

REVISTA DE AGRICULTURA

DIRETORES

Prof. N. Athanassof
Prof. Octavio Domingues
Prof. S. T. Piza Junior
Prof. Carlos T. Mendes
Prof. Ph. W. C. Vasconcellos

Publicação bi-mensal de ensinamento teórico e prático

Vol. 20

Janeiro - Fevereiro - 1945

N. 1-2

METABOLIMETRIA INDIRETA

Milton de Souza Piza

Prof. Cat. de Zootecnia Geral, Genética Animal
e Bromatologia da Fac. Med. Veterinária da
Universidade de São Paulo

METABOLISMO BASAL

Achamos conveniente, por uma questão meramente pedagógica, começar com uma sucinta descrição do aparelho de Benedict, de metabolimetria indireta, que dará ao leitor conhecimentos que facilitarão mais tarde a compreensão do assunto.

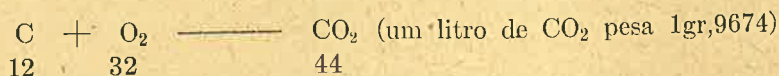
Um litro de oxigênio assimilado pelo organismo corresponde à produção de 4,825 Cal. (grandes calorias), portanto, 207,2 cc de oxigênio assimilados corresponderão a 1 Cal. e 20,72 a 0,1 (um décimo) de Cal.

1000 cc O ₂ (760 mm de Hg e 0° C) . . .	4,825 Cal
207,2" " " " " " " . . .	1,000 "
20,72 " " " " " " " . . .	0,100 " (um décimo)

Construindo-se um aparelho para medir a quantidade de oxigênio assimilado num determinado tempo, poder-se-á saber a quantidade de calorías que o organismo animal produziu nesse mesmo tempo. Por se determinar **indiretamente** a quanti-

dade de calorías produzidas pelo organismo, pela quantidade de oxigênio consumido, o processo que vamos descrever é um processo de **metabolimetria indireta**.

É preciso notar, antes de tudo, que um litro de anidrido carbônico contém, em pêso, a quantidade de oxigênio correspondente a um litro.



$$\frac{1,9674 \times 32}{44} = 1,4290 \text{ (um litro de O}_2 \text{ pesa 1gr,4289)}$$

Isto quer dizer que um litro de oxigênio assimilado pode dar um litro de anidrido carbônico, sem que haja um excesso de produção de gás. É um dos interessantes equilíbrios que permitem a vida dos animais.

As funções termorreguladoras defendem o organismo contra elevação e baixa excessivas de temperatura e, de um modo geral, a cessão de calor será tanto maior, quanto maior fôr a quantidade de oxigênio assimilado.

Quando o indivíduo está em completo repouso, tendo recebido a última refeição quase isenta de proteínas, há mais de doze horas, sem sentir calor nem frio (neutralidade térmica), o organismo funciona apenas para manter um estado de vida, por assim dizer, vegetativo, com um mínimo de esforço. O metabolismo nestas condições é o metabolismo de base ou **metabolismo basal**.

Se é muito difícil, quando se trata do homem, saber se as suas condições foram boas durante tóda a operação de metabolimetria, para os animais é ainda mais difícil. Não se pode saber se o animal está calmo, como também é muito difícil conhecer o estado de neutralidade térmica. O conhecimento do ritmo cardíaco e respiratório dão indicações preciosas sôbre o estado do indivíduo durante a experiência.

