

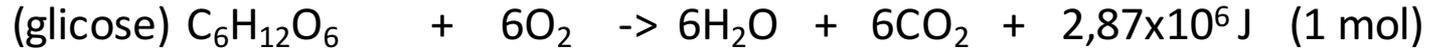
energia do corpo humano



162. The oxygen requirement of the body. The consumption of oxygen depends on the state of activity of the body. In a resting organism the vital processes are slowed down, and the organism consumes only 8 litres (480 cu. in.) of air per minute. When the body is working, the vital processes are accelerated and the consumption per minute rises to 50 litres (3,000 cu. in.). <http://www.nlm.nih.gov/dreamanatomy/images/1200%20dpi/IV-A-11.jpg>

Origem da energia utilizada pelo corpo humano

Lavoisier sugeriu em 1784 que a comida era oxidada após o consumo .



Exemplo:

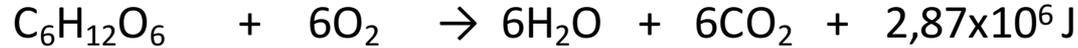
Com 1 mol de glicose (180g) combina com 6 moles de oxigênio (192g) o qual produz 6 moles de água (108g) e libera 6 moles de dióxido de carbono (264g). Esta reação química libera $2,87 \times 10^6$ J de energia.

Esta liberação de energia é associada à glicose, ao utilizarmos diferentes macromoléculas encontrada na comida teremos diferentes valores de energia liberados.

Combustão: reação química exotérmica entre o combustível e um gás, geralmente oxigênio.

Sugestão de um experimento para determinar a potência do corpo humano [Ref. a]

A taxa em que a glicose e outros nutrientes é oxidada pelo organismo é conhecida como taxa metabólica, sendo aproximadamente 92Kcal por hora ou aproximadamente 107 W.



Com 1 mol de glicose (180g) combina com 6 moles de oxigênio (192g) o qual produz 6 moles de água (108g) e libera 6 moles de dióxido de carbono (264g). Esta reação química libera $2,87 \times 10^6$ J de energia.

$$\frac{0.082 \text{ g CO}_2}{25 \text{ s}} \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g}} \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{6 \text{ mol CO}_2} \times \frac{2881 \text{ kJ}}{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}$$
$$= 0.036 \text{ kJ/s} = 1.3 \times 10^2 \text{ kJ/h} = 7.4 \times 10^2 \text{ kcal/day.}$$

These values correspond to approximate energy and entropy production rates of 36 W and $36 \text{ W}/310 \text{ K} = 0.12 \text{ W/K}$. Since

[Ref. a] Graham, D. J. E Schacht, D. V. **Simple estimate of the human metabolic rate.** American Journal of Physics **69(6): 723-724 (2001).**

Energia liberada dos alimentos e combustível

Comida	Energia liberada por oxigênio consumido (J/m ³)	Energia liberada por kg consumido (J/kg)	Energia liberada por grama consumida (kcal/g)
Glicose	21x10 ⁶	16x10 ⁶	3,8
Carboidratos	22,2x10 ⁶	17,2x10 ⁶	4,1
Proteínas	18x10 ⁶	17,2x10 ⁶	4,1
Gorduras	19,7x10 ⁶	38,9x10 ⁶	9,3
gasolina		47,7x10 ⁶	11,4
carvão		33,5x10 ⁶	8,0
madeira		18,8x10 ⁶	4,5

