

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Faculdade de Engenharia – Campus de Ilha Solteira  
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural  
e Solos



# Construções e Instalações Rurais

Saneamento Rural

Maurício Augusto Leite

e

Max José de Araújo Faria Junior

# Problema

- ▶ O Brasil regrediu na tarefa de reduzir pela metade a proporção da população rural sem acesso a saneamento adequado.
- ▶ 2/3 dos brasileiros que vivem fora de áreas urbanas ainda não contam com o serviço básico.

# Problema

- Mais de 20 milhões de pessoas correm maior risco de contrair doenças infecciosas ou parasitárias, que são adquiridas principalmente pelo contato com o esgoto.

# Problema

- ▶ A proporção da população rural brasileira com acesso a saneamento adequado caiu de 37% em 1990 para 35% em 2002.
- ▶ O desempenho foi o pior da América Latina e fez com que o país retrocedesse 6,3% em relação ao que deveria avançar para chegar ao índice determinado pelos Objetivos do Milênio (ODM).

# Doenças

| <b>Principais doenças ligadas à precariedade do ambiente doméstico</b> | <b>Problema ambiental</b>                                                              |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| Tuberculose.                                                           | Superlotação.                                                                          |
| Diarréia.                                                              | Falta de saneamento, de abastecimento d' água, de higiene.                             |
| Doenças tropicais.                                                     | Falta de saneamento, má disposição do lixo, foco de vetores de doenças nas redondezas. |
| Verminoses.                                                            | Falta de saneamento, de abastecimento d' água, de higiene.                             |
| Infecções respiratórias.                                               | Poluição do ar em recinto fechado, superlotado.                                        |
| Doenças respiratórias crônicas.                                        | Poluição do ar em recinto fechado.                                                     |
| Câncer do aparelho respiratório.                                       | Poluição do ar em recinto fechado.                                                     |

Fonte: Banco Mundial, 1993.

# Doenças

- ▶ Vírus (Febre amarela, Dengue, Hepatite)
- ▶ Bactérias (Cólera, Febre tifóide, tuberculose, leptospirose)
- ▶ Protozoários (Malária, Giardíase e Amebíase)
- ▶ Platelminhos (Esquistossomose)
- ▶ Asquelminhos (Ascaridíase)
- ▶ Algas (Toxinas)

# Fatos

- ▶ No séc. XX a população mundial cresceu 3 vezes e o consumo de água 6 vezes;
- ▶ 10 milhões de pessoas/ano morrem no mundo, devido ao contato com água contaminada;
- ▶ Cerca de 1/3 da população mundial não tem acesso à água potável;
- ▶ 43% da população do planeta não conta com serviços de saneamento básico.

# Saneamento Ambiental

- Conjunto de ações socioeconômicas que tem por objetivos alcançar Salubridade Ambiental por meio de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos.

# Saneamento Ambiental

- ▶ Promover a disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural.

# Salubridade ambiental

- ▶ É o estado de higidez em que vive a população urbana e rural, tanto no que se refere a sua capacidade de inibir, prevenir ou impedir a ocorrência de endemias ou epidemias veiculadas pelo meio ambiente, como no tocante ao seu potencial de promover o aperfeiçoamento de condições mesológicas favoráveis ao pleno gozo de saúde e bem-estar.

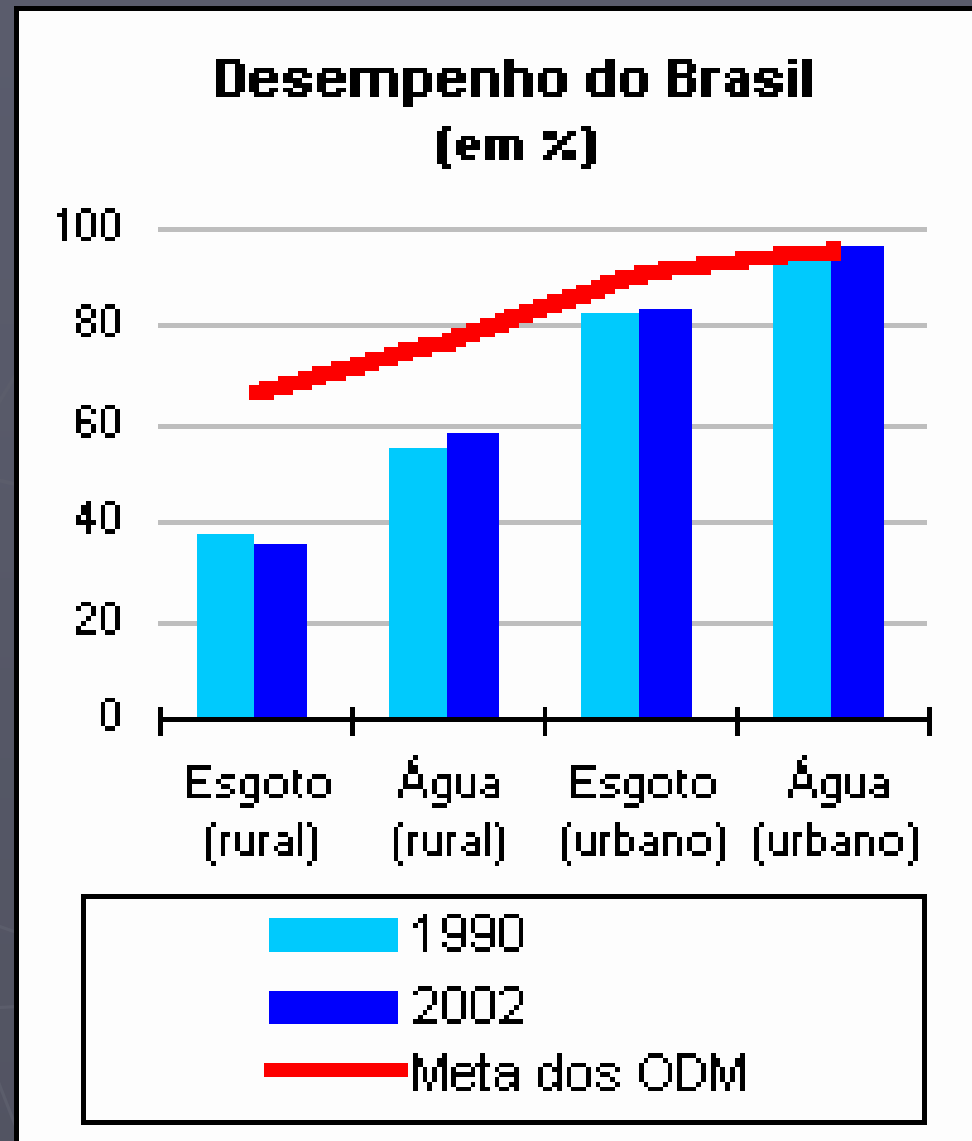
# Necessidade de investimentos

## Brasil - Investimentos em Sistemas de Água e Esgotos por Região Expansão e Reposição

| Regiões/Investimentos | Em 2000         | Em 2010          | Em 2015          | Em 2020          |
|-----------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| Norte                 | 6.753,8         | 11.274,6         | 13.835,5         | 16.307,3         |
| Nordeste              | 16.888,5        | 27.318,8         | 32.267,2         | 37.324,6         |
| Sudeste               | 27.165,5        | 50.349,3         | 62.416,0         | 74.404,0         |
| Sul                   | 12.984,2        | 23.211,0         | 28.098,3         | 33.055,2         |
| Centro-Oeste          | 6.320,3         | 11.470,2         | 14.506,9         | 17.314,0         |
| <b>Brasil</b>         | <b>70.112,3</b> | <b>123.623,8</b> | <b>151.123,9</b> | <b>178.405,0</b> |

**Ministério das Cidades**  
Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental

# Saneamento



<http://www.pnud.org.br/saneamento/reportagens/index.php?id01=1257&lay=san>

# Saneamento Rural

- ▶ Saneamento Ambiental aplicado à Área Rural
- ▶ Vamos focar em 2 pontos
  - § Água Potável
  - § Resíduos Líquidos (Efluentes)

# Água Potável

## ► Portaria 518/04 - MS

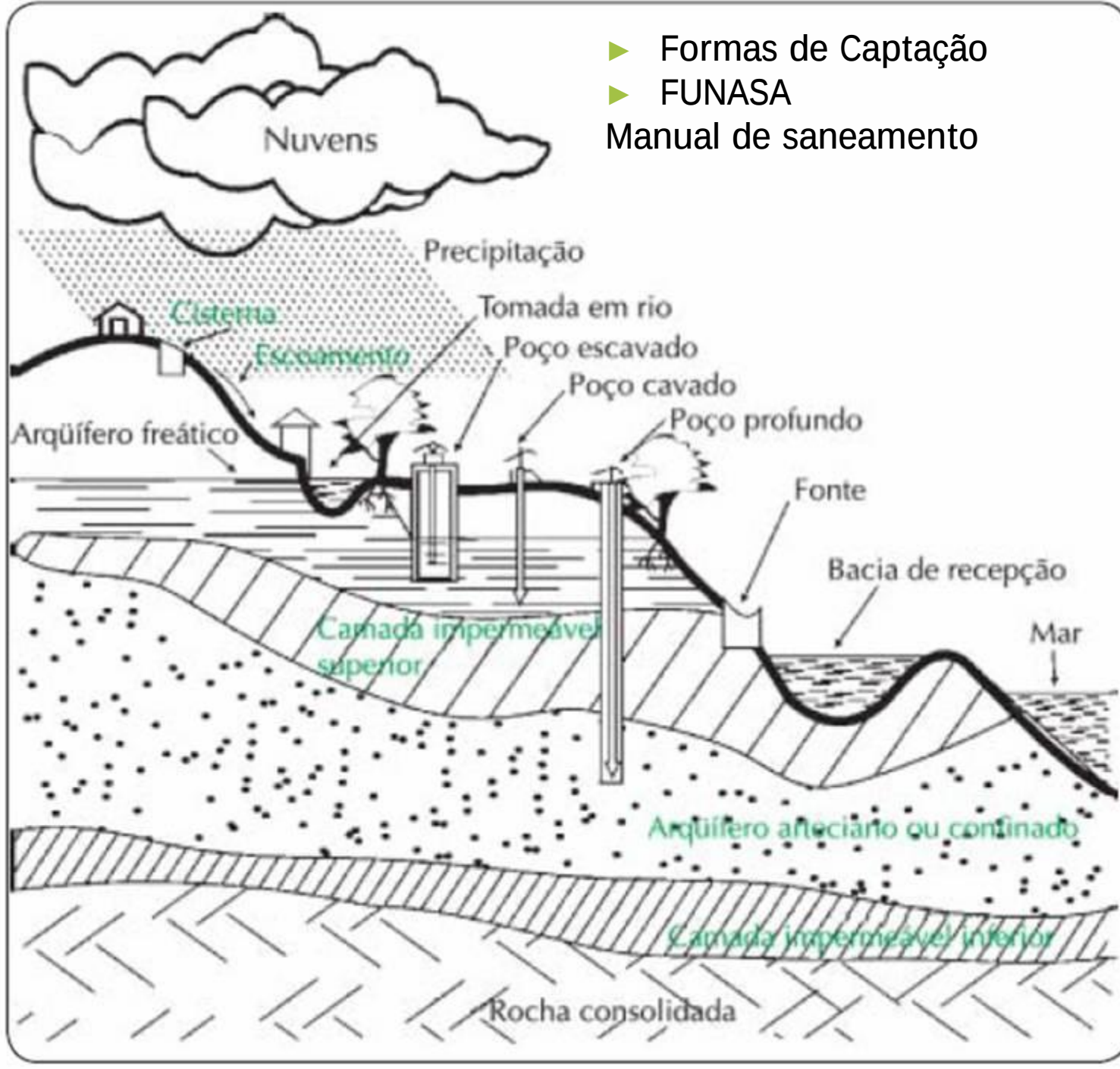
Art. 4.º Para os fins a que se destina esta Norma, são adotadas as seguintes definições:

I - água potável – água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde;

# Para atender os padrões

- ▶ Manancial seguro (superficial ou subterrâneo)
- ▶ Análise prévia da água
- ▶ Tratamento da água (desinfecção simples ou tratamento com filtros)
- ▶ Armazenamento adequado
- ▶ Distribuição adequada para a propriedade

- Formas de Captação
  - FUNASA
- Manual de saneamento



# Problemas

- ▶ Cisticercose em Gado (Itapura)
- ▶ Captação de água para gado próxima à cidade, que não possui tratamento de esgoto
- ▶ Gado contaminado

# Armazenamento e Distribuição Inadequados



# Armazenamento e Distribuição Semi-adequado



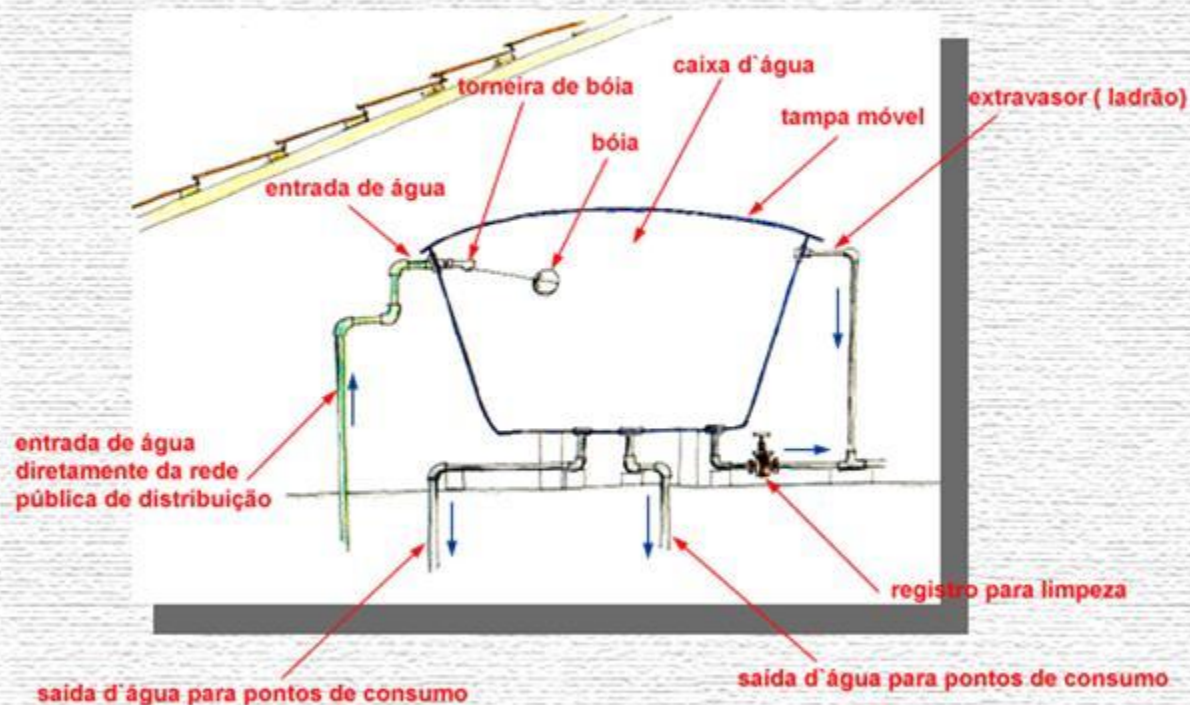
[www.cnpqc.embrapa.br/bancodenoticias/18012005...](http://www.cnpqc.embrapa.br/bancodenoticias/18012005...)

