

Balanço do carbono

Medição das taxas em corpos
d'água

Em reservatórios hidrelétricos a entrada e saída do carbono se dá de tres maneiras

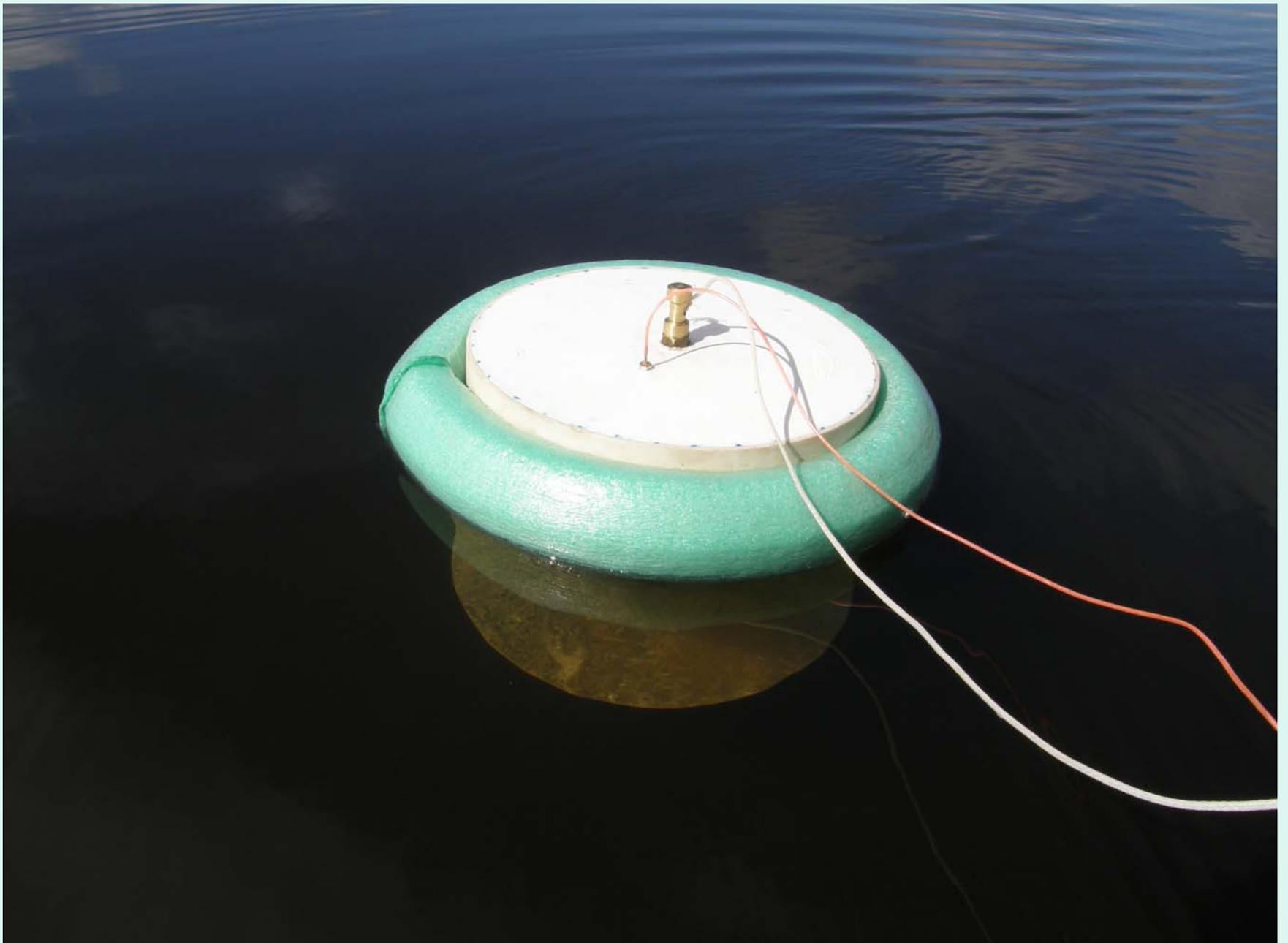
- Troca gasosa do CO_2 e do CH_4 com o ar atmosférico
- Carbono na forma dissolvida ou particulada trazido ou levado pelos afluentes e defluentes
- Sedimentação de material particulado

Troca gasosa com a atmosfera

- A maior parte dos gases CO_2 e CH_4 são gerados no sedimento. Parte deles se dissolve na água e migra até a superfície e emana para o ar, mas outra parte se segrega em bolhas que sobem periodicamente
- Para avaliar a troca gasosa é necessário quantificar tanto a emanação quanto a liberação por bolhas

Quantificação da emanção

- Os gases dissolvidos na água têm tendência a emanar para o ar. Um tipo de câmara, chamada câmara de difusão, pode ser colocada sobre a água, prendendo um volume de ar. Os gases, ao emanarem, ficam no volume de ar e sua taxa de emanção pode ser quantificada.



