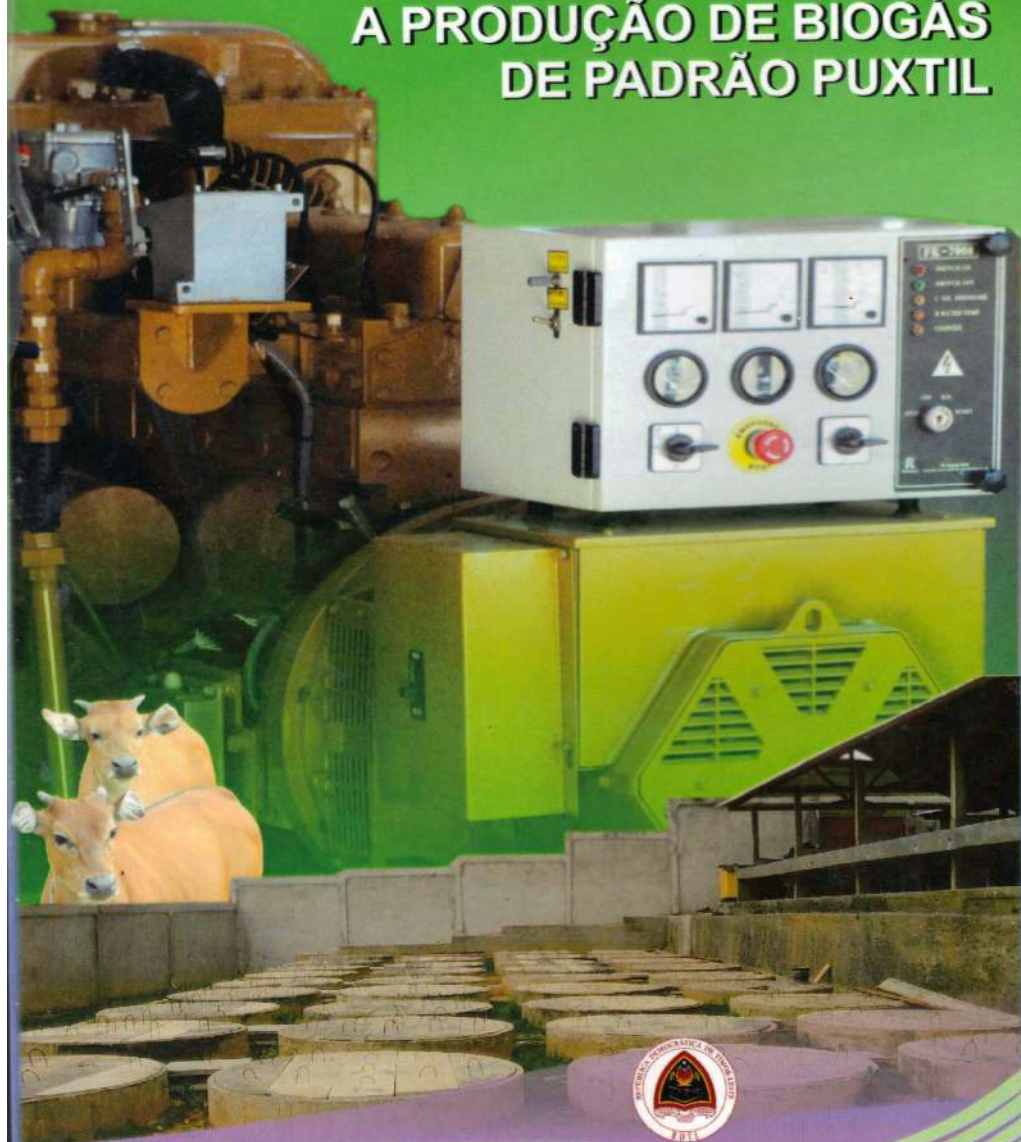


# MANUAL

E GUIA PARA  
A PRODUÇÃO DE BIOGÁS  
DE PADRÃO PUXTIL



IV Governo Constitucional  
Secretaria de Estado de Política Energética

# MANUAL E GUIA PARA A PRODUÇÃO DE BIOGÁS

*Primeira parte – Teoria básica de biogás*

Segunda Parte – Construção dos digestores de 6m<sup>3</sup> e de 10 m<sup>3</sup>

## INOVAÇÃO DE TIMOR - LESTE

Digestores de Puxin de 6 m<sup>3</sup>+1 Gasómetro e 10 m<sup>3</sup> + dois  
Gasómetros (Gas Holders)

PUXTIL = PUXIN + TIMOR LESTE

*Preparado por:*

**Aires Eddie de Almeida, Eng.Tec.Elect. & Maq.**

*Lisboa/Portugal*

*Temporary Accreditation*

*Sustainable Energy Industries Australia S.E.I.A.*

*Canberra-A.C.T.*

*Tec. Puxin Biogás Plant*

*Shenzhen/P.R.China*

*Assessor Técnico e Inovador de Biogás PUXTIL*

*Secretaria de Estado de Política Energetica*

*IV Governo Constitucional*

## PREFÁCIO

Começo por saudar esta iniciativa do Sr. Aires Eddie de Almeida, assessor Técnico da Secretaria de Estado da Política Energética, de realização de um Manual e Guia para a produção de Biogás, pois considero que se trata de um trabalho muito útil e elucidativo e um grande contributo para o desenvolvimento da produção de biogás em Timor-Leste e no Mundo.

Através desta obra, o autor aperfeiçoou o sistema de biogás PUXIN com uma valiosa inovação que se traduz num aumento significativo da capacidade de armazenamento que se reflecte numa maior eficiência e maior segurança pois todo o gás produzido é utilizado, tornando o sistema ainda mais económico e competitivo, o sistema PUXTIL.

A implementação do sistema de Biogás em Timor-Leste está não só orientada para a produção de energia renovável, como também está a ser utilizada pela Secretaria de Estado da Política Energética como um instrumento para a produção económica, garantindo assim a sustentabilidade de energia aos beneficiários, tornando-se ela mesma um catalizador para estimular o crescimento de indústrias integradas nas áreas rurais e urbanas.

A SEPE crê igualmente que o sistema de biogás pode vir a impulsionar a modernização da prática de criação animal em Timor-Leste, alterando, gradualmente, a prática "tradicional" vigente. Com este sistema de biogás, o autor foi o protagonista da construção de várias centrais de produção de biogás em Timor-Leste, permitindo assim o acesso à energia a populações de zonas rurais remotas, aumentando a sua qualidade de vida.

Conforme é do conhecimento geral, as energias renováveis são um tema actual e de extrema importância nos dias de hoje, traduzindo-se agora também em sustentabilidade. Desta forma, deve dar-se prioridade e incentivo ao aproveitamento dos recursos renováveis e alternativos e às técnicas de aperfeiçoamento na implementação das fontes de energia renovável como instrumento de desenvolvimento de um país.

Assim, e conhecendo o percurso, experiência e empenho demonstrados pelo Sr. Aires Eddie de Almeida, nomeadamente durante a sua colaboração com a Secretaria de Estado da Política Energética de Timor-Leste desde 2007 até esta data, felicito o autor pela dedicação prestada à produção de biogás e à inovação ao sistema por ele efectuada com grande êxito.



*Maria Coelho da Silva*  
Avenida Maria Coelho da Silva, SH  
Secretário de Estado da Política Energética



## IV GOVERNO CONSTITUCIONAL SECRETARIA DE ESTADO DO CONSELHO DE MINISTROS

### MENSAGEM

#### MANUAL E GUIA PARA APRODUCAO DE BIOGAS

2011.05.09

O presente manual vai de encontro não só às prioridades definidas pelo IV Governo Constitucional mas, e acima de tudo é dirigido às necessidades reais da população timorense que vive nas zonas rurais.

Como é do conhecimento geral Timor –Leste padece da quase inexistência de infra-estrutura de fornecimento de electricidade o que resulta na insuficiência de abastecimento às populações. Esta situação torna-se mais crítica nas áreas rurais e remotas. O Programa do IV Governo Constitucional, define que" as grandes linhas da política energética deste Governo assentam sobretudo na procura de energias alternativas renováveis, para garantir a energia necessária ao consumo doméstico (...)".

É neste sentido que o Eng.º Aires Eddie de Almeida inova com o Manual e Guia para a Produção de Biogás, não só no aumento da capacidade de armazenamento de energia o que resulta numa maior eficiência do sistema, mas também no aumento da segurança do mesmo, uma vez que, todo o gás é utilizado.

Em termos práticos, o grande beneficiário deste trabalho é nosso povo, que se dedica à agricultura, e que é o candidato por excelência a este tipo de fornecimento de energia.

É, assim, de louvar o brilhante trabalho deste cidadão nacional que irá marcar a vida das populações pela positiva, e que espero venha a servir de exemplo aos jovens timorenses, para que também eles possam ver como o trabalho de cada um pode e muito contribuir para o desenvolvimento nacional



*Agio Pereira*  
Agio Pereira  
Secretário de Estado do Conselho de Ministros

### **DEDICATÓRIA:**

*Esta obra é dedicada a todos os heróis vivos e mortos que lutaram pela libertação da Pátria, acreditando numa sociedade justa onde não haja discriminação da raça, genero e credos, liberta de pobreza e analfabetismo.*

### **AGRADECIMENTOS**

O aparecimento desta obra é devido a diferentes personalidades que contribuíram para que este manual e guia viesse a ser uma realidade.

Esta obra procura dar as necessárias informações para que o leitor compreenda esta humilde mas maravilhosa tecnologia que pode vir a ser adaptada em todo o Mundo na luta para a redução dos lixos na superfície terrestre e diminuição de gases de efeito estufa na atmosfera.

Nesta página fria de papel quero agradecer com calor às seguintes pessoas:

- ❖ S. Exa. Sr. Presidente da RDTL Dr. José Ramos Horta
- ❖ Dr. Avelino Coelho, homem de visão, que como Secretário de Estado da Política Energética (SEPE), sempre se mostrou grande entusiasta de energias alternativas e que sempre me apoiou na implementação de biogás no País;
- ❖ Sr. Marcos dos Santos, Director - Geral da SEPE, responsável pela minha ida à China para realização da Construção da Planta de Biogás de 100 m<sup>3</sup>;
- ❖ Sr. Eng. Valantino Varela, M.App.Sc. como Gerente do Projecto de Energias Alternativas para Áreas Remotas da UNDP, onde trabalhei como consultor Técnico Nacional. Foi o responsável da minha primeira ida a China. É actualmente Secretário de Estado da Pecuária;
- ❖ Sra. Dra. Lara Graça, gentil senhora e consultora jurídica do Secretário de Estado da Política Energética, pela ajuda na redacção em Português;
- ❖ Sr. Cristovão Ramiro Belo, M.Si. Director Departamento Quimica, UNTL
- ❖ Sr. Dr. Jianan Wong, Ph D. -Gerente Geral de Puxin, pelo treino e orientação técnica;

- ❖ Sr. Bixiong Zhong, Eng.Puxin, pela execução dos desenhos gráficos dos digestores;
- ❖ Sr. José Domingos Martins, Ex- Director DNCAER
- ❖ Sr. Luciano Hornay, Director DNCAER
- ❖ Sr. Marcolino de Jesus da Costa Babo, Técnico Superior, SEPE; pelo arranjo dos desenhos existentes e introdução de novos desenhos e designer da capa.
- ❖ Sr. Belarmino Correia da Silva, SEPE;
- ❖ Sr. António Martins Soares, SEPE;
- ❖ Familiares: Lia, Ursula-filhas, esposa Maria de Jesus de Almeida e profundos agradecimentos aos meus irmãos Nancy e Adalfredo.
- ❖ No anonimato-Patriota e Verdadeiro amigo-Conselheiro.

## I<sup>a</sup> PARTE

# TEORIA BÁSICA DE BIOGÁS

## ÍNDICE

### I Parte

Prefácio .....	i
Dedicatória.....	iv
Agradecimentos.....	iv
Introdução.....	1
Contribuição de biogás.....	2
Glossário.....	4
Biogás .....	5
Decomposição.....	8
Noções de química.....	11
Requisitos para produção de biogás.....	29
Características de fezes de alguns animais.....	40
Composição da urina.....	41
Mistura das fezes com a água.....	44
Presença CO <sub>2</sub> como elemento nocivo no Biogás .....	47
Resolução do problema da planta subalimentada.....	48
Equipamento DALMUK – Como se Usa .....	50
Algumas considerações sobre o búfalo.....	54
Manutenção geral.....	59
Tipos de plantas de biogás.....	62

## ÍNDICE TABELA

Densidade.....	26
Valores aproximados de C/N para materiais comuns.....	30
Guia para implementação para sistema de produção de biogás.....	40
Tabela para o consumo de Biogás para várias aplicações .....	54
A seguir damos a tabela dos três sistemas para apreciação do leitor .....	64

## INTRODUÇÃO

Esta obra é somente uma pequena contribuição, um pequeno acréscimo, às várias obras já existentes sobre a tecnologia de biogás, publicadas em livros de unidades produtoras de biogás, revistas de energia alternativa e na internet. Não temos pretensão de explicar em pormenor a grande complexidade da tecnologia no que diz respeito a transformações químicas, publicadas nos livros da especialidade.

No entanto, esperamos que esta humilde obra possa contribuir para que o leitor ganhe mais alguns conhecimentos sobre esta maravilhosa tecnologia que pode tornar o rejeitado em utilidade, isto é, a putrefacção em energia e adubos.

O modelo da unidade produtora de biogás que escolhemos é de tecnologia média e é, na nossa opinião, o melhor para Países em vias de desenvolvimento no que diz respeito a simplicidade de construção, segurança, flexibilidade para diferentes cargas, facilidade de manutenção, económico e grande durabilidade.

Demos o nome de PUXTIL em vez de PUXIN, o nome original do sistema, devido a algumas inovações introduzidas pelo autor. Estas inovações tiveram a finalidade principal de adaptar o sistema às necessidades do nosso País, aumentando a capacidade de armazenamento do gás e a segurança, devido ao uso de gasómetros adicionais que actuam como válvulas de segurança.

## CONTRIBUIÇÃO DO FABRICO DE BIOGÁS

- ❖ Fornecimento de combustível limpo e conveniente;
- ❖ Fornecimento de adubos orgânicos para agricultura em pequena escala (evitando adubos químicos);
- ❖ Melhoria de qualidade de vida –especialmente para mulheres;
- ❖ Poupa tempo em relação ao uso da madeira;
- ❖ Melhoria em saúde e higiene;
- ❖ Mais económico.

### Benefícios Para o Meio-Ambiente

- ❖ Redução de pressão nos combustíveis tradicionais- queima de madeira;
- ❖ Melhoria de qualidade de solo-aumento de colheita de cereais;
- ❖ Diminuição de poluição nas cozinhas e seu impacto na saúde das mulheres ;
- ❖ Redução de poluição das águas e insectos causadores e transmissores de doenças;
- ❖ Redução de gases de efeito estufa ( Green House Gases-G.H.G.).

**Conclusão:** O uso da tecnologia de produção de biogás como um meio /instrumento importante no combate ao aumento da emissão de gases de efeito estufa, ao aumento da poluição aquática, ao declínio da fertilidade do solo, ao aumento da deflorestação e ao aumento do lixo orgânico, é de suma importância para o meio ambiente e mudança climática.

### *Nota Importante:*

As informações contidas neste trabalho foram obtidas a partir de várias fontes tidas como credíveis e de experiências obtidas na implementação da construção de unidades produtoras de Biogás em Timor-Leste. Contudo a SEPE não garante a exactidão de informações. A SEPE não deve ser responsável por qualquer erro, omissões ou informações incompletas, contidos neste Manual.

O Autor assume a responsabilidade.



## GLOSSÁRIO

**Bio-** significa vida. É uma palavra de origem Grega de 'bios'-vida humana. Nos meios científicos modernos Bio-significa vida orgânica.

O biogás é o combustível gasoso, produzido por fermentação de material orgânico. Também é conhecido por gás dos pântanos (marsh gas-Ing)

O biogás é composto de vários gases que falaremos mais adiante em pomenor

**Biomassa** é qualquer material orgânico que possa ser convertido em energia por diferentes processos (combustão e transformações químicas).

**Biocombustível** é o combustível derivado da matéria orgânica

**Matéria- prima** – no que diz respeito à tecnologia de biogás, é todo o material de origem orgânica utilizado no digestor para produção de biogás.

**Carga** - material orgânico misturado com água para produção de biogás.

**Inoculação** - mistura da parte do material usado que sai do digestor com material novo que entra (realimentação na electrónica)

**Bactéria** - micro organismo desprovido de núcleo individualizado, evidenciando a sua actividade em importantes reacções químicas e produção de doenças.

**Meio-ambiente** – são as condições que rodeiam um organismo vivo (tanto biótico, que diz respeito aos organismos vivos onde ocorre predação, como abiótico que diz respeito às condições físicas tais como pH, temperatura e alcalinidade).

**Ecologia** - ramo da Biologia dedicada à inter-relação dos organismos entre si e com o meio que os rodeia.

**Biologia** - estudo científico dos organismos vivos

'**Sludge**' - palavra inglesa significando mistura viscosa, lodosa.

**Renovável** – capaz de ser renovado. No caso específico de biogás, desde que haja água e matéria orgânica

**Sustentabilidade** – que se pode sustentar, manter, evitando diminuição de recursos naturais. No caso do biogás, redução do corte de árvores para a culinária e aquecimento domiciliario

**Substrato** – é o meio onde os organismos vivem, crescem e se alimentam. O substrato *encontra* – se depositado na base do digestor e é de natureza lodosa.

**Bioconversão** - é o processo de converter a biomassa em energias alternativas

**ppmv**-partes por milhão volume

**Cinético**- relativo ao movimento. Da física energia cinética-energia inerente ao movimento dos corpos materiais em movimento

**Notação científica**- é a forma de escrever grandes e pequenos números

usando coeficientes entre 1 e 10, seguida de potência de 10.

**Pirólise**-decomposição de uma substância por aquecimento a uma temperatura elevada sem reacção com o oxigénio.

## BIOGÁS

O biogás é o combustível gasoso originário de putrefacção da biomassa em determinadas condições.

Pode obter-se o biogás através de:

- A. Digestor, que descreveremos mais adiante em pomenor;
- B. Esgoto onde se encontra água poluída com lixos orgânicos que depois de processados resultam em :
  - 1- água (não poluída) que serve para irrigação ou segue para o mar sem causar danos ambientais para a vida marinha.
  - 2- parte sólida orgânica é separada por filtros que se deposita nos digestores por gravidade extrai-se o

biogás para fins industriais. Serve também para a produção de adubos.

- C. "Landfill"-Acumulação de lixos orgânicos oriundos de grandes aglomerações humanas e depositados em camadas ao longo do tempo e que depois são cobertos com uma camada de terra e cilindrados para compactação. Depois de um certo período, que vai de 10 a 15 anos, pode-se extrair o biogás para fins industriais, como por exemplo produção de electricidade.
- D. Também se pode obter gás através da combustão incompleta da biomassa onde se obtém o monóxido de carbono (CO), que é combustível, no processo conhecido por pirólise.

#### **Algumas considerações sobre o gás natural**

O gás natural sai da crosta terrestre, embora não seja renovável, é uma fonte de energia muito importante na vida moderna. A 'chama eterna' de Pualaca não é senão a combustão do gás natural que se acendeu por algum fenómeno natural, como por exemplo um relâmpago. É mais limpo que o biogás originado dos digestores e é mais fácil de ser engarrafado em depósitos de aço. Liquefaz-se à temperatura de (-160) graus centígrados sob a pressão atmosférica. O gás natural liquefeito é conhecido comercialmente como LNG (Liquified Natural Gas) e não se deve confundir com o LPG que é (Liquified Petroleum Gas).

No transporte de gases deve-se evitar trepidações que podem causar aumento de pressão e possível explosão. Pela mesma razão o calor excessivo também pode causar explosão.

O gás natural quando transportado para longas distâncias através de condutas torna-se alvo fácil para o terrorismo. É impossível evitar o seu escape no transporte de longas distâncias e nos pontos de uso.

O gás natural pode conter metano até 90% e é o causador de explosões nas minas quando entra em contacto com uma chama viva.

O metano embora tenha a vida mais curta na atmosfera do que o dióxido de carbono é 25 vezes mais potente que este quanto ao efeito estufa.

**Esta obra é dedicada a obtenção de biogás à temperatura ambiental de 15 -35 ° C das zonas tropicais e algumas extras informações necessárias para melhor conhecimento do leitor**

Vamos debruçar-nos sobre a teoria e a tecnologia do biogás

#### **Extracção do Biogás**

O biogás é extraído através de digestores, que actuam à semelhança do estômago dos animais ruminantes.

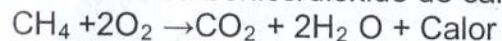
As principais condições que regem a obtenção de biogás dos digestores são:

- ❖ Anaeróbica (ausência do oxigénio do ar atmosférico);
- ❖ Água
- ❖ Ausência total de luz.

A principal componente do biogás é o metano, cuja fórmula química é CH<sub>4</sub>.

O gás metano é mais leve que o ar, tem a gravidade específica de 0,554 e é levemente solúvel na água.

A queima de metano com o oxigénio do ar atmosférico forma o anidrido carbónico/dióxido de carbono e vapor de água.



Deve ter-se em atenção que:

**A mistura de metano de 6 a 15% com a restante percentagem do volume do ar, torna-se explosiva** mediante uma fonte de calor de 650C (chama dum fósforo, cigarro, faísca dum telemóvel, equipamento eléctrico, etc.)

O gás metano é inodoro (não tem cheiro) e incolor (sem cor). O cheiro forte a ovos podres no biogás é devido a presença do gás sulfídrico ( $H_2S$ ).

O excremento da galinha tem um elevado teor de gás sulfídrico em comparação com o excremento da vaca.

O cheiro pode ser eliminado com filtros especiais.

A produção de gás por decomposição deve ser feita com responsabilidade, porque senão:

- 1) Pode causar problemas respiratórios.
  - 2) Pode espalhar micro-organismos causadores de doenças.
- O biogás é mais leve que o ar cerca de 20% e tem uma temperatura de ignição entre 650 até 750 graus centígrados.

### DECOMPOSIÇÃO / FERMENTAÇÃO

A decomposição da matéria orgânica é a divisão dos elementos componentes de um composto orgânico.

Há dois tipos de decomposição:

A. **Decomposição Aeróbica**, que é a que sucede em presença do ar e produz dióxido de carbono, gás amoníaco, alguns gases em pequenas proporções e calor.

O calor gerado durante o processo mata germes patogénicos e destrói sementes de ervas daninhas.

Germes patogénicos-germes causadores de doenças

B. **Decomposição Anaeróbica** é um processo mais complexo que requer ausência de oxigénio livre do ar atmosférico e luz.

A decomposição anaeróbica produz metano, dióxido de carbono, hidrogénio e vestígios de outros gases e gera menos calor do que a decomposição aeróbica. Na decomposição anaeróbica, a conversão de cada grupo de compostos orgânicos (proteínas, carboidratos e lípidos) requer o seu próprio grupo de organismos.

Os principais processos da decomposição anaeróbica, são:

**Primeiro estágio**- hidrólise (liquefação do composto). A matéria orgânica é enzimada externamente pelas enzimas extracelulares (celulases, amilases, proteases e lipases) de micro-organismos. As bactérias decompõem as longas cadeias de complexos carboidratos, proteínas e lípidos em pequenas porções. Por exemplo: as polissacaróides são transformadas em monossacaróides e as proteínas são partidos em peptidos e amino ácidos.

**Segundo estágio** - As bactérias formadoras de ácidos acidogénicos decompõem complexas moléculas orgânicas, tais como:

- ❖ Carboidratos
- ❖ Material ácido dos frutos
- ❖ Proteínas
- ❖ Gorduras

Da desintegração produz-se:

- ❖ Ácido acético
- ❖ Ácido propiónico
- ❖ Ácido butanóico
- ❖ Metanol
- ❖ Etanol
- ❖ Butanol
- ❖ Dióxido de carbono
- ❖ Hidrogénio
- ❖ Ácido sulfídrico
- ❖ Matérias inorgânicas

Os principais micro-organismos são os que quebram as gorduras, proteínas e ácidos das frutas sendo a mais importante acção, a fermentação butanóica dos polímeros.

Polímeros são compostos orgânicos de carbono ligados em cadeia por monómeros. Monómero é composto formado de moléculas simples ( Do grego mónos – único, simples+ meros-parte)

**Terceiro estágio** – As bactérias formadoras metanogénicas convertem ácidos voláteis em metano e dióxido de carbono/anidrido carbónico.