# Armazenamento e Distribuição adequada



# Armazenamento Doméstico

Esquema de instalação de caixa d'água



as caixas d'água devem ser limpas a cada 6 meses

[www.edifique.arq.br/caixa\\_d\\_agua.htm](http://www.edifique.arq.br/caixa_d_agua.htm)

# Caixas d' água



Metálicas



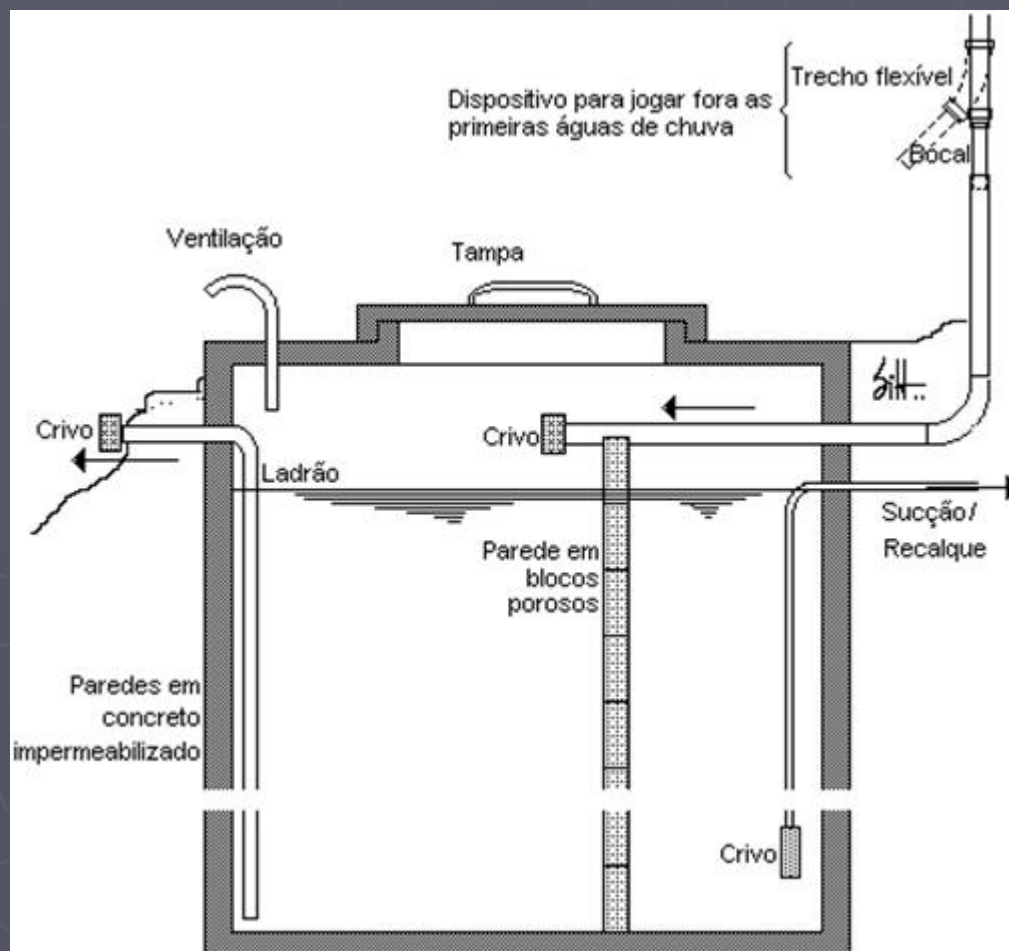
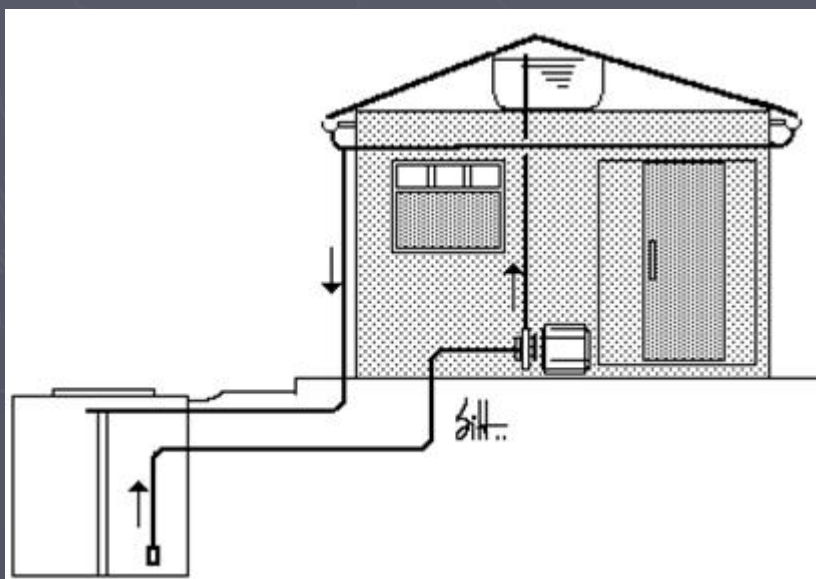
Fibra de vidro



Polietileno

# Cisternas

- Cisternas de placas são reservatórios cilíndricos, cobertos e semi-enterrados que permitem o armazenamento de água para consumo humano.



# Cisternas



Concreto

# Poço com proteção



# Resíduos Líquidos

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e o Abastecimento, a agricultura de base familiar reúne 14 milhões de pessoas, mais de 60% do total de agricultores, e detém 75% dos estabelecimentos agrícolas no Brasil. É comum nessas propriedades o uso de fossas rudimentares (fossa "negra", poço, buraco, etc.), que contaminam águas subterrâneas e, obviamente os poços de água, os conhecidos poços "caipiras". Assim, há a possibilidade de contaminação dessa população, por doenças veiculadas pela urina, fezes e água, como hepatite, cólera, salmonelose e outras.



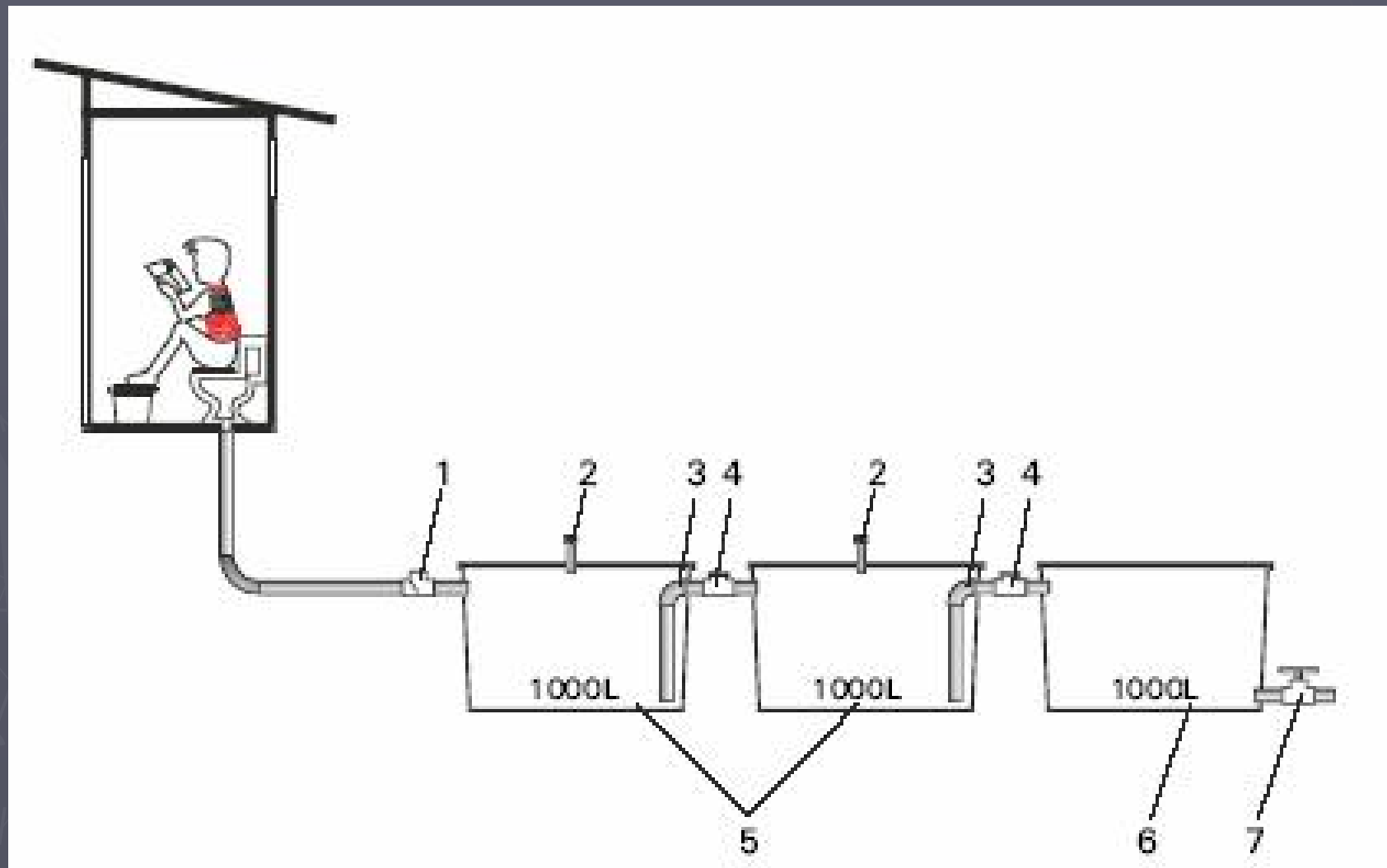
Antonio Pereira de Novaes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pesquisador Embrapa Instrumentação Agropecuária

# Cálculo do efluente – Fossa biodigestora

- ▶ Para cada descarga: 10 litros de água
- ▶ 5 pessoas utilizando 1 vez por dia
- ▶ Aproximadamente  $5 \times 10 = 50$  L/dia
- ▶ 1.500 Litros por mês