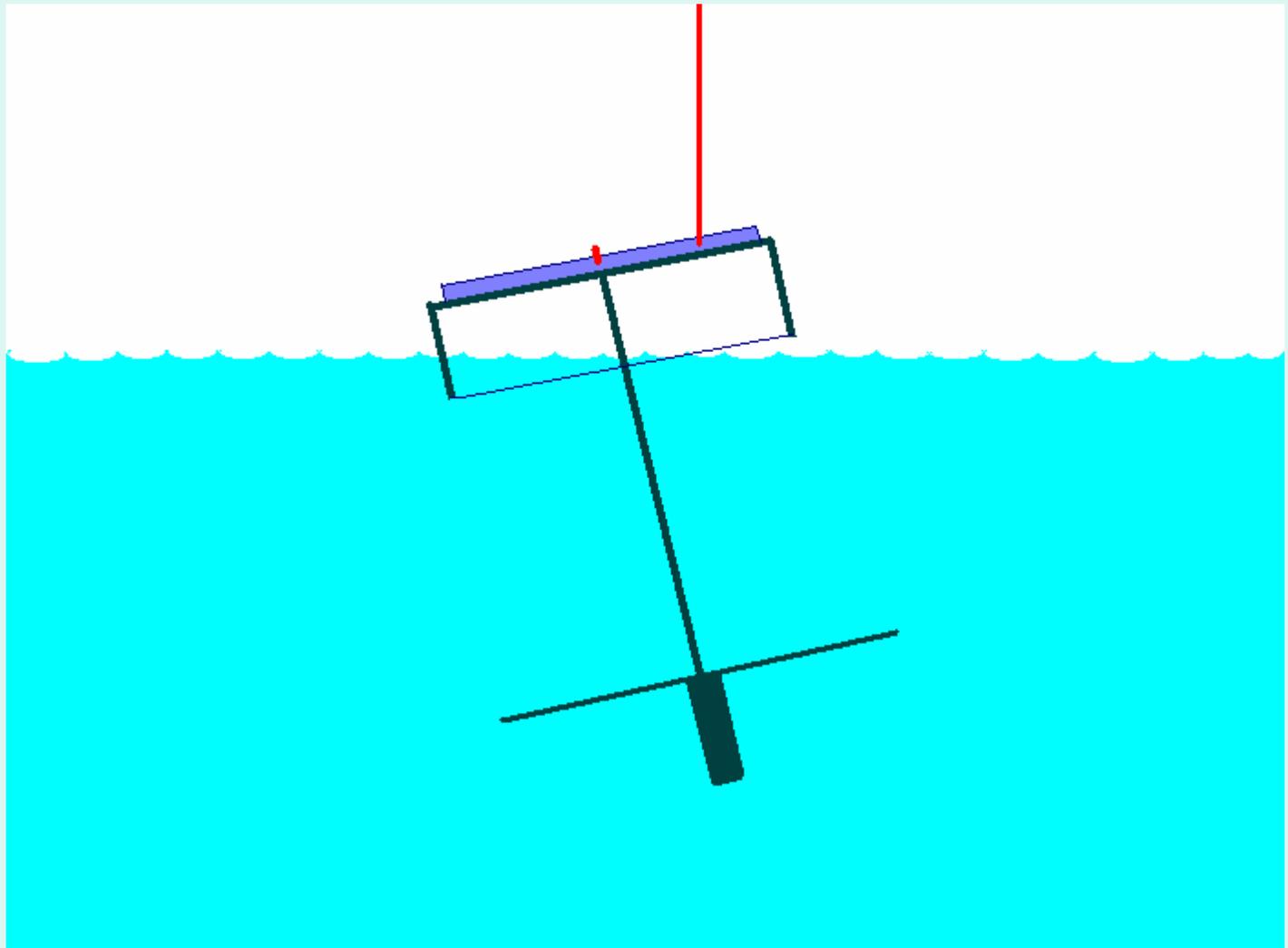
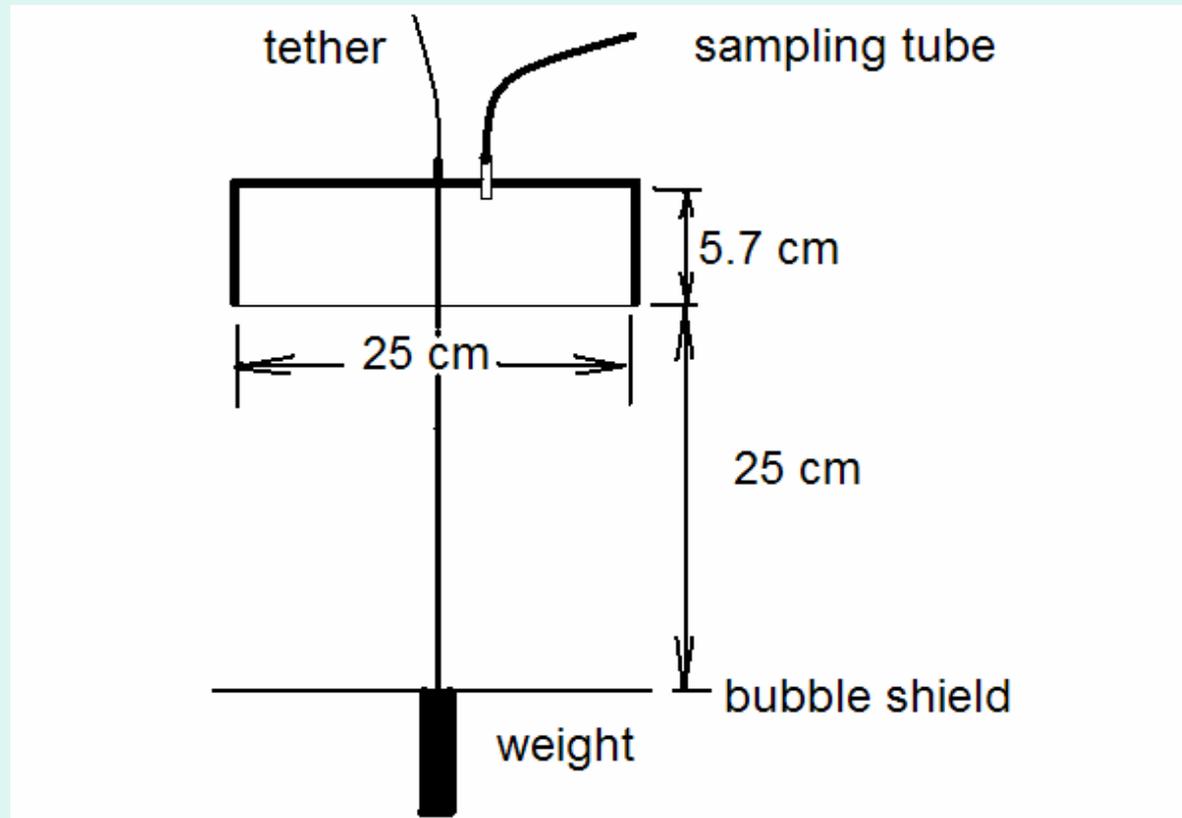