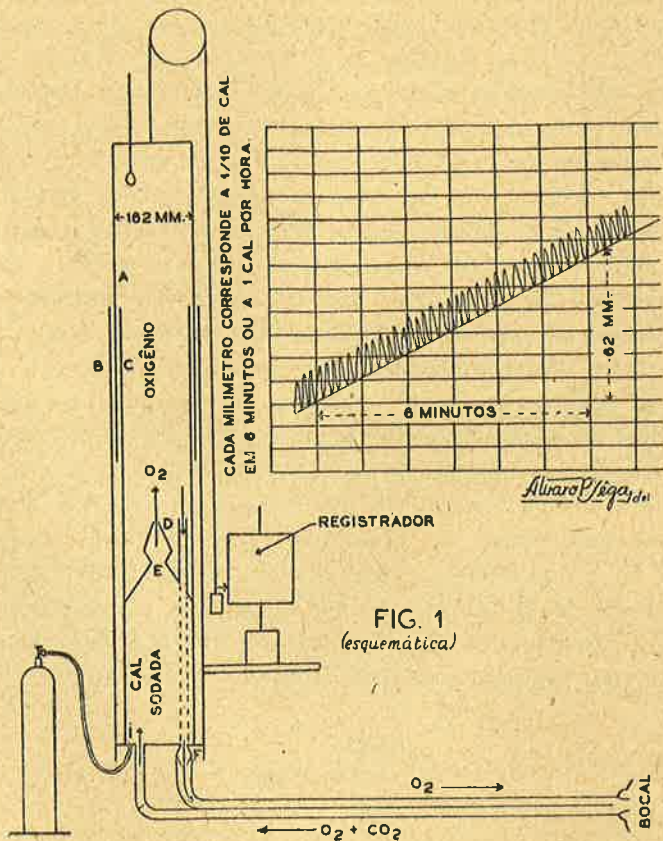
Sabendo-se que a perda de calor por quilo e por hora varia com o tamanho do animal, ao passo que a perda por unidade de superfície corporal (metro quadrado) é por hora aproximadamente a mesma, estando os indivíduos nas mesmas condições de alimentação e de ambiente, resolveu-se tomar como unidade a perda de calor por metro quadrado e por hora. A demonstração do que acabamos de dizer pode ser conhecida num artigo que escrevemos em número anterior desta Revista.

A unidade de metabolismo basal é, portanto, a **quantidade de calor cedida pelo organismo e correspondente a um metro quadrado de superfície corporal, estando o animal em jejum, completo repouso e neutralidade térmica**. Embora nem todo o calor seja cedido pela pele, tomou-se o quociente do calor total cedido pelo corpo expresso em grandes calorías, pela superfície do corpo expressa em metros quadrados, como unidade. Assim, um homem de 70 quilos de peso e de 1,70 de altura, terá 1m²,55 (um metro quadrado e cinquenta e cinco decímetros quadrados) de superfície corporal (pelo gráfico de Janet). A unidade de seu metabolismo basal (MB) será, para uma perda de 61 Cal.,225, de 39 Cal.,50. Por simplificação passou-se a chamar de MB a unidade de metabolismo basal; assim, 39 Cal., 50 será o MB do homem considerado.

$$\frac{61,225}{1,55} = 39,5$$

Dadas estas noções indispensáveis, passemos ao estudo do aparelho Benedict, que foi construído para medir a quantidade de oxigênio assimilado num determinado tempo.

Neste aparelho o indivíduo inspira oxigênio puro e expira para dentro do mesmo uma mistura de oxigênio e anidrido carbônico; não é possível fazer com que o indivíduo respire oxigênio puro durante uma hora, por motivos de ordem fisiológica e técnica, razão pela qual o tempo foi diminuído para um décimo da hora, ou seja, para seis minutos. Isto quer dizer que 20cc,72 de oxigênio assimilados em seis minutos, corresponderiam a 207cc,2 em uma hora.



O aparelho para isso construído consta de um cilindro emborcado *a* que entra no espaço existente entre outros dois cilindros *b* e *c*. O cilindro *a* é móvel e seus movimentos transmitem-se a uma agulha marcadora que está em contato com um papel enrolado num tambor que é movido por um dispositivo de relojoaria. Entre os dois cilindros *b* e *c* há água para impedir comunicação entre o interior do aparelho e o ar exterior, e, também, possibilitar a subida e a descida do cilindro *a*, que é o cilindro medidor. Cada milímetro de altura do cilindro *a* cor-

responde a 20cc,72 de capacidade e, por isso, podemos calcular o seu diâmetro interno do seguinte modo:

$$0m,001 \times \frac{VD^2}{4} = 0m^3,000020720$$

$$D = \sqrt{\frac{0,000020720 \times 4}{0,001 \times 3,1416}} = 0m,162 \text{ ou } 162 \text{ milímetros}$$

Dentro do cilindro *c* há um depósito de cal sodada *e*. As válvulas *d* e *f*, feitas de tubo de borracha achatados nas extremidades indicadas, só permitem a passagem de gás nos sentidos dados pelas setas. Para se pôr o aparelho em condições de funcionar baixa-se ao máximo o cilindro *a* e prende-se com a mão nessa posição; faz-se entrar o oxigênio contido num pequeno torpedo, pela torneira *i*. O gás encherá todo o recipiente e começará a sair pela válvula *f*. Quando isso se der, solta-se o balão, que começa a subir até atingir a posição indicada da Fig. 1. Neste ponto fecha-se o torpedo.