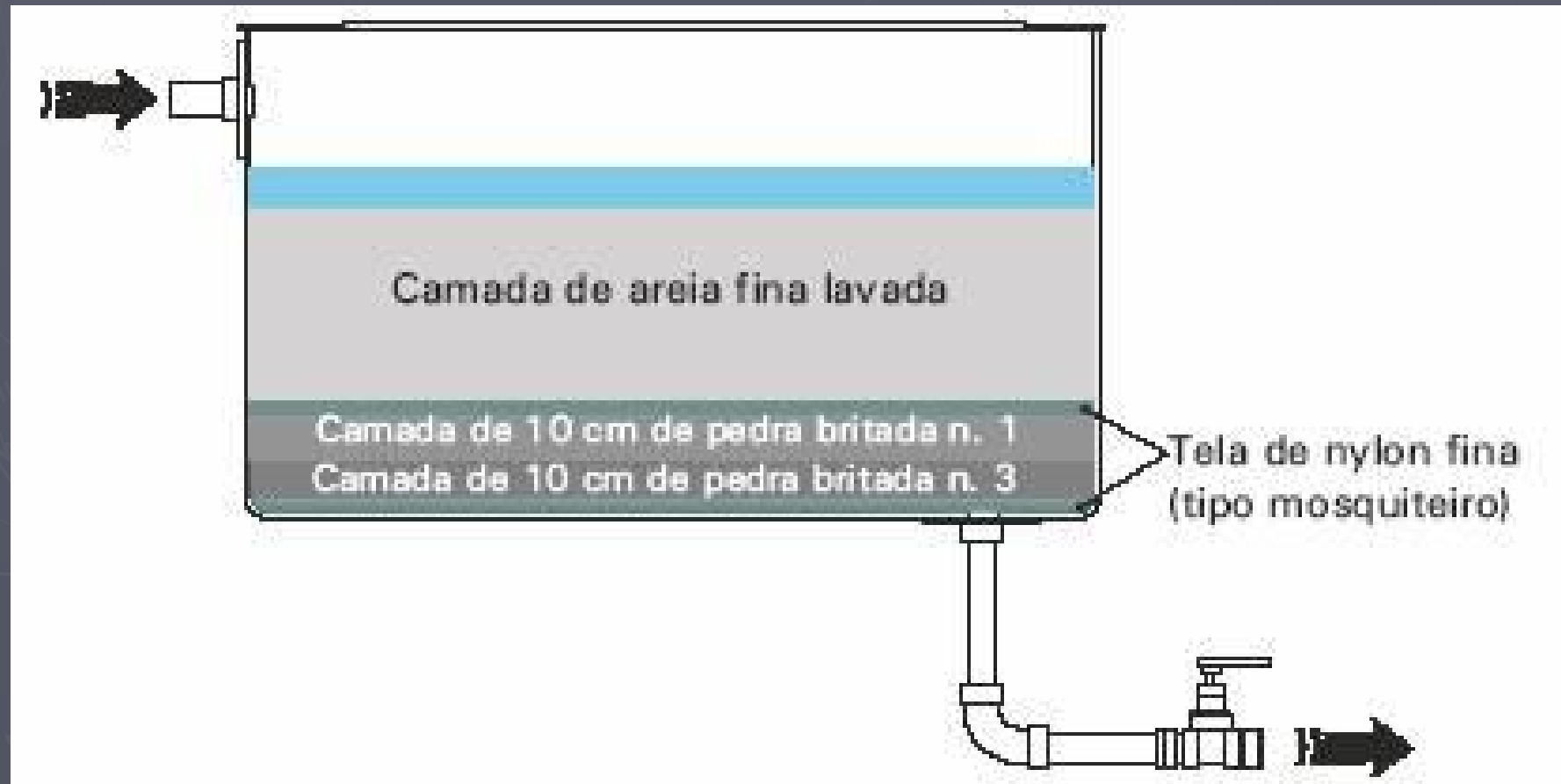
# Fossa Biodigestora - EMBRAPA



# Condições da Fossa Biodigestora

- ▶ Somente efluente de vaso sanitário
- ▶ 2 primeiras caixas (biodigestor)
  - § Vedadas para produção de Metano ( $\text{CH}_4$ )
- ▶ Última caixa (reter o efluente)
- ▶ Primeira mistura: 20 L de mistura 50% água e 50% esterco bovino
  - § Repetir a cada 30 dia com 10L da mistura
  - § Aumentar atividade microbiana e eficiência de biodigestão
  - § Chaminés de alívio (2) –  $\text{CH}_4$
  - § Coleta do efluente realizada do registro (7)

# Para irrigação do efluente



# Fossa biodigestora

Foto: Joanir Silva



# Fossa Biodigestora



# Fossa Biodigestora

- <http://br.youtube.com/watch?v=tKpB8tU7TVc>

# Biodigestores

- ▶ Câmara fechada onde é colocado material orgânico para decomposição
- ▶ Degradação por microorganismos na ausência de oxigênio (anaerobiose), transformando compostos orgânicos complexos em substâncias simples.

▶ Produção de energia Ò **GÁS**

Æ Tratamento de rejeitos orgânicos Ò

**BIOFERTILIZANTE**

# Processos

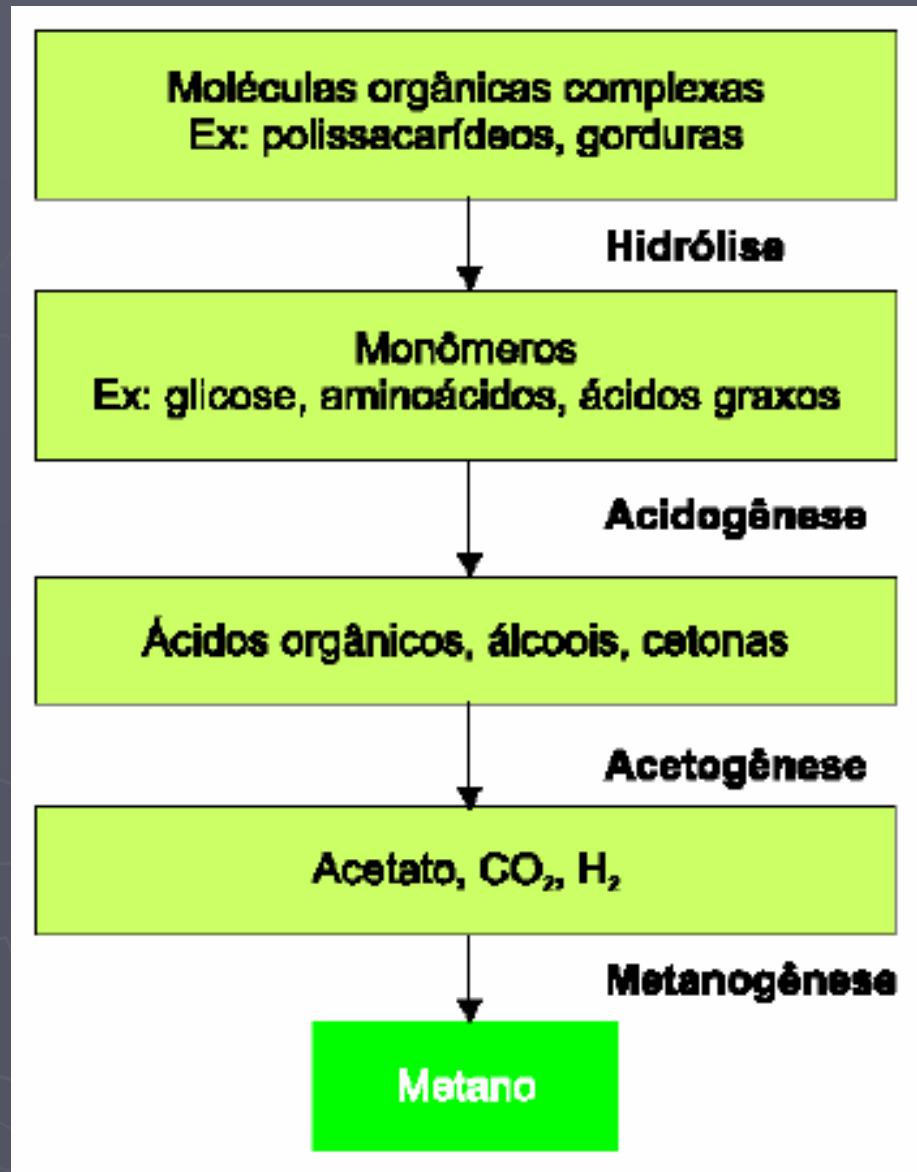
- ▶ **Contínuos:** proporcionam permanente fornecimento de gás e biofertilizante.

*Ex.:* modelos indiano e chinês

- ▶ **Descontínuos:** fornecimento de gás é interrompido para descarga do material digerido e nova carga do material a digerir.

*Ex.:* batelada

# Etapas da degradação anaeróbica



# Rejeitos de suínos

TABELA 14 - PRODUÇÃO DIÁRIA DE DEJETOS NAS DIFERENTES FASES DE PRODUÇÃO

| Fases de Produção | Esterco     | Esterco +<br>Urina | Dejetos<br>Líquidos | Produção Dejetos<br>Líquidos |
|-------------------|-------------|--------------------|---------------------|------------------------------|
|                   | kg/dia      | kg/dia             | L/dia               | m <sup>3</sup> /animal/mês   |
| 25-100 kg         | 2,3         | 4,9                | 7,0                 | 0,25                         |
| Porca             | 3,6         | 11,0               | 16,0                | 0,48                         |
| Porca lactante    | 6,4         | 18,0               | 27,0                | 0,81                         |
| Macho             | 3,0         | 6,0                | 9,0                 | 0,28                         |
| Leitão em creche  | 0,35        | 0,95               | 1,40                | 0,05                         |
| <b>Média</b>      | <b>2,35</b> | <b>5,8</b>         | <b>8,6</b>          | <b>0,27</b>                  |

Fonte: Adaptação de OLIVEIRA, Paulo A. V., 1994, p. 27-40.

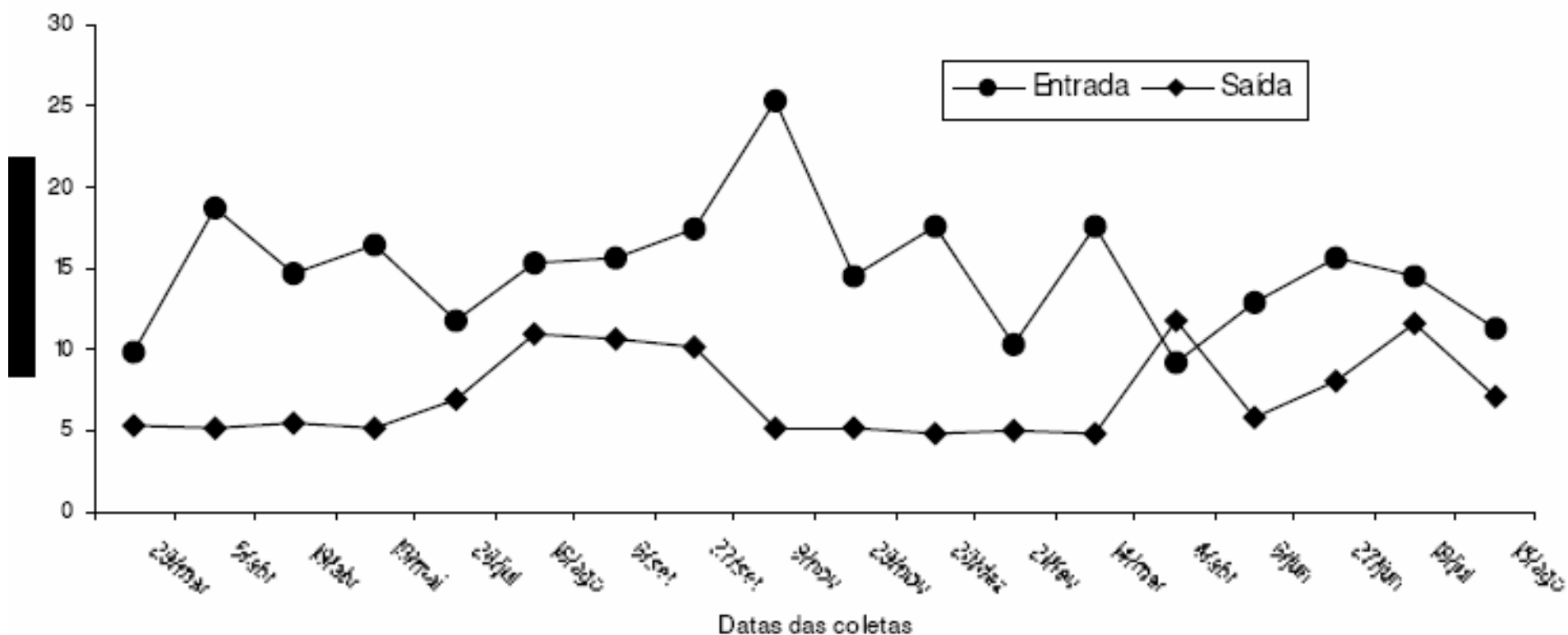
# Componentes do biofertilizante

| COMPOSIÇÃO       | QUANTIDADE % |
|------------------|--------------|
| pH               | 7,5          |
| Matéria Orgânica | 85%          |
| Nitrogênio       | 1,8          |
| Fósforo          | 1,6          |
| Potássio         | 1,0          |

Fonte: SGANZERLA, 1983, p. 26.