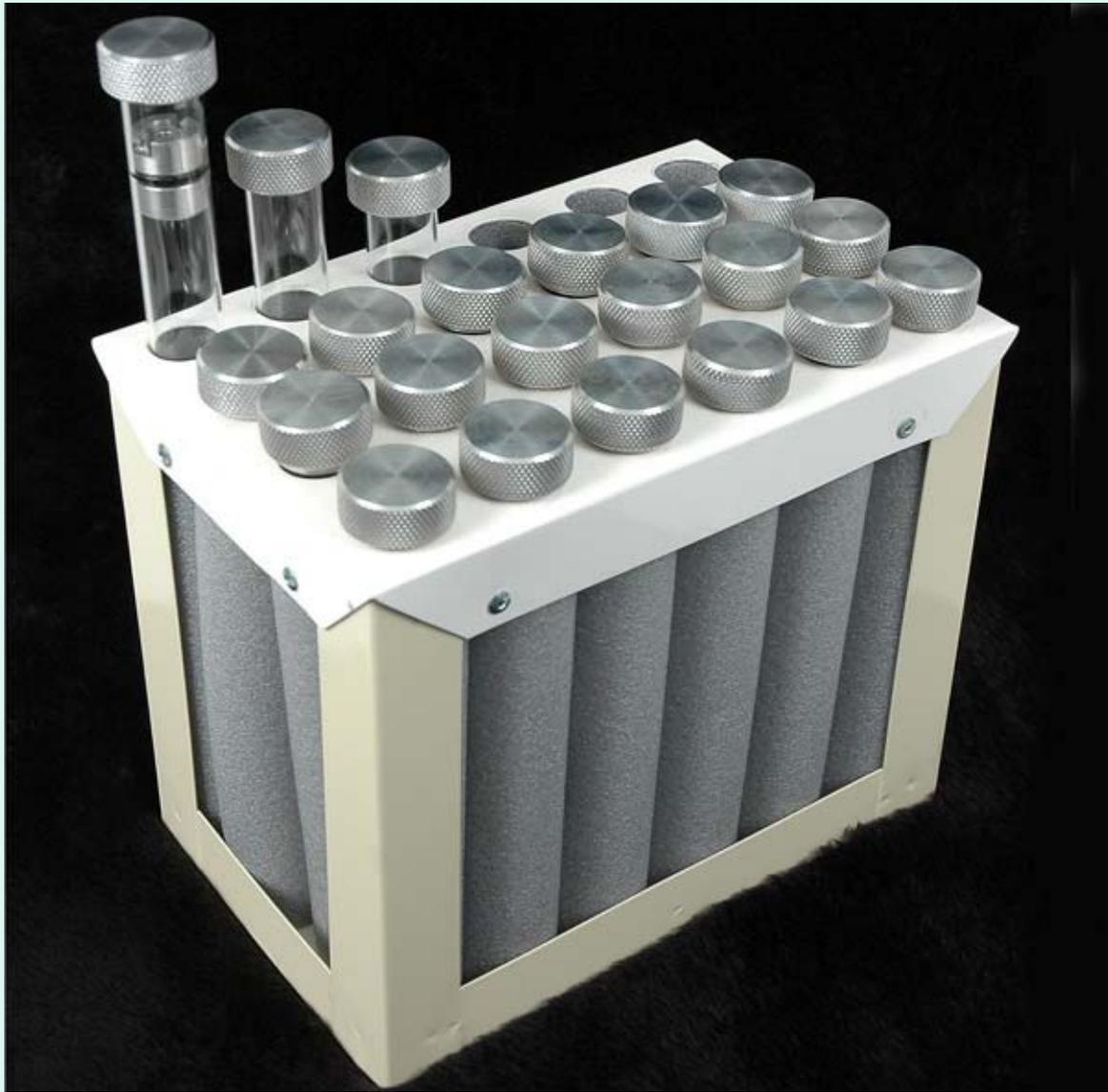
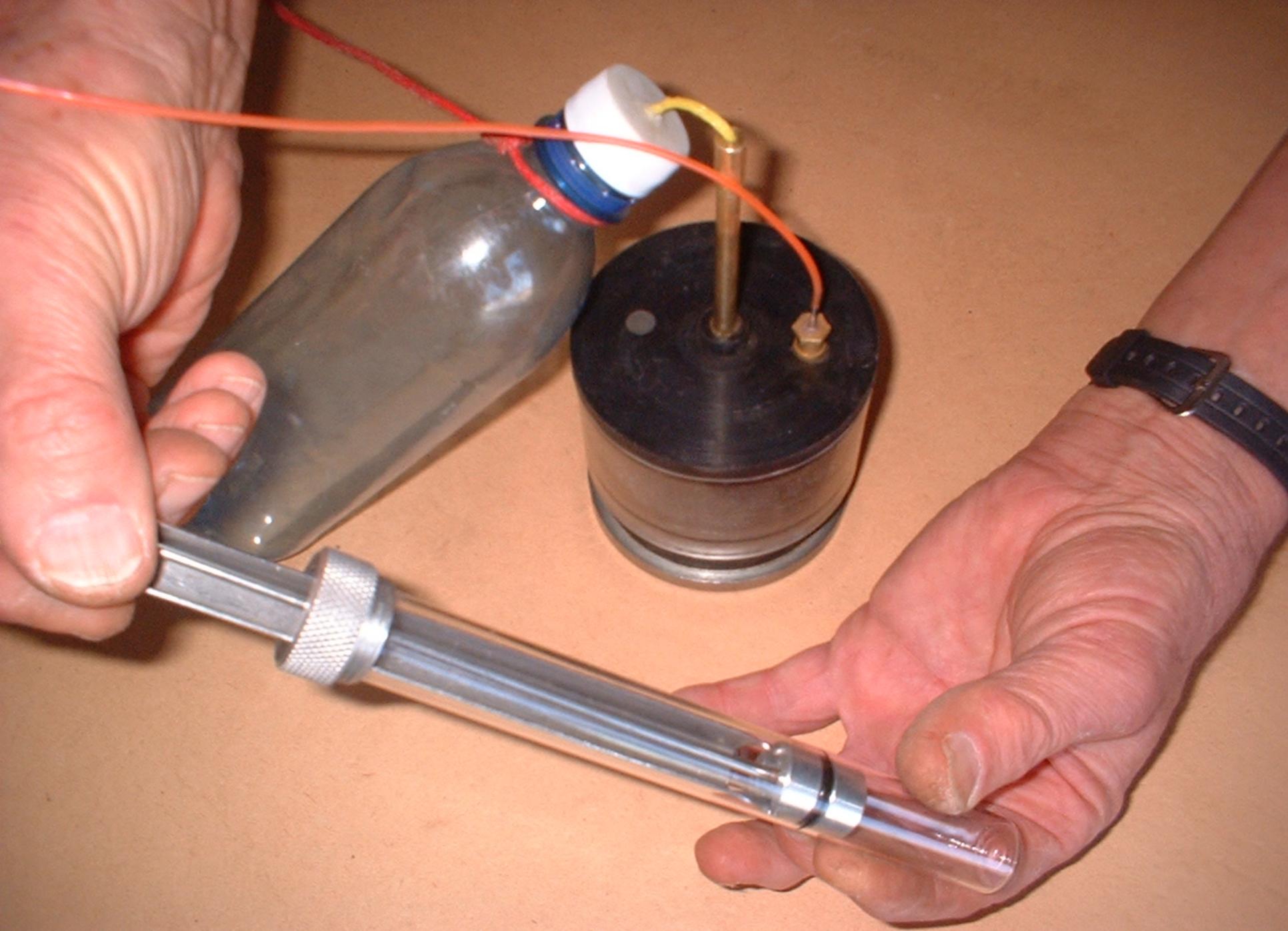