Reacções individuais :

- 1) Ácido butanóico reage com as moléculas da água produz o metano e dióxido de carbono  
$$2C_3H_7COOH_{(l)} + H_2O_{(l)} \rightarrow 5CH_{4(g)} + 3CO_{2(g)}$$
- 2) Oxidação do etanol pelo dióxido de carbono para produzir metano e ácido acético  
$$2C_2H_5OH_{(l)} + CO_{2(g)} \rightarrow 2CH_3COOH_{(l)} + CH_{4(g)}$$
- 3) Redução de dióxido de carbono pelo hidrogénio na produção de metano  
$$CO_{2(g)} + 4H_{2(g)} \rightarrow CH_{4(g)} + 2H_2O_{(l)}$$
- 4) Outras reacções

#### Identificação de alguns compostos

$C_3H_7COOH$  – ácido butanóico

$CH_3CH_2OH$  – etanol

$CH_3COOH$  – ácido acético

$CH_4$  – metano

$NH_3$  – amoníaco

$HNO_3$  - ácido nítrico

$CO_2$  – Anidrido carbónico/dióxido de carbono

No complexo processo biológico e químico acima mencionado deve haver, entre o segundo e o terceiro estágios, equilíbrio bacterial.

#### Equilíbrio Bacterial

Os dois grupos de bactérias devem estar em equilíbrio de maneira a que todos os ácidos produzidos pelas bactérias formadoras de ácidos sejam usados na sua totalidade pelas bactérias formadoras de metano. Para o sucesso da obtenção máxima do biogás, isto é, muito próximo da obtenção do gás produzido no laboratório( 1/3 ou mais do volume do digestor) deverá ter-se em conta os factores que levam ao equilíbrio

bacterial, ou seja, a correcta relação do C/N, os sais minerais, o pH, a temperatura e a densidade da matéria sólida em relação à água. Na falta de equilíbrio bacterial haverá menos gás ou mesmo nenhum gás.

Para o leitor interessado que não está familiarizado com as fórmulas químicas ou que está esquecido das mesmas é conveniente lembrar ou obter umas noções da Química , não só através desse Manual mas também de outras fontes. Não se esqueça “ O saber não ocupa lugar”.

#### NOÇÕES DE QUÍMICA

**Química** é o ramo da ciência que estuda propriedades e interacções das substâncias de que compõem a matéria.

Comecemos primeiro por alguns conceitos:

Toda a matéria é feita de átomos e a matéria é tudo que tem peso e ocupa espaço, p. ex. uma pedra, uma laranja, uma pessoa, etc. Porém, o que é matéria?

#### Teoria da partícula da matéria

- 1) Toda a matéria é constituída de pequenas **partículas** tais como átomos e moléculas;
- 2) Estas partículas estão em movimento constante;
- 3) A matéria está coesamente ligada por fortes forças eléctricas;
- 4) O espaço entre as partículas de matéria em gases são grandes em relação as partículas;
- 5) As partículas duma substância são diferentes das partículas de outra substância;
- 6) O grau de movimento de partículas é determinado pela energia que elas têm em relação a outras partículas

Todas as partículas de uma amostra de matéria estão em movimento constante porque possuem energia cinética.

**Átomo** é a porção mais pequena da matéria que caracteriza um elemento químico.

Um átomo é composto por um núcleo rodeado por electrões com carga eléctrica negativa, distribuídos em diferentes níveis de energia. O núcleo (pl. nucleí-íng) é constituído por :  
Protões, partículas sub-atómicas com carga positiva ( $p^+$ );  
Neutrões, partículas sub-atómicas com carga neutra ( $n^0$ )  
O número atómico é o número de protões do átomo de um elemento.

O átomo é um elemento neutro portanto o número de protões é igual ao número de electrões.

O número da massa de um átomo é a soma dos números de protões e neutrões.

O peso atómico é a massa dum átomo de um elemento.

Se por algum processo o átomo adquire ou perde um electrão o átomo deixa de ser neutro e fica com carga positiva ou negativa transformando-se em um **ião**, p. ex.  $Cl^-$ ,  $Na^+$ .

#### **Massa atómica relativa (Relative atomic mass)**

Massa atómica relativa é a relação entre a massa de um átomo e 1/12 de um átomo de isótopo carbono-12.

- uma vez que se trata de uma relação, a massa atómica não tem unidades

- a massa atómica relativa do composto constituído por vários isótopos é a média das massas atómicas desses isótopos.

Isótopos-átomos que têm o mesmo número atómico mas que diferem no número da massa e que têm propriedades químicas idênticas.

#### **Massa molecular relativa ou peso molecular**

Massa molecular relativa ou peso molecular é a soma de massas atómicas de todos os átomos existentes numa molécula de um composto.

Por exemplo, para determinar a massa molecular relativa da molécula  $CO_2$ , podemos calcular de modo seguinte:

A molécula de  $CO_2$ , é constituída por 1 átomo de Carbono e 2 átomos de Oxigénio.

A massa atómica relativa de Carbono ( $ArC=12$ ) e massa atómica relativa de Oxigénio ( $ArO=16$ )

A massa molecular relativa ( $Mr$ ) é calculada da seguinte maneira:

$$\begin{aligned} Mr CO_2 &= 1 \times Ar C + 2 \times Ar O \\ &= 1 \times 12 + 2 \times 16 = \\ &= 12 + 32 = 44 \end{aligned}$$

**Moléculas**—grupos de dois ou mais átomos ligados entre si, p. ex.  $CO_2$  e  $NaCl$ :

-Quando os átomos são iguais chama-se elemento, p. ex.  $O_2$ ;

-Quando os átomos são diferentes chama-se composto, p. ex.  $CO_2$ .

Átomos e moléculas são contados em **moles**.

Mole é a quantidade elementar da matéria que contém tantas unidades elementares (átomos, moléculas, iões, electrões, protões, neutrões, etc.) quantos os átomos de carbono existentes em 12 gramas de carbono-12.

A mole é uma das unidades do SI (Sistema Internacional) cujo símbolo é mol.

Uma mole contém sempre o mesmo número de partículas, qualquer que seja a unidade elementar.

1 mole de carbono (um elemento) contém  $6,02 \times 10^{23}$  átomos de carbono.

O número  $6,02 \times 10^{23}$  é como se fosse o número de artigos que são contados em dúzias enquanto que na química os átomos, moléculas e fórmulas/compostos são contados usando o número de Avogadro.

No. de Avogadro ou constante de Avogadro =  $6,02 \times 10^{23}$ , representa o número de átomos em exactamente 12 gramas do isótopo carbono-12 e o mesmo se passa para os 10,81 gramas de boro (B) —Ver a tabela periódica.

Uma mole de enxofre (S) cujo peso atómico é igual a 32,06 - são 32,06 gramas e contém portanto  $6,022 \times 10^{23}$  partículas (átomos).

## Massa molar da substância

### Elementos

A massa molar é a massa de uma mole de um composto ou moléculas.

Para elementos diatômicos tais como  $O_2$ ,  $H_2$ ,  $Cl_2$ , a massa de 2 átomos do elemento são adicionados. Portanto a massa molar do gás oxigénio é 32 gramas/mole, hidrogénio é 2 gramas/mole e cloro é  $(35,45 \times 2) = 70,90$ g/mole.

### Compostos

Compostos são formados por átomos

A massa molar de uma mole de água ( $H_2O$ ) é:

$$(2 \times 1,008) + 16 = 18,016 \text{ gramas}$$

A massa molar do ácido sulfúrico

$$H_2SO_4 = 2 \times 1 + 32,06 + 4 \times 16 = 2 + 32,06 + 64 = 98,06 \text{ g/mole}$$

Cálculo do número de moles

Número de moles = Número de partículas / Número de partículas numa mole ou seja:

$$n = N / N_A$$

### Mole e massa

Número de moles = massa / massa de uma mole =  $m / M$

Exemplo:

Quantas moles de sacarose existem em 50 gramas de sacarose

Fórmula da sacarose -  $C_{12}H_{22}O_{11}$

$$n = m / M = 50 / (12 \times 12 + 22 \times 1,008 + 11 \times 16) = 0,14 \text{ moles}$$

**Em seguida vamos falar do elemento hidrogénio devido a sua aplicação como combustível do futuro**

### Hidrogénio

O hidrogénio é o único átomo que só tem como núcleo um próton em vez de neutrão e só tem um electrão. A um átomo de hidrogénio chama-se hidrogénio atómico. O gás de hidrogénio ( $H_2$ ) chama-se hidrogénio molecular, é constituído

por 2 átomos de hidrogénio ligados entre si e formam uma molécula diatômica.

O hidrogénio tem o peso atómico mais baixo de todos os elementos e é o único elemento que tem nome para os seus isótopos:

prótio (H), deutério ( $D=^2H$ ) e trítio ( $T=^3H$ ).

Isótopos de um elemento (como se disse atrás) quando os núcleos dos átomos desse elemento têm diferentes números de neutrões.

Os 3 isótopos são diferentes tipos de hidrogénio. Dos 3 tipos: o prótio tem um próton no núcleo, deutério tem no núcleo, um próton e um neutrão e portanto é conhecido como hidrogénio pesado por ter um peso extra do neutrão que quando combinado com o oxigénio resulta em água pesada cuja fórmula é ( $D_2O$ ). O trítio tem 2 neutrões. O trítio quando combinado com o oxigénio na atmosfera forma chuva radioactiva.

Hidrogénio é o elemento mais abundante de todos os elementos em todo o Universo e no entanto é raro como elemento livre na nossa atmosfera devida a sua leveza que escapa a atracção de gravidade terrestre.

Pode obter-se hidrogénio através da electrólise da água ou de outros meios de decomposição de compostos que contenha esse elemento.

No nosso sistema solar encontra-se hidrogénio em abundância nas atmosferas dos planetas Saturno e Júpiter, devido a maior força de atracção dessas planetas.

O Sol é a estrela mais próxima da Terra e é constituído de hidrogénio e hélio. O hidrogénio é o combustível do Sol.

### Substância

A substância pode ser classificada como pura (composição constante) e impura (composição variável).

As substâncias puras existem como elementos ou compostos.

## Elemento

Elemento é uma substância que só tem um tipo de átomos. O elemento:

- ❖ Não pode ser dividido em simples matéria por meios físicos ou químicos
- ❖ Pode existir como átomos ou moléculas

## Composto

Um composto é uma substância que é constituído por 2 átomos ou mais diferentes elementos. Um composto:

- ❖ Pode ser dividido em simples tipos de matéria, elementos ou compostos simples por meios químicos mas não físicos;
- ❖ Tem propriedades que são diferentes dos elementos componentes;
- ❖ Sempre mantêm a mesma razão de valores dos seus componentes

## Mistura/composição variável

A mistura é constituída de dois ou mais diferentes elementos ou compostos fisicamente interligados.

Uma mistura:

1-pode ser dividida em seus componentes por meios físicos e as partes que constituem o composto mantêm as suas propriedades originais.

2-pode ser homogênea como p.ex. água e etanol ou heterogênea como p.ex. azeite e água.

## Fórmula

A fórmula diz-nos quais são os átomos e quantas são as moléculas de um composto, p.ex. NaCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e 2H<sub>2</sub>O.

Se não houver números em frente de um composto é porque só há uma molécula por exemplo: NaCl - uma molécula de cloreto de sódio e H<sub>2</sub>O - uma molécula de água.

Se houver números como por exemplo 2 de 2H<sub>2</sub>O, quer dizer que há duas moléculas de água.

Nota: NaCl - cloreto de sódio é o nome químico do sal.

## Balço nas equações químicas

Lei de conservação da massa (ou matéria).

Em todas as reacções químicas a massa total dos reagentes é igual a massa total de todos os produtos obtidos.

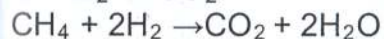
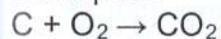
Na natureza nada se perde, tudo se transforma-Lavoisier (químico francês morto na revolução francesa)

Equação-processo de igualar uma coisa com a outra.

Falar numa equação é falar numa igualdade de duas quantidades.

Numa equação química as fórmulas dos reagentes são escritas do lado esquerdo da seta e as fórmulas dos produtos obtidos são escritas do lado direito. Quando há duas ou mais fórmulas do mesmo lado as fórmulas são separadas pelo sinal mais (+).

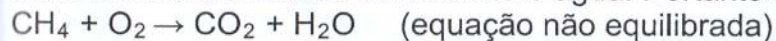
Exemplos:



Como acertar (equilibrar) uma equação:

Uma vez escrita uma equação de reagentes e os produtos obtidos da reacção, há que acertá-la ou seja equilibrá-la.

Tomemos como exemplo o da oxidação/queima do metano de onde resultam o dióxido de carbono e água. Portanto temos:



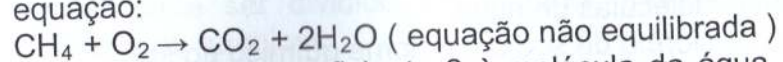
Nota: A seta representa igualdade na equação química.

Comparando os dois lados da equação, verificamos que:

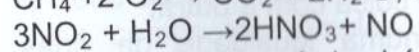
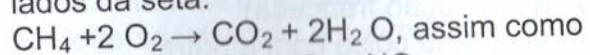
- 1) **C** está equilibrado dos dois lados da seta. Porém:
- 2) **H (hidrogénio)** do lado esquerdo tem 4 átomos e do lado direito tem 2 átomos

3) O (oxigénio) do lado esquerdo tem 2 átomos e do lado direito tem 3 átomos

Para acertar o hidrogénio basta acrescentar o coeficiente 2 em frente da fórmula da água, ficando com a seguinte equação:



Ao acrescentar o coeficiente 2 à molécula da água, ficamos com 4 átomos de oxigénio do lado direito e 2 átomos do lado esquerdo, portanto se acrescentarmos o coeficiente 2 ao elemento oxigénio, temos finalmente a equação equilibrada, isto é: os mesmos números de átomos componentes dos dois lados da seta:



Fim de noção de química básica e começo de física básica  
Podemos dizer que a química é um ramo da Física assim como a maravilhosa electrónica é em relação a electricidade.

**Física** é o ramo da ciência que estuda a natureza, propriedades da matéria e energia.

### Conceitos de Gás

O gás:

- ❖ É um dos três estados da matéria (sólido, líquido e gasoso)
- ❖ Toma a forma do recipiente/vasilhame;
- ❖ Espalha-se rapidamente no meio onde é libertado ;
- ❖ Atravessa facilmente os materiais;
- ❖ É fácil de ser comprimido em relação aos sólidos ou líquidos;

A densidade do gás é medida em g/l;

Os gases comportam-se duma maneira diferente em relação aos sólidos e líquidos;

Os gases não têm forma ou volume fixo como se disse acima

O gás quando comprimido a altas pressões transforma-se em líquido, como por exemplo o LPG (liquified petroleum gas) e o LNG (liquified natural gás).

O gás comprimido ocupa menos volume mas maior pressão.

O dióxido de carbono quando é submetido a baixa temperatura solidifica e é conhecido comercialmente como (dry ice).

O 'dry ice' encontra-se no mercado em recipientes de plástico e usa-se nas caixas térmicas para manter as bebidas e comidas frescas.

O aparelho para determinar a composição química dos gases é conhecido por 'gas chromatograph'.

### Teoria cinética do gás

O gás é composto de muito pequenas partículas (moléculas, iões e átomos)

As partículas do gás:

- ❖ Estão afastadas uma das outras
- ❖ Movem-se em altas velocidades colidindo umas com outras, chocando com as paredes do recipiente.
- ❖ Não se atraem ou repelem mutuamente
- ❖ Movem-se mais rapidamente com o aumento de temperatura.

### Medição do gás

Mede-se o gás através de 3 variáveis: pressão (P), volume (V) e temperatura (T).

### Pressão

Pressão é a força por unidade de área.

$$p = F/A$$

Sendo p – pressão (Pascal)

F – força exercida sobre uma determinada área (N)

A – área exercida pela força (m<sup>2</sup>)

A unidade internacional (SI) para a pressão é o pascal (Pa)

$$1 \text{ pascal (Pa)} = 1 \text{ N/m}^2$$

**Usa-se também outras medidas de pressão, tais como atmosfera e torricelli.**



1 atm = 101325 Pa = 101,325 kPa (nível do mar)

1 atm =  $1,01325 \times 10^5$  Pa = 760 Torr

1 Torr = 133,322 Pa = Aprox. 1 mm Hg

1 psi = 6894,76 Pa

1 bar =  $10^5$  N/m<sup>2</sup> =  $10^5$  Pa = 100 kPa = 14,5 psi

*Nota:* Aparelho de medição da pressão actuando numa coluna de fluido chama-se manómetro. O manómetro que se usa no sistema Puxin, bem como PUXTIL é de tipo Bourdon (Bourdon gage-Ing.). Há que não confundir com o barómetro que é o aparelho que se utiliza na medição da pressão atmosférica, usado principalmente na previsão do tempo.

O barómetro de mercúrio (Torricelli) é um aparelho eficiente mas não prático. O aparelho prático que se usa é o altímetro (metros em altitude) que é um barómetro aneróide que nos permite fazer a leitura da altitude e a correspondente pressão atmosférica.

A palavra aneróide é uma palavra de origem grega composta de a=sem + nēros = água.

As palavras manómetro e barómetro vêm do grego, manómetro= manós (pouco denso, sem consistência, mole) + métron (medida) e barómetro= báros (peso)+ métron (medida)

O **ar atmosférico** é constituído por moléculas de gases, portanto, tem peso e conseqüentemente também são atraídos pelo centro da gravidade da Terra criando uma determinada pressão que exerce sobre os corpos. A pressão atmosférica máxima é a que se encontra ao nível do mar e que é de aprox. de 1 atmosfera. Portanto quanto mais alto se encontra um objecto, menor é a pressão a que este objecto está sujeito.

O ar atmosférico é constituído por: (N<sub>2</sub>) -780,084 ppmv(78%); Oxigénio (O<sub>2</sub>)-209,460 ppmv (20,9%); Hélio (He) - 18,18 ppmv (1,8%); Árgon (Ar) -9,340 ppmv (0,934%) e outros gases em menores quantidades, tais como:

Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) - 390 ppmv (0,039%) e ainda outros em escalas diminutas-Neon (Ne), Metano

(CH<sub>4</sub>), Hidrogénio (H<sub>2</sub>), Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), Vapor de água (H<sub>2</sub>O), Xenon (Xe), Kripton (Kr) e ozono(O<sub>3</sub>) e gases fabricados pelo homem como os do grupo CFCs, agente destruidor do ozono.

Como se reduz ppm(partes por milhão para para % (percentagem)?

Usemos a regra de três simples directa:

Tomemos por exemplo (N<sub>2</sub>) = 780,084 ppm =78%

Se em 1000 000 existem 780,084 partes então em 100 existem X %

X % = 780,084 x 100: 1000 000 = 78%

A camada de ozono (O<sub>3</sub>) existe na estratosfera acerca de 10 km da superfície terrestre. A camada de ozono actua como um filtro para raios ultravioletas provenientes do Sol, portanto é benéfica aos seres vivos. Porém, na superfície terrestre o ozono é tóxico.

Pressão atmosférica é o peso total do ar sobre a unidade da área onde a pressão é medida.

**Tempo** (weather-Ing.) é um estado da atmosfera de um lugar, no que diz respeito a temperatura, vento, chuva, etc., dentro de um determinado tempo.

**Clima** (climate-Ing.) é a soma de todos os tempos (weathers) duma região ou do planeta como um todo e tudo gerado na atmosfera.

#### **Pressão hidrostática**

Pressão hidrostática é a pressão criada por uma coluna de fluido sobre um corpo. Um fluido pode ser líquido ou gasoso.

Exemplo : pressão da coluna líquida sobre a base do digestor.

#### **Força**

A força é uma consequência que resulta da acção de puxar ou empurrar um objecto. Essa força pode ser de origem muscular, gravitacional, magnética e eléctrica. A força tem

dimensão e direcção portanto é uma quantidade vectorial. Vector é um segmento de recta orientada para representar a direcção da força aplicada e a sua grandeza.

A **Força** em Física é expressa pela seguinte equação:

$$F = m \cdot a$$

Sendo:

F=força (N)

m = massa (kg)

a = aceleração ( $m/s^2$ )

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot m/s^2$$

Portanto, 1 Newton é a força que é necessária para imprimir a uma massa de 1 Kg, uma aceleração de  $1 m/s^2$ .

### Relação da pressão e força

$$P = F/\text{Area}$$

$$1 \text{ Pascal} = 1 \text{ N} / m^2, \text{ sendo } 1 \text{ N} = 1 \text{ Kg} \cdot m/s^2$$

$$1 \text{ Pascal} = kg \cdot m/s^2 m^2 = kg \cdot m^{-1} s^{-2} \text{ ou seja}$$

$$1 \text{ Pascal} = N/m^2 = kg \cdot m^{-1} s^{-2}$$

Kg -kilogramas

m- metros

s -segundos

### Peso

Todos os objectos sólidos ou líquidos são atraídos para o centro da gravidade por uma força que nesse caso é conhecido como peso. O peso e a força estão relacionados pela seguinte equação:

$$F = W = mg$$

F- Kg

W - peso

m- massa em Kg

g- aceleração de gravidade e é uma constante=  $9,8m/s^2$

*Nota:* Não se deve confundir a aceleração de gravidade que é constante com a aceleração do movimento de um objecto que é uma variável.

Sendo o peso proporcional a massa, pode-se definir o peso específico como densidade da massa dum dado fluido dividido pela densidade da massa de água.

A aceleração de gravidade ao nível do mar é de  $9,8 m/s^2$ , portanto uma massa de 1 kg pesa 9,8 N.

### Uso prático da pressão e peso

No interior do gasómetro usado pelos sistemas Puxin e PUXTIL, a pressão do biogás é criada pela pressão hidrostática que exerce do fundo do tanque em contraposição com os pesos do gasómetro, da água e o sistema do mecanismo para controle da pressão.

### Volume dos gases

O volume do gás é igual ao tamanho do recipiente que o contém.

O volume dos gases está relacionado pela hipótese de Avogadro e que diz:

Os mesmos volumes de gases à mesma temperatura e pressão contém o mesmo número de moléculas. O volume dos gases é expresso em litros e mililitros.

Quando se adiciona gás a um recipiente aumenta-se a pressão do recipiente, p. ex., enchimento do ar nas rodas meia- vazias

### Temperatura

A temperatura do gás está relacionada com a energia cinética das suas partículas.

Se a um gás contido num recipiente com uma temperatura de 250 K for aquecido a 500 K, as partículas de gás adquirirão o dobro da energia cinética de 250 K, aumentando também a pressão para o dobro, p. ex. a pressão das rodas de um carro estacionado e um carro em movimento. Quando um carro anda em grandes velocidades os pneus usados podem explodir devido a alta pressão, causada pelo aquecimento elevado das rodas.

Medimos a temperatura em graus centígrados, porém todas as comparações do comportamento dos gases e todos os cálculos relacionados com a temperatura deve-se usar a temperatura Kelvin.

Até à data ainda não foi possível criar condições para obter o zero absoluto (zero K), porém acredita-se que a essa temperatura as partículas dos gases terão a energia cinética de zero e portanto a pressão também será zero.

A temperatura Kelvin está relacionado com os graus centígrados na seguinte equação:

$$K = ^\circ C + 273$$

$$\text{Para } 65^\circ C = 65 + 273 = 338 K$$

A temperatura Kelvin representa-se por K, sem o símbolo do grau. A escala Kelvin não tem números negativos, porque não há temperaturas mais baixas.

### Leis de Boyle, Charles e Gay-Lussac

#### 1. Relação da pressão e volume

##### Lei de Boyle

Para a mesma temperatura, o volume do gás varia inversamente proporcional à pressão:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \text{ ou seja } P_1 / P_2 = V_2 / V_1 \text{ para } T = \text{Const.}$$

$$\text{Se } P_1 = 2P_2 \text{ então } V_2 = 1/2 V_1$$

#### 2. Relação de temperatura e volume

##### Lei de Charles

Para a mesma pressão, o volume do gás (V) é directamente proporcional a temperatura (K).

$$V_1 / T_1 = V_2 / T_2 \text{ para } P = \text{Const}$$

#### 3. Relação de temperatura e pressão

##### Lei de Gay-Lussac

Para um volume constante a pressão do gás é directamente proporcional a sua temperatura Kelvin.

$$P_1 / T_1 = P_2 / T_2 \text{ para } V = \text{Const}$$

Todas as relações de pressão, volume e temperatura podem ser combinadas (Lei combinada de gases) na seguinte igualdade :

$$P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2$$

### Densidade

Densidade peso/peso específico- é o peso por unidade de volume

$$\text{Densidade peso} = \text{peso/volume} \therefore \gamma = W/V$$

Densidade da massa - é a razão entre a massa e o volume de uma substância.

$$P = m/V$$

No sistema métrico as densidades de sólidos e líquidos são expressas normalmente em gramas por centímetro cúbico ( $g/cm^3$ ) ou gramas por mililitro ( $g/mL$ ). A densidade de gases é normalmente expressa em gramas por litro ( $g/L$ ).

A densidade é representada pela letra grega -  $\rho$  (rho)

$$\rho = m/V = g/mL$$

m - massa em gramas

Volume - mL

$$1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3 \text{ (c.c.)}$$

A densidade de uma substância é expressa em gramas por mililitro ( $g/mL$ ) O peso específico é a razão da densidade da amostra e a densidade da água.

A densidade da água é:

$$1,00 \text{ g/mL}$$

O peso específico de um fluído é medida com o hidrômetro.