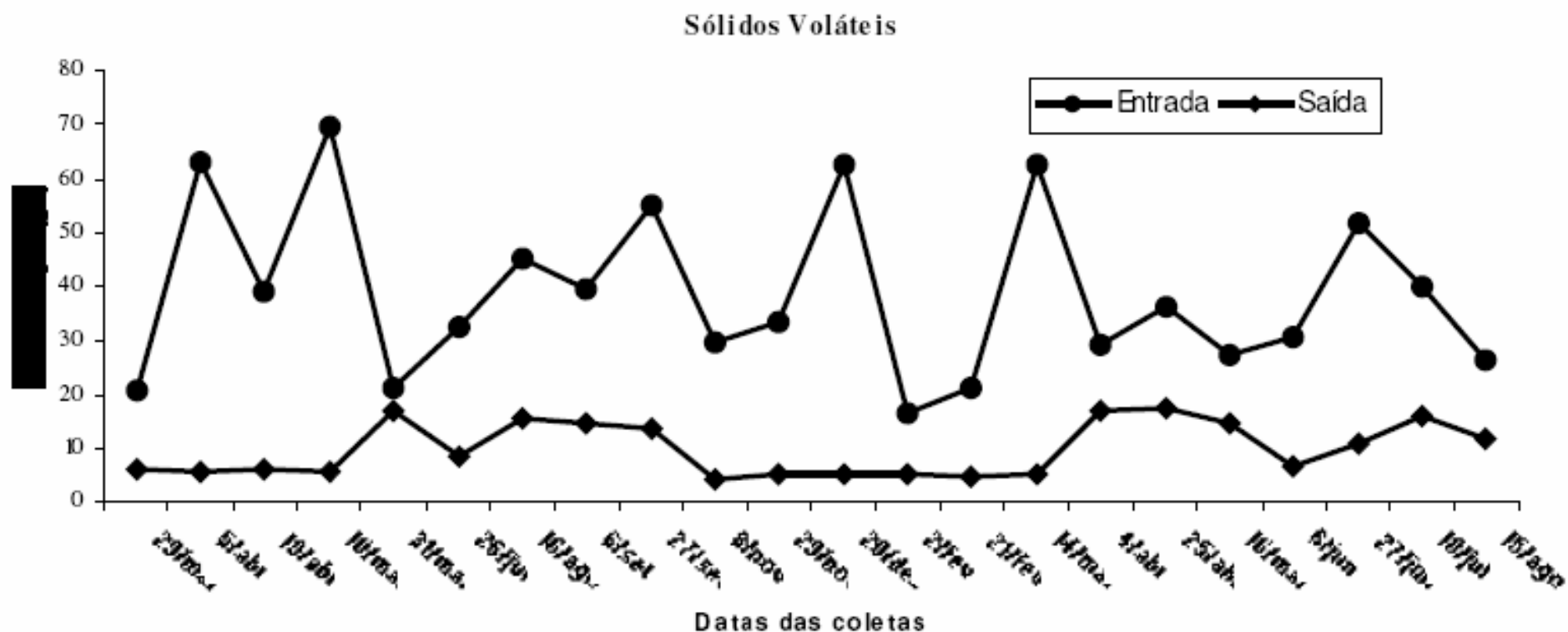
# Sólidos Fixos

Sólidos Fixos



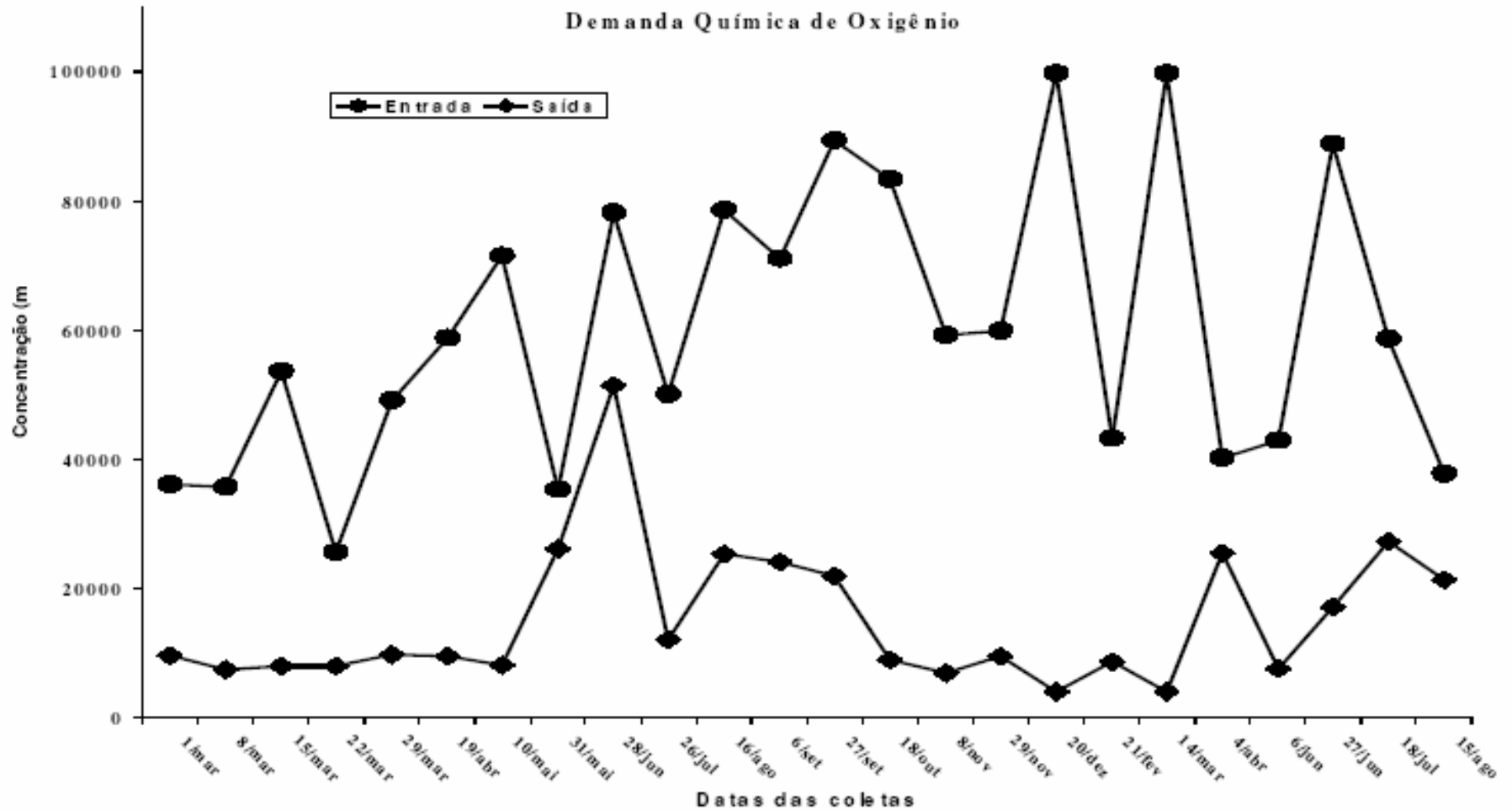
KUNZ, et al CT 416 – Embrapa Suínos e Aves

# Sólidos Voláteis



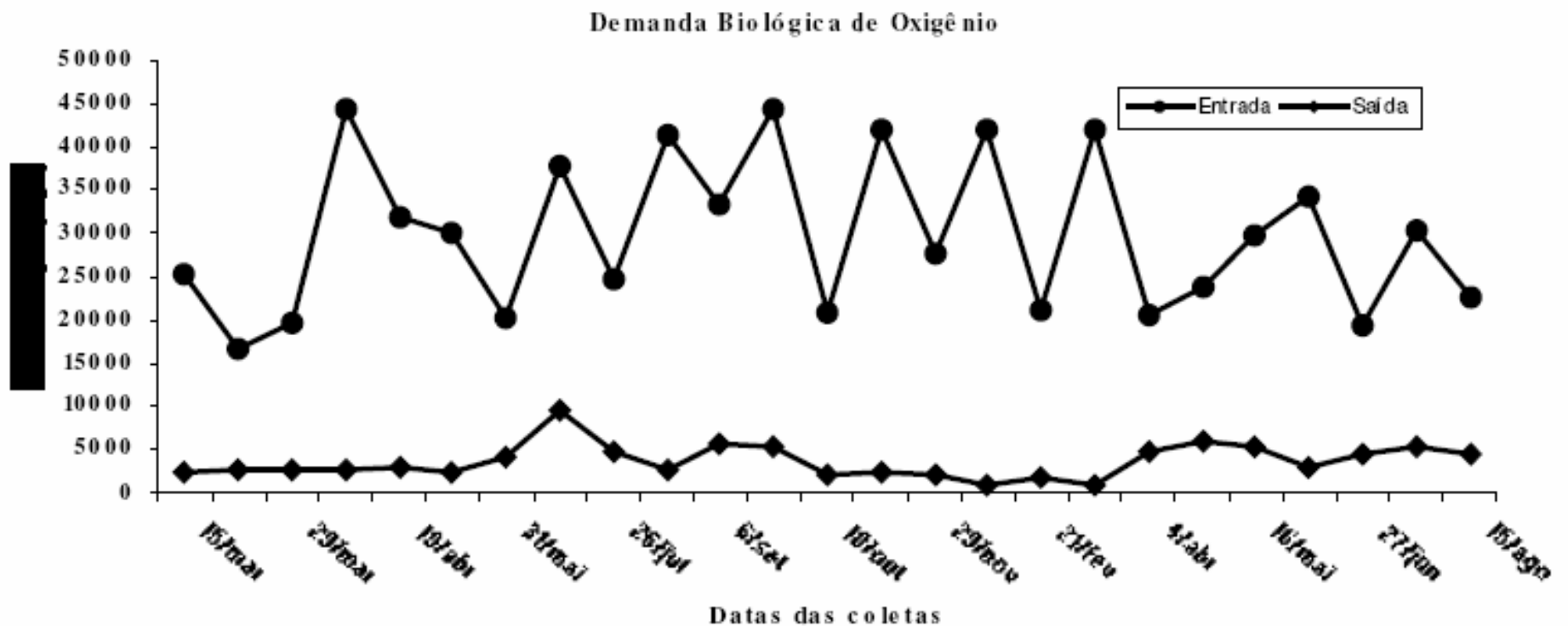
KUNZ, et al CT 416 – Embrapa Suínos e Aves

# DQO



KUNZ, et al CT 416 – Embrapa Suínos e Aves

# DBO



KUNZ, et al CT 416 – Embrapa Suínos e Aves

# Redução após biodigestor

| Parâmetro                      | Afluente      | Efluente    | % de Redução |
|--------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| DQO                            | 65,09 ± 14,56 | 8,27 ± 1,58 | 87,30        |
| DBO <sub>5</sub> <sup>20</sup> | 34,30 ± 8,11  | 3,00 ± 1,34 | 91,25        |
| N-NH <sub>3</sub>              | 2,52 ± 0,75   | 2,36 ± 0,63 | 6,34         |
| N <sub>NTK</sub>               | 4,53 ± 1,07   | 3,14 ± 0,50 | 30,68        |
| P <sub>Total</sub>             | 1,60 ± 0,41   | 0,22 ± 0,02 | 86,25        |
| Sólidos Voláteis               | 39,22 ± 17,54 | 8,29 ± 4,57 | 78,86        |

KUNZ, et al CT 416 – Embrapa Suínos e Aves

# PRODUTOS DA BIODIGESTÃO

## 1) Biofertilizante

- Obtido a partir da digestão anaeróbica de materiais orgânicos
- Total ausência de odores
- Concentração de nutrientes varia com tipo de substrato usado (nutrientes praticamente não se perdem)

# Utilização do Biofertilizante

- ▶ Solo: características físicas e químicas
- ▶ Ração: gado e peixes

# Biogás

- ▶ Mistura de gases: principalmente, metano ( $\text{CH}_4$ ), gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) e, em menores proporções, nitrogênio e gás sulfídrico.
- ▶ Produto da fermentação anaeróbica de material orgânico, em condições adequadas de umidade

# Biogás

Æ Poder calorífico varia entre 5.000 e 7.000 kcal/m<sup>3</sup> de gás (qual a equivalência energética?)

**BIOGÁS**



**metano** (60 a 80% da composição total)



**gás inodoro, incolor e altamente combustível**

# Fatores intervenientes para a biodigestão

- ▶ Temperatura
- ▶ pH
- ▶ Outros

# Fatores que afetam a Biodigestão

- Substrato ver
- Temperatura
  - ▶ ideal: em torno de 35 °C
  - ▶ temperatura aumenta, diminui o tempo de residência
  - ▶ abaixo de 15°C pode cessar a biodigestão ver

# Fatores que afetam a Biodigestão

- pH
  - ▶ ideal: de 7 a 8 (7,2)
  - ▶ redução do pH abaixo dos limites ideais pode cessar biodigestão
  - ▶ Tempo (entre 30 e 50 dias) ver

# Fatores que afetam a Biodigestão

- Outros fatores

- ▶ formação de crostas
- ▶ elementos tóxicos
- ▶ concentração de sólidos: 6 a 9% (contínuos) até 25% (batelada)
- ▶ Produção de biogás por criação Ver

# Outros

## ► TRH (Tempo de retenção hidráulica)

§ Tempo que o substrato passa no interior de um digestor – tempo de entrada e saída dos diferentes tipos de materiais (30 a 40 dias)

## ► Sólidos Voláteis

§ Maior concentração de sólidos voláteis, maior produção de biogás (limites). Máximo de 120 g de SV/kg MS

§ Boi – SV em torno de 80%

# Relação C/N

- ▶ Condições do processo biológico de fermentação
  - § Ideal na faixa de 20 a 30:1
- ▶ Substâncias tóxicas: desinfetantes e bactericidas podem inibir o processo de biodigestão

# Relação C/N

| MATERIAL           | % N  | C/N | % C  |
|--------------------|------|-----|------|
| Esterco de bovinos | 1,7  | 18  | 30,6 |
| Esterco de eqüinos | 2,3  | 25  | 57,6 |
| Esterco de ovinos  | 3,8  | 22  | 83,6 |
| Esterco de suínos  | 3,8  | 20  | 76,0 |
| Esterco de aves    | 6,3  | 7,3 | 50,0 |
| Fezes humanas      | 6,0  | 8   | 48,0 |
| Feno               | 4,0  | 12  | 48,0 |
| Serragem           | 0,11 | 431 | 47,5 |

FONTE: LENZ, s.d.