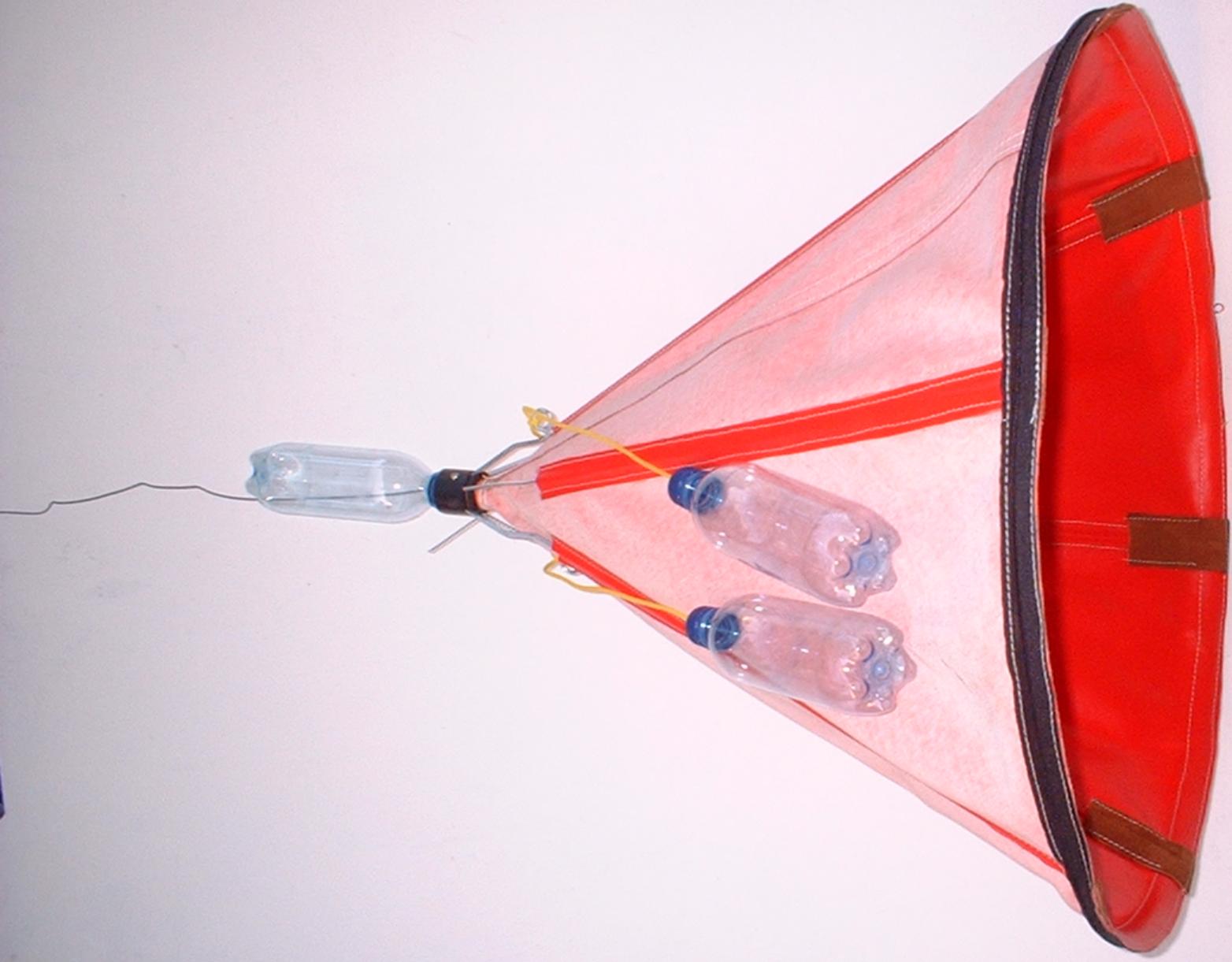
Figure 1









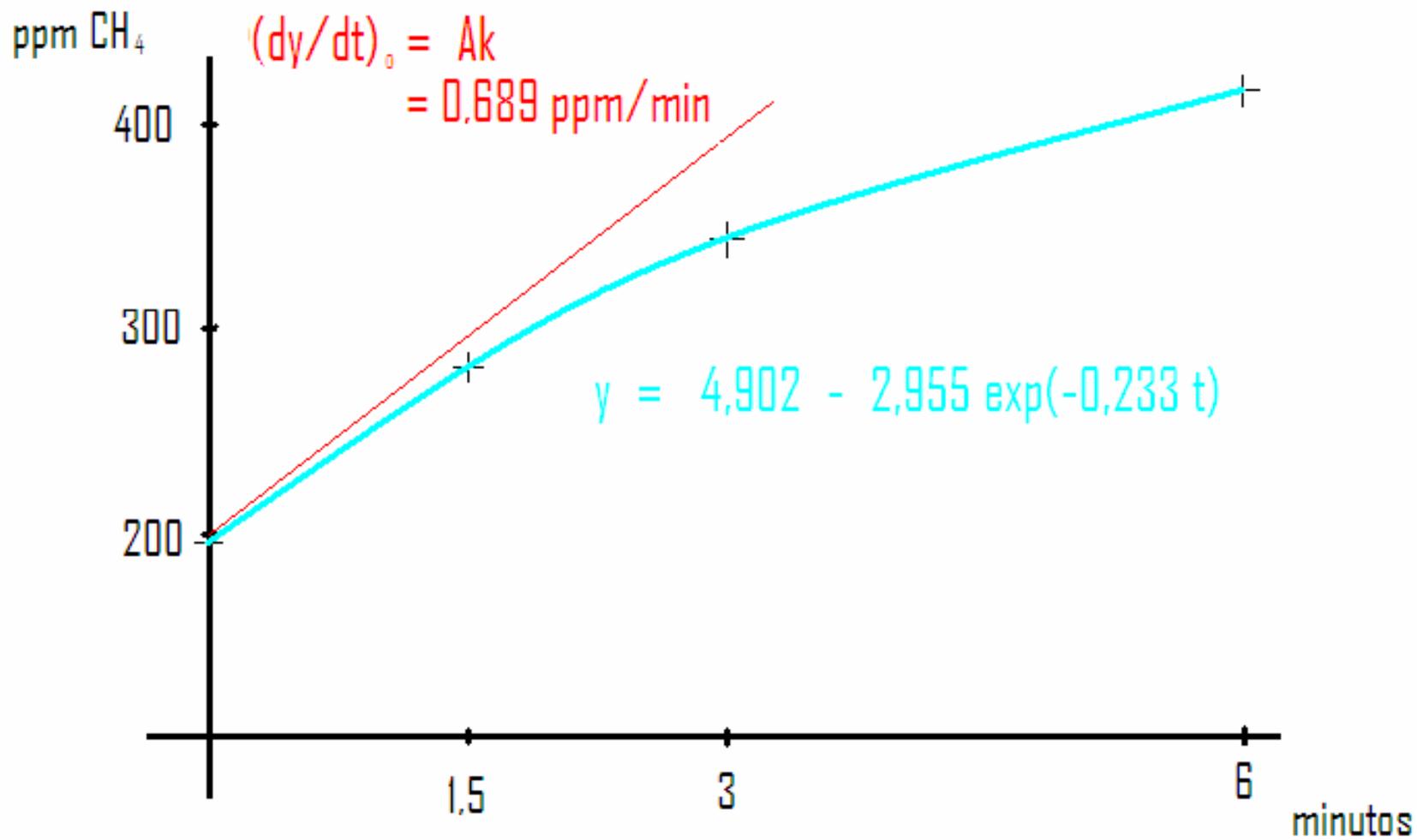




$$y = C + A e^{-k t}$$

Comparação dos valores medidos com a função de ajuste

t tempo, t / minutos	0	1.5	3	6
y, valores medidos	1.95	2.81	3.44	4.17
$y = 4.902 - 2.955 \exp(-0.053 t)$	1.945	2,815	3.429	4.168



- $y = C + A \exp(-k t)$
- $A = -2,955 \quad k = -0,233$
- $y = 4,902 - 2,955 \exp(0,233t)$

- Área S da câmara com diâmetro $\Phi 0,25\text{m}$

$$S = r^2 \pi$$

$$= 0,0491 \text{ m}^2$$

- Volume V da câmara

$$V = 1000 \text{ mL}$$

- Crescimento q da concentração do metano na câmara

$$q = 0,689 \text{ ppm/min}$$

- Taxa específica Q [$\text{mg CH}_4\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$] de liberação de metano

- $q = 0,689$ [ppm min^{-1}]