Quando o individuo começar a respirar ligado ao aparelho (deve sempre começar por uma inspiração), ele receberá em seus pulmões o oxigênio contido no balão medidor e em cada expiração ele comprimirá para dentro do cilindro, através da cal sodada, a mistura de anidrido carbônico e oxigênio que sai dos pulmões. O anidrido carbônico fica retido pela cal sodada e somente o oxigênio que não foi assimilado voltará ao cilindro medidor *a*.

Acontece que, em sucessivas respirações, uma certa quantidade de oxigênio, que veio do cilindro medidor *a* aos pulmões, não volta mais ao mesmo cilindro *a*, porque foi transformada em CO₂ pelo organismo e ficou retida pela cal sodada. Em cada respiração desaparece, portanto, uma certa quantidade de oxigênio do cilindro *a*, de modo que o cilindro baixa um pouco em cada respiração. Isto quer dizer que cada vez que ele sobe e desce ele volta a um ponto um pouco mais alto que o da partida anterior (quando o cilindro *a* desce, a agulha marcadora sobe). Ver o gráfico junto à figura 1.

As sucessivas inspirações e expirações durante os seis minutos, um décimo da hora, darão, em leitura direta, o número de calorías que seriam cedidas pelo organismo em uma hora.

1 mm corresponde a 20cc,72 de O₂ em seis minutos
 " " " " 207cc,2 " " " 60 "

Por exemplo:

62mm correspondem a 62 x 207cc,2 em sessenta minutos ou a 63 Cal. por hora.

Para um homem de um metro e setenta centímetros de altura e setenta quilos de pêso (como já vimos) a superfície é de 1m²,55 e teremos:

$62 \div 1,55 = 39,5$ Cal. por metro quadrado e por hora (MB).

Até aqui tivemos como única preocupação mostrar o funcionamento do aparelho; quando em trabalho é preciso passar tôdas as medidas feitas para 760 mm. de Hg e O°C., antes e depois de cada medida.

Para evitar o cálculo já existem gráfico e tabelas de duas entradas.

No gráfico vemos que foi desprezada uma pequena parte anterior e posterior aos seis minutos, para ser tomada a parte mais perfeita. São minúcias muito úteis para quem se dedica a este gênero de pesquisas.

O processo indireto se aproxima muito, quanto aos resultados, do processo direto, em que o individuo fica dentro de um calorímetro.

Existem aparelhos de metabolimetria indireta em que o paciente é posto dentro do aparelho.

Os aparelhos deste tipo, de circuito fechado, têm, como parte principal, uma câmara indeformável para as pressões em que trabalha. Uma bomba mantém o ar em circulação. A quantidade de anidrido carbônico formado e de oxigênio absorvido durante a experiência pode ser determinada.

A relação em volume dada pelo anidrido carbônico formado e pelo oxigênio absorvido pelo individuo, chama-se **quociente respiratório individual (QRI)**. Por exemplo:

$$\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2} = \frac{4,5}{5} = 0,90$$

quer dizer que o quociente respiratório individual é de 90 centésimos. Como já vimos, um litro de CO₂ contém um litro de O₂.

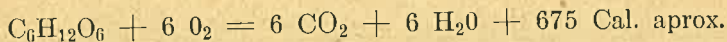
Existem aparelhos, tanto de câmara como portáteis, de circuito aberto, isto é, em que, por um sistema especial de válvulas, o ar é inspirado diretamente da atmosfera e os gases da respiração são encaminhados para depósito donde podem ser retiradas amostras. As análises do ar feitas antes de entrar para os pulmões e depois de sair dão o Q.R.I.

Para experiências com pessoas e animais que trabalham no campo existem, para coletar a mistura de gases que sai dos pulmões, sacos impermeáveis. Tanto o ar atmosférico como o produto da respiração são medidos e analisados para se poder determinar o Q.R.