# Problemas

- ▶ Conhecimento completo das etapas da biodigestão e se estão ocorrendo de maneira adequada (balanceamento nas bactérias)
- ▶ Entrada de antibióticos
- ▶ Nem sempre grandes biodigestores produzem grandes quantidades de gás
- ▶ Biodigestores com grandes gasômetros representam risco de segurança.
- ▶ Microorganismos produtores de metano são sensíveis às variações climáticas

# Imagens de Biodigestores

# Campus Jaboticabal



Max José de Araújo Faria Junior

# Campus Jaboticabal



Max José de Araújo Faria Junior

# Campus Jaboticabal



Max José de Araújo Faria Junior

# Campus Jaboticabal



Max José de Araújo Faria Junior

# Campus Jaboticabal



Max José de Araújo Faria Junior

# Campus Jaboticabal



Max José de Araújo Faria Junior

# Campus Jaboticabal



Max José de Araújo Faria Junior

# Campus Jaboticabal



Max José de Araújo Faria Junior

# Campus Jaboticabal



Max José de Araújo Faria Junior

# Campus Jaboticabal



Max José de Araújo Faria Junior

# Campus Jaboticabal



Max José de Araújo Faria Junior

# Campus Jaboticabal



Max José de Araújo Faria Junior

# Campus Jaboticabal



Max José de Araújo Faria Junior

# Campus Jaboticabal



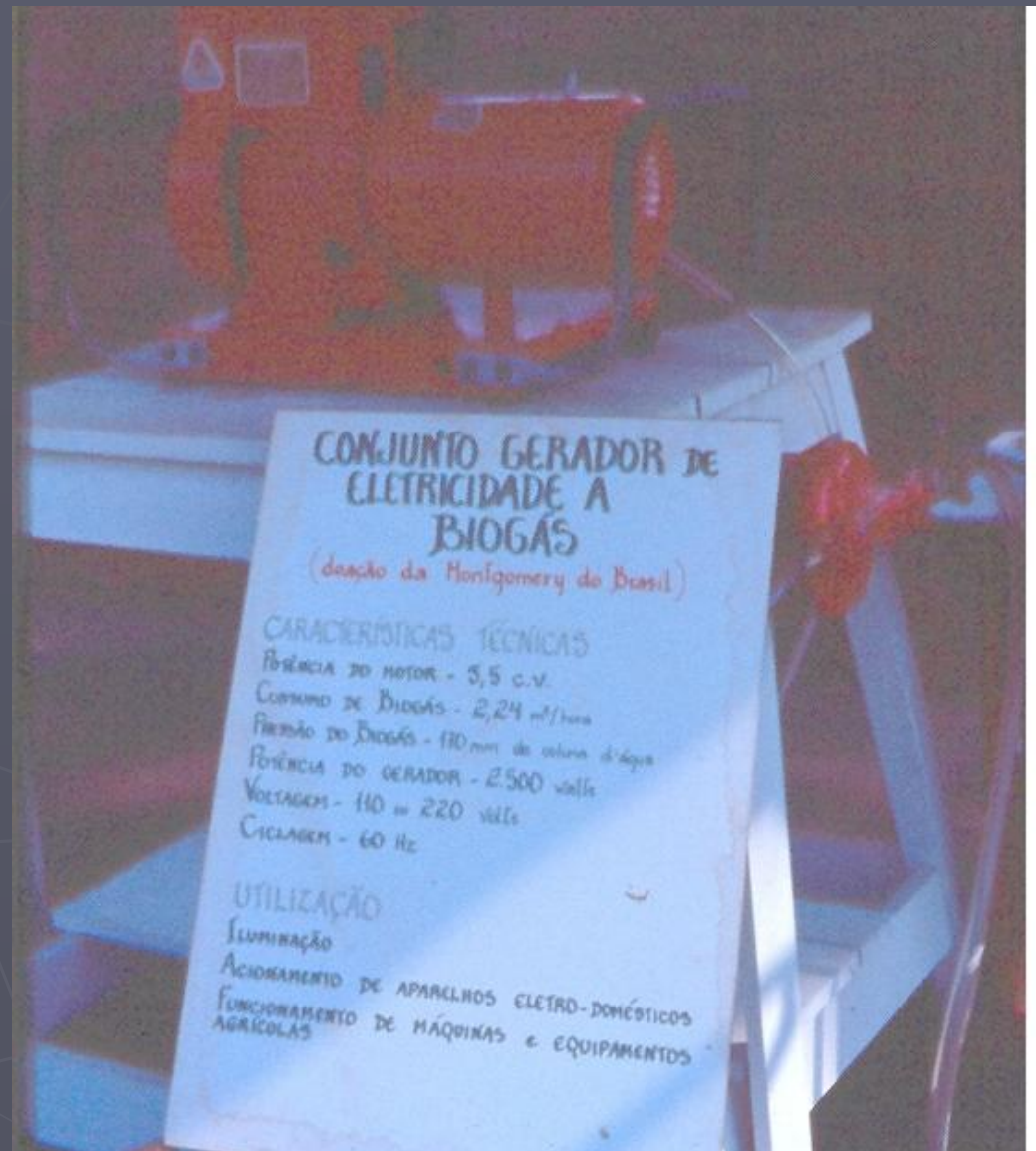
Max José de Araújo Faria Junior

# Campus Jaboticabal



Max José de Araújo Faria Junior

# Campus Jaboticabal



Max José de Araújo Faria Junior

# Campus Jaboticabal

## CONJUNTO GERADOR DE ELETRICIDADE A BIOGÁS

(doação da Montgomery do Brasil)

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

POTÊNCIA DO MOTOR - 5,5 c.v.

CONSUMO DE BIOGÁS - 2,24 m³/hora

PRESSÃO DO BIOGÁS - 170 mm de coluna d'água

POTÊNCIA DO GERADOR - 2.500 watts

VOLTAGEM - 110 ou 220 volts

CICLAGEM - 60 Hz

### UTILIZAÇÃO

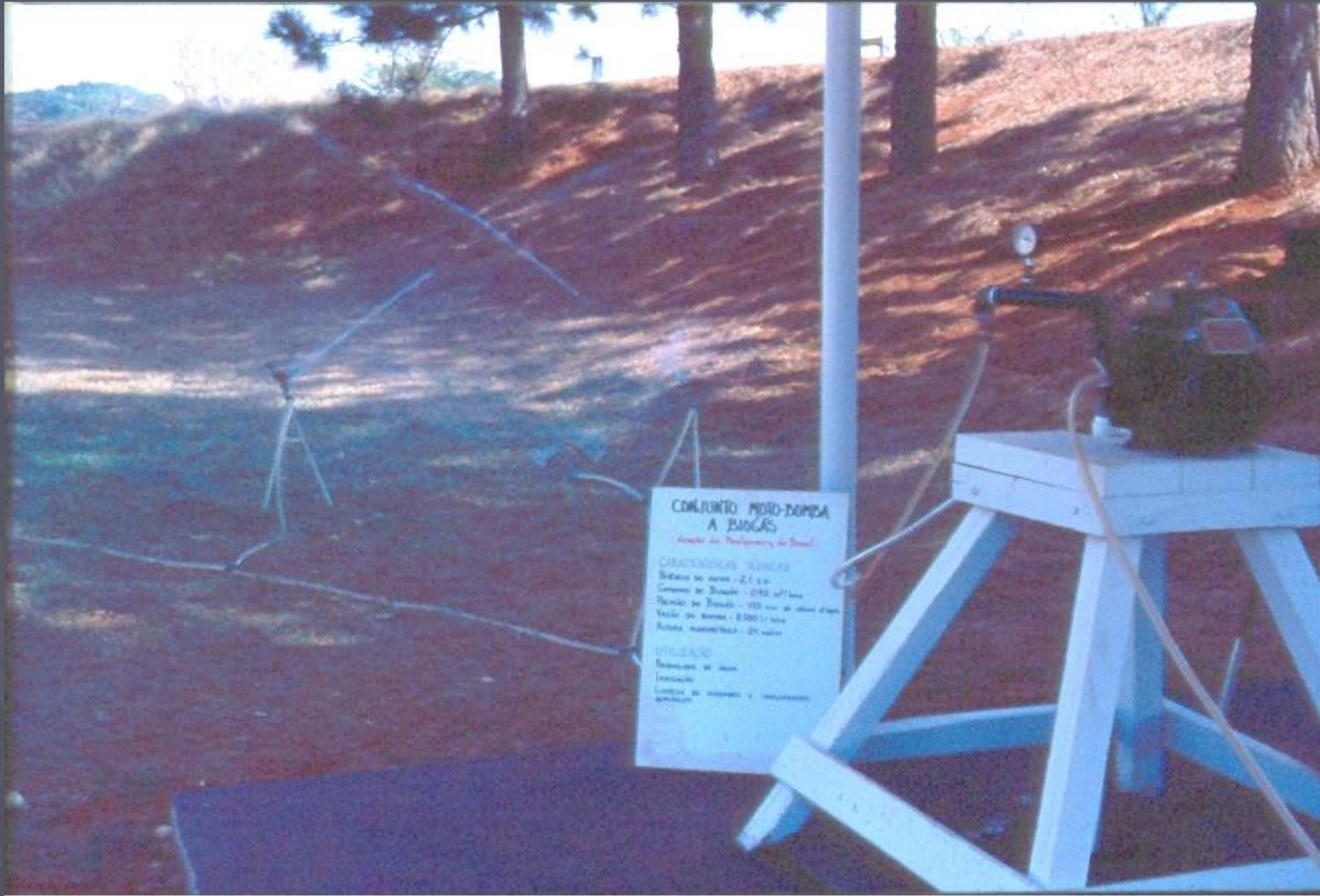
ILUMINAÇÃO

ACIONAMENTO DE APARELHOS ELETRO-DOMÉSTICOS

FUNCIONAMENTO DE MÁQUINAS e EQUIPAMENTOS  
AGRÍCOLAS

Max José de Araújo Faria Junior

# Campus Jaboticabal



Max José de Araújo Faria Junior

# Campus Jaboticabal

**CONJUNTO MOTOR BOMBA  
A BIOGÁS**  
(doação da Montgomery do Brasil)

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**  
Potência do motor - 2,1 c.v.  
Consumo de Biogás - 0,92 m³/hora  
Pressão do Biogás - 170 mm de coluna d'água  
Vazão da bomba - 8.000 l/hora  
Altura manométrica - 24 metros