- $pV = n R T$

$$n = p V / R T; \quad R = 0.0820 \text{ [L atm K}^{-1}\text{mol}^{-1}\text{]}$$

$$T = 300 \text{ K}$$

- Pressão p na altitude h [m anm]

- $h=454$ [m anm] $p = \left(1 - \frac{0,0065h}{288,15}\right)^{5,255} p = 0,95[\text{atm}]$

- $S = 0,0491$ [m^2]

$$Q = \frac{q[\text{ppm} \cdot \text{min}^{-1}] \cdot 10^{-6}[\text{ppm}^{-1}] \cdot V[\text{L}] \cdot p[\text{atm}] \cdot 16[\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}] \cdot 1440[\text{min} \cdot \text{d}^{-1}] \cdot 1000[\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}]}{R[\text{L} \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}] \cdot T[\text{K}] \cdot S[\text{m}^2]}$$

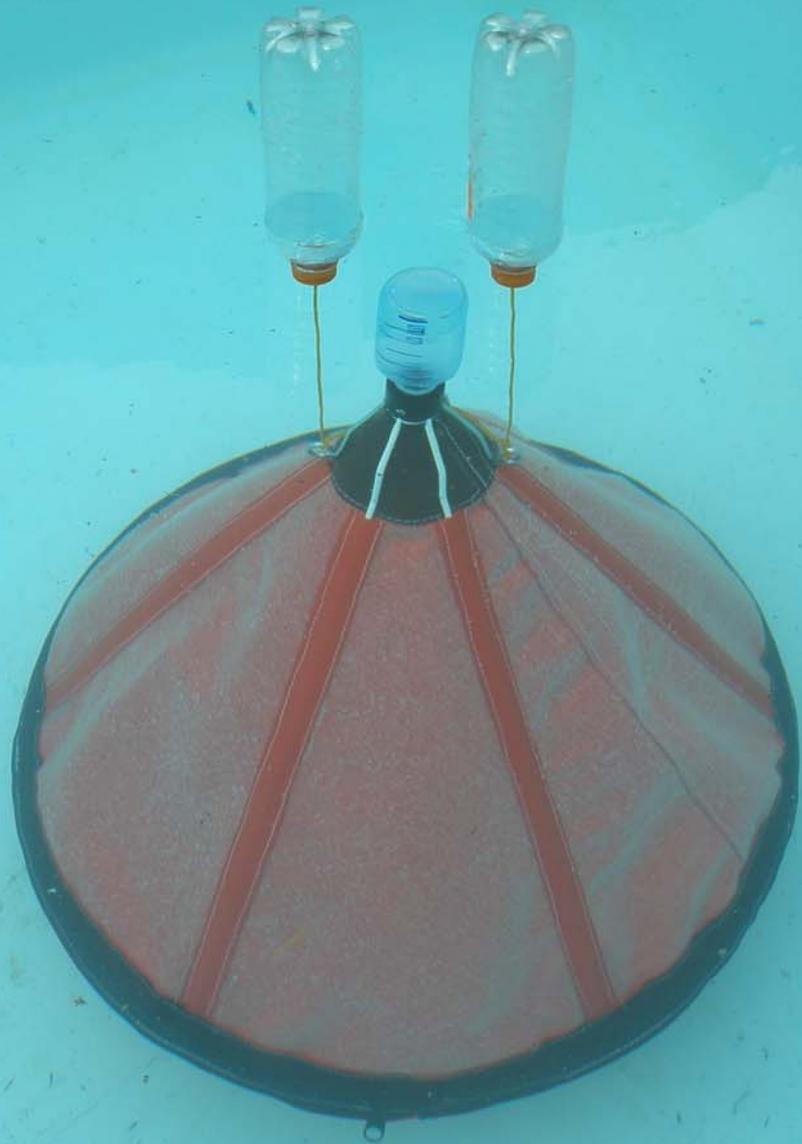
$$q = 12,49 \text{ [mg CH}_4 \text{ m}^{-2}\text{d}^{-1}\text{]}$$