.....

Vamos agora saber porque foi tomada a quantidade de 4 Cal,825 para um litro de oxigênio assimilado. Começemos pelo cálculo do **quociente térmico** do oxigênio, isto é, o calor expresso em grandes calorias, produzido por um litro de oxigênio quando produz combustão do alimento considerado e o quociente respiratório dos principais componentes dos alimentos, isto é, a relação entre o anidrido carbônico e o oxigênio que se formam durante a combustão de cada elemento no organismo. O QR permite-nos saber a quantidade e a qualidade dos elementos metabolizados pelo organismo, o que pretendemos demonstrar por esta parte deste artigo.

Tomando-se um monossacarídeo temos:



$$\text{QR} = \frac{6 \text{ mol. CO}_2}{6 \text{ mol. O}_2} = \frac{6 \text{ vol. CO}_2}{6 \text{ vol. O}_2} = 1$$

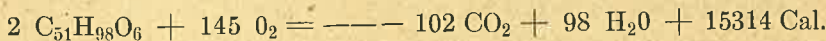
O volume molecular de qualquer gás perfeito é 22,4 litros

nas condições de pressão e temperatura universalmente adotadas. Para oxidar uma molécula do monossacarídeo acima foram necessários 6 O₂, ou 6 x 22,4 = 134,4 litros de oxigênio. O quociente de 675 ÷ 134,4 é o número de calorias correspondente a um litro de oxigênio.

$$\frac{675}{6 \times 22,4} = \frac{675}{134,4} = 5,02 \text{ Cal.}$$

que é o quociente térmico do oxigênio quando queima o monossacarídeo dado.

Para a tripalmitina temos:



$$\text{QR} = \frac{102}{145} = 0,70$$

O QT para o oxigênio será:

$$\frac{15314}{22,4 \times 145} = 4,71$$

Para as proteínas é preciso fazer os seguintes cálculos, baseados no balanço dado pelos elementos que constituem a proteína, a urina e os excrementos, isto é, no balanço entre o que entra e sai do organismo. Isto porque uma parte da proteína é rejeitada sem ser oxidada.

O balanço é o seguinte:

Para 100 gramos de uma determinada proteína

Em gramos	C	H	O	Az	S
Composição elementar da proteína	52,38	7,28	22,67	16,65	1,02
Composição da urina e das feses	10,88	2,88	14,97	16,65	1,02
	41,50	4,40	7,70	0,00	0,00

O primeiro cálculo que temos de fazer é o da quantidade de oxigênio necessária para oxidação do carbono e do hidrogênio, levando em conta somente o oxigênio que vem de fora para a oxidação. Assim, temos:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{C} & & \text{O}_2 & & \text{C} & & \\ 12 & : & 32 & :: & 41,5 & : & x \quad x = 110,7 \text{ grs.} \end{array}$$

$$\begin{array}{ccccccc} \text{H}_2 & & \text{O} & & \text{H} & & \\ 2 & : & 16 & :: & 4,4 & : & x \quad x = \frac{35,2 \text{ grs.}}{145,9} \end{array}$$

Oxigênio retido com a parte que foi absorvida pelo organismo, que não provém do ar respirado	7,7
	138,2

Outro cálculo é o da quantidade de anidrido carbônico produzido pela oxidação das 41 grs.,50 de carbono da parte absorvida pelo organismo, que é:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{C} & & \text{CO}_2 & & & & \\ 12 & : & 44 & :: & 41,5 & : & x \quad x = 152\text{grs},2 \text{ de CO}_2 \\ & & & & 152,2 \div 44 = & & 3,46 \text{ moles de CO}_2 \end{array}$$

Do cálculo anterior temos:

$$\begin{aligned} 138,2 \div 32 &= 4,32 \text{ moles de O}_2 \\ \text{QR} &= 3,46 \div 4,32 = 0,80 \end{aligned}$$

O calor produzido pelas 100 grs. de proteína tomadas foi de 410 Cal.

$$\text{QT} = \frac{410}{4,32 \times 22,4} = 4,24$$

Em média tomam-se os seguintes quocientes térmicos para o oxigênio:

Hidratos de carbono	5,05 Cal.
Gorduras	4,69 ”
Proteínas	4,49 ”

Nesta última parte vamos estudar todos os elementos necessários ao cálculo de metabolimetria indireta. É preciso em primeiro lugar calcular o quociente respiratório não protéico do indivíduo, isto é, a relação entre o anidrido carbônico formado no seu organismo e o oxigênio absorvido, para oxidação das gorduras e dos hidratos de carbono.