**UTILIZAÇÃO**  
Requalque de água  
Irrigação  
Limpeza de máquinas e implementos  
agrícolas

Max José de Araújo Faria Junior

# Campus Jaboticabal - Fertilizante



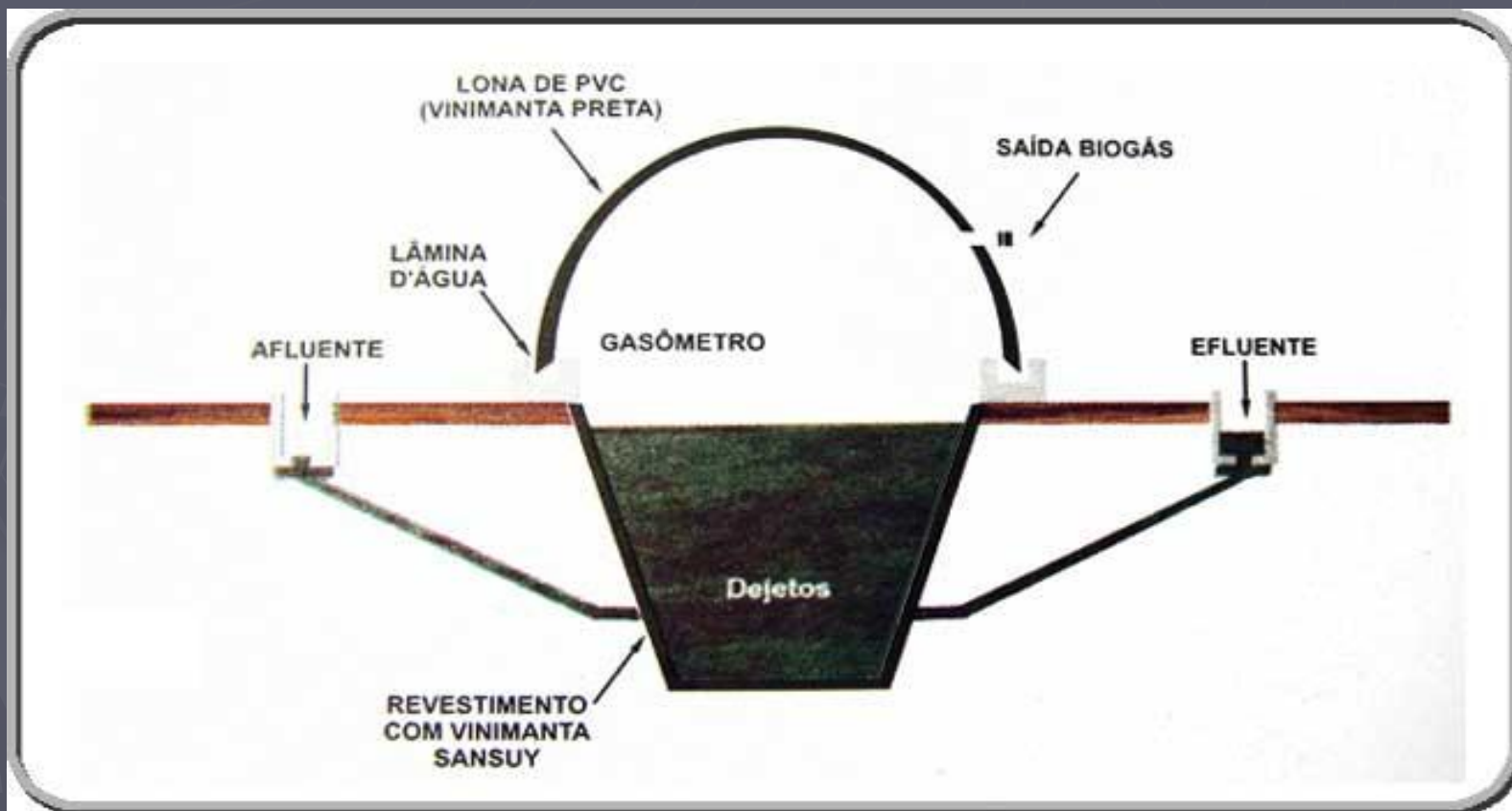
Max José de Araújo Faria Junior

# Construção de um modelo chinês

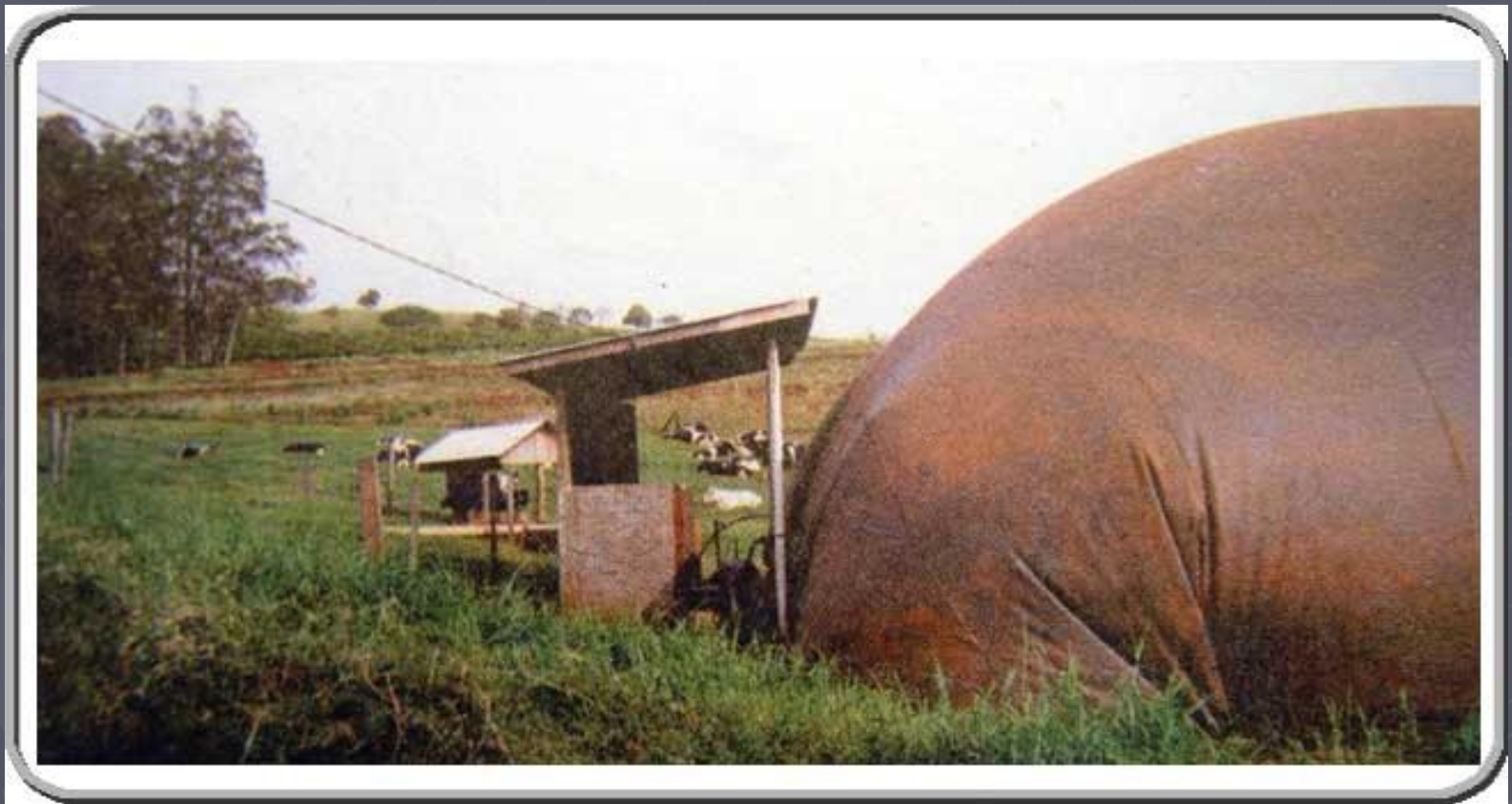


Construção de biodigestor modelo chinês

# Com gasômetro de PVC



# Tubular Solar



Max José de Araújo Faria Junior

# Lona



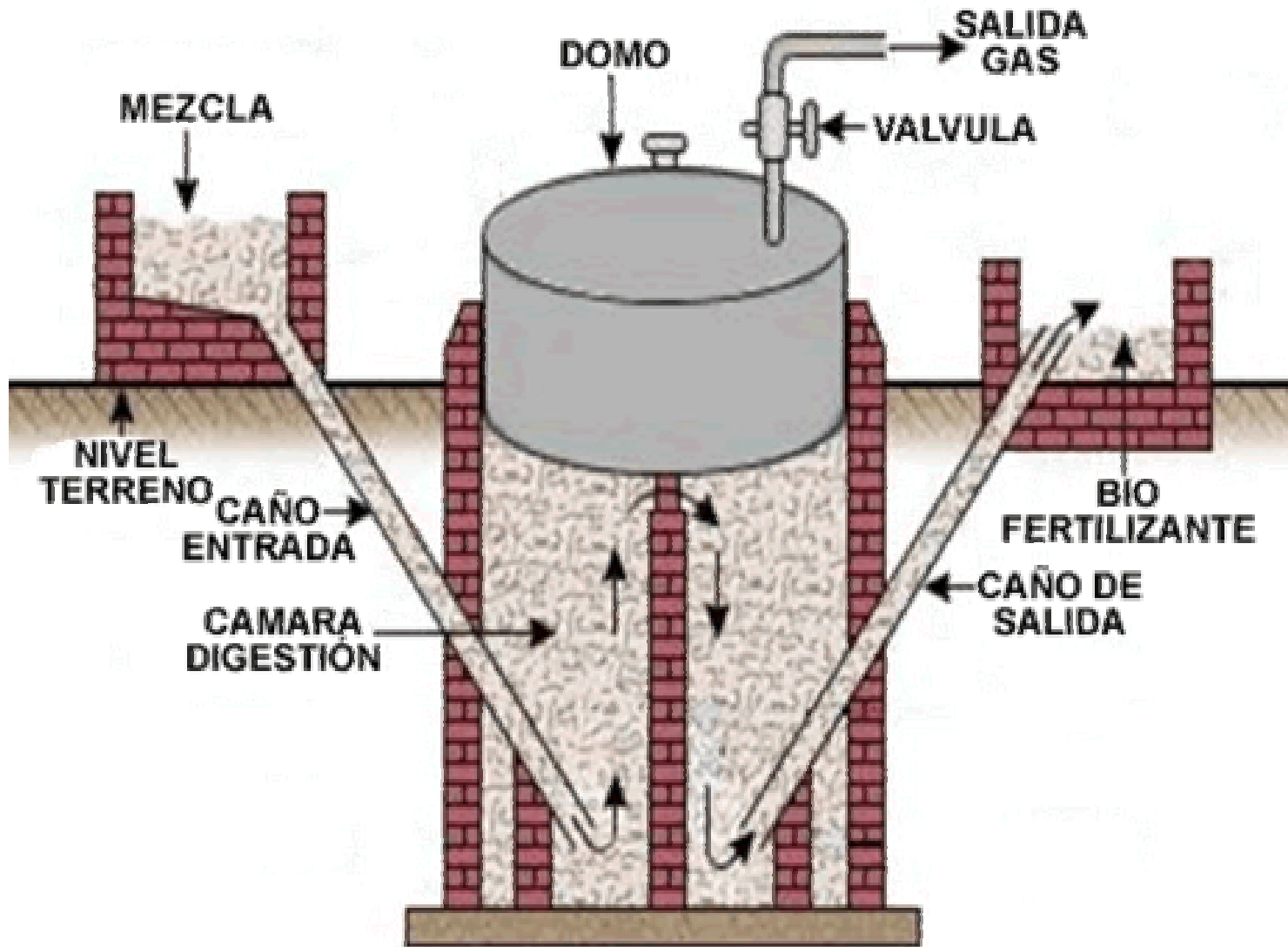
Max José de Araújo Faria Junior

# Lona

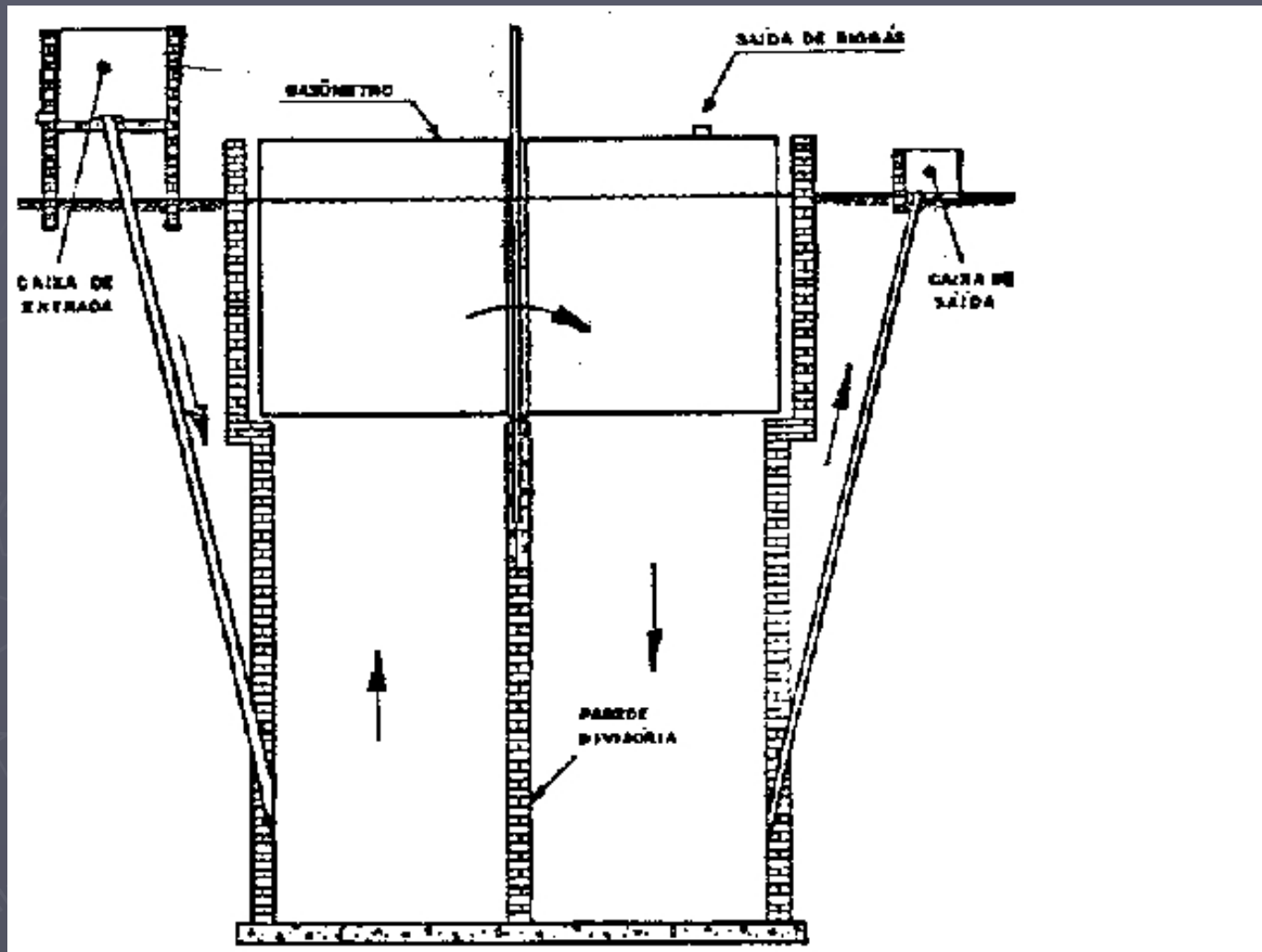


Max José de Araújo Faria Junior

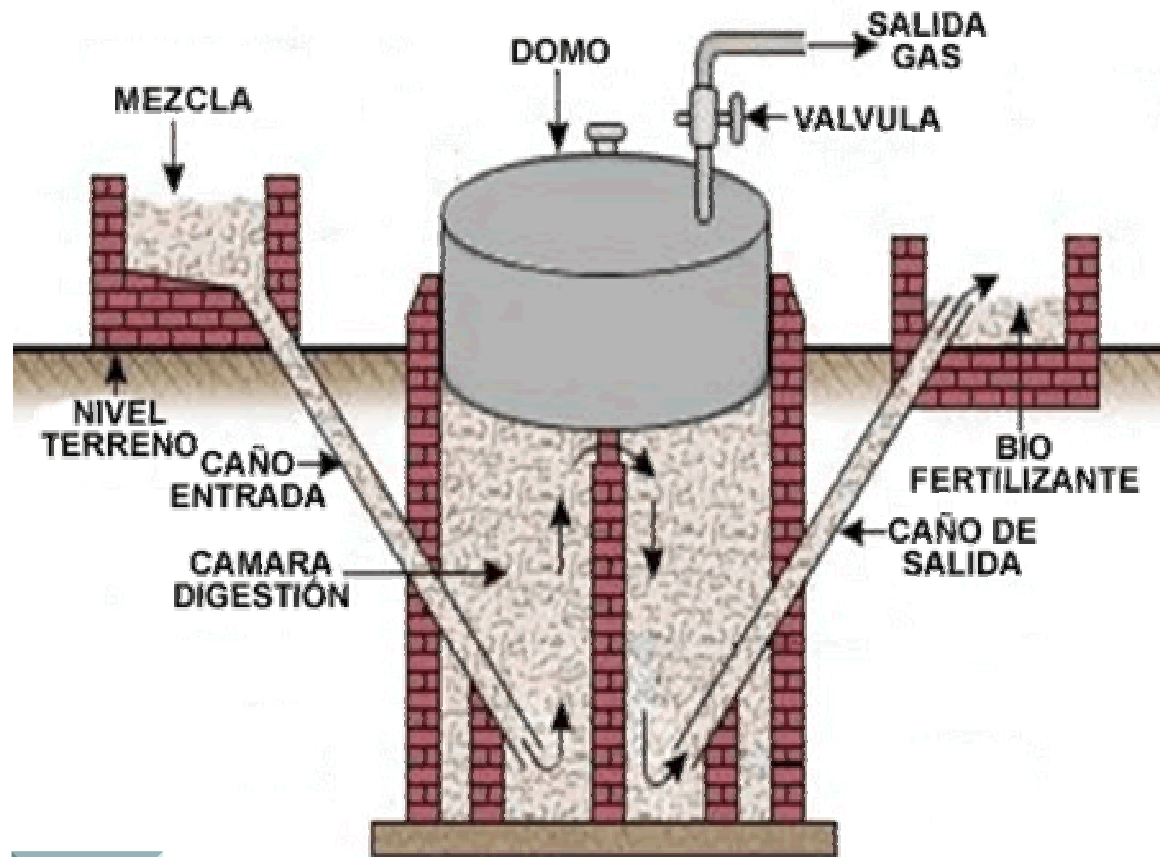
# Dimensionamento de um Biodigestor



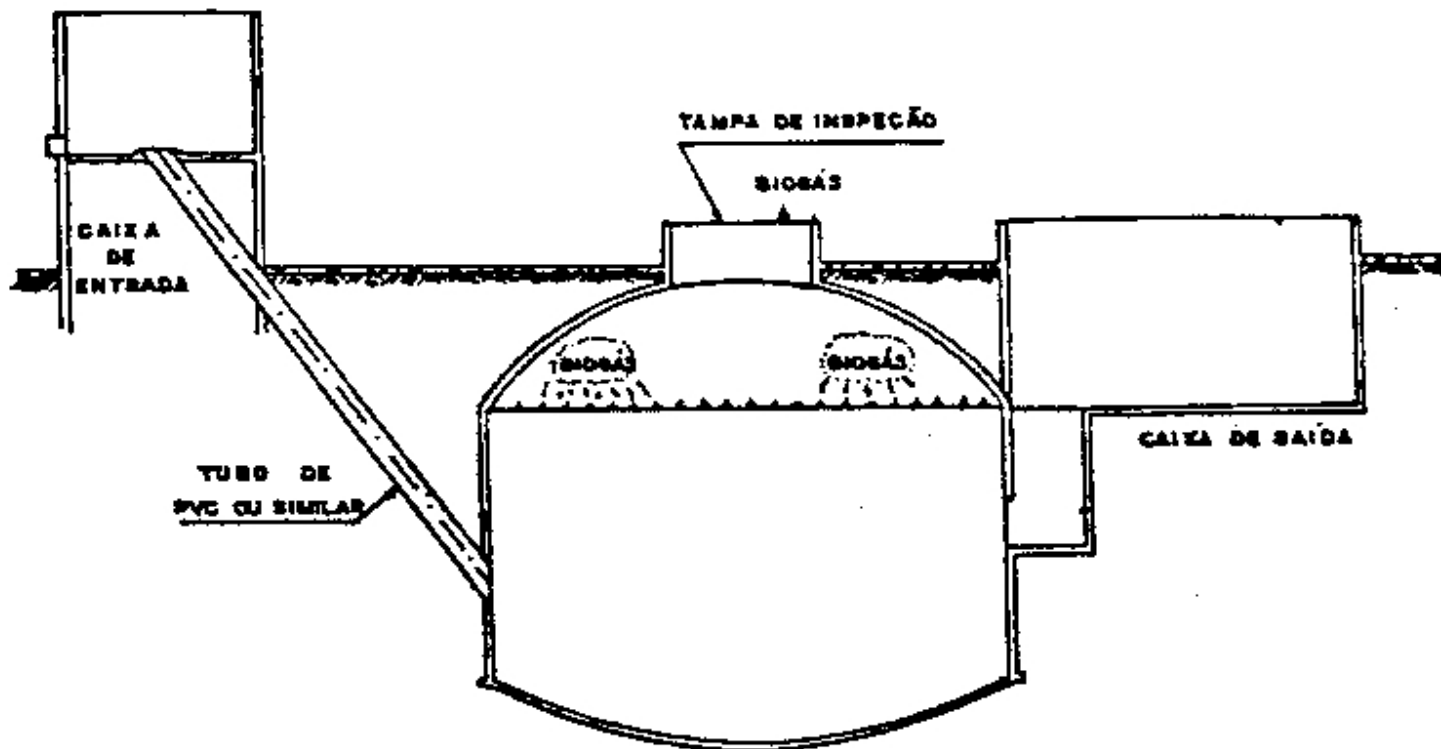
# Modelo Indiano



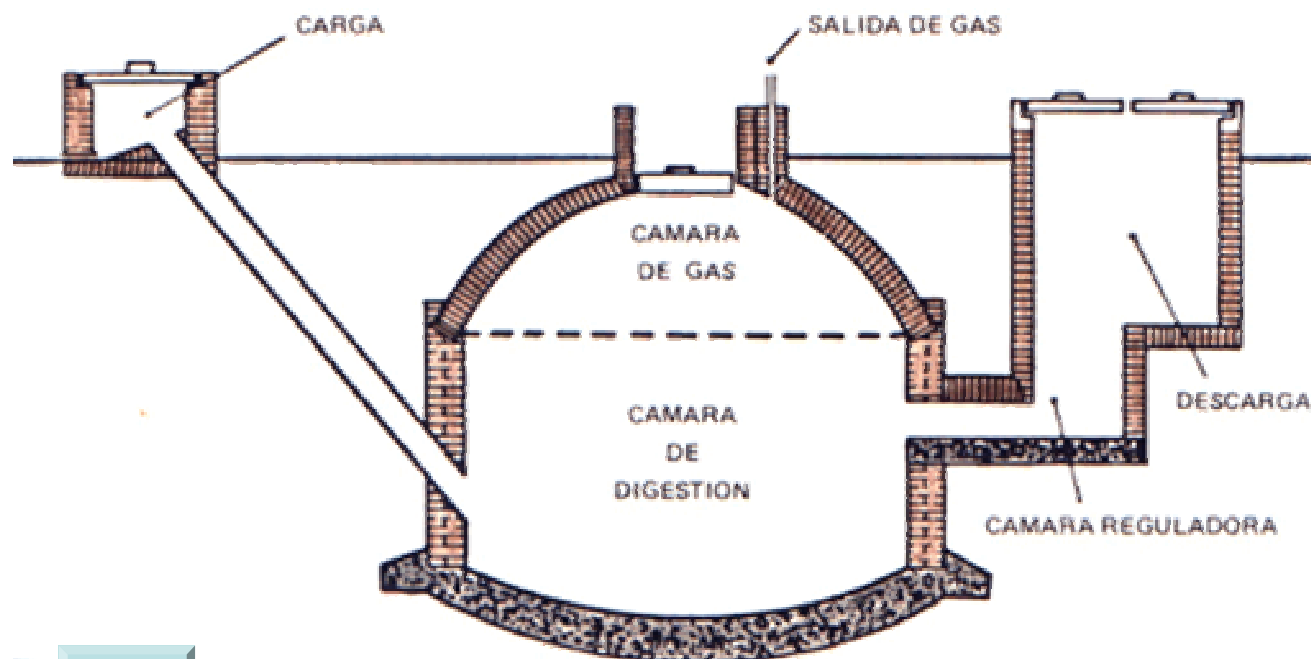