Peso específico do óleo (specific gravity) = densidade do óleo / densidade de água =  $0,925 \text{ g/mL} : 1,00 \text{ g/mL} = 0,925$

O peso específico não tem unidade porque:

A densidade do óleo / densidade da água =  $0,925 \text{ g/mL} : 1,00 \text{ g/mL}$ , simplificando as unidades no numerador com o do denominador ficamos simplesmente com o número sem unidade e que é igual a 0,925.

Sendo o peso proporcional a massa (da equação  $W=mg$ ) pode-se definir o peso específico como sendo a razão entre a densidade de um dado fluido pela densidade de água  
 $W = mg$  ou  $\gamma V = \rho Vg$ , portanto a densidade da massa  
 $\rho = \gamma / g$

Portanto, a densidade da massa é igual a densidade peso dividido pela aceleração da gravidade.

O peso específico ( $S_g$ ) de um dado fluido é dado pela seguinte:

$$S_g = \gamma/\gamma_{\text{água}} = gp/g\rho_{\text{água}} = \rho/\rho_{\text{água}}$$

A densidade é uma propriedade física da matéria porque cada elemento ou composto tem uma única densidade associada a esse elemento/composto.

A seguir dá-se a tabela de densidades:

Tabela 1: Densidade

Substância	Densidade
Água	1,00
Hidrogênio (gás)	0,000089
Helium (gás)	0,00018
Ar	0,00128
Anidrido Carbónico	0,001977

### Equações Chaves das densidades

Relação peso-massa:

$$F=W= mg$$

Densidade peso

$$\gamma = W/V$$

Densidade massa

$$\rho = m/V$$

Relação densidades massa-peso

$$\rho = \gamma / g$$

Peso específico  $S_g = \gamma/\gamma_{\text{água}} = gp/g\rho_{\text{água}} = \rho/\rho_{\text{água}}$

### Energia

Energia é o motor da vida/movimento. A energia solar é o responsável pela vida na Terra. Sem Sol a vida não seria possível. O Sol fornece à Terra uma energia de cerca de  $1 \text{ kW/m}^2$ .

### Lei da conservação de energia

A energia não pode ser criada nem pode ser destruída.

Toda a energia existe em forma potencial ou cinética.

A energia Potencial é a capacidade ou habilidade para realizações ou desenvolvimentos futuros, p.ex., uma barragem de água para uso de futuras energias eléctricas, isto é, está capacitada mas ainda não foi aplicada.

Energia Cinética é a energia originada de uma velocidade como, p.ex., a energia eólica (ar em movimento), energia hídrica - água em movimento.

A energia cinética dos corpos materiais em movimento, é igual a metade do produto da massa pelo quadrado da velocidade, ou seja,

$$\text{Energia cinética} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

m – massa

v- velocidade do fluxo

Na física, a energia é tudo que tem capacidade de produzir trabalho. Energia é uma palavra de origem grega 'energeia'.

A unidade que expressa energia no sistema internacional é o Joule.

$$1 \text{ Joule} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$$

Sendo

N –Newton

m –metro

Também se expressa a energia em watts e Btu.

$$1 \text{ w} = 1 \text{ J/s} = 3,4 \text{ Btu/h}$$

$$1 \text{ caloria} = 4,184 \text{ J}$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J} = 1000 \text{ w} \times 3600 \text{ s} =$$

$$3\,600\,000 = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$$

1 caloria -é quantidade de calor que é necessário para elevar a temperatura de 1 grama de água a um grau centigrado.

Nota: Em nutrição usa-se o aparelho denominado **calorímetro** para determinar o número de calorias e usa-se Calorias (C maiúsculo) em vez de kilocalorias.

A Btu (British thermal unit) é a unidade que ainda se usa no aquecimento e ar condicionado, embora já deveria estar obsoleta, devida a adopção do Sistema Internacional que é o Joule.

Todas as substâncias absorvem energia calorífica umas mais e outras menos e isto é devido ao calor específico de cada substância.

O **calor específico** é a quantidade de calor que é necessário elevar a temperatura de 1 grama de substância a 1 °C.

**Calor específico = Calor(cal ou J) / 1 g x 1 °C**

A equação mais famosa de energia é a que foi estabelecida pelo físico alemão Albert Einstein, de origem judaica e que é :

$$E = mc^2$$

Sendo:

E – energia

m – massa (uma propriedade de matéria)

c – velocidade de luz e que é igual a 299.792 km/s no vácuo (sem matéria)

2 - é a potência. O número das vezes em que a base tem que ser multiplicado, p. ex. :

$$2^2 = 2 \times 2 = 4 \text{ ou } c^2 = c \times c.$$

Depois do estabelecimento desta equação onde se estabeleceu a relação da massa com a energia através da teoria da relatividade, os cientistas americanos transformaram a massa do átomo de hidrogénio em energia por fusão criando assim a bomba de hidrogénio.

A energia que emana do sol é o resultado da colisão e junção de 4 átomos de hidrogénio por altas pressões, libertando altas temperaturas.

**Fissão nuclear** é a divisão do núcleo do átomo – fabrico da bomba atómica para fins militares e produção de energia eléctrica para fins industriais.

**Fusão nuclear** é junção de dois átomos - bomba de hidrogénio para fins militares e em estudos para a produção de energia eléctrica para fins industriais. O seu funcionamento é semelhante ao Sol.

Presentemente o hidrogénio está a ser aproveitado para fabrico de baterias de hidrogénio por decomposição da água e o seu isótopo está a ser usado nos reactores nucleares para produção de energia eléctrica.

Como combustível o hidrogénio é a solução para os problemas do meio ambiente porque não emite gases perigosos e pode ser produzido através de vários recursos renováveis. O único problema é como armazená-lo porque deve ser com muita elevada pressão ou com temperatura muito baixa.

**Depois de algumas revisões sobre os conceitos físico-químicas vamos entrar na tecnologia da obtenção de biogás.**

## REQUISITOS PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Os principais requisitos que iremos descrever em pormenor são os seguintes: meio-ambiente, relação C/N, temperatura, pH, alcalinidade, matéria prima, fermentação, % material seco e materiais nocivos.

### 1. Meio ambiente

O meio ambiente dentro do digestor deve ter as seguintes condições:

- Não deve ter nenhum contacto com o ar atmosférico;
- Estar hermeticamente fechado (para a água);
- Deve ter ausência total de luz.

### 2. Adequada relação de C/N.

A relação de Carbono para o Oxigénio é a razão da percentagem de Carbono para o Nitrogénio em vários

materiais. Os micróbios de decomposição são mais eficientes quando a relação de C/N é de 30/1. O excesso de nitrogénio leva à criação de  $NH_3$ , cuja concentração desfavorece o crescimento das bactérias formadoras de metano.

Os materiais com carbono são: folhas secas, plantas do arroz, trigo, milho, etc., quando secas.

Materiais com nitrogénio são normalmente verdes e húmidos (ervas frescas, plantas acabadas de serem cortadas, frutas, e restos de vegetais e polpa de café).

O cálculo para a mistura do material verde com o material castanho é de uma parte de castanho para duas partes de verde, em peso.

Misturando duas partes de material verde (ervas do mato 27/1) com folhas secas de 41/1 conforme a tabela dada abaixo.

O cálculo será assim:

$$27/1 + 27/1 + 41/1 = 95/1$$

$$95/1 : 3 = 31/1$$

Tabela 2: Valores aproximados de C/N para materiais comuns

Material	Relação C/N
1) Caule seco	87/1
2) Pé de arroz	67/1
3) Pé de milho	53/1
4) Folhas secas	41/1
5) Ervas secas do mato	27/1
6) Fezes frescas de carneiro/cabritos	29/1
7) Fezes frescas do gado bovino (cow manure)	25/1
8) Fezes frescas de porcos	13/1
9) Fezes frescas do ser humano	2.9/1
10) Lixo verde	18/1
11) Lixo fresco de vegetais não cozinhados	25/1
12) Sangue	3/1
13) Fezes da galinha	7/1
14) Água do Esgoto	10/1

A relação de Carbono/Nitrogénio do excremento da vaca (cow dung -Ing.) é cerca de 20-25/1, o que é suficiente para a produção de biogás, sendo o ideal 30/1, como dissemos acima.

*Nota:* Deve ter-se em conta que as ervas e as folhas em Timor- Leste podem não ter as mesmas percentagens de carbono e nitrogénio que nos outros países. Na falta de meios, adoptamos as já existentes publicadas nas diferentes obras de composição química das plantas.

### 3. Temperaturas para as bactérias

#### Digestão pela bactéria 0 – 61 °C

A produção de gás diminui:

Com temperaturas  $\leq 15$  °C

Muito pouco gás 10 °C

As melhores temperaturas para produção de biogás são:

a) 30 °C – 41 °C

b) 49 °C – 60 °C

Temperatura Psicofílica – 10-20 °C

Temperatura Mesofílica – 20 - 35 °C

Temperatura Termofílica  $\geq 55$  -60 °C

*Nota:* A temperatura para pasteurização dos produtos (leite) é de 65 °C. (A palavra pasteurização vem do nome do químico francês Pasteur).

#### Tratamento para o consumo da água contaminada

Deve aquecer-se a água até à fervura e deixar a ferver por mais 5 a 10 minutos para eliminação total de micróbios/bactérias (WHO).

#### Temperaturas para produção de gás

A produção de gás satisfatório ocorre na temperatura mesofílica de 25 -30 °C. A máxima produção ocorre na temperatura termofílica.

A temperatura média dentro do digestor é de aproximadamente 10 °C acima da temperatura do ambiente atmosférico.

Vamos a seguir dar a conversão de temperaturas expressas em Farenheit.

A temperatura Farenheit encontra-se mais em literaturas originárias de Inglaterra, América do Norte e outros Países do Ex-Império Inglês ou do domínio americano.

O Centígrado encontra-se mais na Europa à excepção de Inglaterra. Aconselhamos que o leitor se familiarize com estes dois sistemas e suas equivalências.

Conversão de temperaturas de graus Centígrados (° C) para graus Farenheit (° F) e vice-versa, é dado por:

$$T^{\circ}C = 5/9 (T^{\circ}F - 32) \quad (\text{Fórmula geral})$$

*Exemplo:*

Temperatura normal do corpo em graus Farenheit é **98,6 °F**

A temperatura equivalente em graus centígrados será:

$$T^{\circ}C = 5/9 (98,6 - 32) = 5/9 \times 66,6 = 333/9 = 37^{\circ}C$$

Da fórmula geral podemos deduzir a fórmula para transformar os graus Centígrados em graus Farenheit, portanto:

$$T^{\circ}C = 5/9 (T^{\circ}F - 32)$$

$$T^{\circ}C : 5/9 = T^{\circ}F - 32$$

$$T^{\circ}F - 32 = T^{\circ}C : 5/9$$

$$T^{\circ}F = T^{\circ}C : 5/9 + 32 \therefore T^{\circ}F = 9/5 T^{\circ}C + 32 \therefore T^{\circ}F = 1,8 T^{\circ}C + 32$$

$$T^{\circ}F = 1,8 T^{\circ}C + 32$$

*Exemplo:*

Para 15 ° F, qual é o equivalente em ° C ?

$$15 = 1,8 T^{\circ}C + 32 \therefore 15 - 32 = 1,8 T^{\circ}C$$

$$\therefore -17 = 1,8 T^{\circ}C \therefore T^{\circ}C = -17 : 1,8 = -9,6^{\circ}C$$

$$15^{\circ}F = -9,6^{\circ}C$$

*Nota:* Temperatura em graus Kelvin ou escala absoluta

$$37^{\circ}C + 273 = 310 K$$

Temperatura a zero absoluto é -273 °C ou 0 K (zero Kelvin)

#### 4. Valor do pH ou Valência ácida

pH –potência do hidrogénio iónico

p- é originária da língua alemã 'potenz'

A fórmula para determinação do pH é a seguinte:

$$pH = - \log (H^+)$$

Os valores de pH adoptados pelo PUXTIL são: 6,8 – 7,8 como óptimo para produção de biogás

*Nota:* Os valores de pH do solo para cultivo do arroz são: 5,0 – 7,5

#### Escala do pH (escala logaritmica)

A acidez aumenta a partir de 7 até 0 e a alcalinidade aumenta de 7 até 14.

**7 é neutro.**

Calibrar o aparelho do pH- é regular a medida para a escala de 7, antes de fazer alguma medida.

<b>0</b>	Acidez ← Neutro(7) →	Alcalinidade	<b>14</b>
Alta			Baixa
Concentração			concentração
de iões de H <sup>+</sup>			de iões de H <sup>+</sup>

A solução ácida contém mais H<sup>+</sup> iões do que OH<sup>-</sup> iões e tem um pH mais baixo que 7.

A solução base ou alcalina contém mais OH<sup>-</sup> iões.

Quando H<sup>+</sup> = OH<sup>-</sup> então o pH =7, isto indica que a solução é neutra

A escala do pH é logaritmica, portanto:

A mudança de um número inteiro numa solução representa uma mudança de 10 vezes mais concentração de H<sup>+</sup> ions do que a anterior. A solução de pH 4 tem 10 vezes mais H<sup>+</sup> iões do que a solução de pH 5 e tem 100 vezes mais H<sup>+</sup> iões do que a solução de pH6.



Material para medição do pH.

Na figura acima encontra-se no primeiro plano um rolo de "litmus paper" e atrás um frasco de solução "buffer" e o pH "tester". Aconselha-se a seguir com rigor as instruções dadas pelo fornecedor desses produtos para uma correcta leitura.

### Medição de pH com o 'litmus paper'

Deve ter-se o 'litmus paper' que é relativamente barato para se trabalhar na produção de biogás, podendo encontrar-se este material nos hospitais. O 'litmus paper' é um papel impregnado dum líquido que se obtém a partir de uma variedade de plantas denominadas de 'lichens' e que tem a propriedade de mudar de cor para diferentes tonalidades, perante maior ou menor concentração de ácidos.

Para a produção de biogás a cor que se quer é a esverdeada escura ( cor da folha de alface velha ) obtida dum pedaço de 'litmus paper' mergulhado numa amostra de líquido que se pode obter da entrada (inlet) ou saída (outlet) do digester.

Procedimento a seguir:

- 1) Corta-se um pedaço de 'litmus paper' de 5 cm do rolo.
- 2) Tire uma amostra do líquido do 'inlet' ou 'outlet' num vasilhame e mergulhe o pedaço de papel na amostra e retire-o depois de 5 segundos
- 3) Verifique a cor do papel e compare-a com as cores fornecidas pela fábrica do rolo de papel para se determinar o pH da amostra

- 4) Se a cor for de verde de alface (folhas exteriores) é porque o pH anda próximo do ideal para a produção do biogás.
- 5) Se não for de verde alface, adicione água ou cinza conforme o caso da matéria prima fornecida, ser excessiva ou deficiente.

Nota: Para os principiantes aconselha-se a aquisição do aparelho indicador de medida de pH ( pH meter-Ing.) para se conseguir uma medida mais exacta entre os valores estabelecidos de 6,8 e 7,8 e vai-se depois adquirindo a prática comparando os valores obtidos do aparelho com as cores fornecidas pelo 'litmus paper'.

### Alcalinidade

A alcalinidade é a capacidade da água em resistir a mudanças em pH, e é também a capacidade das bases para neutralizar ácidos.

A alcalinidade dum substância é medida no laboratório por um processo conhecido por titulação (titration).

### 'Buffer'

Uma solução 'buffer' resiste à mudança em pH quando se adicionam pequenas quantidades de ácido ou base.

O sangue é uma solução 'buffer' no corpo que mantém o pH de cerca de 7,4.

O uso do cal ou cinzas de madeira queimada adicionadas em determinadas porções a um composto com pH de valor elevado pode trazer esse valor de pH para um valor muito próximo do valor ideal para a produção do biogás.

O cal é o elemento mais comumente usado como solução 'buffer' no tratamento do lodo do esgoto.

### 5. Adequada matéria-prima

Materia-prima para fermentação para produção do biogás:

- ❖ Fezes/excremento do ser humano e animais



- ❖ Folhas das plantas
- ❖ Ervas
- ❖ Restos de cereais
- ❖ Materiais de plantas suculentas tais como bananeiras
- ❖ Restos de papéis
- ❖ Plantas aquáticas
- ❖ Algas filamentosas
- ❖ Lixo orgânico
- ❖ Lodo (sludge)
- ❖ Restos de material orgânico das indústrias ( polpa do café )

*Nota:* O excremento da vaca (cow manure) é o substrato ideal para a produção de biogás devido à sua relação de carbono para nitrogénio ( C/N ) que é de cerca de 25/1.

### **As folhas e outros substratos produzem maior percentagem de dióxido de carbono em relação ao metano**

Os excrementos dos animais podem ser utilizados para produzir gás sem adicionar vegetais.

Os excrementos da galinha e do porco são os melhores excrementos porque são mais compactos. A maior desvantagem dos excrementos da galinha é a produção em quantidade significativa de ácido sulfídrico, que mesmo em pequena quantidade, corroe os metais. O ácido sulfídrico ( $H_2S$ ) também é venenoso. Quando queimado transforma-se em dióxido de enxofre ( $SO_2$ ) que por sua vez combinado com o oxigénio livre e o vapor de água transforma-se em chuva ácida (água + ácido sulfúrico) com consequências desastrosas ao meio-ambiente e aos edifícios e estátuas de granito.

Os excrementos do gado bovino produz um reduzido ácido sulfídrico mas é preciso maior quantidade em relação aos

excrementos das galinhas para produzir a mesma quantidade de biogás.

*Nota :* O ácido sulfúrico é o ácido mais potente existente no Mundo.

### **Excrementos da vaca/gado bovino devem ser frescos**

Os excrementos secos não reabsorvem a água e por isso flutuarão em cima da mistura, impedindo a saída do gás para o topo do digestor.

No caso de não dispor da urina para misturar com os excrementos, misture a água com os excrementos das vacas na razão de 50/50.

O excremento do porco é mais compacto do que o da vaca e com a baixa humidade de 19% . Misture o excremento do porco com a água com 130% em relação ao peso dos excrementos.

A água utilizada para o biogás pode ser suja mas não deve ter detergente, pois poderá matar as bactérias.

Na produção de gás em grande escala consegue-se melhor resultado misturando as fezes dos animais com restos de vegetais tais como folhas e tronco de bananeira cortadas em pedaços reduzidos e restos de café das fábricas (parte suculenta) para aumentar a relação de C/N de 25/1 até 30/1.

*Nota:* a Organização Mundial de Saúde (WHO-World Health Organisation) recomenda que as fezes do ser humano devem manter-se dentro do digestor por um período de pelo menos de 2 meses sem oxigénio ou aquecidas a uma alta temperatura ou ambos para matar os elementos patogénicos (elementos causadores de doenças).

Para satisfazer este requisito deve construir-se maiores digestores para que a retenção seja mais demorada ( caso de 10 m<sup>3</sup> na China para uma só família -com pequena produção de gás para grande volume de digestor).

## 6. Adequada fermentação da matéria- prima

- ❖ As fezes e a água deverão ser misturadas antes de serem enviadas para o digestor.
- ❖ As águas sujas provenientes da limpeza dos currais dos porcos/vacas devem ir automaticamente para a entrada do digestor por gravidade. Para isso, entre o digestor e o curral dos animais deve haver um desnível de 10 graus ou mais, dependendo da distância entre os dois elementos, para evitar o uso da bomba.

### Fontes para obtenção de bactéria

Fontes de Bactéria para começar/recomeçar a planta de biogás:

- ❖ Produto fermentado do estômago do animal recentemente abatido
- ❖ Lodo do lago dos patos
- ❖ Lodo (slurry) do Digestor em funcionamento
- ❖ Fermentação pré-preparada por empilhamento (Pile composting)

### Como fazer adubos por empilhamento ou preparar material para começar a fermentação no digestor

- 1) Corta-se o material ( folhas de bananeira, ervas, folhas verdes e folhas secas em tamanhos pequenos e forma-se a primeira camada que deve ter uma espessura de 50 cm. Rega-se com algum material com 2 - 5% de cal ou cinza. Deita-se em cima as fezes de animal ou água do esgoto;
- 2) A seguir faz-se uma segunda camada de material a fermentar com os mesmos procedimentos da primeira camada;
- 3) O mesmo procedimento para a terceira camada;
- 4) Cobre-se o preparado com terra vermelha e compacta-se a superfície;

- 5) Depois de 10 dias o adubo já está preparado para a agricultura ou o material já pode servir como fonte de bactéria para a geração do biogás nos digestores

Nesta forma de preparação, a relação do C/N pode ser reduzida de 16-21/1.

## 7. Adequado material seco no digestor

A percentagem ideal de material seco deverá ser de 5 – 10 %.

Adicione água às fezes de acordo com a sua consistência. Normalmente as fezes das vacas têm uma percentagem de 18-20% de material seco. Para reduzir a densidade a 5-10% adicione água.

Como se disse acima, para as fezes das vacas, sem urina, deve adicionar-se água na relação de 50/50.

Ao digestor que funciona com as fezes da vaca/búfalo depois de duas semanas de funcionamento, adiciona-se 6 kg de fezes misturadas com 6 litros de água por dia por cada m<sup>3</sup> do volume do digestor.

**Portanto para 10 m<sup>3</sup> de digestor adicione 60Kg de fezes misturada com 60 litros de água por dia, para o caso de não dispor de urina.**

## 8. Materiais nocivos para a produção de biogás

Não se devem usar no digestor elementos que matam as bactérias

- a) Tabaco
- b) Alho
- c) Detergentes
- d) DDT (Dichlorodiphenyl-trichloroethane)- proibido em muitos Países
- e) Antibióticos
- f) ppm-partes por milhão e mg/l

Sulfatos (SO<sub>4</sub>) 5000 ppm  
 Cloreto de sódio (NaCl) 40000 ppm  
 Cobre (Cu) 100 mg/l  
 Crômio (Cr) 100 mg/l  
 Níquel (Ni) 200-500 mg/l  
 Cianido (CN) abaixo 25 mg/l  
 ABS (composto de detergente-) 20-40 ppm  
 Amoníaco (NH<sub>3</sub>) 1500-3000 mg/l  
 Sódio (Na) 3500-5500 mg/l  
 Potássio (K) 2500-4500 mg/l  
 Calcio (Ca) 2500-4500 mg/l  
 Magnésio (Mg) 1000-1500 mg/l  
 Quando existentes, deve eliminar-se a concentração desses elementos diluindo-os com água.

### CARACTERÍSTICAS DAS FEZES DE ALGUNS ANIMAIS

Tabela 3: Guia para implementação do sistema de produção de biogás

Doc ANC-0603-19-01-Versão 01-Union temporal ICONTEC-AENE

Tipo de animais	% Peso de fezes frescas	% /Peso de urina fresca	% fezes sólidas	% Sólidos orgânicos	Relação C/N	m <sup>3</sup> biogás/ Kg substância sólida
Vacas	5	4	15-16	13	20	0,250
Porcos	2	3	16	12	13	0,350
Ovelhas/Cabritos	3	1.5	30	20	30	0,200
Cavalos	5	4	25	15	20	0,250
Aves/Galinhas/patos	4.5	4,5	25	17	5-8	0,400
Ser humano	1	2	20	15	8	0,300

**Cálculo aproximado da quantidade de biogás produzido baseado no peso do animal**

#### Método A

Tomemos os seguintes dados:

Num. de animais - 92  
 Peso médio - 220 kg  
 Cálculo da quantidade de fezes por dia, fazendo uso dos dados da tabela acima:  
 Fezes (kg/dia)=220 x 92 x 5 % = 1 012 Kg/dia

#### Cálculo da urina por dia

Urina(Kg/dia) = 220 x 92 x 4 % = 810 Kg/dia  
 Matéria prima : 1 012 + 810 = 1822 Kg/day  
 % total de sólidos = 1 012 x 16/1822 = 8.6 %  
 Total de sólidos ( Kg/dia ) = % total sólidos x 1822/100 = 8.9 x 1822/100 = 156.7 Kg/day

Se a percentagem total dos sólidos for  $\geq 10\%$  é necessário adicionar água para reduzir a percentagem dos sólidos. Há melhor produção de gás quando a percentagem dos sólidos está entre 7 e 9%.

### COMPOSIÇÃO DA URINA

A urina é composta de:

- ❖ Água
- ❖ Ureia
- ❖ Cloreto de sódio
- ❖ Cloreto de potássio
- ❖ Fosfato
- ❖ Ácido úrico
- ❖ Sal orgânico

Ureia é uma substância azotada/nitrogenada que faz parte do composto de urina e é um amido do ácido carbônico de fórmula CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>, utilizada como adubo, fabrico de resinas, farmácia, etc.

Ácido úrico-ácido orgânico azotado, do grupo das purinas e figura na urina em pequenas quantidades.