Na composição média das proteínas o azoto entra com 16% bastando, portanto, multiplicar a quantidade de azoto de sua análise por 6,25 para se achar a quantidade das proteínas.

Pelos cálculos feitos logo atrás, podemos calcular quantas calorias, quanto de oxigênio e quanto de anidrido carbônico correspondem a um gramo de azoto assimilado; fazendo os cálculos para 6,25 de proteína **que deve conter um gramo de azoto:**

Proteína	Correspondência		
	a 1 gr. de		
	Az		
100 : 410 ::	6,25	: x	x = 25,625 Cal.
100 : 138,2 ::	6,25	: x	x = 8,637 Oxigênio
100 : 152,2 ::	6,25	: x	x = 9,512 Anid. carb.

Os dados de SCHMIDT e ALLEN (3) são os seguintes:

26,500 calorias
8,490 oxigênio
9,350 anidrido carbônico.

Os dados abaixo, que SCHMIDT e ALLEN tomaram de RICHARDSON e LADD, vão servir de base para o nosso raciocínio:

Azoto total da urina	0,202	} Em gramos e por hora, por indivíduo
Anidrido carbônico excretado	16,290	
Oxigênio consumido	16,000	

Multiplicando a quantidade de azoto excretado pelos rins pelo número das calorias e pela quantidade de oxigênio e anidrido carbônico teremos os resultados referentes às proteínas, que são:

$$\begin{aligned}
 26,5 \times 0,202 &= 5,35 \text{ Cal.} \\
 9,35 \times 0,202 &= 1,89 \text{ grs. de CO}_2 \\
 8,49 \times 0,202 &= 1,71 \text{ ,, ,, O}_2
 \end{aligned}$$

Subtraindo estas quantidades referentes às proteínas das quantidades dadas por RICHARDSON e LADD, temos:

$$\begin{aligned}
 16,290 - 1,89 &= 14,400 \text{ CO}_2 \text{ produzido por elementos não protéicos} \\
 16,000 - 1,71 &= 14,29 \text{ O}_2 \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad \text{,,} \quad \text{,,}
 \end{aligned}$$

Para calcular o número de litros de anidrido carbônico e oxigênio produzidos pelos elementos não protéicos, procedemos como segue:

$$\begin{aligned}
 \frac{14,400}{44} \times 22,4 &= 7,3 \text{ litros de CO}_2 \\
 \frac{14,29}{32} \times 22,4 &= 10,0 \text{ litros de O}_2
 \end{aligned}$$

$$\text{QR (não protéico)} = 7,3 \div 10 = 0,73$$

Este é o quociente respiratório referente às substâncias não protéicas.

Por um cálculo simples que fizemos determina-se a parte que cada um dos dois tipos de substâncias não protéicas, gorduras e hidratos de carbono, tomam na produção, tendo em vista que o QR é 0,707 se a relação entre a quantidade de gorduras e hidratos de carbono é de 100 para 1 e, também, que o QR é 1,00 se a relação entre as gorduras e os hidratos de carbono é de 1 para 100.

Copiámos cinco parcelas da tabela de ZUNT e SCHUMBURG, modificada mais tarde por LUSK, em que achámos a quantidade de gorduras e hidratos de carbono gasta, uma vez conhecido o quociente respiratório individual.

Tendo à vista a figura n.º 2, passemos aos cálculos.