# Modelo Indiano

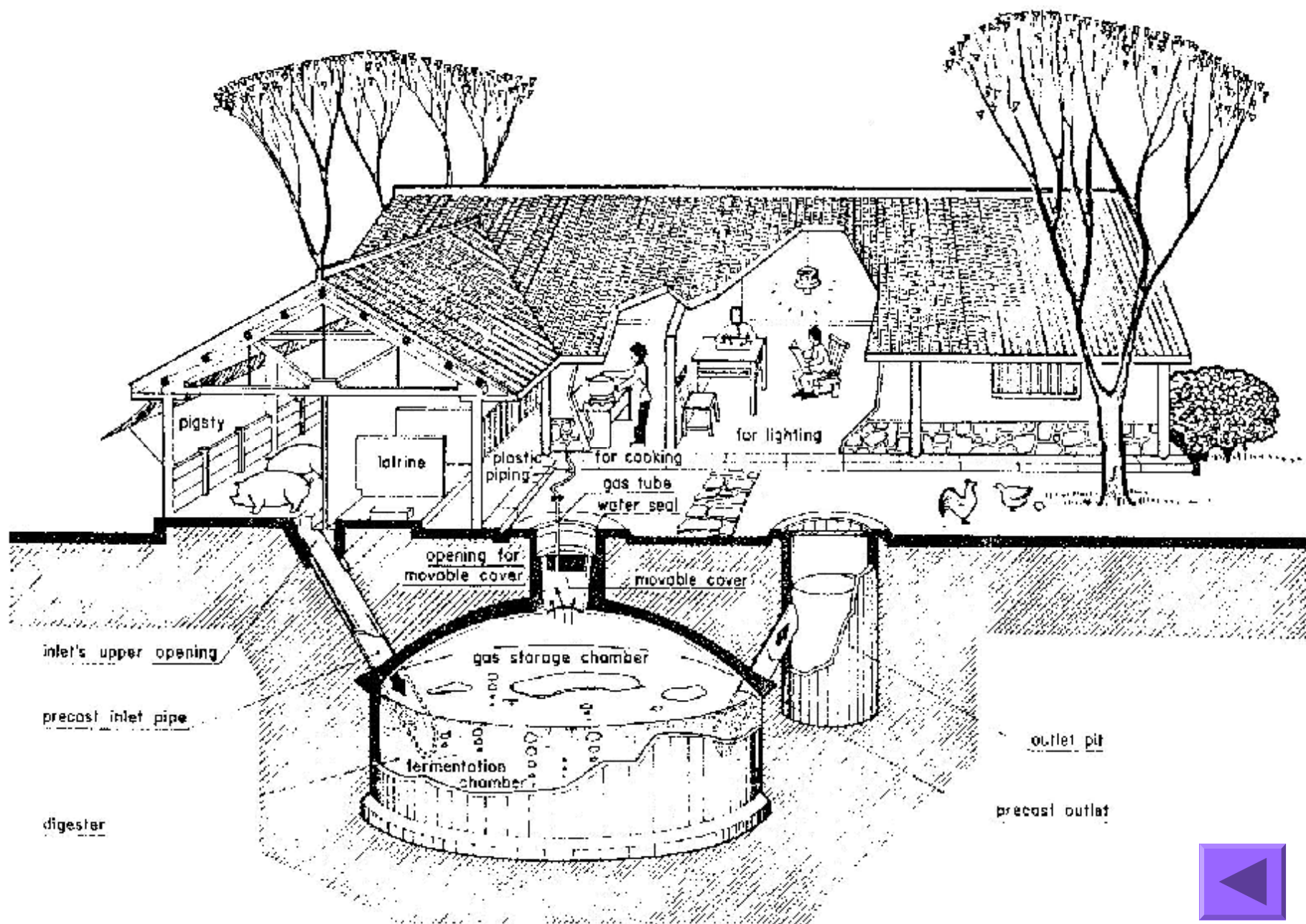


# Modelo Chinês

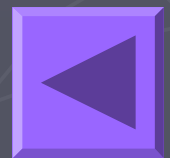
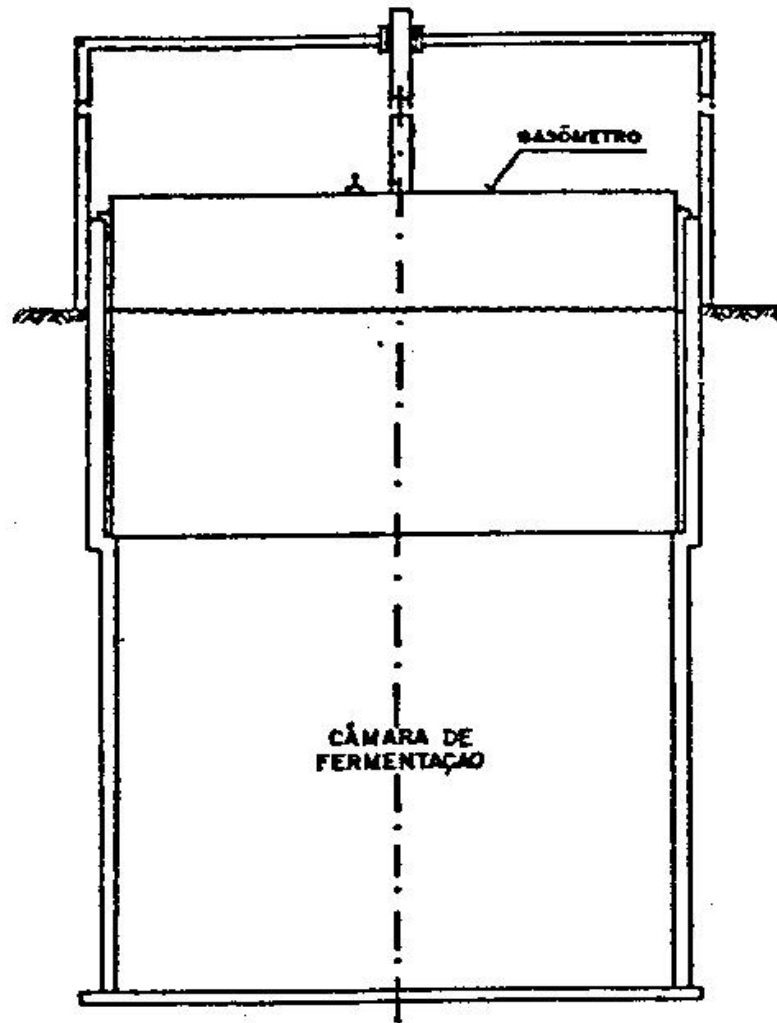


# Modelo Chinês





# Batelada



---

|                                      |         |
|--------------------------------------|---------|
| Carvão vegetal                       | 0,8 kg  |
| Querosene                            | 0,62 l  |
| Lenha                                | 3,5 kg  |
| GLP (butano - propano)               | 1,43 kg |
| Óleo diesel                          | 0,55 l  |
| KWH (através DE de Central Elétrica) | 0,74 l  |
| Gasolina                             | 0,61 l  |
| Carvão Mineral                       | 0 74 kg |
| Álcool carburante                    | 0,80 l  |
| Xisto                                | 4,0 kg  |