Energia liberada dos alimentos e combustível

Table 1.2 Heat released upon oxidation to CO₂ and H₂O

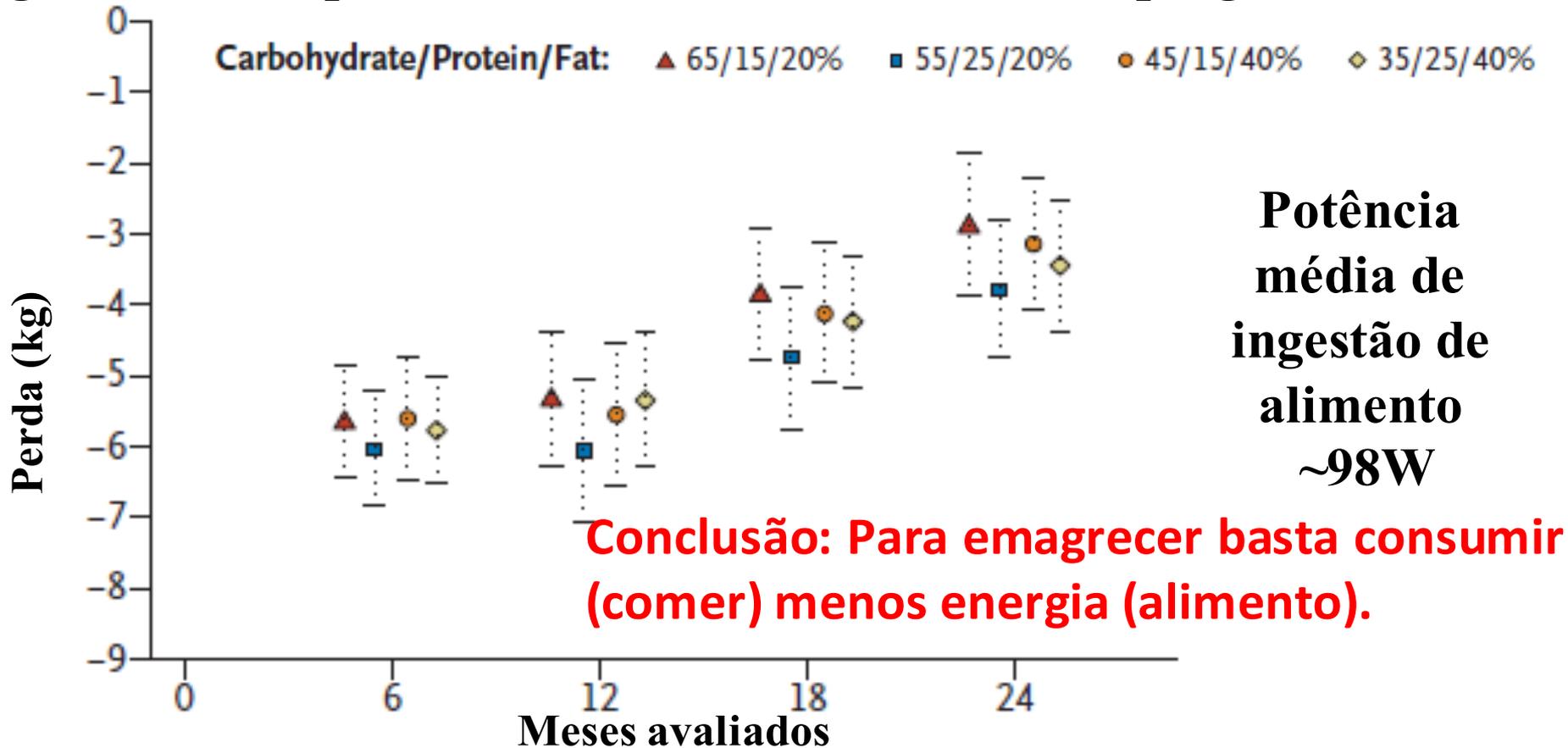
Substance	Energy yield			
	kJ (mol ⁻¹)	kJ (g ⁻¹)	kcal (g ⁻¹)	kcal (g ⁻¹ wet wt)
Glucose	2817	15.6	3.7	—
Lactate	1364	15.2	3.6	—
Palmitic acid	10040	39.2	9.4	—
Glycine	979	13.1	3.1	—
Carbohydrate	—	16	3.8	1.5
Fat	—	37	8.8	8.8
Protein	—	23	5.5	1.5
Protein to urea	—	19	4.6	—
Ethyl alcohol	—	29	6.9	—
Lignin	—	26	6.2	—
Coal	—	28	6.7	—
Oil	—	48	11	—