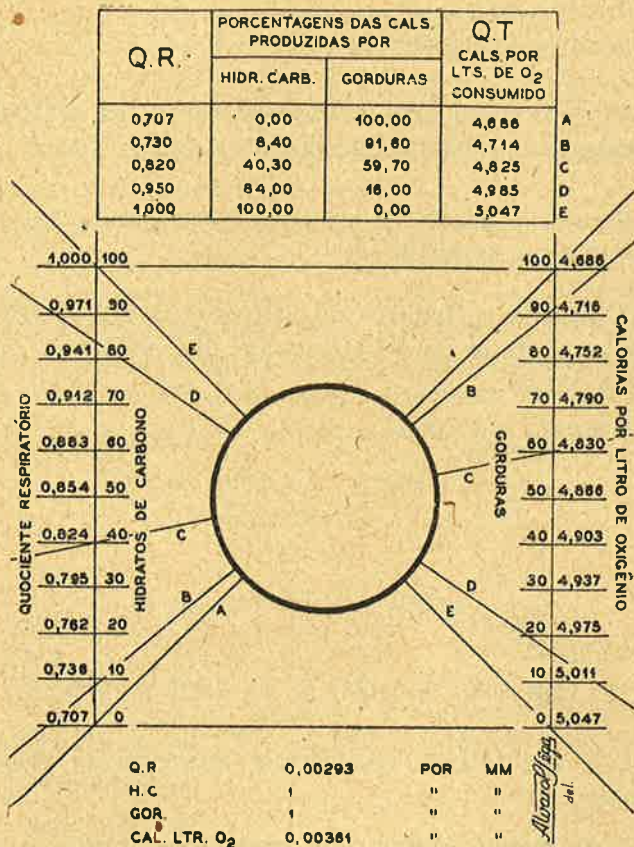


FIG 2

No quadro há quatro colunas. A coluna encimada por Q R representa a relação entre o anidrido carbônico produzido e o oxigênio consumido pelos hidratos de carbono e gorduras, determinada como já vimos. A coluna que tem ao alto as iniciais Q T é a dos quocientes térmicos não protéicos.

Os elementos com que jogamos para o cálculo de todos os valores do quadro são:

Q T só para as gorduras	4,686	Calorias
Q T só para os hidratos de carbono	5,047	"
Q R só para as gorduras	0,707	
Q R só para os hidratos de carbono	1,000	

É preciso calcular todos os outros elementos intermediários.

Partindo do Q R = 0,82, tomado como exemplo, vamos calcular o Q T correspondente:

$$\begin{array}{ccc}
 1,000 & 0,820 & 5,047 \\
 0,707 & 0,707 & 4,686 \\
 \hline
 0,293 & : & 0,113 \quad :: \quad 0,361 \quad : \quad x \quad x = 0,139
 \end{array}$$

$$4,686 + 0,139 = 4,825 \text{ Calorias}$$

Este número de calorias está na quarta coluna e corresponde ao quociente térmico que foi tomado para o cálculo com o aparelho Benedict.

Tendo já determinado o Q T, calcula-se a quantidade de gorduras e de hidratos de carbono como segue:

$$\begin{array}{ccc}
 5,047 & & 0,139 \quad \times \quad 5,047 = 0,701 \\
 & \diagdown & / \\
 & 4,825 & \\
 & / & \diagdown \\
 4,686 & & 0,222 \quad \times \quad 4,686 = \frac{1,040}{1,741}
 \end{array}$$

$$1,741 : 100 :: 0,701 : x \quad x = 40,264\% \text{ de hidr. de carb.}$$

$$1,741 : 100 :: 1,040 : x \quad x = 59,736\% \text{ de gorduras.}$$

Os cálculos assim feitos dão os números da tabela e o gráfico que construímos dá tôdas as variações correlatas dos elementos da tabela. As cinco parcelas que copiámos estão representadas no gráfico e correspondem às letras a, b, c, d. A disposição que demos é tal que, quando o Q R baixa, sobe a porcentagem de gordura e desce a de hidratos de carbono; dá-se o contrário quando o Q R sobe. As linhas retas que represen-

tam a, b, c, d, e têm o centro coincidindo com o centro do quadro e giram prêsas a êste centro.

Vamos agora, para sintetizar tudo quanto dissemos, ver como entram em cálculo todos os elementos do quadro e como se calcula o metabolismo basal. (MB).

As quantidades de gorduras e de hidratos de carbono que são oxidadas quando o Q R é 0,73, são 91,6% e 8,4% respectivamente. Também, quando o Q R é 0,73 o Q T é igual a 4,714.