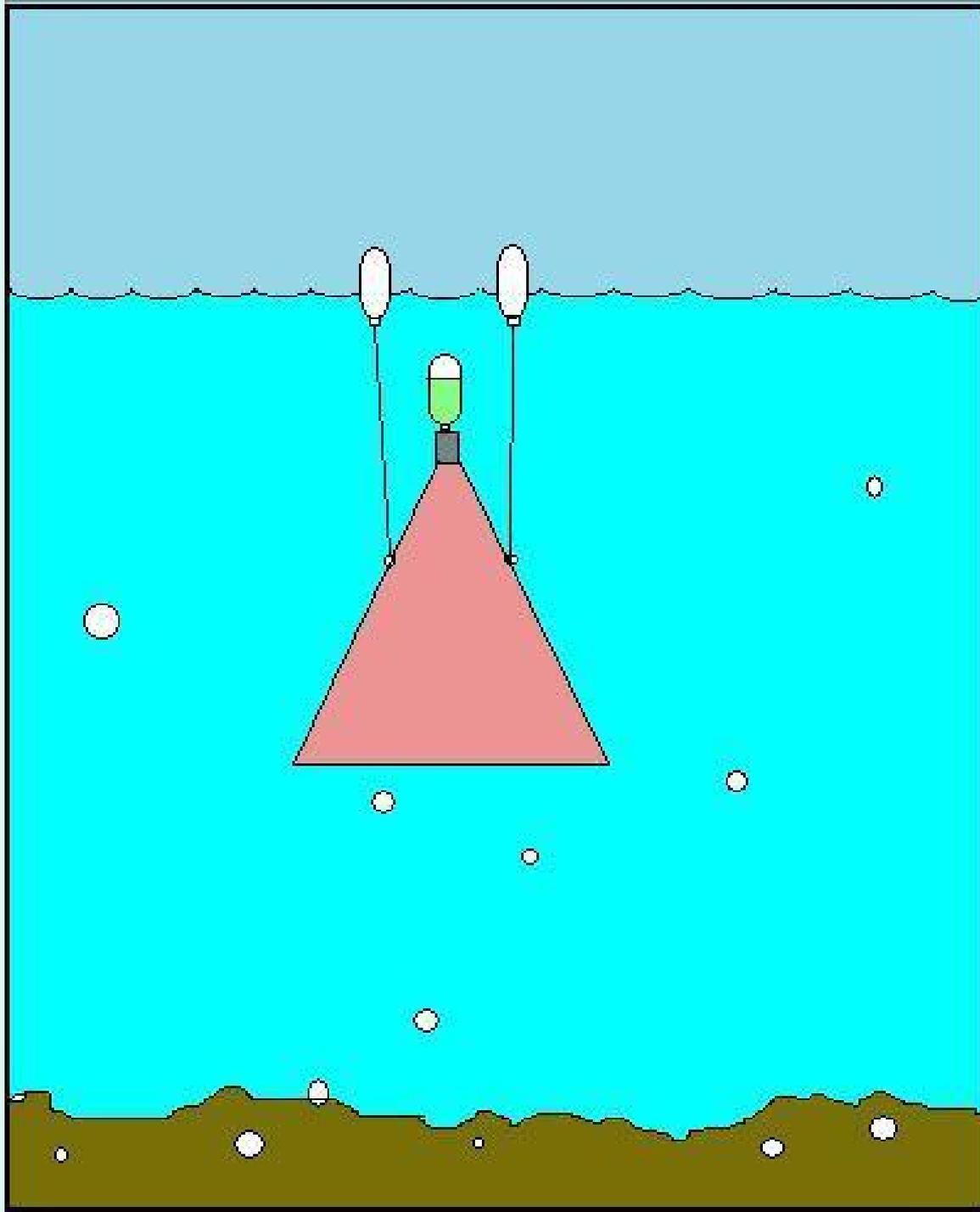
- De modo análogo se determina a taxa de liberação do CO₂

Quantificação da taxa de ebulição









- A ebulição se dá mais intensamente em profundidades pequenas
- Via de regra não ocorre ebulição em profundidades superiores a 30 m
- A instalação de funis para captura de bolhas espontaneamente liberadas é feita em *transsects*
- O esquema de instalação pode ser 3 funis em 5m de profundidade, 2 em 10m e 1 em 20 m
- Tal conjunto de funis é amarrado ao longo de uma corda cujas extremidades se prendem a poitas.
- São deixados no local por 24horas

- Decorridas as 24 horas se recolhe em um único recipiente o gas capturado em cada uma das tres profundidades e se determina o total capturado.
- De cada profundidade é levada ao laboratório uma alíquota, acondicionada em ampola gasométrica
- Feita a análise se calcula quanta massa de metano, por exemplo, foi emitida nas 24 horas em cada profundidade
- Levando se em conta que cada funil tem área de 0,38 m², se calcula quanto metano foi emitido por metro quadrado por dia em cada profundidade.

O conteúdo das bolhas é, tipicamente, 20 a 80% de metano, o restante sendo principalmente nitrogênio proveniente da desnitrificação.