Note:

D-glucose is the principal source of energy for most cells in higher organisms. It is converted to lactate in anaerobic homolactic fermentation (e.g. in muscle), to ethyl alcohol in anaerobic alcoholic fermentation (e.g. in yeast), and to carbon dioxide and water in aerobic oxidation. Palmitic acid is a fatty acid. Glycine, a constituent of protein, is the smallest amino acid. Carbohydrate, fat and protein are different types of biological macromolecule and sources of energy in food. Metabolism in animals leaves a residue of nitrogenous excretory products, including urea in urine and methane produced in the gastrointestinal tract. Ethyl alcohol is a major component of alcoholic beverages. Lignin is a plasticlike phenolic polymer that is found in the cell walls of plants; it is not metabolized directly by higher eukaryotes. Coal and oil are fossil fuels that are produced from decaying organic matter, primarily plants, on a timescale of millions of years. The data are from Table 2.1 of Wrigglesworth (1997) or Table 3.1 of Burton (1998). See also Table A in Appendix C.

Avaliação da eficiência de diferentes dietas

“a maior perda de massa ocorreu nos primeiros 12 meses, depois ocorre uma diminuição desta perda, também não houve diferença significativa na perda de massas entre as dietas empregadas”



Ref. Frank M. Sacks, et al. Comparison of Weight-Loss Diets with Different Compositions of Fat, Protein, and Carbohydrates. *The New England Journal of Medicine* 360(9): 859-873 (2009).

Atividade online – ingestão de energia

Sabendo que a energia total diária de nosso corpo é toda a energia ingerida pelo corpo e o tempo de um dia, realize a seguinte atividade:

a) Anote durante **sete dias** todo o alimento consumido, estimando a massa ingerida e sua principal característica (se é proteína, gordura, carboidrato ou fibras).

b) Com estes valores faça uma tabela de energia consumida para cada porção de comida;

c) Determine a energia total ingerida diariamente;

d) Faça um gráfico da energia média ingerida em função do tempo.

[Exemplo de uma referência para saber a energia nos alimentos](http://www4.faac.unesp.br/pesquisa/nos/bom_apetite/tabelas/cal_ali.htm)

http://www4.faac.unesp.br/pesquisa/nos/bom_apetite/tabelas/cal_ali.htm

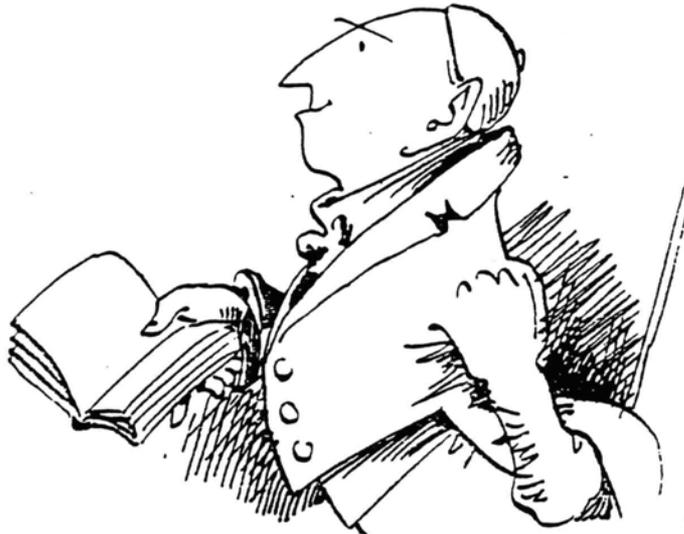
Exemplo

Hora	Alimento	Massa (g)	Características do alimento	Energia (Kcal)	Energia (KJ)
7:00	2 pães	2x30	carboidrato	83	347
	Manteiga	10	gordura	59	247
	Açúcar	20	açúcar	80	335
	Açúcar	10	açúcar	40	167
12:00	Almoço-410g	110	¼ verdura	~0	~0
		220	² / ₄ carboidrato (4,1kcal/g)	902	3776
		110	¼ proteína (4,1kcal/g)	451	1888
	Suco	300	Açúcar	80	335
19:00	Jantar	250	Carboidrato (4,1kcal/g)	1025	4290
	1 coca-cola	290		213	892
	frutas	90-153-110	1 banana, 1 pêsego e 1 pêra	87-63-68	913
21:00	2 pães		Carboidrato	160	670
	Queijo	120		448	1875
			Total	3759	15735