Dêste modo, a quantidade de calorías devida à oxidação das gorduras e dos hidratos de carbono pelo oxigênio é igual a

$$10 \times 4,714 = 47,14$$

multiplicámos por dez, de acôrdo com o cálculo do Q R não protéico.

$$91,6 \times 47,14$$

$$\frac{\quad}{100} = 43,2 \text{ Calorias provenientes da oxidação dos hidratos de carbono.}$$

$$8,4 \times 47,14$$

$$\frac{\quad}{100} = 4,0 \text{ Calorias provenientes da oxidação das gorduras}$$

O número de Cal. produzido por

$$1 \text{ gr. de gordura} = 9,3$$

$$1 \text{ gr. de hid. carb.} = 4,1$$

$$1 \text{ gr. de proteínas} = 4,1$$

como já sabemos.

A quantidade, de cada um dos elementos acima, metabolizada, será:

$$4,32 \div 9,3 = 4,65 \text{ grs. de gorduras}$$

$$4,00 \div 4,1 = 1,00 \text{ grs. de hidratos de carbono.}$$

$$5,35 \div 4,1 = 1,30 \text{ grs. de proteínas.}$$

que são os resultados a que chegámos, partindo do Q R = 0,73. Para outros Q R. o caminho é o mesmo.

Quando não é possível medir a quantidade de anidrido carbônico eliminado, a quantidade de oxigênio consumido e o azo-

to da urina, o calor perdido pelo corpo pode ser calculado determinando-se

- a — o anidrido carbônico eliminado,
- b — o azoto da urina e o anidrido carbônico eliminado,
- c — o anidrido carbônico eliminado e o oxigênio consumido,
- d — o oxigênio consumido.

Todavia, os resultados obtidos não são tão seguros como quando as três determinações são feitas.

Supondo que o Q R foi 0,82 o Q T será 4,825. Vamos tomar 13 litros, como a quantidade de oxigênio consumido.

$$13 \times 4,825 = 62,725 \text{ Cal. perdidas pelo corpo.}$$

$62,725 \div 1,55 = 40$ Cal. por metro quadrado e por hora, de acôrdo com o exemplo que tomámos no início, quando demos o aparelho de Benedict.

Porém, aqui nós incluímos as proteínas como si fôssem hidratos de carbono e gorduras.

Para se fazer os cálculos isolando as proteínas, visto como o Q R da tabela só se refere aos elementos não protéicos, procedemos como segue:

Supondo que a quantidade de azoto encontrada na urina e por hora foi de 0,202 gr., a quantidade de oxigênio para oxidar as proteínas das quais o referido azoto provém é de 1,71 gramas.

Cada litro de oxigênio pesa 1,4289 grs.

$$\begin{array}{r}
 1,71 \\
 \hline
 = 1,2 \text{ (apr.)} \\
 1,4289 \\
 13 \text{ litros} \times 1,2 = 12,800 \\
 1,200 \times 4,240 \text{ (Q T para proteínas)} = 5,088 \\
 11,800 \times 4,825 \text{ (Q T da tabela)} = 56,935 \\
 \hline
 62,023 \\
 62,725 - 62,023 = 0,702 \\
 0,702 \times 100 \\
 \hline
 = 1,13\% \\
 62,023
 \end{array}$$

seria o erro se considerássemos 62,023 como certo. Dizem SCHMIDT e ALLEN que os erros vão de 1 a 2% não levando em conta somente o Q R não protéico.

Para o cálculo com o aparelho Benedict o número de litros de oxigênio consumido é multiplicado por 4,825 Cal., que corresponde ao Q R não protéico = 0,82. Isto equivale a multiplicar o número de litros por uma constante. Assim sendo, o que entra de fato em jôgo é a quantidade de oxigênio consumido, visto como se dividirmos o número de calorias total por 4,825, acharemos o número de litros consumido em uma hora, quando nos é fornecido um resultado feito com o aparelho Benedict.

A determinação somente do oxigênio consumido satisfaz perfeitamente as exigências de ordem clínica; para o cálculo porém de ordem bromatológica, são necessários os cálculos e análises a que nos referimos.

.