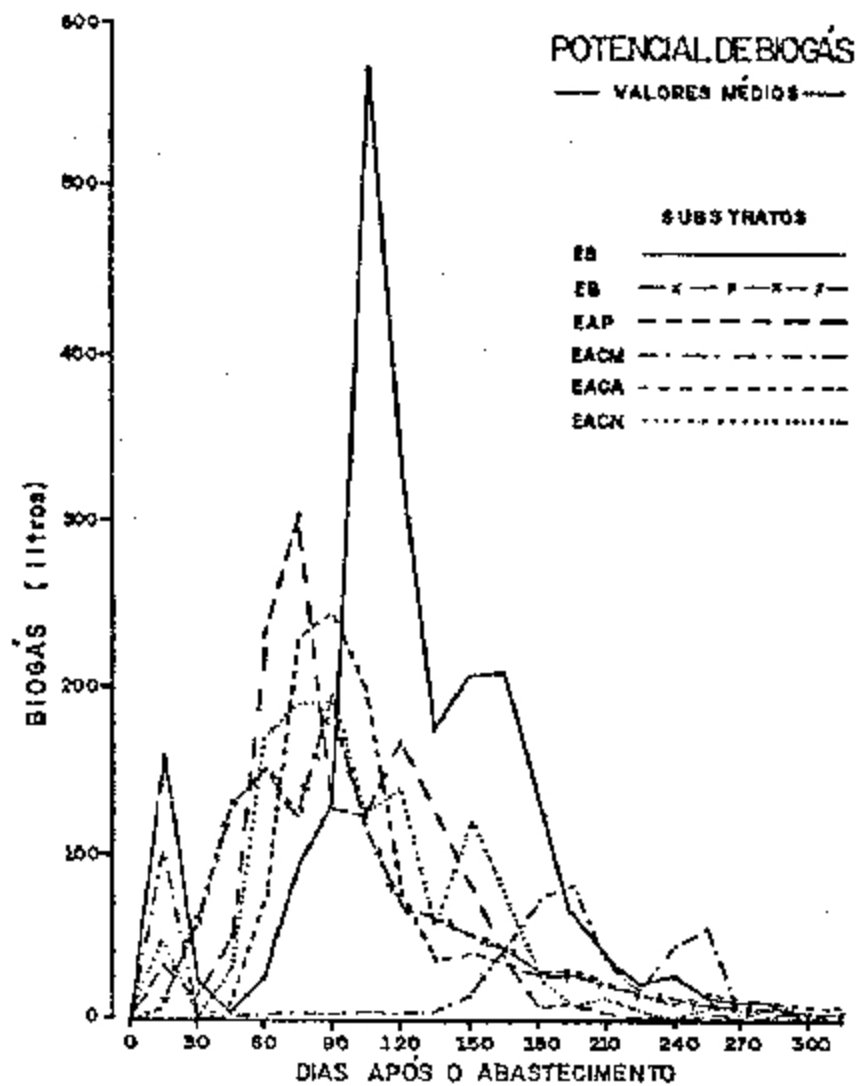
---

Equivalência energética para 1 m<sup>3</sup> de biogás

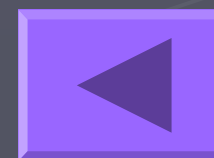


| Material orgânico   | Produção de biogás<br>(m <sup>3</sup> /tonelada de material<br>seco) |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Estrume:            |                                                                      |
| bovino              | 360 -270                                                             |
| bubalino            | 360 – 270                                                            |
| sumo                | 560 – 460                                                            |
| eqüino              | 380 -260                                                             |
| ovino               | 350 – 250                                                            |
| avícola             | 620 - 520                                                            |
| restos vegetais:    |                                                                      |
| palha de arroz      | 300                                                                  |
| palha de trigo      | 300                                                                  |
| palha de feijão     | 380                                                                  |
| palha de soja       | 300                                                                  |
| haste de linho      | 359                                                                  |
| restos de girassol  | 300                                                                  |
| folhas de parreira  | 270                                                                  |
| folhas de batateira | 270                                                                  |
| folhas de árvore    | 245                                                                  |
| aguapé (seco)       | 410 - 350                                                            |
| vinhoto             | 15 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> vinhoto                            |
| lixo urbano         | 50                                                                   |





Fonte: Departamento de Engenharia Rural/Campus de Jaboticabal - UNESP.

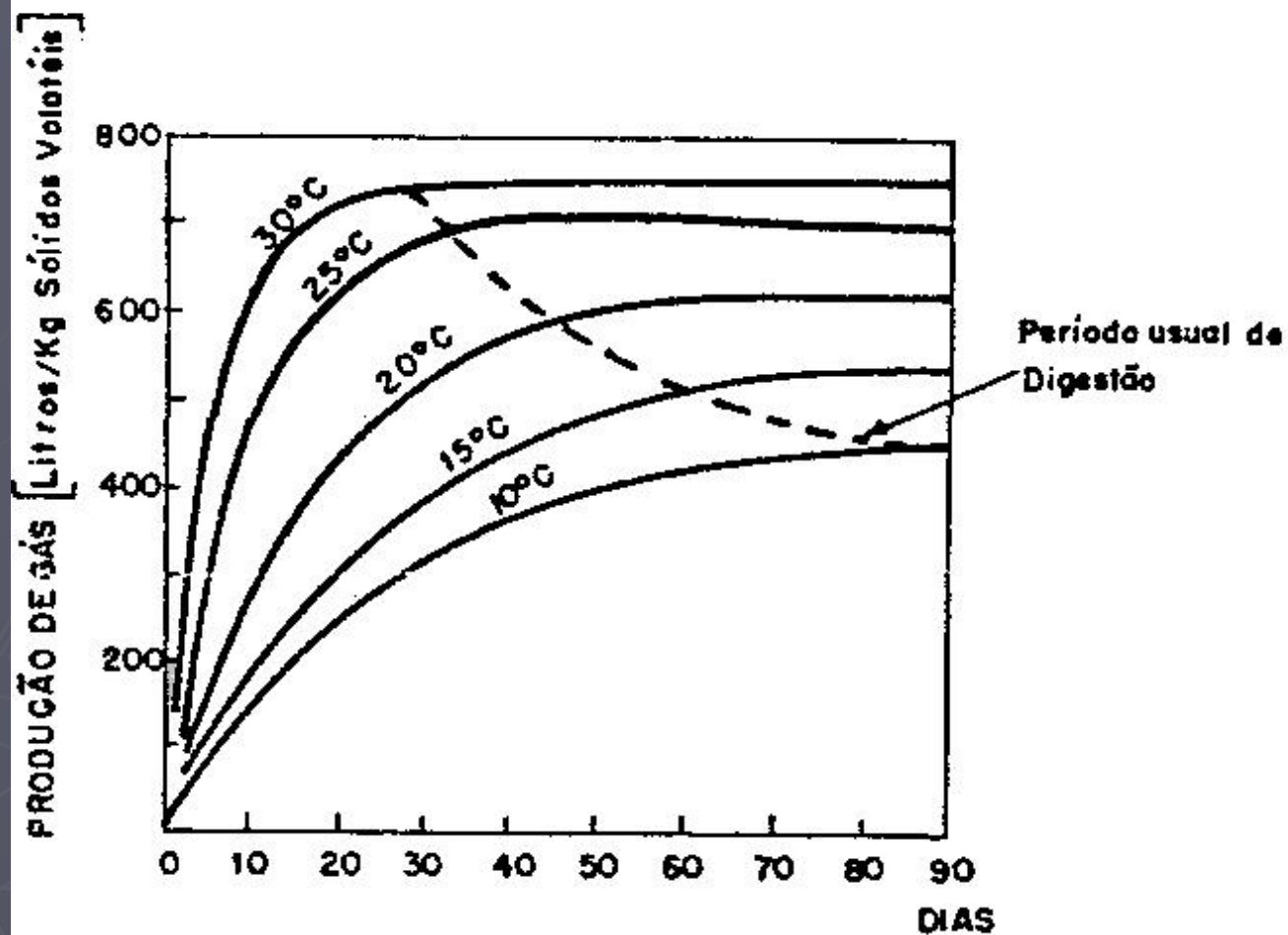


| Ganado  | Biogás de metano<br>(m <sup>3</sup> /cabeza y día) |
|---------|----------------------------------------------------|
| BOVINO  | 0,402                                              |
| OVINO   | 0,066                                              |
| CAPRINO | 0,0726                                             |
| PORCINO | 0,177                                              |
| EQUINO  | 0,6069                                             |
| AVES    | 0,0044                                             |
| CONEJOS | 0,0042                                             |



| Material                    | Produtividade<br>(m <sup>3</sup> /kg) |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| Esterco bovino, fresco      | 0,04                                  |
| Esterco de galinha, seco    | 0,43                                  |
| Esterco suíno, seco         | 0,35                                  |
| Resíduos vegetais           | 0,30                                  |
| Resíduos de matadouro úmido | 0,07                                  |
| lixo                        | 0,05                                  |

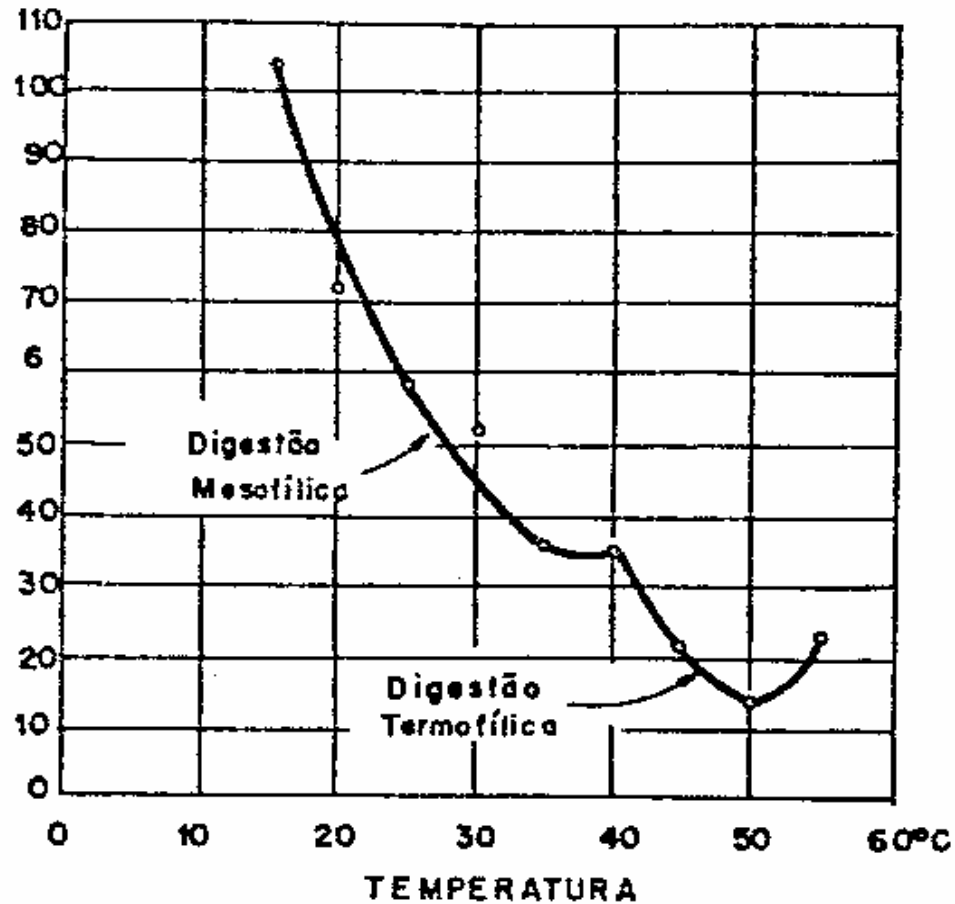




*Produção de gás a diferentes temperaturas*



TEMPO RELATIVO DE DIGESTÃO (% do valor para 15°C)



*Tempo relativo de digestão em função da temperatura*

# Humano e suínos

Comparação das características físico-químicas de efluente sanitário e dejetos de suíno.<sup>2,3</sup>

| Parâmetro                                            | Sanitário         | Suíno |
|------------------------------------------------------|-------------------|-------|
| pH                                                   | 6 – 8             | 7 – 8 |
| DQO (mg L <sup>-1</sup> )                            | 250 – 1000        | 65000 |
| DBO <sub>5</sub> <sup>20</sup> (mg L <sup>-1</sup> ) | 110 – 400 (1,2 %) | 34000 |
| N <sub>NTK</sub> (mg L <sup>-1</sup> )               | 20 – 85 (2 %)     | 4500  |
| P <sub>TOTAL</sub> (mg L <sup>-1</sup> )             | 4 – 15 (1 %)      | 1600  |



2 – METCALF & EDDY, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4th ed. McGraw-Hill, (2003) 1334p.

3 – KUNZ, A.; Tratamento de dejetos de suínos: desafios associados a complexidade da matriz. In: Tecnologias para remoção de nutrientes de dejetos de origem animal. Brasil (2005) p07-11.

# Para quê engenheiro?



# Biodigestores

- ▶ <http://br.youtube.com/watch?v=j0x2Gk9wIQI>
- ▶ [http://www.youtube.com/watch?v=APVD4G\\_rxlk](http://www.youtube.com/watch?v=APVD4G_rxlk)
- ▶ <http://www.youtube.com/watch?v=IUnxnDS1QK0>
- ▶ <http://www.youtube.com/watch?v=IONjhdHu2S4&feature=related>
- ▶ <http://www.youtube.com/watch?v=au6reibasu4&feature=related>
- ▶ <http://www.youtube.com/watch?v=vBKjMIR7R64&feature=related>
- ▶ <http://www.youtube.com/watch?v=6sKvLp66WXE&feature=related>