### Cálculo do volume do digestor

Volume do digestor em litros = carga diária x tempo de retenção x 1,2

### Cálculo aproximado da quantidade de gás

Biogás (m<sup>3</sup>/dia) = fezes (kg/dia) x % sólidos orgânicos x m<sup>3</sup>/Kg = 1822 x 0,086 x 0,25 = 39 m<sup>3</sup>

Sendo :

1822 kg –matéria prima

0,086 –percentagem total dos sólidos

0,25- volume de biogás em m<sup>3</sup> por kg de substância seca

O tempo de retenção que damos a seguir é para os casos em que se usa um ou dois digestores em regime periódico (batch feeding-Ing) isto é, para os casos em que se enche o digestor de matéria prima para produção de biogás por um certo período e uma vez esgotado o gás, retira-se parcialmente o produto fermentado para adubos e enche-se de novo com nova matéria.

### Cálculo do tempo de retenção ( baseado na temperatura)

$Tr = -51,227 \times \ln ( T ^\circ C ) + 206,72$

Tr – Tempo de retenção em dias

T °C -Temperatura média no digestor

ln – logaritmo natural

Cálculo do tempo de retenção

Para 32 °C

O tempo de retenção será:

$Tr = - 51,227 \times \ln 32 + 206,72 = -51,227 \times 3,46 + 206,72 = 29$  dias

Apresentamos também outra forma de cálculo da Planta de biogás que vamos denominar como método B

### Método B

#### Vd - Volume do digestor

Tr- tempo de retenção (quantos dias)

Sd- substrato diário (m<sup>3</sup>/dia)

$Vd = Sd \times Tr$

$m^3 = m^3/\text{dia} \times \text{num. dias}$

$Vd = 0,120 \text{ m}^3 \times 90 \text{ dias} = \text{aprox.} = 10 \text{ m}^3$

**Substrato de entrada I/P (Sd) = biomassa(Kg)+água (m<sup>3</sup>/dia)**

Tempo de retenção (TR) em dias

$Tr = Vd / Sd$

Substrato de entrada-I/P (Sd)= Biomassa (kg) + Água (m<sup>3</sup>/dia)

### Cálculo da produção de gás diária –G (m<sup>3</sup>gas/d)

A quantidade do gás gerado por dia ( G ) é calculada na base de quantidade de gás específico obtido ( Gy ) do substrato e da entrada do substrato diário ( Sd)

O cálculo pode ser baseado :

#### a) sólidos voláteis (volatile solids) VS

$G = VS \times Gy$  (sólidos)

$m^3/d = \text{kg} \times m^3 / (d \times \text{kg})$

#### b) peso da massa húmida (moist mass ) B

$G = B \times Gy$

$m^3/d = \text{kg} \times m^3 / (d \times \text{kg})$

#### c) Gás obtido normalmente por cada animal vivo/LSU (Live Stock Unit)

$G = \text{num. de animais vivos /LSU} \times Gy$  (espécie animal)

$m^3/d = \text{número de animais} \times m^3 / (d \times \text{número})$

A variação da temperatura é dada por:

$Gy (T, Tr) = mGy \times f ( T, Tr )$  onde

$Gy (T, Tr)$  = gás gerado em função da temperatura do digestor e do tempo da retenção.

$mGy$  = a média de gás específico obtido, e.g. l/kg quantidade de sólidos voláteis

$f(T, Tr)$  = multiplicador do gás obtido em função da temperatura do digestor T e tempo de retenção (Tr).

O tempo de retenção para digestores com alimentação contínua ( 1/30 do volume do digestor ) é indeterminado devido a renovação constante do material digestivo, porém deve-se fazer a manutenção geral de 2 em 2 anos que consiste em renovação total do material do digestor e verificação das condições físicas de funcionalidade do digestor por um perito da especialidade no que diz respeito a sua segurança em relação a sua consistência à rotura e consequente escape do líquido ou gás.

**Deve-se porém pôr à parte uma boa porção do substrato que é rico em bactérias para o recomeço da planta para encurtar o tempo da espera.**

### **MISTURA DAS FEZES COM A ÁGUA**

Misture o líquido frequentemente para assegurar o contacto entre a população bacteriana e o material de fermentação para produção máxima de gás.

Existem muitas formas de misturar. Para o sistema de PUXTIL, use um bambu de 10 cm. de diâmetro e 4 metros de comprimento e com a extremidade de inserção fechada (corte as extremidades pelos nós). Insira a peça de bambu no tubo da entrada (inlet) e movimente o bambu para cima e para baixo por um período de 5 minutos. Faça o mesmo para o tubo de saída (outlet)

### **Se não se misturar por um longo período**

Formam-se 3 camadas dentro do digestor:

- 1) Na camada de **cima**, ficará o lixo com muito material fresco, muito pouca quantidade e variedade de micróbios e a produção de muito ácido;
- 2) Na camada do **meio** ficará o líquido fermentado com muito pouco material sólido e poucos micróbios
- 3) Na camada de **baixo** ficará a camada de sedimentos e resíduos ricos em vários tipos de micróbios, mas com pouco material fresco devido à alta pressão

hidrostática. O gás produzido é dissolvido no líquido fermentado e não é facilmente libertado. Este é o caso do metano retido nas profundezas do mar.

O sedimento deve ser trazido para cima através da mistura. Uma vez feita a mistura, a temperatura e a concentração repartem-se de forma mais homogénea e os micróbios produtores de metano reproduzem-se mais rapidamente e haverá maior contacto entre os micróbios e o material de fermentação, acelerando a fermentação.

### **Fontes de Biogás**

- ❖ A produção média diária de excremento sólido por animal está dependente de vários factores: tamanho do animal, composição do alimento e tempo de retenção.
- ❖ Todas as plantas e restos orgânicos representam a reserva de energia solar armazenada pela fotossíntese na qual as plantas convertem energia solar em carboidratos.

Celulose é matéria-prima mais abundante para energia renovável que existe no Mundo. Toda a vegetação tem entre metade a um terço de celulose.

### **O porquê do processamento dos excrementos**

É mais vantajoso processar as fezes do animal nos digestores para produzir energia para diferentes aplicações e para produzir adubos ricos em nitrogénio, do que queimar ou deixar exposto ao ar livre pelas seguintes razões:

- ❖ Quando se queimam as fezes depois de secas originam muito fumo e causar doenças da vista (como o caso da Índia onde esta prática é comum nas famílias pobres).
- ❖ As fezes expostas ao ar livre atraem insectos causadores de doenças infecto-contagiosas pois poluem as águas dos poços e ribeiras vizinhas. O consumo dessa água contaminada sem ser fervida

previamente poderá causar disenteria que, quando não tratada no devido tempo, pode levar a vítima à morte.

- ❖ As fezes também podem causar infecções nas feridas (novas ou velhas) que poderão levar a aquisição de tétano e conseqüente amputação do membro.

### Factos sobre excrementos/fezes da vaca

Biogás das fezes das vacas têm:

- 55-65 % metano ( $\text{CH}_4$ )
- 30 – 35 % dióxido do carbono/anidrido carbónico ( $\text{CO}_2$ )
- 5 -10 % Hidrogénio ( $\text{H}_2$ )
- 0 – 3 % Vapor de água ( $\text{H}_2\text{O}$ )
- Vestígios de ácido sulfídrico/ hydrogen sulfide- Ing. ( $\text{H}_2\text{S}$ )

*Nota:* Referimos a vaca devido aos estudos em pormenor realizados pela Índia, onde este animal existe em grandes quantidades devido à sua utilidade e crença religiosa. Na Índia, onde a tecnologia de biogás foi desenvolvida e divulgada, usou-se exclusivamente o 'Gobar' linguagem indiana para esterco da vaca, para a produção de biogás. Na Índia a vaca é considerada como animal de mil e uma utilidades, razão principal da proibição do consumo de carne de vaca e como conseqüência a abundância do animal. Para o povo indiano, é sacrilégio comer a carne de vaca, pois este animal é considerado um animal sagrado.

Na China, é comum o uso das fezes humanas como matéria-prima para a produção de biogás.

O maior número de plantas de biogás no Mundo encontram-se na China e na Índia, sendo de aproximadamente 45 milhões no primeiro caso, e de 4,5 milhões no segundo.

Para Timor-Leste é mais complicado o uso das fezes como matéria-prima, portanto resolveu adoptar-se as fezes dos animais (presentemente búfalos, vacas e porcos).

### PRESEÇA DE $\text{CO}_2$ COMO ELEMENTO NOCIVO NO BIOGÁS

- Faz com que o biogás seja mais pesado;
- Reduz o valor calorífico do biogás como combustível;
- Faz aumentar o volume de armazenamento do biogás;
- Faz aumentar a pressão no recipiente

*Nota:* À pressão de 417 kPa e a temperatura de  $-57^\circ\text{C}$ , o  $\text{CO}_2$  existe em estados : sólido, líquido e gasoso (triple point- Ing.)

### Slurry/lodo

O 'Slurry'(Ing.) é a lama/lodo que sai do digestor e que resulta da mistura das fezes do animal com a água e é composto dos seguintes elementos:

- 1,8- 2,4 % Nitrogénio ( $\text{N}_2$ )
- 1,0 – 1,2 % Fósforo ( $\text{P}_4$ )
- 0,6 – 0,8 Potássio (K)
- 50 – 75% Humus orgânico

*Nota:* Para usar o composto líquido do 'slurry' como fertilizante para a rega das flores ou canteiros de vegetais misture o líquido com a água na razão de 1 para 3.

*Nota :* Geralmente um só tipo de material/excremento dá resultado fraco.

Consegue-se resultado satisfatório para produção de biogás, a seguinte composição:

- 10 % excremento humano ( incluindo a urina)
- 40 % fezes de porco e da vaca com plantas e ervas
- 50 % de água

### Scrubbing

'Scrubbing' , é um termo inglês que quer dizer limpar, esfregando para tirar a sujidade que é difícil de remover por outros meios (em tetum-faci ho kose halo mo'os)

Nota: O gás natural obtém-se do subsolo portanto não é uma fonte renovável. Este combustível é mais limpo do que o biogás no que diz respeito ao dióxido de carbono, embora tenha que ser processado antes da sua distribuição.

### **Eutrofização (eutrófico)**

Palavra de origem grega, eutrophia- eu=bem, trophia=alimento. Eutrofização causa o aumento rápido de nutrientes numa porção de água. Usar a fertilizante em excesso ou em tempo errado, principalmente quando a capacidade de assimilação da planta é baixa, pode causar sérios danos ecológicos causando a redução da diversidade da espécie, bem como a mudança da composição das mesmas, muitas vezes acompanhado do crescimento maciço da espécie dominante.

O nitrogénio em excesso pode causar fertilização excessiva do solo e da superfície da água.

### **Nutrientes para o digestor**

As principais nutrientes são:

- ❖ Carbono
- ❖ Nitrogénio
- ❖ Sais minerais

### **RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DA PLANTA SUBALIMENTADA**

Alimentação insuficiente (hahan la tó-tetum)

O volume do gás será pequeno e como consequência a pressão será baixa. A pressão do volume da água sobre o gasómetro e o peso do gasómetro devem ser maiores que a pressão hidráulica do digestor que equivale à impulsão semelhante a um corpo que flutua na água. A resultante das duas pressões opostas, é a pressão com que o gás sai da válvula do gasómetro. No caso de haver pouco gás, a pressão será pequena e não consegue contrabalançar a

pressão (impulsão) que vai de baixo para cima, então a água e a sujidade invadirão as tubagens e o fogão. Para evitar este problema, há que instalar uma válvula unidireccional que não deixa que o gás seja consumido abaixo de 3 kPa. Método usado no sistema PUXTIL.

O aparelho de pH e o hidrómetro são as melhores formas de resolver o problema do baixo volume de gás, tomando em conta o tipo de matéria prima usada, isto é, só as fezes ou mistura de fezes com outros materiais.

### **Solução**

De acordo com o volume do digestor, calcule aproximadamente a quantidade do material orgânico que deveria ter e, se não for suficiente, adicione mais fezes. Se for suficiente, teste o peso específico e o pH.

Se o peso específico for menos que 1,19 adiciona-se mais fezes e se for mais que 1,19 adiciona-se mais água.

Se o pH for menos que 6, adiciona-se mais matéria-prima e se o pH for mais que 7,8 adiciona-se cal / cinza através da entrada (inlet) e saída (outlet). Misture o composto por 5 minutos na entrada e saída e deixe estabilizar por algum tempo e depois desse tempo meça novamente o pH. Se a medida não estiver ainda correcta continue a adicionar fezes /cal de acordo com as leituras feitas.

### **EQUIPAMENTO DALMUK - COMO SE USA**

Esse equipamento foi introduzido pela primeira vez em Timor-Leste em 2006 pelo autor, para verificar a presença de metano dum digestor construído numa zona remota de Manatuto, conhecida por Cairui. Chame invenção ou inovação, não é importante. O importante é a sua utilidade. É simples mas efectivo e é um auxiliar indispensável para o técnico de biogás. O aparelho dá a certeza ao utilizador, da presença do metano e evita preocupações desnecessárias

quanto à possibilidade de explosão. Não há no País registo de patentes, portanto não está patenteado.

### Equipamento de teste DALMUK-Inovação de Aires Eddie de Almeida

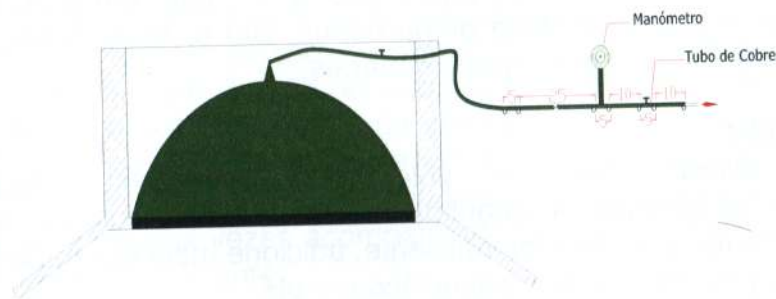


Fig.1: Instalação do equipamento

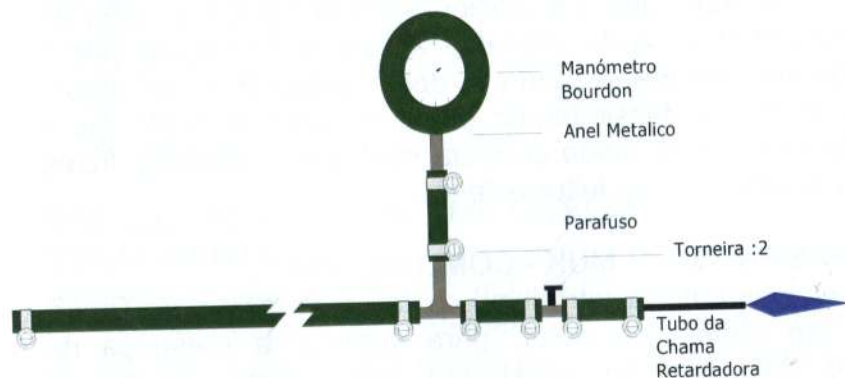


Figura 2 : Vista dos componentes em detalhe

Nota: O comprimento to tubo que mostra descontinuidade deve ser de 30 m. O teste deve ser feito longe da planta.

### Usa-se da seguinte maneira:

- 1) Ligue a saída do gás do digestor ao equipamento de teste DALMUK com as torneiras 1 e 2 abertas e sem o tubo de cobre para expelir todo o ar do sistema (Ver a Fig. 1 e 2).
- 2) Depois de um dia feche a torneira 2 para verificar se há pressão.
- 3) Depois de 4 Horas verique o manómetro (pressure gadget) e se tiver alguma pressão deixe continuar fechada a torneira 2 até perfazer pelo menos 3 kPa.
- 4) Depois da pressão atingir 3 kPa abra a torneira 2 e deixe que o metano e o resto do ar escape para a atmosfera.
- 5) Depois de 4 Horas feche a torneira 2 e deixe que a pressão aumente de novo até 3 kPa.
- 6) Abra de novo a torneira 2 e deixe-a aberta por um período de 4 Horas.
- 7) Para ter a certeza que já não existe nenhum ar misturado com o metano abra de novo a torneira 2 e deixe-a aberta por um período de 4 horas.
- 8) Depois de 4 horas feche a torneira 2 e instale o tubo de cobre. O tubo de cobre (fire retardant) serve para evitar que a chama inflame a conduta. Quando a pressão atingir 3 kPa abra a torneira 2 e queime o gás (que sai do tubo com um ruído característico de saída de gás) com alguma pressão. Se queimar é porque já há metano.
- 9) Feche a torneira 1 e desligue o equipamento de testar DALMUK.
- 10) Ligue o tubo de saída ao sistema e abra as torneiras 1 e a da entrada para a casa.
- 11) Abra o 'knob' de uma das bocas do fogão para deixar escapar o ar que se encontra nas tubagens que ligam o fogão ao gasómetro (gas holder) por um curto período de 3 segundos e fecha o 'knob'. Depois de 5 minutos (tempo suficiente para dissipar o gás liberto) abra de novo o 'knob' do fogão e acenda o gás com um fósforo ou com a faísca eléctrica produzida por um 'kit' electrónico com energia



fornecida por uma pilha acoplada na parte inferior do fogão. Uma vez acendida uma das bocas do fogão regule a entrada do ar até obter uma chama azulada. Faça o mesmo para a outra boca.

A chama azul indica que a combustão é completa e o calor é máximo e que anda à volta de 650 a 750 °C.

A velocidade de propagação do gás metano é muito pequeno e é acerca de 430 mm/s.

### **Verificação do escape de gás**

Antes de entregar a operação da planta ao usuário deve-se verificar, se há escape do biogás nas tubagens, ligações, bem como todos os materiais ligados ao sistema. Há que certificar se há porosidade nos tubos. Os tubos devem ser de qualidade.

Abra a torneira geral mas todas as saídas para a queima devem estar fechadas e conduza o teste de escape (leakage test-Ing.) através da espuma de sabão. A torneira geral é a que se encontra a saída do filtro de água ou a que se encontra à entrada da utilização.

### **Preparação da espuma de sabão**

- 1) Arranje uma caneca de alumínio ou corte uma garrafa de plástico (aqua) em metade;
- 2) Arranje uma colher de "omo" ou qualquer produto para lavar a roupa que produza espuma;
- 3) Misture os dois componentes até se obter abundante espuma
- 4) Arranje um pincel de pintar paredes de 5 cm de largura
- 5) Molhe o pincel no líquido do preparado e pincele à volta das superfícies dos tubos e das ligações bem como o tubo que pode ter defeito de fabrico
- 6) Se verificar a formação de espuma é porque há escape do gás.

- 7) Feche a torneira geral e faça as reparações necessárias

### **Resolução do problema da planta sobrealimentada**

Quando a planta for alimentado em excesso de material orgânico, causa um excesso de ácidos voláteis no digestor. Excesso de ácido volátil faz baixar o pH, retardando a acção da bactéria produtora de metano e como consequência menor produção ou paralização da produção do gás. Lembre que o pH deve-se manter entre 6,8 – 7,8.

### **Solução**

Se tiver muito sólido, adiciona água para trazer a percentagem a 9%. Use o hidrómetro para medir a gravidade específica do líquido do digestor que deverá andar a volta de 1,19.

Meça o pH.

Se o pH for menos que 6,8 adicione água em pequenas quantidades (10 litros) na entrada e saída e misture bem. Depois de 2 horas verifique o seu pH e se não chegou ao resultado desejado, repita a operação até chegar a um valor aproximado entre 6,8 -7,8.

Se o pH for mais que 7,8 adicione cal/cinza na entrada e saída também em pequenas quantidades ( use pá do jardim) e misture bem. Deixe assentar a mistura por um período de 2 horas. Depois de 2 horas teste novamente o pH e se não estiver correcto repita a operação e se estiver correcto, conduza as operações de extracção do ar de forma semelhante às descritas para a sub-alimentação de 1-11.

Tabela 4 : Tabela para o consumo de Biogás para várias aplicações

Número	Descrição	Tamanho	Quantidade de consumo de biogás (m <sup>3</sup> /h)
1	Fogão	Diâmetro-5 cm	0,33
2	Fogão	Diâmetro 10 cm	0,44
3	Fogão	Diâmetro 15 cm	0,57
4	Lâmpada	1 camisa	0,07-0,08
5	Frigorífico	40cmx40cmx40cm	0,06
6	Motor	Hp/h = 746 W/h	0,40

### ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O BÚFALO

O búfalo é um animal importante para a sociedade timorense, na medida que é usado para o cultivo do arroz, troca de prendas em casamentos e outras cerimónias. A sua carne é mais apreciada do que a carne de vaca. O gosto timorense é contrário ao gosto europeu porque o europeu aprecia carne tenra das vacas, enquanto que o timorense prefere a carne rija do búfalo.

O búfalo do mato/búfalo bravo quando cruza com o búfalo doméstico pode transmitir doenças como brucelose e tuberculose. O búfalo doméstico deve ser vacinado contra as duas doenças acima mencionadas.

O búfalo quando encurralado escolha o seu próprio retrete para defecar, o que torna a recolha das fezes mais fácil. Os machos comem até 30 kg de material seco por dia. A população fêmea deve ser cinco vezes mais que o número dos machos. É necessário construir cercos muito resistentes para os búfalos, com muita sombra e muita água.

A cooperativa de búfalos em Grã- Bretanha clama que o leite de búfalo contém:

- ❖ 43% menos colesterol
- ❖ 58% mais calcio

- ❖ 40% mais proteína e alto nível de anti-oxidantes 'tocopherol' (vitamina E) e é mais adequado para a maioria de pessoas que têm alergia ao leite de vaca.

### Riscos da saúde

Enfrentam-se grandes riscos para a saúde quando se lida com as fezes humanas e do que advém das fezes ( Ing. Sludge=lodo) para fazer o adubo (rai ten –Tetum).

Pessoas com cicatrizes ou feridas devem evitar qualquer contacto com as fezes.

### Tétano

O agente causador de tétano é o 'clostridium tetani'. Normalmente existem em terrenos contaminados com fezes dos animais.

Deve-se ter o cuidado máximo na lida com qualquer tipo de fezes. Por precaução deve-se usar luvas e botas de borracha.

### Obtenção de biogás pela primeira vez

- 1) Verifique primeiro se há alguma racha ou defeito na construção indo para dentro do digestor para inspecionar na qualidade do trabalho. Use um pequeno martelo de madeira e bata levemente as superfícies do digestor para se certificar dalguma concavidade.
- 2) Faça o teste se há escape de água.
- 3) Faça o teste se há escape do ar.
- 4) Encha o digestor com fezes de vaca até 1/3 do volume.
- 5) Adicione 6 Kg de folhas verdes ou ervas frescas e 3 Kg de folhas secas

***Durante o enchimento do digestor deve-se evitar qualquer aproximação com o fogo vivo ou qualquer fonte de fâisca eléctrica (telefone móvel) pois pode resultar numa explosão, devido ao escape de gases que se foram acumulando***

- 6) Deixe o digestor aberto de 3-4 dias depois de perfazer 1/3 do volume a fim de deixar escapar a maior parte de gases nocivos do composto.
- 7) Feche a boca do digestor com as lages feitas para o interior do pescoço.
- 8) Coloque o Gasómetro e encha o digestor com água até cobrir completamente o digestor
- 9) Deixe o tubo de saída aberta para expelir o ar.
- 10) Depois de 48 Horas ligue o tubo de saída ao aparelho DALMUK, siga as instruções dadas

### Geração de Electricidade

Do biogás obtido para geração de electricidade deve-se fazer a remoção do ácido sulfídrico bem como da água porque os dois elementos quando combinados transformam-se em ácido sulfúrico. O ácido sulfúrico corroe as superfícies metálicas dos motores tornando-os inúteis em pouco espaço de tempo. Os motores podem ser motores de combustão interna de gás ou microturbinas a gás dependendo do volume do biogás disponível. Já há no mercado microturbinas de 30, 60, 200, 600, 800 e 1,000 KW/ 1 MW.

Para assegurar constante volume do biogás deve-se manter a temperatura dentro do digestor a volta de 15°C e um período de retenção de 15 dias. Para menor temperatura, a retenção deverá ser maior bem como o volume do digestor.

O uso de Biogás para geração de electricidade é mais eficiente do que o uso de biogás para luz a gás (semelhante a petromax).

O consumo de biogás de cerca de 0,75 m<sup>3</sup> por hora num gerador de electricidade a biogás produz 1 kWh.

### Cálculo para 0,75 m<sup>3</sup> biogás

$0,75 / 0,08 = 9$  lâmpadas de biogás de 1 camisa  
 0,08 é o consumo de biogás em m<sup>3</sup> de uma camisa (mantle-Ing.)

Para lâmpadas eléctricas

1000 W /12 W = 82 lâmpadas fluorescentes ou 16 lâmpadas incandescentes

*Nota:* Uma lâmpada fluorescente de 12 watts é equivalente a uma lâmpada incandescente de 60 watts no que diz respeito a potência luminosa. O watt da lâmpada é a potência do consumo da corrente ( $P=UI$ ) enquanto que a intensidade da luz vem expressa em lúmens. Tenha cuidado com as duas quantidades. Na escolha da lâmpada para diferentes compartimentos da casa deve escolher de acordo com o número de lúmens e não de watts. Os L.e.d's (light emitting diode) são as que consomem menos electricidade (menor wattagem) e de maior duração e serão as lâmpadas do futuro. O uso directo de biogás como combustível para as cozinhas é mais eficiente do que como combustível para o motor de combustão interna.