O CO_2 , sendo muito solúvel em água, fica nas bolhas em proporção de ~0,5%

Há nas bolhas ainda pequena proporção de oxigênio, ~2%

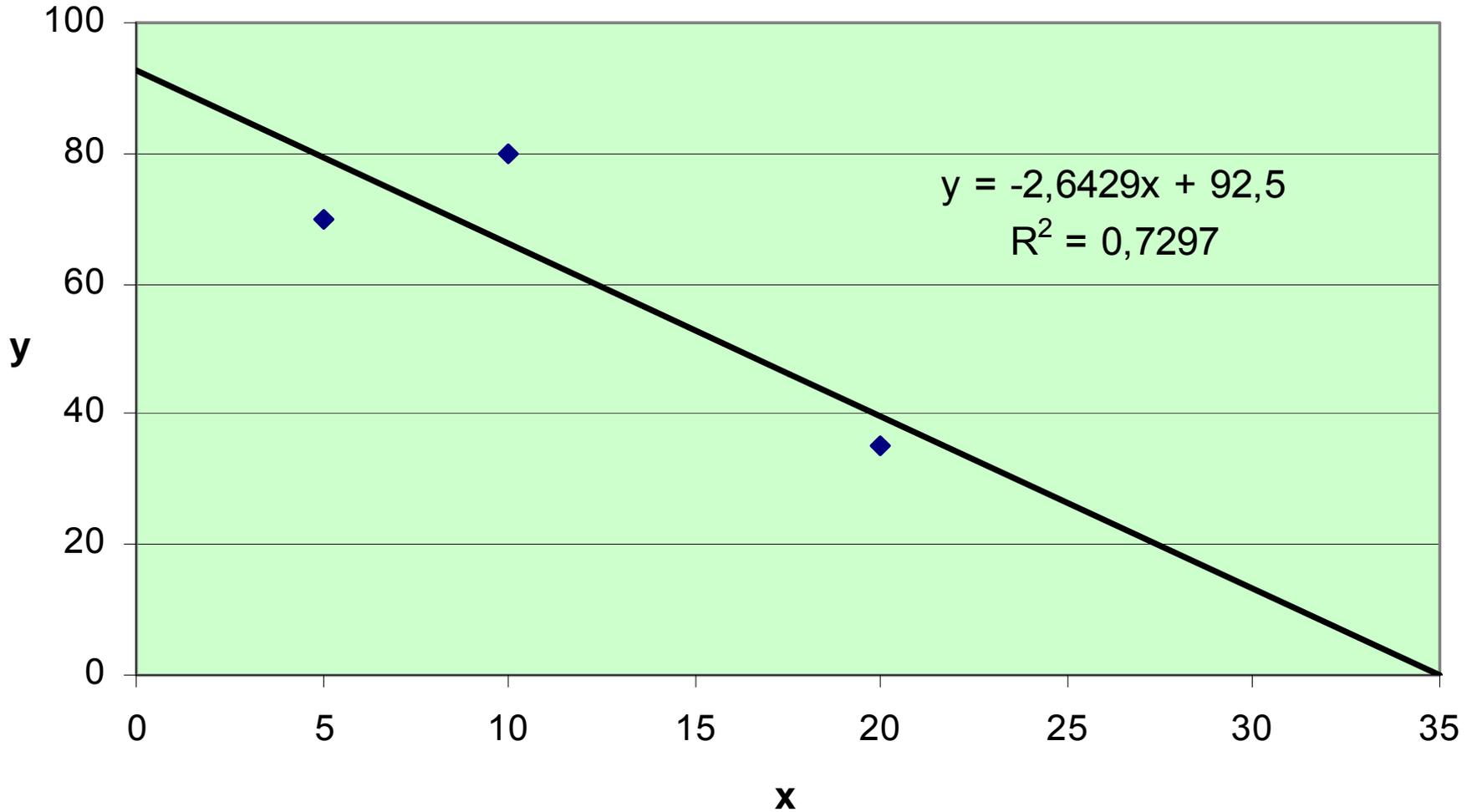
Emissão média, por unidade de área, do lago todo

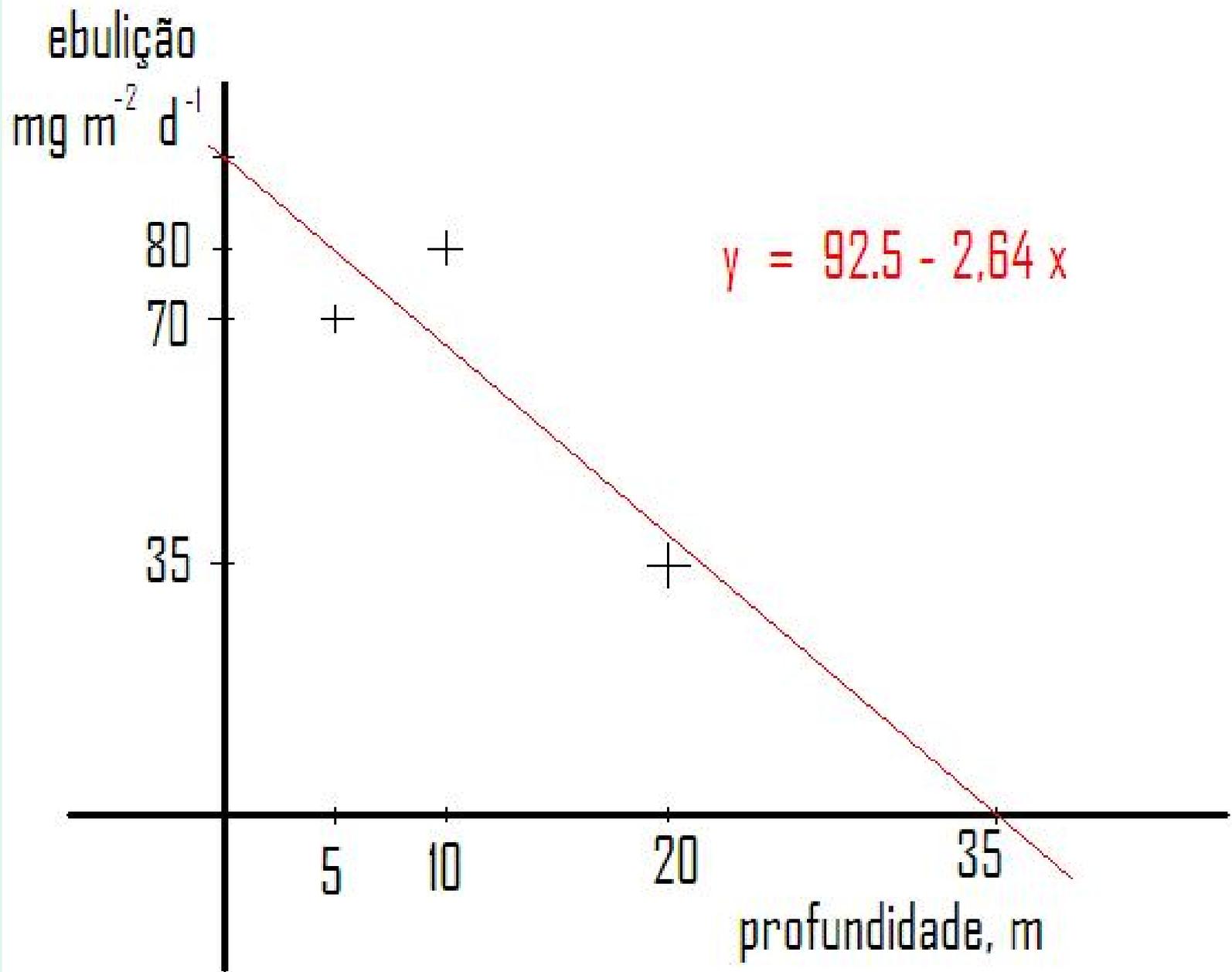
- O procedimento que pode ser seguido é o seguinte:
- Determinação da emissão em ~12 *transsects*, em $\text{mg CH}_4 \text{ m}^{-2}\text{d}^{-1}$ para cada profundidade, e cálculo da média para cada uma das profundidades; a seguinte tabela de médias é típica