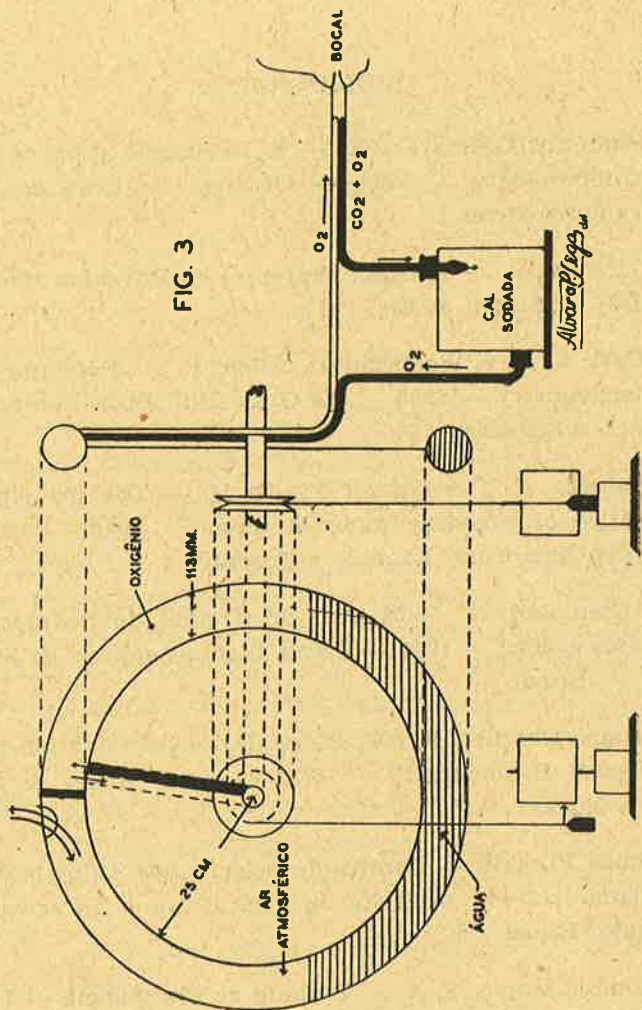
Aqui damos uma ideia para a construção de um aparelho, que pode ser construído com os recursos comuns de um laboratório.

Quando o paciente inspira o oxigênio a rodã gira da esquerda para a direita e quando o indivíduo expira os gases dos pulmões a roda gira em sentido contrário. Os vai-e-vens são registrados pelo mesmo processo do aparelho Benedict e a diferença de nível dará a quantidade em litros de oxigênio absorvido. A vantagem desse aparelho é ser muito sensível e ter o tubo medidor feito de uma só peça. Um tosco aparelho que construímos permite-nos dizer, com certa reserva, o que aí está

O exame do desenho, por quem compreendeu bem o funcionamento do aparelho Benedict, dispensa mais explicações.

.

Era nosso intuito unicamente dar uma noção sobre a determinação do metabolismo basal pela quantidade de oxigê-



não consumido. Não entrámos na parte especial que se relaciona com os animais domésticos, que exige técnica especializada e nem estudámos a ação dinâmico-específica dos alimentos. Estes assuntos merecem ser tratados num outro artigo.

BIBLIOGRAFIA

- 1 — Pinheiros Guimarães, L. — A Indagação Propedeutica em Trofopatologia — 1924 — Oficinas Gráficas da Livraria Francisco Alves.
- 2 — Turchini, S. — Travaux Pratiques de Physique Médicale — 1930 — Masson & Cie. Paris
- 3 — Carl, L. A. e Worthington Allen, F. — Fundamentals of Biochemistry — 1938 — Mc Graw-Hilli Book Company New York e Londres.
- 4 — Holman, E. T. e Garder Frank, H. — The Principles and Praticice of Freeding Farm Animals — 1940 — Langmans Green New York, Londres e Toronto.
- 5 — Athanassof, N. — Manual do Criador de Bovinos — Segunda edição — 1941 — Comp. Melhoramentos de São Paulo — Brasil.
- 6 — Adams Dutcher, R. e E. Haley, D. — Introduction to Agricultural Biochemistry — 1932 — John Willey & Sons — New York.
- 7 — Souza Piza, M. — Limites de Seleção dos Animais de Velocidade — 1944 — Revista de Agricultura — Piracicaba, São Paulo, Brasil.
- 8 — Moura Campos, F. A. — Tratado de Physiologia — I Vol. — 1943 — Escola Profissional do Liceu Coração de Jesus — São Paulo — Brasil.