### EQUIVALÊNCIAS

**1 m<sup>3</sup> de biogás é equivalente a:**

- ❖ 1 lampada eléctrica incandescente equivalente a 60 Watts ou 5 lâmpadas fluorescentes de 12 Watts, acendido por 6-7 horas
- ❖ Um gerador de 1 cavalo-vapor/670 Watts de combustão interna trabalhando por 2 Horas
- ❖ 0,6 - 0,7 litros de petróleo
- ❖ Cozinha 3 refeições para uma família de 5-6.
- ❖ Gera 1,7 kWh de electricidade
- ❖ Gera 1 400 °C

1 Kg de excremento fresco → 0,036 m<sup>3</sup> de gás ou seja 36 litros

### Regras de Segurança

- 1) Respiração de biogás por longo tempo pode causar envenenamento e morte por sufocação.

- 2) Gás misturada com ar 5-10% combinada com uma chama viva (chama dum fósforo/isqueiro) causa explosão. Apague o telefone móvel e não fume nas proximidades da planta de biogás.
- 3) No início do enchimento do digestor, a aproximação de chama viva para verificação na suficiência da quantidade da material pode causar explosão, devida a libertação dos gases que se foram acumulando dentro do digestor.
- 4) A planta de biogás e o tanque da recolha do efluente 'slurry' deve ter cerco à volta para evitar a queda das crianças e animais.
- 5) A camisa (gas mantle) das lâmpadas usadas a biogás é radioactiva. A camisa é banhada do elemento tório para aumentar o brilho. Tome grande cuidado, quando substitui a camisa velha para não inspirar as partículas. Se as partículas contaminarem os olhos pode causar cegueira e como prevenção deve lavar os olhos com muita água e deve ir rapidamente ver um médico. Se possível, use máscara e luvas de borracha e lave as mãos depois de acabar a substituição da camisa.

*Nota:* Já há no mercado novas camisas sem o elemento tório. O torio é um elemento radioactivo como se disse acima. Há dois tipos de radiação: iónica com emissão de electrões livres que causa doenças cancerosas e a não iónica que não causa danos.

- 6) A canalização do gás deve estar de 10-15cm de profundidade. Os filtros de água, gasómetros, as válvulas principais ou unidades para testes devem estar encaixados em cimento e fechados com tampas de cimento armado.
- 7) Durante a agitação tome muito cuidado para não inspirar gás que pode escapar.

- 8) Contágio de doenças pode estar associado com o manuseamento das fezes e do lodo resultante das fezes, quando não tratadas, no seu uso para adubos.
- 9) Os animais devem ser vacinados e serem saudáveis.
- 10) Tome os cuidados necessários no manuseamento das fezes especialmente quando tem feridas novas ou mesmo antigas para evitar qualquer contacto.
- 11) Lave as mãos antes de comer, beber ou fumar.
- 12) Use luvas e botas de borracha

## MANUTENÇÃO GERAL

### Moldes

- ❖ É necessário manter os moldes limpos de cimento e da ferrugem
- ❖ Depois de cada uso, limpe a parte lisa do molde do cimento acumulado e para evitar a ferrugem dê uma camada de óleo queimado com um pincel de largura de 6 cm;
- ❖ Guarde todos os componentes em bom estado e em ordem
- ❖ Não perca nenhum componente

### Componentes da planta

- ❖ As condutas não devem ter nenhum sinal de rotura ou desgaste;
- ❖ Verifique se há escape a partir das juntas, válvulas, etc. através da espuma de sabão;
- ❖ As válvulas/torneiras devem ser operadas com facilidade;
- ❖ Deve-se verificar os filtros de água, pelo menos de dois em dois meses;
- ❖ Deve-se substituir o filtro de H<sub>2</sub>S de seis em seis meses.

## Fogão

- ❖ Verifique a válvula da cozinha;
- ❖ Verifique os reguladores;
- ❖ Verifique o isqueiro;
- ❖ Desentupa os buracos entupidos do queimador;
- ❖ Verifique os ajustadores do ar. A chama deve ser azul como a foto em baixo (combustão completa).



Foto tirado em Beikala/Ainaro- Timor Leste

### Limpeza do digestor

De dois em dois anos retire todo o gás, deixando aberta a válvula principal depois de desligar o sistema do digestor. Depois de um dia retire o vasilhame do gás ( gas holder) e faça uma limpeza da sua superfície tanto interna como externa.

### Sistema de Biogás como complemento

Biogás é energia renovável e sustentável que pode ser um bom complemento com outro tipo de energia renovável tal como por exemplo o sistema fotovoltaico. Em dias nublados o

sistema biogás com um gerador a biogás de 670 w, pode ser usado para recarregar as baterias solares.

### Limitações/restrições

- ❖ Custo inicial
- ❖ Dificuldade de obtenção de alimentos para os gados nos tempos secos
- ❖ Limitada escala de operação
- ❖ Manutenção
- ❖ Reparação dos digestores por técnicos da especialidade

### Benefícios das Unidades geradoras de Biogás

- 1) Queima de metano para trabalho útil em vez de deixar escapar para o espaço:
  - a. A queima do metano é benéfico para o meio-ambiente
  - b. O metano é 23 vezes pior do que o dióxido de carbono no efeito estufa.
- 2) Remove e converte lixo em produto útil e de valor tais como adubos e energia renovável (combustível para cozinha e geração de electricidade)
- 3) Evita contaminação de água potável
- 4) Evita que produtos tóxicos entrem no meio-ambiente
- 5) Produz adubos secos e líquidos
- 6) Produz comida para as minhocas -criação de minhocas, lavrador incansável, muito útil para as plantas
- 7) Condicionador do solo

*Nota:* O efeito estufa é um fenómeno natural originado por gases que se encontram na atmosfera. A sua existência era condição para o ser vivo poder sobreviver. O vapor de água e o anidrido carbónico são as que se encontram em maior quantidade. Com o crescimento da população e as suas actividades, através da poluição desenfreada da atmosfera aumentou-se o efeito estufa que presentemente já faz sentir as suas consequências através de mudanças climáticas e se

não se tomar medidas para a diminuição da poluição atmosférica, principalmente do dióxido de carbono, o efeito estufa em vez de trazer benefício vai trazer mortes e destruição e que pode levar a humanidade à sua extinção.

## TIPOS DE PLANTAS DE BIOGÁS

### 1) Alimentação:

- a) Batch feeding (alimentação em quantidades fixas)
- b) Contínua (alimentação periódica que pode ser diária)
- c) Semi-batch = semi-contínua de quantidades fixas

### 2) Construção

Há vários tipos de construção, sendo as mais importantes:

- 1) Abóbada fixa (fixed dome)
- 2) Tambor Flutuador/abóbada móvel (movable drum)

### Breve descrição da abóbada fixa (mais comum do Mundo)

Há três componentes principais:

- 1) Câmara da mistura
- 2) Câmara do digestor
- 3) Câmara de expansão

A câmara do digestor tem condições anaeróbicas, isto é, sem oxigénio livre do ar atmosférico.

Gases formados ficarão acumulados no topo da abóbada. A pressão do gás acumulado empurrará as fezes e o lodo para a câmara de expansão. Quando o gás é usado o lodo (slurry) irá novamente ocupar o espaço deixado pelo gás, empurrando o gás para fora -Sistema dinâmico.

A pressão nesse sistema varia de acordo com o volume de gás, o que não é conveniente para operar motores de combustão interna. Porém pode-se resolver esse problema fazendo o gás passar por um regulador de pressão ou construir um 'gas holder' móvel.

A SEPE (Secretaria de Estado de Política Energética) já implementou este sistema com 'gas holder' do sistema PUXTIL, com sucesso no Colégio de Venilale.

## 2 – Abóbada móvel/tambor flutuador (movable drum)

Este é o sistema que se escolheu para ser adoptado em Timor – Leste por ser na nossa opinião o que mais oferece segurança e de construção relativamente fácil por não ser necessário recorrer a pedreiros profissionais (com os seus segredos) e oferece pressão constante o que o torna ideal para motores a gás de combustão interna bem como turbinas a gás.

Na segunda parte daremos os pormenores da construção do sistema adoptado em Timor- Leste, o Sistema PUXTIL.

### Medidas a adoptar antes de decidir pela instalação de uma planta de Biogás

- ❖ Faça trabalho de casa antes de decidir por um projecto de biogás
- ❖ A planta deve ser adaptada ao meio-ambiente e clima
- ❖ Prestar atenção as despesas de construção e transportes
- ❖ Produção de quantidade de gás necessário
- ❖ Tipos de excrementos
- ❖ Resolução de problemas que eventualmente possam aparecer
- ❖ Propósitos e formas de instalação

Tabela 5 : Tabela dos três sistemas

Digestor de biogás de 10 m <sup>3</sup>	Abóbada Fixa	Puxin	PUXTIL (Puxin inovado)
<b>Volume de Gás</b>	<i>Indeterminado</i>	<i>1,2 m<sup>3</sup></i>	<i>3,6 m<sup>3</sup></i>
<b>Pressão</b>	<i>Variável</i>	<i>Constante</i>	<i>Constante</i>
<b>Garantia de sucesso de construção</b>	<i>Não 100% de garantia</i>	<i>100% de garantia</i>	<i>100% de garantia</i>
<b>Uso de materia prima</b>	<i>Exclusivamente material pastoso orgânico</i>	<i>Material sólido e pastoso, orgânico</i>	<i>Material sólido e pastoso, orgânico</i>
<b>Exigência de construção</b>	<i>pessoal experiente</i>	<i>pessoal com experiência media</i>	<i>pessoal com experiência media</i>
<b>Tempo de construção</b>	<i>3 meses</i>	<i>10 dias de trabalho</i>	<i>14 dias de trabalho</i>
<b>Tipo de construção usado</b>	<i>Uso de tijolos de barro (domestico)</i>	<i>Uso de moldes para construção de digestor (industrial)</i>	<i>Uso de moldes para construção do digestor (industrial)</i>
<b>Uso de Gerador para electricidade</b>	<i>Necessita de dispositivo para manter pressão constante</i>	<i>Não necessita de dispositivo para regular a pressão</i>	<i>Não necessita de dispositivo para regular a pressão</i>
<b>Segurança na manutenção</b>	<i>Cuidado extra na limpeza do digestor devido a possível presença de metano</i>	<i>Não há perigo</i>	<i>Não há perigo</i>

### Tabela de conversão de unidades de medidas

Sistema Imperial para sistema métrico/Internacional

O sistema imperial tem a sua origem na Inglaterra que foi depois adoptado nas suas colónias. O nome de sistema imperial vem do sistema usado no Imperio Inglês.

O sistema métrico normalmente conhecido como SI (Sistema Internacional) foi comissionado pelo rei frances D. Luis XVI, a uma equipa de estudiosos na qual fez parte o famoso químico Lavoisier (decapitado durante a Revolução Francesa) e que depois da Revolução Francesa foi adoptado em França e mais tarde em todo o continente europeu. É no museu de Paris é que está depositado o metro padrão feito de material especial, à prova de influências atmosféricas. A França foi a principal contendora da Inglaterra na Revolução Industrial, onde foi construída a torre de Eiffel em Paris, como desafio a tecnologia inglesa. Porém Eiffel é de origem judaica, mas a estrutura metálica é de origem da tecnologia francesa.

O sistema métrico é um sistema decimal que é mais preciso e de fácil uso. A polegada 'inch' de um indivíduo de origem europeia é maior que um indivíduo de origen asiática.

Embora o sistema métrico seja aceite pela maioria de Países como sistema internacional, alguns Países tais como Estados Unidos e Japão, ainda usam o sistema imperial (razões económicas e dificuldade de adaptação dos nacionais).

Do sistema imperial a unidade ainda muito usada é a Btu (British thermal unit) usado na potência calorífica, geração de vapor, aquecimento e ar condicionado.

(BTU) or Btu libra (peso) e é a unidade do calor. É igual a quantidade de calor necessário para elevar 1 libra(peso) na sua densidade máxima a 1 grau Farenheight.

$$\begin{aligned}
 1 \text{ BTU} &= 1054 - 1\ 060 \text{ joules} \\
 &= 252 - 253 \text{ cal} \\
 &= 0,252 - 0,253 \text{ kcal} \\
 &= 0,778 - 782 \text{ pés (lf- libra força)}
 \end{aligned}$$

Equivalência de Btu/h em potência

$$1 \text{ watt} = 3,41 \text{ Btu/h}$$

$$293 \text{ w} = 1000 \text{ Btu/h}$$

$$1 \text{ hp} = 2500 \text{ Kcal/h} \quad (\text{hp} = \text{cavalo-vapor abrev.cv})$$

$$1 \text{ hp} = 9900 \text{ Btu/h}$$

$$\text{MBTU} = 1000 \text{ Btu}$$

$$\text{MMBTU} = 1000 \text{ 000 Btu}$$

Para facilitar a compreensão dos dois sistemas e como estão relacionados, apresentamos as seguintes correspondências:

$$T (^{\circ}\text{F}) = 1,8 T (^{\circ}\text{C}) + 32$$

$$m = 39,4 \text{ inch}$$

$$1 \text{ m}^3 = 35,31 \text{ ft}^3$$

$$1 \text{ m}^2 = 10,76 \text{ ft}^2$$

$$1 \text{ hp} = 745,7 \text{ w}$$

$$1 \text{ inch} = 2,540 \text{ cm}$$

$$1 \text{ ft} = 12 \text{ inches} = 0,3048 \text{ m}$$

$$1 \text{ yard} = 0,9144 \text{ m}$$

$$1 \text{ mile} = 1,609 \text{ km}$$

$$1 \text{ ft}^2 = 9,29 \text{ dm}^2$$

$$1 \text{ mile}^2 = 2,59 \text{ km}^2$$

$$1 \text{ inch}^3 = 16,4 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ ft}^3 = 28,3 \text{ dm}^3 = 0,028 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ N} = 0,225 \text{ lb}$$

$$1 \text{ Kg} = 2,2 \text{ lb} \quad \text{porque } w = mg = 1 \times 9,8 \text{ m s}^{-2} = 9,8 \text{ N},$$

$$\text{Sendo } N = 0,225 \text{ lb}, W = mg = 0,225 \times 9,8 = 2,2 \text{ lb}$$

$$1 \text{ ounce} = 28,35 \text{ g (onça)}$$

$$1 \text{ pound} = 435,6 \text{ g}$$

$$1 \text{ stone} = 6,35 \text{ kg}$$

$$1 \text{ psi} = 6894,76 \text{ Pa} \quad (\text{psi-pound square inch})$$

Medidas agrárias (land measure)

$$1 \text{ m}^2 = 1 \text{ centiare (ca)}$$

$$100 \text{ ca} = 100 \text{ m}^2 = 1 \text{ are}$$

$$100 \text{ ares} = 100 \times 100 \text{ m}^2 = 10 \text{ 000 m}^2 = 1 \text{ hectare}$$

$$100 \text{ hectares} = 1 \text{ km}^2$$

Exemplo de como calcular 150 pés (feet) para metros, sabendo que

$$1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ m}$$

Se dividirmos ambos os membros da equação por 1 ft, temos:

$$1 \text{ ft}/1 \text{ ft} = 0,3048/1 \text{ ft} : 1 = 0,3048/1 \text{ ft}$$

Aplicando uma das propriedades da matemática para a equação que diz :que multiplicando ambos os membros da equação pela mesma quantidade não se altera a equação, temos:

$$150 \text{ ft} = 150 \text{ ft} \times 1$$

$$150 \text{ ft} = 150(0,3048/1 \text{ ft}) = 65,72 \text{ m}$$

**Sistème International d'Unités (SI)- ( francês )**

**Sistema Internacional de unidades (SI)**

Unidades básicas

m (metro), Kg (quilograma), s (segundo), A (ampere), k (Kelvin)  
cd (candela) mol (moles).

**Prefixo métrico**

(Pre=antes da unidade principal)

Por exemplo para a medição de comprimento, temos como unidade principal o metro. O decâmetro vem do prefixo deca (dez)+metro, 2 decâmetros é igual a  $2 \times 10 = 20$  metros.

Do mesmo modo o centímetro vem do deci (1/10) +metro, portanto 5 decímetros é igual a 5/10 ou seja 0,5 metros.

O decâmetro é um múltiplo, é 10 vezes maior que o metro portanto usamos a multiplicação enquanto o decímetro é um submúltiplo portanto usamos a divisão.

Múltiplos (notação científica) do sistema métrico/Internacional:

Deca, hecto, kilo, mega, giga, tera, peta, exa, zeta, yotta

$$10^1 \cdot 10^2 \cdot 10^3, 10^6, 10^9 \cdot 10^{12}, 10^{15}, 10^{18}, 10^{21}, 10^{24}$$

Unidade Principal =  $10^0 = 1$  (por convenção, qualquer número elevado a zero é igual a 1)



Tomemos por exemplo o metro como unidade principal ( $10^0 = 1$ ), portanto decâmetro  $10^1 = 10$  metros e hectômetro  $10^2 = 100$  metros

Unidades mais usadas: dezena, centena, milhar, milhão, bilhão e trilhão

$1 \times 10^3 = 1\ 000$ - milhar;  $1 \times 10^6 = 1\ 000\ 000$ -milhão ;  $1 \times 10^9 = 1\ 000\ 000\ 000$ -bilião

$1 \times 10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000$  –trilhão.

1 ano-luz (Da astronomia) é a unidade de medida igual à distância percorrida pela luz, em linha recta, no espaço, à velocidade de 299 792 Km/s, em um ano.

Vejamos qual é a distância:

1 ano tem  $24 \times 60 \times 60 \times 365 = 31\ 536\ 000$  segundos, portanto:

$31\ 536\ 000 \times 299\ 792 = 9\ 454\ 240\ 512\ 000$  Km.

A seguir vamos para unidades pequenas ou submúltiplos usando a potência negativa p.ex  $1/10 = 10^{-1}$ :

Deci, centi, mili, micro, nano, pico, femto, ato, zepto, yocto

$10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-6}, 10^{-9}, 10^{-12}, 10^{-15}, 10^{-18}, 10^{-21}, 10^{-24}$

$10^{-9} = 10$  nanômetros = 0,000 000 001 m

Nota : Angström (Å) =  $10^{-10}$ , só usado nos comprimentos para exprimir o comprimento de ondas das radiações luminosas ou das partículas subatómicas.

### Método Geral

Exemplo para metro  $10^0 = 1\text{m}$ ,  $10^{-1} = 1/10$  ou seja 0,1 e para  $10^{-2} = 1/10^2 = 1/100 = 0,01$

$10^{24} \dots\dots\dots 10^2, 10^1 \quad \leftarrow 10^0 \rightarrow \quad 10^{-1} \cdot 10^{-2} \dots\dots\dots 10^{-24}$   
Múltiplos ←Unidade→ Sub- múltiplos

### Equivalências entre pesos e volumes

1 ton = 1 kl = 1 m<sup>3</sup>

1 kg = 1 l = 1 dm<sup>3</sup>

1 g = 1 ml = 1 cm<sup>3</sup>

Como se pode ver acima 1 litro de água cabe num cubo com 1 dm<sup>3</sup> de volume ou seja 1dm x 1dm x dm .

### Medidas a serem tomadas por precaução em várias localidades

#### da instalação de biogás e suas fontes

a) Na lida do esterco/excremento

- 1) Usar luvas de borracha para evitar contacto do esterco com o corpo;
- 2) Lavar bem as mãos depois do trabalho;
- 3) Não comer ou beber enquanto com as mãos sujas
- 4) Não fumar

b) No lugar da produção de biogás

- 1) Não fumar
- 2) Não usar fósforo/vela ou qualquer fonte de fogo vivo;
- 3) Desligar o telemóvel;
- 4) Evitar a entrada de menores de 12 anos;
- 5) Interditar a entrada a pessoas não devidamente autorizadas;

c) No local do gerador, siga as instruções da alínea b mais as seguintes:

- 1) Deixar as janelas e portas abertas;
- 2) Fazer o máximo de arejamento

d) Dentro da cozinha

- 1) Quando cheirar o cheiro característico a ovos podres não deve acender o fósforo ou qualquer fonte de fogo vivo
- 2) Abrir as janelas e portas;
- 3) Chamar o técnico de biogás do local para verificar o escape e reparar de imediato;
- 4) Não deixar a cozinha abandonada durante o uso do biogás;
- 5) Verificar se as torneiras/válvulas estão devidamente fechadas antes de fechar a torneira geral;

6) Não deixar os menores operar os sistemas de biogás.

**Atenção ! ...**

- 1) Nunca deixar a torneira principal aberta quando o gás não está em uso;
- 2) Para iluminação dentro das facilidades de biogás ou verificar quanto à carga no digestor só pode usar exclusivamente lâmpadas a pilha.

**II<sup>a</sup> PARTE**  
**CONSTRUÇÃO DE**  
**DIGESTORES DE 6 m<sup>3</sup>**  
**E DE 10 m<sup>3</sup>**

### **Construção de Unidades Produtoras de Biogás PUXTIL de 6 e 10 m<sup>3</sup>**

As construções de digestores de biogás de 6 m<sup>3</sup> e 10 m<sup>3</sup> são feitas com moldes.

O uso dos moldes torna a construção mais rápida, sólida e eficiente, sem requerer pedreiros experientes.

Para aquisição do material e seus apetrechos contacte:

Director Geral de Puxin

Dr. Jianan Wang, Ph.D.

e-mail: [topsaving@yahoo.com](mailto:topsaving@yahoo.com)

P.R.China

Construção de PUXTIL contacte:

Aires Eddie de Almeida, Assessor Técnico  
Secretaria de Estado de Política Energética

Palacio do Governo

Dili/ Timor-Leste

e-mail: [dalmukelect@gmail.com](mailto:dalmukelect@gmail.com)

## FOREWORD

Mr. Aires Eddie de Almeida received technical training from our company for the first time on 11- 25 September 2006 sponsored by UNDP (United Nations Development Program). The training consisted of construction techniques used in assembling Puxin household biogas plants. During the training period Aires demonstrated determination and perseverance for learning. Within the short time frame, Aires understood the core principles behind the design of Puxin biogas plants and mastered all the necessary construction techniques. After returning to Timor-Leste, Aires soon successfully guided the local workers and constructed the first pilot Puxin biogas plant. Afterwards, taking into account of local situation, upon the fundamental basis of Puxin biogas plant further Aires developed an innovative biogas system, the PUXTIL (acronym for Puxin and Timor-Leste). The PUXTIL biogas system is composed of a 10 cubic metre Puxin biogas digester and two Puxin gas storage units and is used by three households. The PUXTIL model allows for a much lower construction cost, increased safety and storage capacity. This model laid a solid foundation for the development and promotion of household biogas plants for developing countries in the future.

On 7- 30 July 2008 Aires received a second training session for the construction of the 100 cubic metre Puxin biogas plant sponsored by the Timor-Leste government. Returning to Timor-Leste, Aires led his team and successfully built a 100 cubic meter Puxin biogas plant running a 15kw electricity generator for a village. This biogas-electricity project is able to provide four hours of lighting for 160 families every day.

Today, biogas technology has left a deep impression and is welcomed by the people and the government of Timor-Leste. The PUXTIL biogas model is being set to be nominated as a Timor-Leste national standard. The promotion of biogas technology at Timor-Leste has set an excellent example for the further success in promoting biogas technology for developing countries in the world.

*Jianan Wang*

Dr. Jianan Wang  
General Manager

**Puxin Science and Technology Co.Ltd**  
Shenzhen, P.R. China

September 8, 2008

**Aires eddie de Almeida**  
East Timor

**Subject:** Acknowledgement for Technical Help

Dear Mr. Aires,

We are indeed grateful and acknowledge your immense technical help that you rendered in response of our queries regarding improvement of our under-performing biogas plants that were installed by our organization in various villages of our country.

Furthermore, we feel great honor and pleasure to interact with you, as we are extremely impressed by your expertise and knowledge regarding renewable energy technologies. We also look forward to more communication / collaboration with you in this regard.

Wish you success in all your future endeavors.

for Pharmagen Healthcare Limited

*Dr. Muhammad Ahmad*

**Dr. Muhammad Ahmad**  
Business Head

TEL: +92-42-587 2377-7979  
FAX: +92-42-587 6257  
EMAIL: PL@HCD.PHARMAGEN.COM.PK  
20 C/A, ZAHOR ELLAHI ROAD, GULBERG II, LAHORE, PAKISTAN.