Profundidade (x)	5m	10m	20m
mg CH ₄ m ⁻² d ⁻¹ (y)	70	80	35

- Ajustando a melhor reta da emissão y em função da profundidade x se obtém:
- $$y = 92,5 - 2,64x$$
- A reta aponta para a profundidade da qual em diante a ebulição é nula
- $$x = 35,0 \text{ m}$$

y (mg.m⁻².d⁻¹)





- A partir da profundidade de 35 m não há mais ebulição
- Supõe-se, então, que a área que emite bolhas é a faixa ao longo da margem com profundidade até 35 m
- A média M nessa faixa é
- $$M = 92,5 / 2$$
- $$= 46,25 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2}\text{d}^{-1}$$

- Para calcular a emissão média por km quadrado é necessário saber a área da faixa até 35 m de profundidade e a área total do reservatório
- Se essa área até 35m não estiver prontamente disponível se pode obter estimativa a partir da área total e da profundidade na barragem
- O modelo usado é chamado o da “pirâmide invertida

Modelo da pirâmide invertida

Reservatório de Miranda MG

$$A = 57 \text{ km}^2$$

$$H = 60 \text{ m}$$

$$A = c H^2$$

$$c = 0,0158$$

$$H - h = 35 \quad h = 25 \text{ m}$$

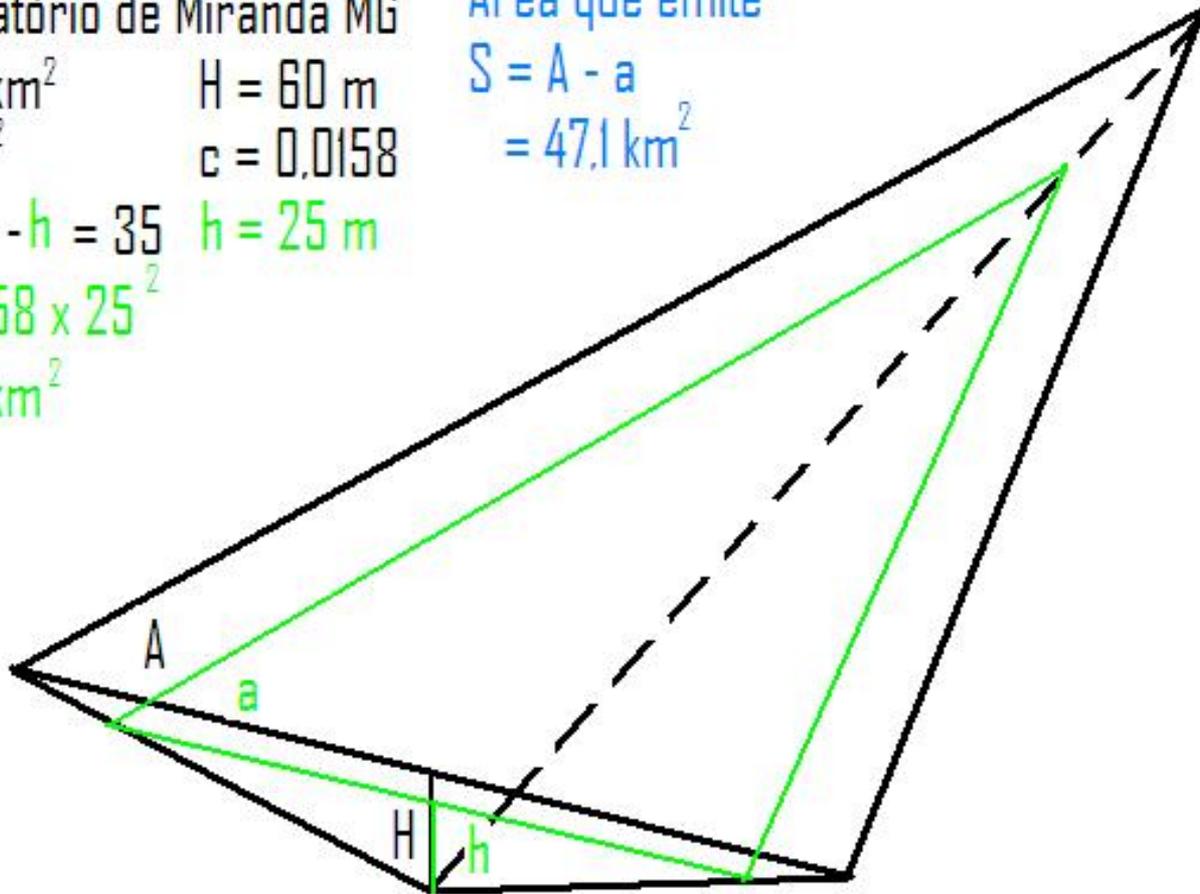
$$a = 0,0158 \times 25^2$$

$$a = 9,9 \text{ km}^2$$

Área que emite

$$S = A - a$$

$$= 47,1 \text{ km}^2$$



Ebulição média do reservatório

- A área que emite é de 47,1 km², sendo nela a emissão de 46,25 mg CH₄ m⁻²d⁻¹
- A média de ebulição m calculada para o reservatório todo é de
- $$m = 46,25 \times 47,1 / 57$$
- $$= 38,2 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2}\text{d}^{-1}$$

Outros fluxos de carbono

- Além das trocas gasosas com a atmosfera ainda há os fluxos de carbono carregado pela água de entrada e saída. Este carbono se quantifica determinando as concentrações de carbono total nestas águas
- Precisa também ser determinado o carbono que sai permanentemente para o sedimento, que é cerca de 5 a 10% do carbono fresco que se sedimenta no fundo do reservatório.

- Nosso grupo tem determinado essa taxa de duas maneiras: usando o silício como traçador ou mediante o isótopo radioativo natural chumbo 210