ISO 9001:2000 certified

## ÍNDICE

### II Parte

Foreword.....	i
Construção de unidades de biogás.....	1
Equipamentos e utensílios.....	3
Alguns conceitos de materiais de construção .....	4
Primeiros socorros .....	5
Condições dos materiais .....	6
Construção.....	9
Regulação do nível de água.....	25

## ÍNDICE TABELA

Proporções de misturas sugeridas por volume.....	6
--	---

## ÍNDICE FIGURA

Ligações do Sistema PUXTIL com 2 Gasómetros.....	8	Corte longitudinal do digestor completo.....	25
Ligações do Sistema PUXTIL com 3 Gasómetros.....	9	Instalação das condutas e tanques.....	25
Cavidade para digestor de biogás de 10 m <sup>3</sup> .....	11	Instalação das condutas e tanques.....	27
Cavidade para digestor de biogás de 6 m <sup>3</sup> .....	12	Lages da cobertura.....	27
PUXTIL-1.....	12	Montagem dos filtros.....	28
Como encontrar o centro do círculo.....	13	Base do Gasómetro PUXTIL.....	29
PUXTIL -2.....	14	Planta e Vista de frente em corte do Gasómetro PUXTIL.....	30
Cavidade com a base convexa para digestor de 10 m <sup>3</sup> .....	14	Instalação pratica de sistema PUXTIL.....	31
Base cimentada do digestor.....	15	Planta completa do sistema de biogás PUXTIL de 6 m <sup>3</sup> .....	31
Armação Metálica.....	15	Planta completa do sistema de biogás PUXTIL de 10 m <sup>3</sup> .....	32
Elemento da base planificado.....	16	Planta de Biogás do sistema PUXTIL de 20 m <sup>3</sup> .....	33
Posição de três indivíduos para centralização dos moldes.....	16	Planta da curral de vacas para 10 m <sup>3</sup> .....	33
Triângulo equilátero.....	17	Curral de Vacas-vista de trás.....	34
Montagem completa do digestor.....	17	Curral de vacas –Vista de frente.....	34
Vista em corte longitudinal.....	19	Curral de vacas-Vista de lado.....	35
Vista em corte longitudinal com os aneis inferior e superior....	19	Planta de Curral de 6 Porcos.....	35
Montagem do primeiro estágio pescoço interior.....	20	Curral de 6 Porcos- Vista de Trás.....	36
Pormenor do pescoço interior.....	21	Curral de 6 Porcos- Vista de Frente.....	36
Montagem do segundo estágio do pescoço interior.....	21	Curral de Porcos Vista de Lado.....	36
Montagem completa dos moldes do pescoço exterior.....	21		
separação dos estágios.....	22		
Planta e vista em corte longitudinal do digestor.....	23		

## CONSTRUÇÃO DE UNIDADES PRODUTORAS DE BIOGÁS DO SISTEMA PUXTIL

O sistema PUXTIL nasceu do sistema Puxin de origem chinesa da companhia de construção de milhares de unidades produtoras de biogás espalhadas pela China e vários países do Mundo. A companhia denominada de 'Shenzhen Puxin Science and Technology' recebeu vários prémios (awards-Ing.) do Governo de R.P. China pelas inovações introduzidas ao sistema de abóbada móvel.

Como pode ver no segundo prefácio o autor obteve o seu treino nesta prestigiada companhia onde ganhou a confiança do seu principal gestor e inovador Dr. Jianan Wang, Ph. D., homem de prestígio internacional principalmente nos países asiáticos e africanos.

Depois do treino da China o autor foi incumbido pelo UNDP(United Nations Development Program) para construir o seu primeiro projecto piloto 'Biogas Plant' em Cairui numa zona remota do Distrito de Manatuto, Timor-Leste.

Foi pela necessidade de construir um sistema que pudesse fornecer suficiente gás para duas casas vizinhas que nasceu um sistema modificado/inovado de Puxin com a introdução de um gasómetro adicional, que mais tarde ficou a ser conhecido por sistema PUXTIL, com prévio conhecimento do Dr. Wang.

Perante o sucesso da primeira inovação, o autor resolveu adicionar mais um gasómetro e adicionar mais uma casa para o conjunto, ficando portanto, com um digestor de 10 m<sup>3</sup> a fornecer biogás para 3 casas.

Mas o que é uma inovação?

Segundo 'Word Power Dictionary' a inovação é a introdução de novos métodos, ideias ou produtos. É uma palavra de origem latina de "innovare"-renovar, alterar de "novus"-novo.

Faça a sua própria avaliação

Razões da escolha do **sistema Puxin em relação a abóbada**

fixa:

- 1) Construção sólida, relativamente rápida, fácil e uniforme
- 2) Não necessita de profissionais em alvenaria
- 3) Uso de diferentes tipos de material orgânico
- 4) Manutenção simples
- 5) Grande durabilidade
- 6) Seguro- Não se corre riscos de envenenamento na limpeza
- 7) Pressão constante
- 8) Preço relativamente baixo
- 9) Produção industrial-fácil normalização
- 10) Produção diária de 1,2 m<sup>3</sup> de gás
- 11) Pressão máxima de 14 kPa
- 12) Fácil para o recomeço da operação depois de um período de paragem

**Sistema PUXTIL** foi criado em Timor Leste com algumas inovações introduzidas ao sistema Puxin, tanto na construção como no seu uso, para as condições e necessidades do povo, pelo autor deste manual.

O sistema PUXTIL é a soma das vantagens apresentadas pela sistema Puxin mais as seguintes:

- 1) Capacidade de armazenamento de gás para digestores de
  - a) 6 m<sup>3</sup> - 2,4 m<sup>3</sup> de gás
  - b) 10 m<sup>3</sup> - 3,6 m<sup>3</sup> de gás;
- 2) Maior segurança - mais gasómetros móveis que actuam como válvulas de segurança
- 3) Mais eficiência - maior aproveitamento do gás produzido
- 4) Mais económico- para 3 casas um digestor em vez de 3 para o caso de 10 m<sup>3</sup>.

Acreditamos que com esta pequena adição técnica, tornamos o sistema que já era considerado a melhor tecnologia média disponível no mercado, na tecnologia média ideal, no que diz respeito a segurança, capacidade de armazenamento, facilidade de construção, eficiência e mais económica.

Quanto ao uso dos moldes, quanto mais construções mais económica se torna.

A maioria dos sistemas de biogás construídas em Timor-Leste são do sistema PUXTIL.

É nosso desejo ver a disseminação do sistema PUXTIL pelos Países em desenvolvimento, principalmente nos Países membros de CPLP.

Como prova de contribuição já dada a nível internacional pelo autor, anexa-se 'letter of acknowledgement' da prestigiosa companhia internacional 'Pharmagen' baseada em Lahore-Paquistão.

### EQUIPAMENTOS E UTENSÍLIOS

- 1 conjunto de moldes de Puxin
- 1 vibrador
- 1 Gerador de 7kW
- 1 escada de 6 metros de comprimento
- 2 tábuas de 5 metros de comp.e 6-8 cm grossura
- 2 tábuas de 2,50 metros de comp. e 6-8 cm de grossura
- 1 betoneira (cement mixer)
- 1 bomba de água
- 1 roldana
- 1 corda de 20 metros de comprimento
- 10 baldes de 12 litros
- 2 baldes de base 20cm de diâmetro
- 2 pás
- 1 picareta
- 1 martelo
- 1 nível de água
- 1 fio de prumo
- 1 fita métrica de 15 metros
- 1 fita métrica metálica de 6 metros
- 1 alicate universal
- 1 alicate corta-arame
- 1 jogo de chaves de fenda
- 1 jogo de chaves de boca

- 1 tesoura
- 2 pincéis de pintor de casas (6 – 10 cm de largura)
- 2 colheres de trolha (trowel-Ing.) –Kanuro badain
- 1 rolo de fita adesiva

### Considerações sobre o material

Devido à importância do uso do cimento, dá-se resumidamente as instruções fornecidas pela marca australiana 'Blue Circle' que é de qualidade 'Portland' (AS 3972 tipo GB), recomendado para construções de qualidade.

### Instruções do uso

- 1) Medir o cimento e outros ingredientes secos em proporções adequados;
- 2) Adicionar água em pequenas quantidades até se obter adequada consistência para a execução do trabalho (água em demasia faz com que o betão ou a argamassa sejam fracos).
- 3) Misturar bem até obter uma cor uniforme e consistente (quando a mistura se tornar dura não se deve adicionar água para tornar a mistura trabalhável);
- 4) Deixar secar a mistura mantendo a superfície húmida por um período de pelo menos 7 dias.

### ALGUNS CONCEITOS DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

**Argamassa** é a mistura cimento/cal, areia e água(a) ou cimento, cal, areia e água (b)

**Betão/concreto** é o aglomerado artificial obtido pela mistura de cimento, areia, brita e água usado em construção civil.

**Betão armado** é o betão reforçado com armação metálica para resistir a grandes pressões causadas pela flexão ou tracção.

**Brita** é o material obtido por trituração de rochas.

### RISCOS

O cimento pode causar problemas respiratórios, irritação da pele e dos olhos.



- 1) O cimento molhado pode ser irritante e corrosivo para a pele e os olhos, podendo causar 'dermatites' (doença de pele).
- 2) Repetidas inspirações do pó do cimento, porque contém sílica cristalina, pode causar bronquite, silicose (scarring of the lungs), cancro no pulmão e aumenta o risco de 'scleroderma'

### PRECAUÇÕES

- 1-Evitar o contacto da pele e dos olhos com o cimento molhado ou seco;
- 2 -Não respirar no meio do pó do cimento;
- 3 -Usar roupas protectoras, luvas e proteger os olhos e o nariz com máscaras apropriadas;
- 4-Quando se proceder ao corte ou qualquer trabalho que origine pó, deve molhar-se a superfície antes de se executar o trabalho;
- 5-Tomar o banho depois do trabalho;
- 6-Lavar a roupa depois do trabalho

### PRIMEIROS SOCORROS

Contaminação do cimento nos olhos.

Lavar os olhos repetidamente com muita água durante 15 minutos e ir consultar um médico especialista.

### Uso do cimento com diferentes materiais para diferentes fins

A seguir segue o quadro de misturas dos componentes que serve de guia para diferentes actividades de qualidade.

Tabela 1 : Proporções de misturas sugeridas por volume

Proporções de misturas sugeridas por volume			
Uso de betão	Cimento	Areia	Britas
Sólido e à prova de água	1	2	3
Uso geral	1	2,5	4
Alicerces e grandes superfícies	1	3	5
Uso da argamassa (mortar)	Cimento	Areia	Cal hidratado
Uso exterior (condições normais)	1	5	1
Uso externo(dentro de 1 km da costa)	1	4	0,5
Reboque interno-acima da humidade (above damp course)	1	5	1
Reboque interno-abaixo da humidade (below damp course)	1	3	-

### SELECÇÃO DO LOCAL

- 1) O terreno não deve ser pedregoso
- 2) A planta deve ser construída com as seguintes condições:
  - a) 10 metros como distância mínima de água subterrânea;
  - b) Não muito longe do estábulo/curral-máximo 5 metros;
  - c) Não muito longe da cozinha (aplicação do para cozinha r)
  - d) Se for possível a planta deve ser construída do lado oposto donde o vento sopra com mais frequência ( vento predominante ).

### CONDIÇÕES DOS MATERIAIS

Para assegurar qualidade de construção;

- 1) Cimento deve ser de qualidade, com grau superior a 316 ou de qualidade ' portland cement';
- 2) A areia deve ser limpa. Areia com 3% ou mais impurezas deve ser lavada;
- 3) Os componentes que compõem a brita não devem ser de tamanho muito grande. A brita deve ter o diâmetro máximo de ¼ da grossura da parede;
- 4) A água deve ser limpa. Não se deve usar água lodosa dos lagos lamacentos. Proibida o uso da água salgada ou salobra.

## VERIFICAÇÃO DA PERCENTAGEM DE IMPUREZAS (BOTTLE TEST) NA AREIA

- 1) Recolha uma pequena quantidade de areia e ponha-a numa garrafa;
- 2) A garrafa deve ser transparente;
- 3) Ponha água em maior quantidade que a areia;
- 4) Misture vigorosamente os dois elementos;
- 5) Deixe estabilizar a mistura por 20 minutos;
- 6) Se o lodo for mais que 3% então a areia deve ser lavada

### O porquê da inovação

Para aumentar o volume do armazenamento do biogás até à sua capacidade máxima ( caso do sistema PUXIN de 10 m<sup>3</sup>) introduziu-se mais 2 gasómetros ao sistema, baseado nas experimentações levadas a efeito nos laboratórios, quanto a geração de gás obtido para determinado volume de digester, contendo exclusivamente excremento da vaca e no 'modus operandi' do sistema Puxin. Neste sistema, quando o gás atinge o volume de 1,2 m<sup>3</sup> e a pressão de 14 kPa, o gasómetro eleva-se e deixa escapar o excesso de gás. Isto não acontece com o sistema Puxtil, porque tem maior volume de armazenamento. O mecanismo de segurança só actuará depois do gás acumulado ultrapassar o volume de 3,6 m<sup>3</sup> e a pressão de 14 kPa. Porém, notou-se que raramente a pressão atinge 14 kPa., o quer dizer que o gás raramente atinge o volume máximo de 3,6 m<sup>3</sup>. A pressão mínima estabelecida para sistema PUXTIL para cozinhar é de 3 kPa devido à válvula unidireccional. Para accionar motores de combustão interna a gás que, por sua vez está acoplado a geradores só necessita uma pressão de 5 kPa, portanto, o sistema PUXTIL funciona bem.

## Inovações introduzidas por : Aires Eddie de Almeida

### 1-Planta de biogás PUXTIL de 6 m<sup>3</sup> + 1 extra Gasómetro

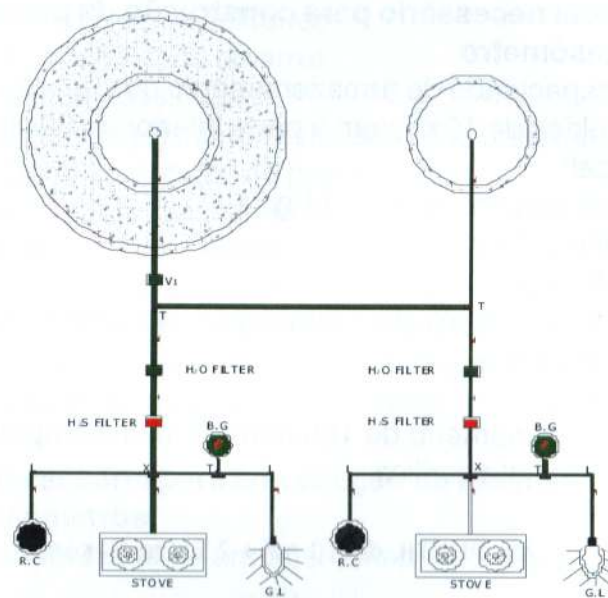


Figura 1 : Ligações do Sistema PUXTIL com 2 Gasómetros

### Identificação dos elementos:

V1- One Way Valve-válvula unidireccional

v-valve - válvula

H<sub>2</sub>O filter- Filtro de água

H<sub>2</sub>O filter- Filtro de ácido sulfídrico

R.C.(Rice cooker) Fogão do arroz

Stove- Fogão de duas bocas

B. G - (Bourdon Gage) manómetro, aparelho para medir pressão

G. L-(Gas Light) Lâmpadas de pressão

G1,G2- Gas Holders-Gasómetros

T, L & X – Connections-Ligações

12 torneiras, 8 T's 4 L's, 2 filtros de H<sub>2</sub>O e 2 filtros de H<sub>2</sub>S

**Nota:** A denominação de gasómetro tanto pode significar aparelho para medir gás ou reservatório de gás. Neste manual usamos a palavra gasómetro só para referir a reservatório de gás.

### Material local necessário para construção da planta de 6 m<sup>3</sup> com um gasómetro

2 casas—capacidade de armazenamento do gás – 2,4m<sup>3</sup>/dia  
 Moldes- moldes de 10 m<sup>3</sup> sem a parte inferior de 50 cm de altura  
 Material local:

- 36 sacos de cimento de 40 Kg;
- Areia fina (3 m<sup>3</sup>);
- Britas(4 m<sup>3</sup>);
- 7 Barras de ferro de construção de 8mm<sup>2</sup> e 12 m de comprimento;
- 300 tijolos;
- 1 PVC com diâmetro de 150 mm e 6 m de comprimento
- 15 litros de tinta acrílica

### 2. Planta de Biogás PUXTIL de 10 m<sup>3</sup> + 2 Extra Gasómetros

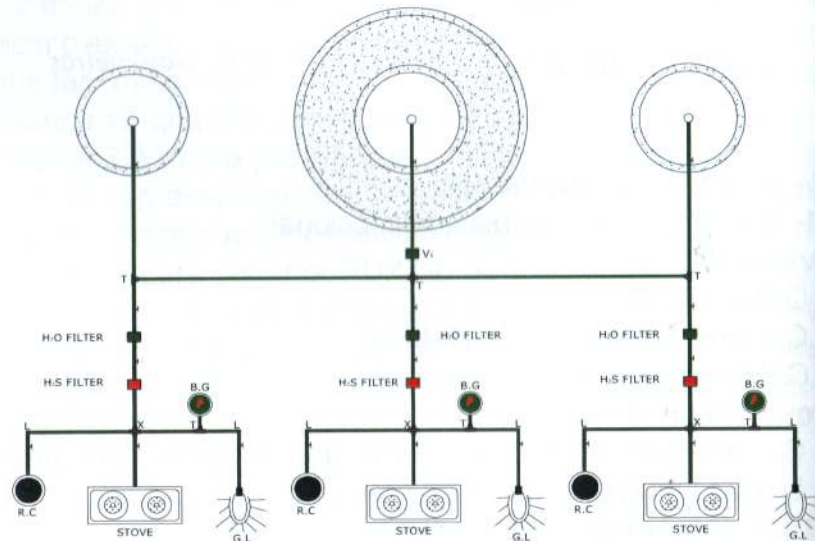


Figura 2 : Ligações do Sistema PUXTIL com 3 Gasómetros

### Identificação dos elementos:

V1- One Way Valve-válvula unidireccional

v-valve – válvula ou torneira

H<sub>2</sub>O filter- Filtro de água

H<sub>2</sub>S filter- Filtro de ácido sulfídrico

R.C.(Rice cooker) Fogão do arroz

Stove- Fogão de duas bocas

B. G - (Bourdon Gage) manómetro, aparelho para medir pressão

G. L-(Gas Light) Lâmpadas de pressão

G1,G2- Gas Holders-Gasómetros

T, L & X – Connections-Ligações:

18 torneiras, 14 T's, 6 L's, 3 filtros de H<sub>2</sub>O, 3 filtros de H<sub>2</sub>S

Nota: as válvulas (v) não estão representadas no esquema devida a sua quantidade. Porém, encontram-se figuradas nos desenhos com canalisação de gás a vários sistemas.

### Material necessário para construção da planta de 10m<sup>3</sup> com 2 extra gasómetros

3 casas—capacidade de armazenamento do gás de 3,6m<sup>3</sup>/dia

Material local:

- 56 sacos de cimento de 40 Kg;
- Areia fina ( 7m<sup>3</sup>);
- Britas ( 8m<sup>3</sup>);
- 9 barras de ferro de construção de 8mm<sup>2</sup> e 12 m de comprimento;
- 300 tijolos;
- 1 PVC com 150 mm de diâmetro e 6 m de comprimento
- 20 litros de tinta acrílica

**Nota:** O cimento deve ser de qualidade 'Portland'.

Instalação das condutas e suas ligações aos apetrechos é conforme as figuras 1 e 2.

## CONSTRUÇÃO

DEPOIS DE SER SELECIONADO O LOCAL

- ❖ Limpe e nivele a área;
  - ❖ Siga as instruções abaixo e a figura 3.
- 1) Com um cordel de 160 cm faça dois nós nos dois extremos com distância de 150cm;
  - 2) Insira duas barras de ferro com secção de  $8 \text{ mm}^2$  e 10 cm de comprimento entre os dois nós. Enterre uma das barras de ferro na área escolhida para centro do digestor e com a outra barra trace a circunferência na terra mantendo o cordel sempre esticado;
  - 3) A). Para digestor de  $10 \text{ m}^3$  cave o buraco em forma cilíndrica com a altura de 290cm e diâmetro de 300 cm  
B). Para digestor de  $6 \text{ m}^3$  cave o buraco em forma cilíndrica com a altura de 240 cm de altura e diâmetro de 300 cm.  
*Nota:* A diferença de construção entre os digestores de 6 e  $10 \text{ m}^3$  só está nas suas respectivas alturas.

Para construir o digestor de  $6 \text{ m}^3$  basta retirar os moldes inferiores de 50 cm de altura dos moldes de digestores de  $10 \text{ m}^3$ .

### Construção do digestor de $10 \text{ m}^3$

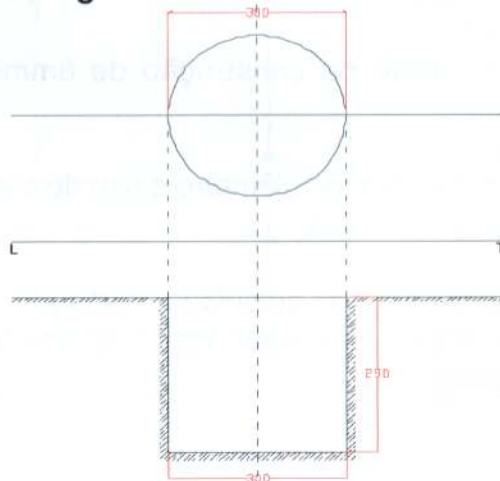


Figura 3 : Cavidade para digestor de biogás de  $10 \text{ m}^3$

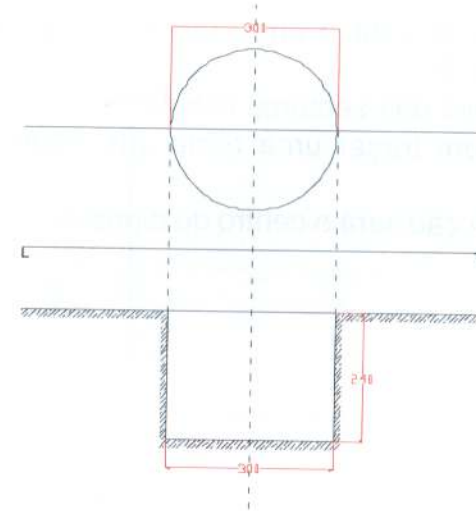


Figura 4 : Cavidade para digestor de biogás de  $6 \text{ m}^3$

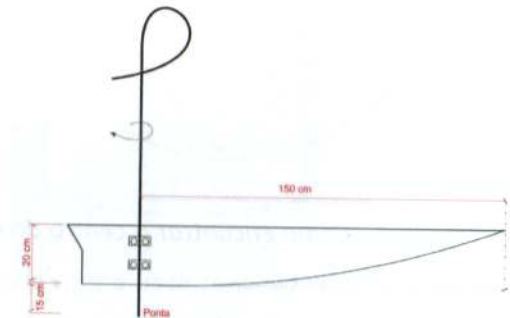


Figura 5 A: PUXTIL-1

- 1) Nivele a base e determine o centro.
- 2) Como se determina o centro:
  - a. Trace o diâmetro na base. O diâmetro terá que ter 3m de comprimento.
  - b. Arranje um cordel com o comprimento de 1,70 m.
  - c. Com um prego, fixe uma das pontas do cordel no ponto de intersecção do diâmetro com a circunferência da base;
  - d. À outra ponta do cordel, amarre a uma barra de ferro de construção com 20 cm de comprimento. Descreva uma secção circular nos dois lados do diâmetro um pouco acima do possível centro.

- e. Faça o mesmo para o outro ponto de intersecção do diâmetro. Fig. A.
- f. As intersecções das sectores circulares serão os pontos que se devem traçar uma recta que intersecciona o diâmetro.
- g. Essa intersecção será o centro do digestor.

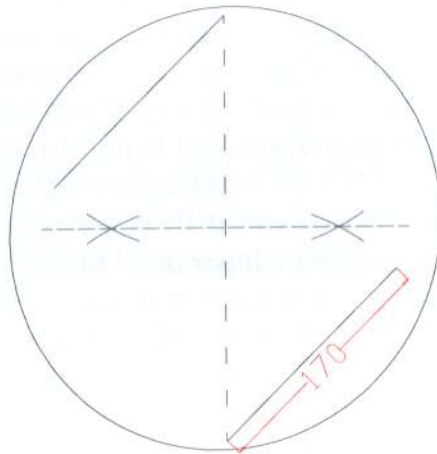


Figura A : Como encontrar o centro do círculo

- 1) Insira no centro determinado, a barra de ferro do PUXTIL -1 e rode a volta do seu eixo para ter a circunferência da base;
- 2) Ajuste o que for necessário na base e nos lados;
- 3) Cave a parte côncava da base com a ajuda de PUXTIL-1 que servirá somente como guia. Não o use para outros fins.
- 4) Usa-se da seguinte maneira:

Insira no centro da base do digestor, a barra do ferro e cave um canal onde o PUXTIL-1 (Veja a Fig 5A) possa assentar bem e esteja nivelado. Alargue a fenda para os lados com a ajuda do PUXTIL-1 até dar a volta completa.

O resultado final será uma superfície côncava à semelhança dum Tacho chinês (wong). Veja a Fig. 6

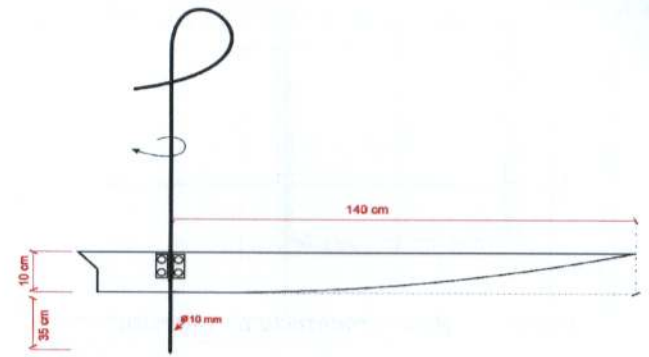


Figura 5B: PUXTIL -2

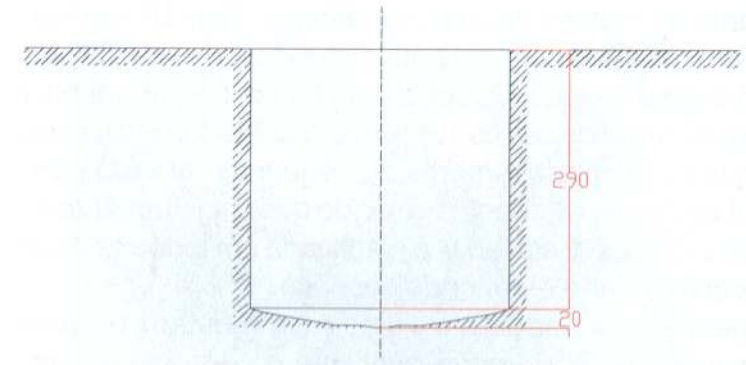


Figura 6: Cavidade com a base convexa para digestor de 10 m<sup>3</sup>

- 7) Compacte a superfície côncava com alguma brita;
- 8) Deite betão/concreto e distribui-o uniformemente na base com a espessura de 10 cm. O betão deve ser trabalhável para dentro de uma hora.

Nota: A mistura que se usa para a construção do digestor, é em volume: 1 de cimento, 2 de areia e 3 de brita. Os componentes da brita não devem ter diâmetros maiores que 2,5 cm.

- 9) Utilize o PUXTIL-2 (Veja a Fig 5B). Insira a barra de ferro no mesmo lugar onde foi inserido o Puxtil -1. Sendo Puxtil-2 feito de material mais sólido, deve utilizar-se este instrumento para rodar a parte côncava à volta do seu eixo a fim de distribuir o betão com a espessura de base uniforme de 10 cm (Fig. 7)

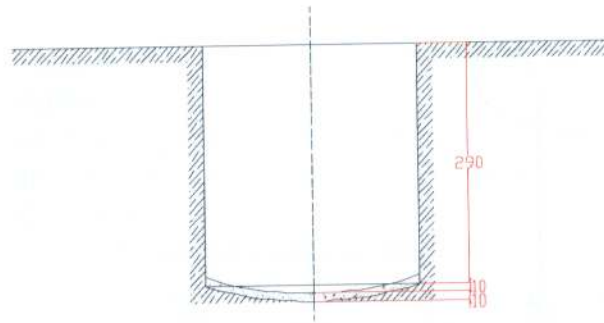


Figura 7 : Base cimentada do digestor

- 10) Deixe o betão solidificar por um período de 3-4 horas.
- 11) Monte os moldes do primeiro estágio. São 16 moldes com 50 cm de altura com um pequeno extra que se deve juntar a um dos 16 moldes (dos quais um molde é ligeiramente mais pequeno que os outros 15) com um dos lados mais angulado e que ajusta perfeitamente ao pequeno molde. O pequeno molde é o complemento do molde que é ligeiramente menor que os outros. Esta técnica é aplicada em todos os estágios, excepto a parte exterior do pescoço. O pequeno molde será o último a ser montado e o primeiro a ser desmontado onde quer que o pequeno molde seja instalado.

Vista da montagem dos moldes em corte longitudinal (Fig. 8)

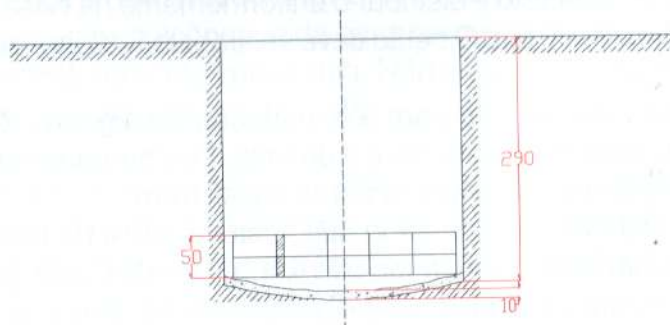


Figura 8: Armação Metálica

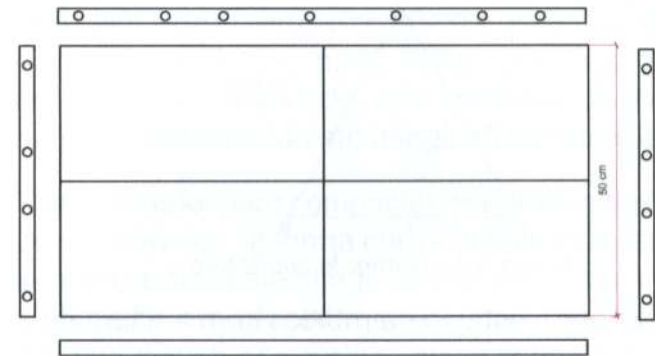


Figura 8 A: Elemento da base planificado



- 12) Centre os moldes montados com a cavidade escavada com 3 pessoas colocadas em forma de triângulo equilátero figura 9. A distância da parte externa do cilindro para a parte interna da cavidade, deve medir à volta de 10 cm, como mostra a fig.9.

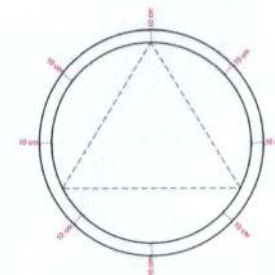


Figura 9 : Posição de três indivíduos para centralização dos moldes

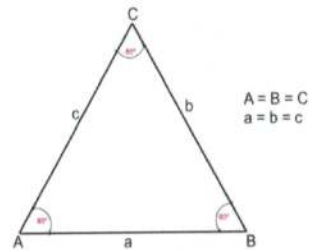


Figura 9 A : Triângulo equilátero

- 1) Monte o segundo estágio de moldes com a altura de 75 cm. As linhas das juntas deste estágio não devem coincidir com as do primeiro estágio.
- 2) Monte o terceiro estágio. As linhas das juntas do segundo estágio coincidem com as linhas das juntas dos moldes que formam a abóbada (Fig. 10 ). Use a escada a partir deste momento.
- 3) Monte o anel que junta a parte superior da abóbada.

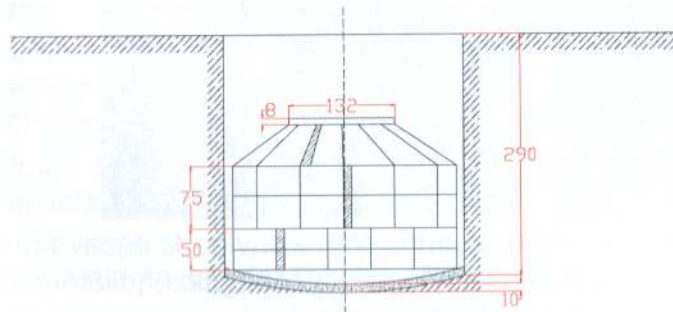


Figura 10: Montagem completa do digestor



- 16) Use baldes de 10 litros e distribua o betão à volta do digestor de modo uniforme para evitar que o peso do betão acumulado num só lado, não desloque os moldes da sua posição estabelecida até atingir 45 cm de altura.

Use o vibrador para compactar as paredes do cilindro. Deve usar o vibrador de forma correcta baixando lentamente em sentido vertical até atingir o nível desejado. Retire e baixe novamente em intervalos de 20 cm até dar toda a volta.

- 17) Lance a segunda camada e repita a operação de compactação e o mesmo procedimento para a terceira e última camada, parte superior do cilindro (Ver a fig.11)
- 18) Chegado ao topo do cilindro, dê tempo para que o betão ganhe consistência por um período de 2 horas. Tome um chá.
- 19) Depois de 2 horas coloque 2 baldes com a base de 15 cm de diâmetro assente na abóbada com algum peso podendo ser de areia ou pedras. Os baldes devem ser devidamente cobertos com folhas de jornais e segurados com fita cola para fácil remoção.
- 20) Os baldes devem estar a 15 cm da linha vertical da superfície do cilindro, opostos e devidamente alinhadas com o centro do digestor.
- 21) Para restringir o movimento dos baldes ponha betão à volta, antes da distribuição do betão na abóbada. Os baldes serão a entrada e a saída do digestor.
- 22) A entrada e a saída da carga do digestor devem estar em lados opostos e devidamente alinhados para haver um bom escoamento da carga.

*Nota:* Os números 1, 2 e 3 são os níveis de compactação com o vibrador, sendo 1 – 55 cm, 2 – 40 cm e o 3 quando atingir o nível onde assenta a abóbada ou seja a parte superior do cilindro.

- 23) Cubra a abóbada com betão até à parte superior do anel comprimindo-o e prepare uma base-plataforma para assentar o anel superior como mostra a fig.11.

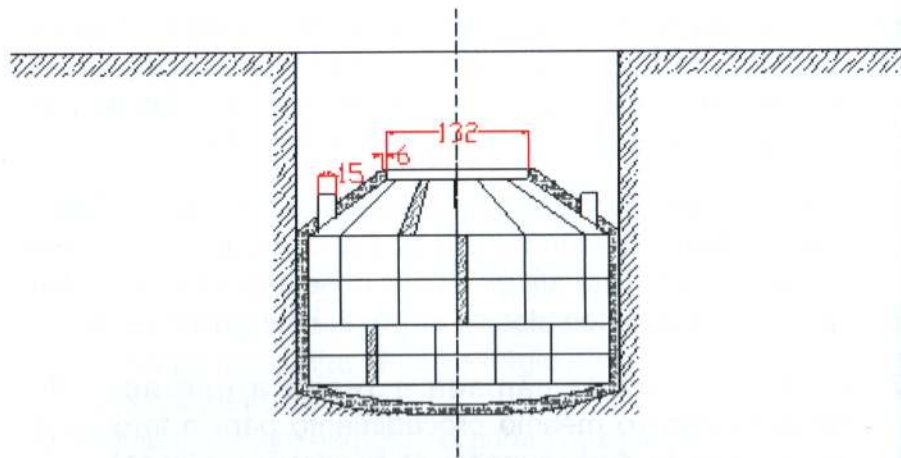


Figura 11. Vista em corte longitudinal



- 24) Coloque o segundo anel, o anel superior, depois de 30 minutos de intervalo e deite betão à volta do anel superior e prepare uma superfície plana circular (coroa circular) para assentar os moldes que constituem a parte interior do pescoço, conforme mostra a fig. 12.

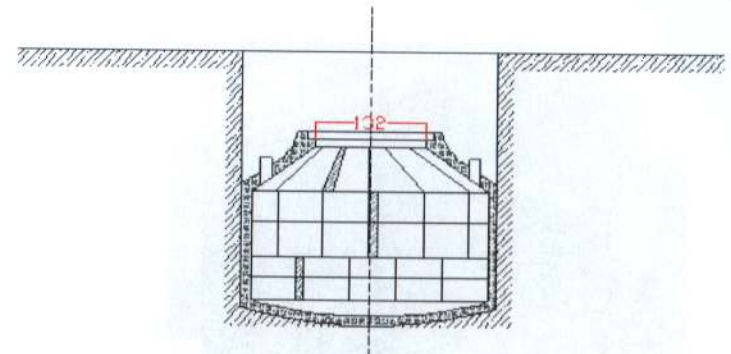


Figura 12: Vista em corte longitudinal com os anéis inferior e superior



- 25) Monte a parte inferior da parte interna do pescoço  
26) Centre o pescoço com o centro do digestor

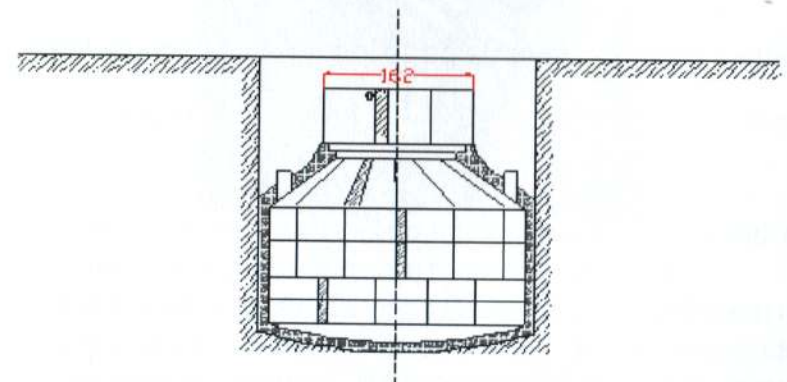


Figura 13 : Montagem do primeiro estágio pescoço interior



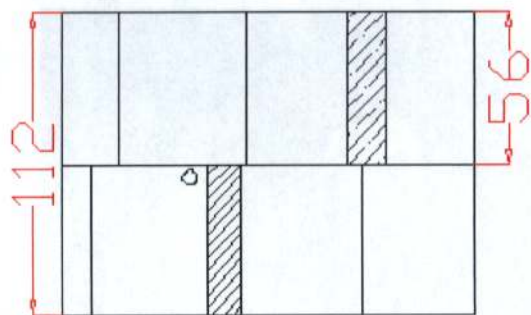


Figura 13 A : Pormenor do pescoço interior

Nota: Na parte inferior, 3 dos 6 moldes têm um orifício. Deve montar-se a parte inferior de forma que os 3 orifícios se encontrem equidistantes e com os orifícios situados na parte superior dos moldes que constituem a parte inferior e interna do pescoço.

27) Monte a parte superior da parte interna do pescoço. Fig.14

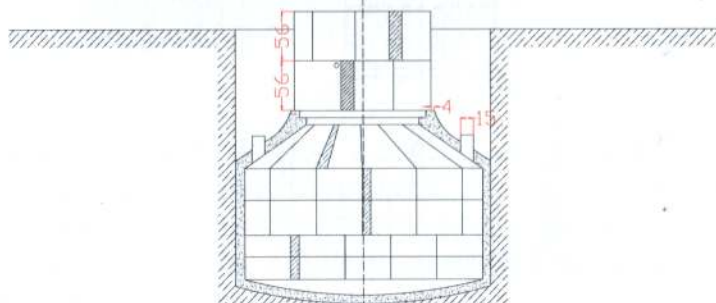


Figura 14 :Montagem do segundo estágio do pescoço interior



28) Monte a parte externa e inferior do pescoço. A parte externa do pescoço não leva o molde pequeno. A distância da parte interna do pescoço interior até à parte externa do pescoço do exterior deve medir à volta de 15 cm (Ver a Fig.15)

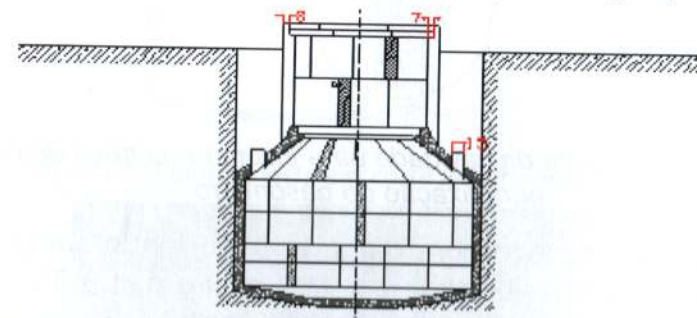


Figura 15:Montagem completa dos moldes do pescoço exterior



Insira os 4 T's nos seus respectivos buracos, depois de ser devidamente embrulhados com pedaços de jornal. Preste a devida atenção na inserção dos 3 T's que devem manter a distância de 8 cm dentro do pescoço. O T correspondente à saída do tubo de gás deve ser inserida de forma que atravesse a parte do betão que forma o pescoço. Ver as fig.16 e 16A.

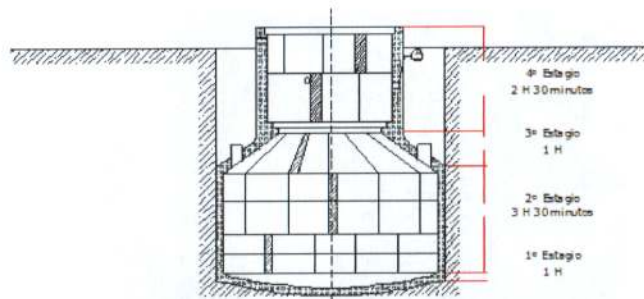


Figura 16: Separação dos estágios

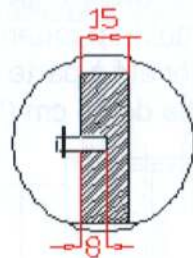


Fig. 16A: Pormenor da cavidade para inserção do troço de metal para fixação do gasómetro

- 29) Encha o pescoço com betão armado tendo sempre em atenção a possibilidade de deslocação dos 3 T's, muito importante. Na parte superior do pescoço, onde a parte externa é mais alta que a interna, coloque o último anel que vai determinar a altura das lages da cobertura do pescoço. Encha de betão o pequeno intervalo, alisando bem a superfície e deixe solidificar o betão.
- 30) Nota: Qualquer trabalho em que se usa betão, deve humidificar a sua superfície de pelo menos, de 6 em 6 horas, para evitar a secagem rápida.
- 31) Depois de 24 horas proceda a desmontagem do pescoço, começando pela parte exterior. A abóbada e o digestor desmontam-se depois de 48 horas, a começar pela abóbada.
- 32) Instale as condutas de entrada e saída da carga com as medidas dadas e sele com cimento para evitar a fuga de água e gás (ver as fig.17 e 18).

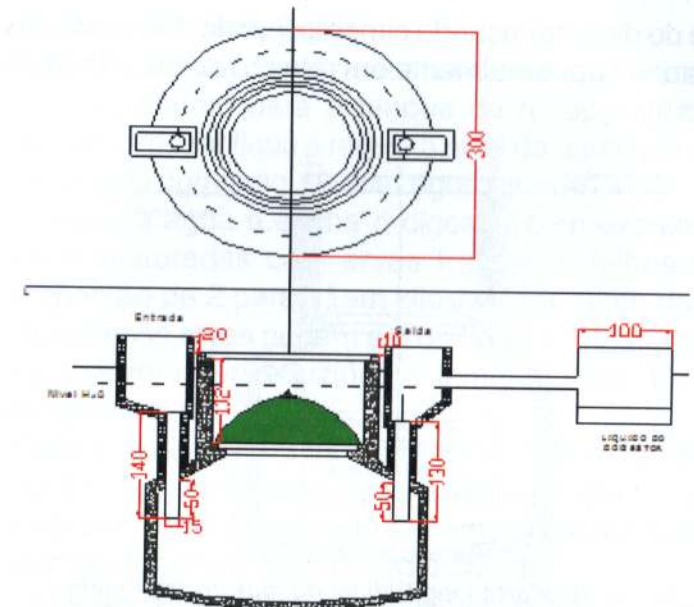


Figura 17 : Planta e vista em corte longitudinal do digestor



- 33) Com um pincel largo, dê 2 demãos com cimento líquido misturado com tinta acrílica a base, os lados, o pescoço e a parte interna dos tanques procurando fechar todos os buracos por mais pequenos que sejam (Ver a fig.18).
- 34) Construa a entrada (inlet) e a saída (outlet) do digestor fig 17. Os tubos de entrada e saída devem ser de PVC de qualidade e não deve ter o diâmetro inferior a 15 cm. Tome atenção no isolamento dos tubos nas suas juntas com a

superfície do digestor usando cimento líquido; Os tubos devem estar afixados horizontalmente em relação ao eixo do digestor (Ver a fig.19)

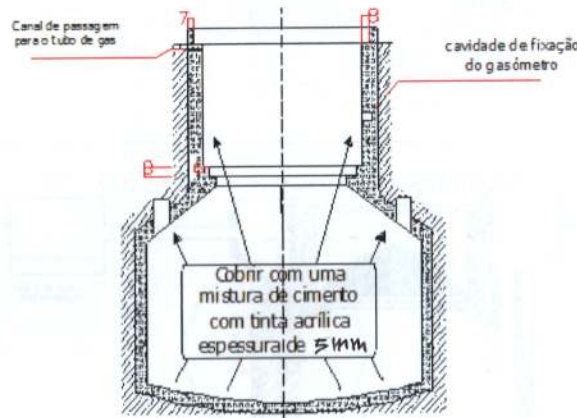


Figura 18 :Corte longitudinal do digestor completo

- 35) Depois de 3 dias encha o digestor com água e após 2 dias, verifique o nível de água. Se o nível da água baixou bastante porque há fuga e se baixou um ou 2 cm, porque é devido a evaporação. Se houver fuga esvazie o digestor, localize o defeito e corrija-o.

Deve –se tomar em conta o grau de evaporação local.

Se não houver fuga , meus parabéns Sr. Construtor, pela execução do trabalho !

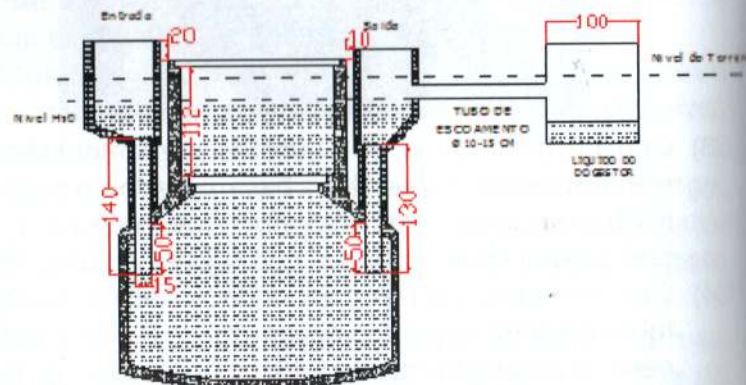


Figura 19A : Instalação das condutas e tanques

## Regulação do nível de água

- 1) O nível da água da entrada e saída é regulada com o tubo de escoamento para o tanque de recepção do material fermentado. Verifique e regule o nível de água que deve estar de acordo com a fig.18 com rigorosidade
- 2) Esvazie a água e encha o digestor com excrementos da vaca misturadas com ervas frescas e folhas secas na proporção de 2 para 1, em kilos até um terço da altura do digestor. As ervas podem ser de 20 kg e folhas secas de 10 kg e devem ser reduzidos a tamanhos de 3 a 4 cm de comprimento.
- 3) Depois de atingir 1/3 da altura deixe o digestor ficar aberto por 5 dias para se deixar escapar alguns gases nocivos.
- 4) Passados os 5 dias coloque as lages da cobertura da boca do digestor, onde assenta o gasômetro.
- 5) Coloque o gasômetro, a válvula, o tubo de saída e a respectiva torneira (torneira 1) que deve estar na posição aberta;
- 6) Encha o digestor de água até cobrir completamente o gasômetro.
- 7) Depois de 3 dias meça o pH;
- 8) Ligue o equipamento DALMUK e siga as instruções dadas, na página 51- 1ª Parte.

*Nota:* As lages que constituem as diferentes tampas da planta da fig.20. devem ser feitas durante o tempo de espera para a retirada dos moldes. Os extras gasômetros só podem ser feitos a seguir a retirada dos moldes do pescoço do digestor.

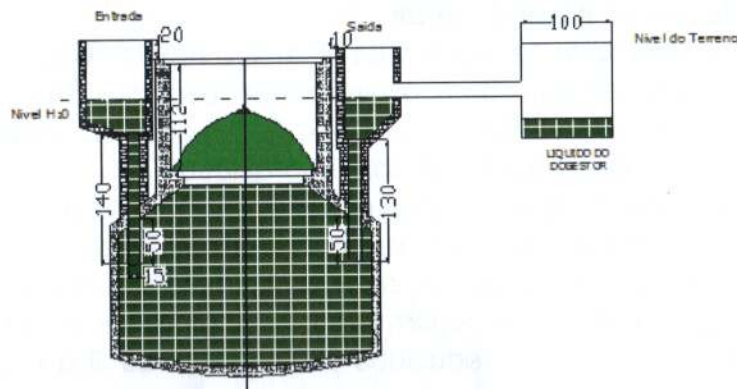
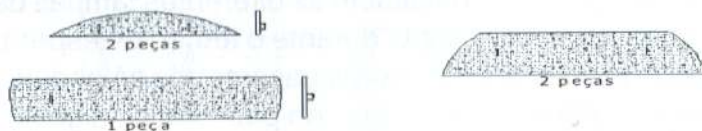


Figura 19B: Instalação das condutas e tanques

### Tempo aproximado alocado a construção do digestor.

- 1º estágio-ajustamento da base e cimentar a base com betão- 1 dia
- 2º " -montagem dos moldes e cimentar o digestor – 1 dia e meio
- 3º " -montagem e cimentação do pescoço-1 dia
- 4º " -desmontagem do pescoço e construção do tanque do efluente-2 dias
- 5º " -desmontagem dos moldes do digestor- 2 horas
- 6º " -duas demãos de cimento líquido com tinta acrílica -2 horas
- 7º " -construção dos tanques de entrada e saída -1 dia

#### COBERTURA EXTERNA DO DIGESTOR



#### COBERTURA INTERNA DO DIGESTOR



#### ENTRADA E SAÍDA TÊM AS MESMAS MEDIDAS



Figura 20 : Lages da cobertura

### Instalação dos filtros de água e do H<sub>2</sub>S

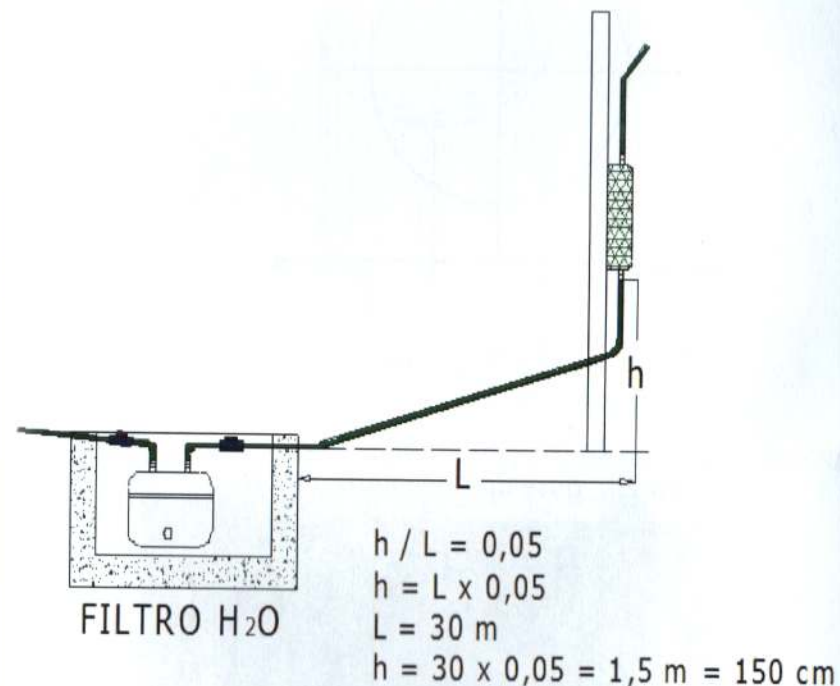


Figura 21: Montagem dos filtros

### CONSTRUÇÃO DOS GASÓMETROS PUXTIL

- 1-Cave um buraco com o diâmetro de 3 metros e com a profundidade de 112 cm. Também pode construir acima do nível do terreno para caso de ter o terreno pedregoso porém não se esqueça da temperatura a que o gás fica sujeito ( maior temperatura, maior pressão e menor volume).
- 2-Compacte a base e determine o centro e deite betão em forma circular com o diâmetro de 2,20 m e espessura de 12 cm.
- 3-Deixe secar por um intervalo de 2 horas.
- 4 -Coloque o anel superior de diâmetro de 140 cm concêntrico com o centro do círculo da base.

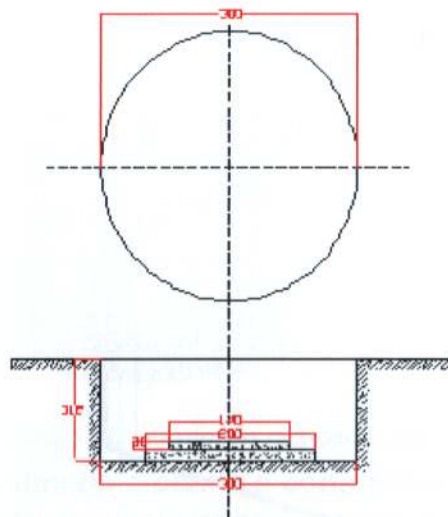


Figura 22: Base do Gasómetro PUXTIL



Foto tirada em Buibao/Baucau-Base PUXTIL à superfície

- 5 -Deite betão a volta do anel e faça uma plataforma de coroa circular com o diâmetro de 162 cm, como mostra a fig. 22.
- 6 -Deixe que o betão ganhe consistência por um período de 3 horas.
- 7 -Monte os moldes do pescoço em cima desta plataforma e siga os mesmos passos na construção do pescoço do digestor

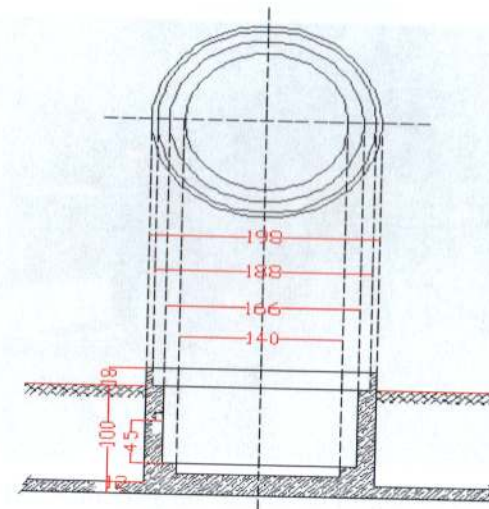


Figura 23 :Planta e Vista de frente em corte do Gasómetro PUXTIL

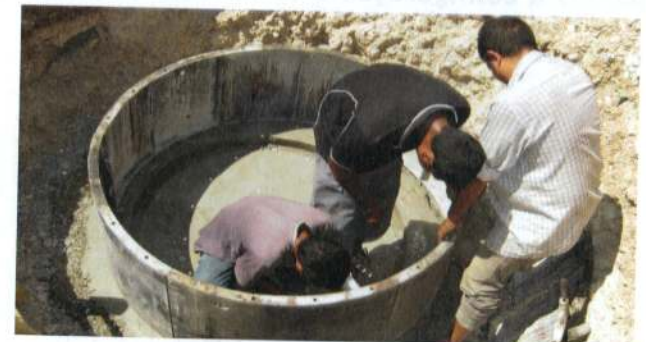


Figura 23 A : Montagem da parte interna do tanque PUXTIL



Figura 23B : Montagem do molde exterior



Figura 23 C: Planta de Biogas do sistema PUXTIL

A seguir damos a configuração e as medidas mínimas de várias plantas de biogás projectadas para Timor- Leste

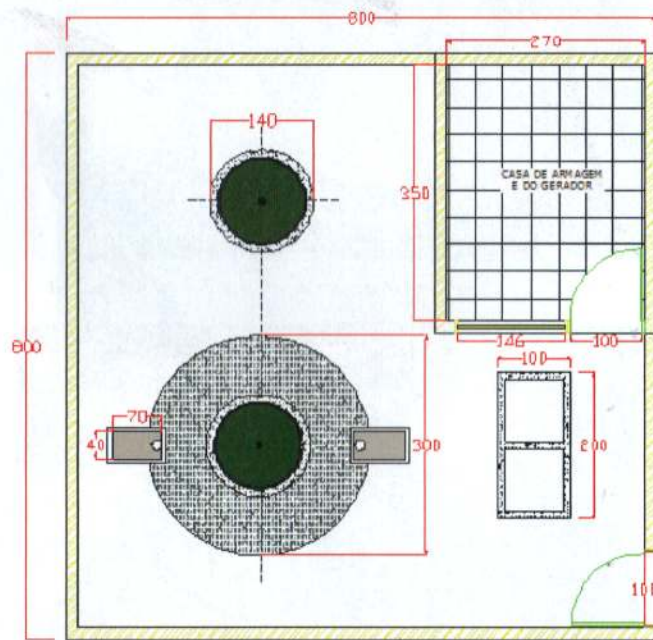


Figura 24 : Planta completa do sistema de biogás PUXTIL de 6 m<sup>3</sup>

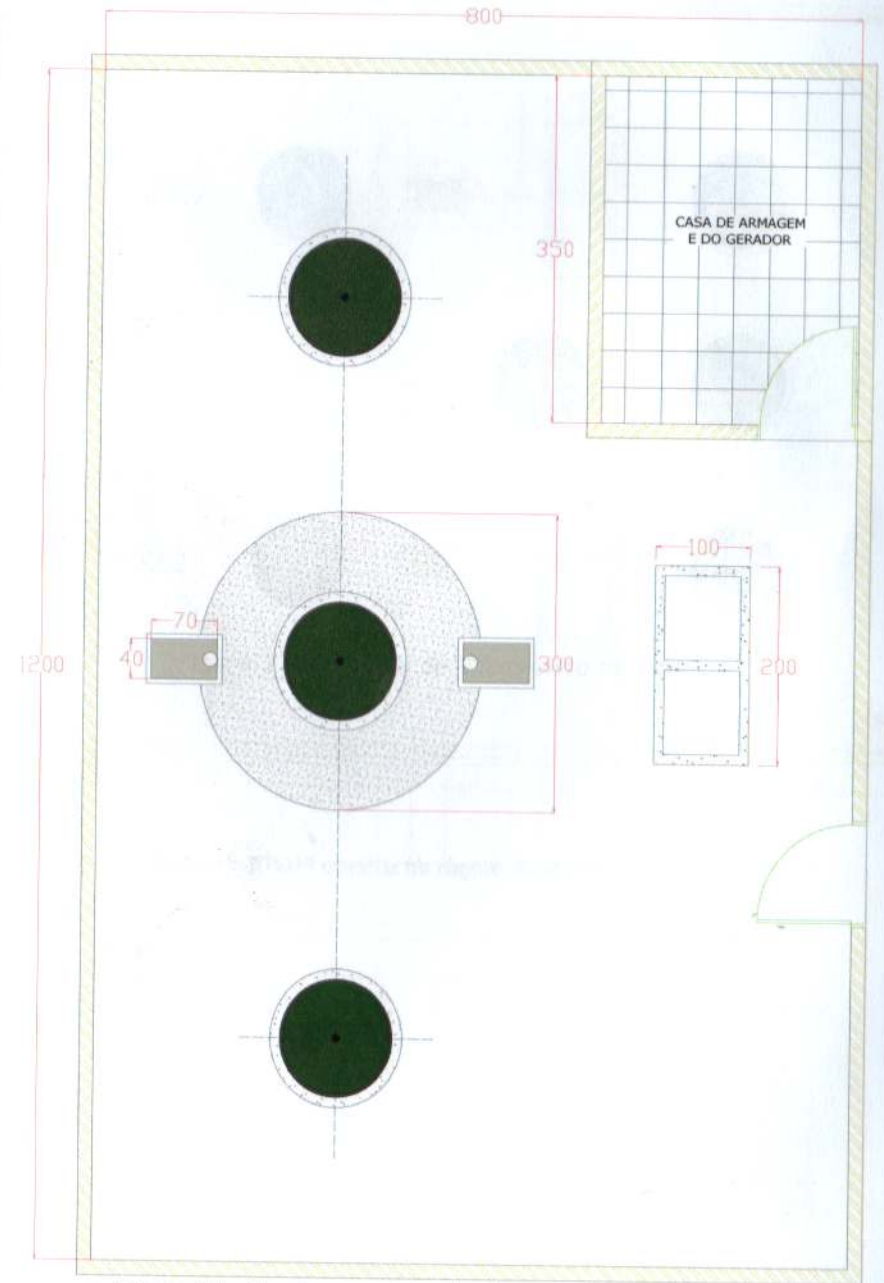


Figura 25 : Planta completa do sistema de biogás PUXTIL de 10 m<sup>3</sup>

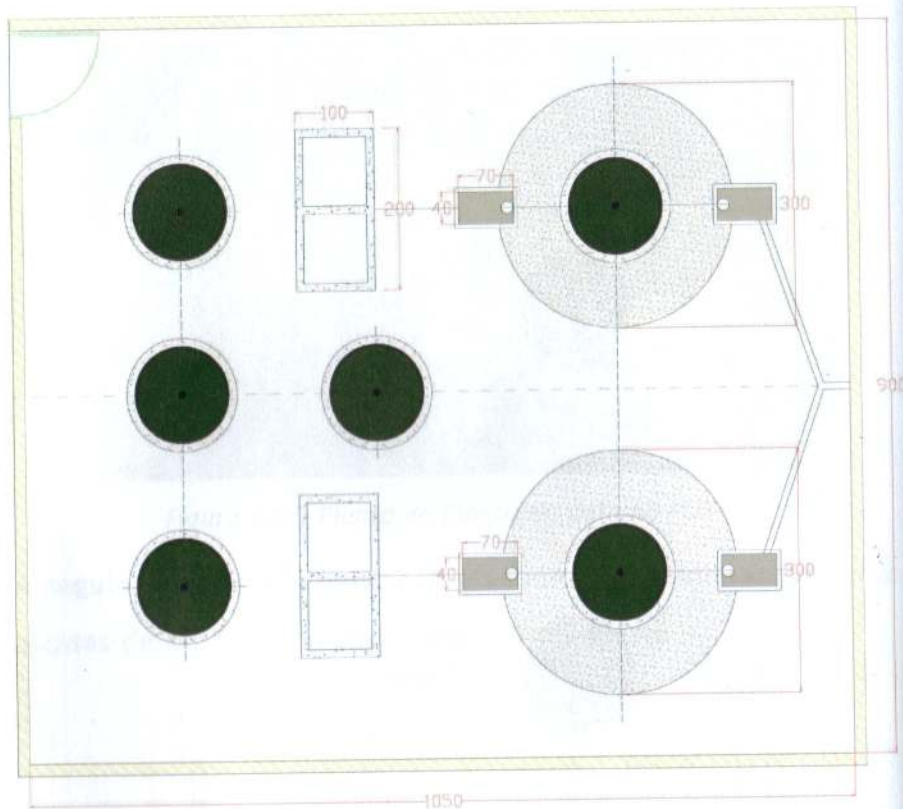


Figura 26: Planta de Biogás do sistema PUXTIL de 20 m<sup>3</sup>

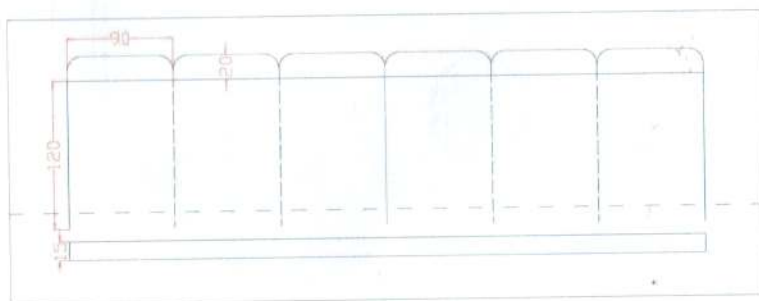


Figura 27A : Planta da curral de vacas para 10 m<sup>3</sup>

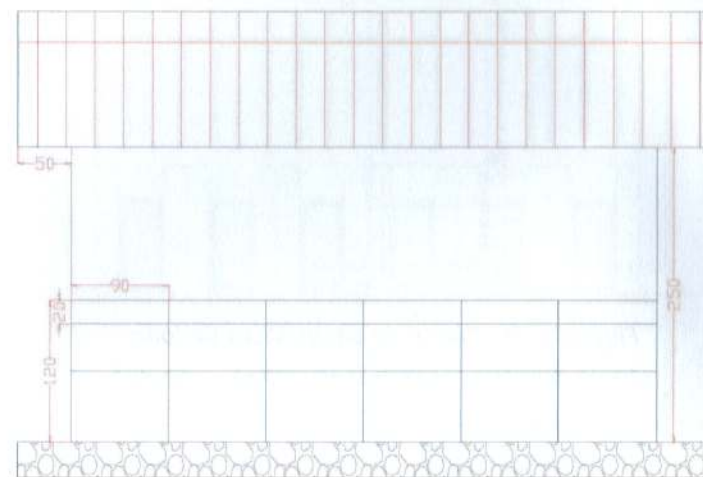


Figura 27 B : Curral de Vacas-vista de trás

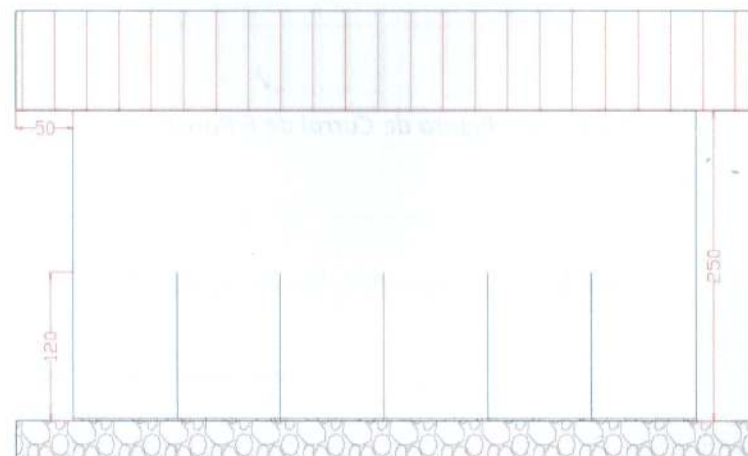


Figura 27C : Curral de vacas –Vista de frente

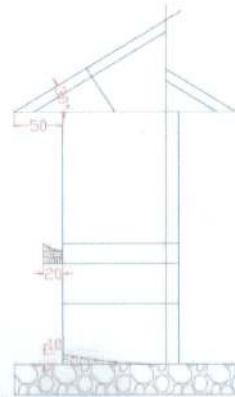


Figura 27D : Curral de vacas-Vista de lado

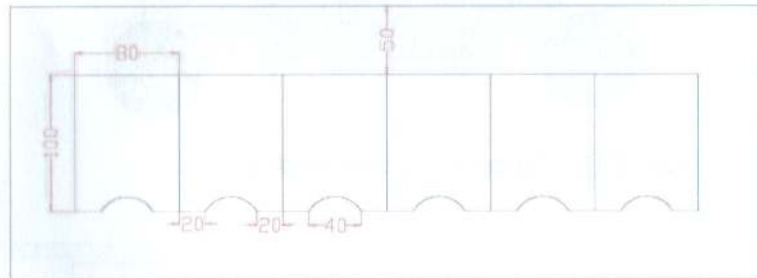


Figura A : Planta de Curral de 6 Porcos

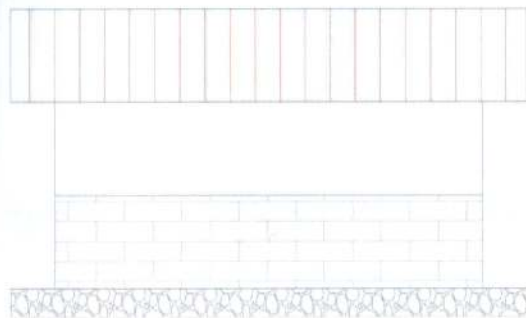


Figura B : Curral de 6 Porcos- Vista de Trás

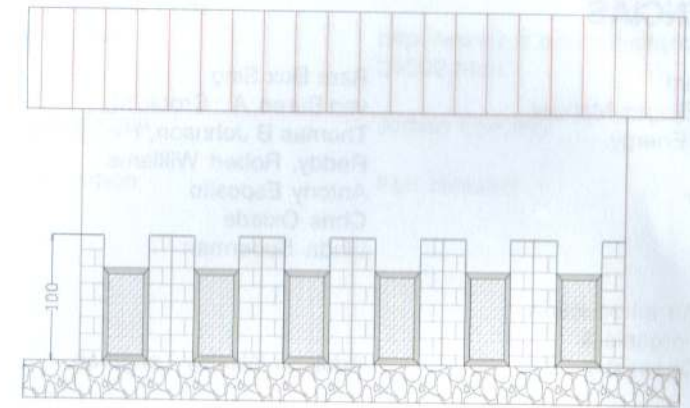


Figura C : Curral de 6 Porcos- Vista de Frente

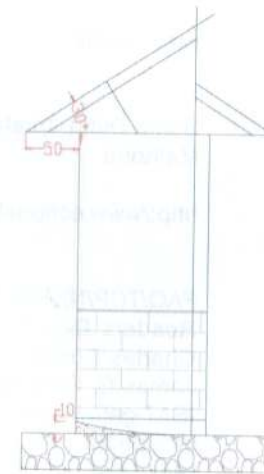


Figura D : Curral de Porcos Vista de Lado

Bom trabalho, caro construtor.

Do autor:

*Pedimos desculpas por algum erro cometido ortograficamente ou falta de clareza na explicação de algum assunto. Estamos prontos para corrigir os erros e aceitar críticas construtivas.*

*Juntemos! A mãe natureza precisa de todos nós, bem como todos nós precisamos dela, sem exceção.*



## REFERÊNCIAS

Bio-Gas Plant  
A Chinese Biogas Manual  
Renewable Energy

Fluid Power  
Atomos  
Hidrogenio

Chemistry-An introduction  
To general, organic &  
Biological Chemistry

Chemistry for you  
Chemistry  
Energias Renovables

Alternative Energy  
Demistified renewable energy

Biogas – The Indian  
NGO Experience

Echo: Horizontal Biogas  
Digester

System approach to  
Biogas Technology  
Word Power Dictionary  
An echo concept paper  
Synthetic Fuels Handbook  
GTZ  
Litmus test (chemistry)  
Gas Laws  
Pressure

Biomassa-Produccion  
Electrica y Cogeneración

Nepal Biogas Plant

Methane Generation From  
Livestock Wastes  
Biogas

Ram Bux Sing  
van Buren, A.: Crook, M  
Thomas B Johnson, Henry Kelly, Amulia  
Reddy, Robert Williams  
Antony Esposito  
Chris Oxlade  
Linda Sucerma

Addison Wesley Longman

Laurie Ryan  
Karen C. Timberlake  
Antonio Creus Solé

Stan Gibilisco

Soma Dutta, Ibrahim H Rehna, Preeti  
Malhotra

<http://www.echonet.org>

FAO/TCP/NEP/4415-T  
Readers Digest  
Charles Forest  
James G. Speight  
ISAT-gate-isat@gtz.de  
Wikipedia  
<http://www.shodor.org>  
<http://en.wikipedia.org>

Instituto para la diversificacion y ahorro  
de la energia  
[http://journey toforever.org/  
biofuel\\_library\\_nepal.html](http://journey toforever.org/biofuel_library_nepal.html)  
[http://www.ext.colostate.edu/pubs/  
farmmgmt/05002.html](http://www.ext.colostate.edu/pubs/farmmgmt/05002.html)  
[http://www.rosneath.com.au/ipc6/  
Ch08/Shannon2/index.html](http://www.rosneath.com.au/ipc6/Ch08/Shannon2/index.html)

Methane generation from  
Livestock Wastes

[http://www.ext.edu/pubs/farmmgmt/  
05002.html](http://www.ext.edu/pubs/farmmgmt/05002.html)

The revenge of Gaia

James Lovelock

The ABC of Carbon

Ken Hickson



**Aires Eddie de Almeida**, nasceu em Liquiçá/ Timor Leste em 1944. Formou-se no Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, como Engenheiro Técnico de Electricidade e Máquinas. Fez estudos de especialidade em Desenho de Máquinas, Micro-ondas, Tecnologia electrónica, Radio e TV e obteve acreditação da SEIA (Sustainable Energy Industry of Australia). Já com a idade avançada dedicou-se aos Estudos de Produção de Biogás através de digestores

e obteve reconhecimento como Inovador do sistema Puxin do famoso e internacionalmente reconhecido no mundo de biogás, catedrático Dr. Jianan Wang de Shenzhen, titular de várias patentes de inovações da República Popular da China.

Na Australia trabalhou como especialista em micro-ondas e circuitos electrónicos de máquinas computadoradas de café e controle de qualidade de produtos a importar do estrangeiro na companhia importadora 'Electromagnetic Spectrum' em Sydney. Formou em Sydney uma companhia denominada 'Romit Electronics' especializada em manutenção e reparação de micro-ondas industriais.

Em Timor – Leste trabalhou para a 'UNDP' como assessor técnico de energias renováveis. Foi a China para se especializar na construção de plantas de Biogás, subsidiado magramente por aquela organização por não fazer parte do programa. Actualmente trabalha para a SEPE (Secretaria de Estado de Política Energética) como Assessor Técnico de Biogás.



**Marcolino de Jesus C.B.**, Nasceu em Ermera em 1978. Fez os seus estudos Escola Primaria No.7 Ponilala/Ermera, Primeiro Ciclo-Liceu Católico Immaculada Conceição – Ermera, Segundo Ciclo-Liceu Católico Immaculada Conceição - Ermera, Universidade Nacional Timor Lorosae Licenciatura em Agricultura, Universidade Gajayana Malang – 'Master

Degree' em Gestão, por finalizar.

Trabalhou para a :

FAO (Food and Agriculture Organisation), CARE International-treinador de pessoal da agricultura, FOKUPERS ( ONG) como coordenador da 'media', USAID-DSP ( ONG ) como Promotor de Produtos Especiais, presentemente encontra-se a trabalhar para IV Governo Constitucional na SEPE (Secretaria de Estado de Política Energética) como Técnico Superior.