Atividade online – gasto de energia

- Faça uma tabela e um gráfico da energia em função do tempo.
- Compare o gráfico de energia ingerida com a energia gasta.

EXAMPLE AVERAGE DAILY INTERNAL ENERGY CONSUMPTION OF A MIDDLE AGED FACULTY MEMBER



Activity	time period [hr]	Catabolic Rate [kcal/min]	energy consumption
Sleep	10	1.2	720
Thinking	2	3.0	360
Bicycling	1	5.7	342
Walking	2	3.8	456
Lecturing etc	6	4.0	1440
Domestic work	3	2.0	360

These activities and non-activities require a consumption of internal energy of $\Delta U \approx 3678$ kcal

Questões para pensar e responder de forma correlacionada aos conceitos abordados na sala de aula

Por que a taxa metabólica basal aumenta a uma proporção $m^{3/4}$? Sabendo da equivalência entre energia e massa ($E=mc^2$). Esta relação pode ser aplicada a oxidação da glicose? Então a massa dos reagentes não deveria ser diferente da dos produtos?

Onde está a energia armazenada na glicose, ou em outros compostos utilizados pelo corpo humano para extrair energia química?

O que é Energia?

O que é massa?

Exercícios

1a) Com qual intensidade e por quanto tempo precisamos nos exercitar para perder 4,5 kg de gordura corpórea. Sugestão de uma atividade bem intensa= 1000 W.

1b) Se quiser perder os mesmos 4,5 kg de gordura sem exercício, somente consumindo menos. Quanto tempo é necessário ingerir a metade de uma dieta típica de 2400 kcal/dia?

2) Qual o gasto energético para caminhar 50 km a uma velocidade de 5 km/hora?

b) Assumindo que sua comida gera 2×10^7 J a cada quilo consumido, quanta comida eu preciso para esta caminhada?

3) Um ciclista está a velocidade de 5m/s em ambiente úmido com temperatura de 28 OC. Use a dependência do coeficiente de convecção com a velocidade para calcular a energia perdida por convecção. Considere um valor aproximado para temperatura do corpo humano de 2 m².

Que valor de energia é perdido por convecção?

Como este valor se altera para velocidade de 7 m/s?

Qual o valor percentual de perda por convecção durante esta atividade física quando comparada com o calor total produzido pelo corpo?

Qual é o valor percentual de perda de calor por evaporação quando o ciclista perde 300 g de água?

Exercícios

- 4) Para um animal hipotético com 700 kg qual é a taxa metabólica basal dele?
- 5) Em quanto a sua taxa metabólica basal aumenta se você tem febre de 2 °C acima do normal?
- 6) Se um corpo nú com uma superfície efetiva de 1,2 m² e temperatura da pele de 34 °C está num ambiente com temperatura de 25 °C, qual a taxa de perda de calor em W e em kcal/hora?

1. Na oxidação da gordura



são liberadas 1941 kcal por mol de gordura.

a. Quais as massas moleculares das quatro moléculas envolvidas na reação?

Para essa reação, calcule:

b. o valor calórico;

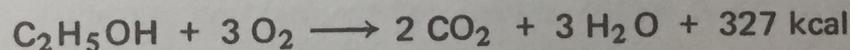
c. a energia liberada por litro de O_2 ; *consumido*

d. o número de litros de O_2 ~~produzido~~ por grama de gordura;

e. o número de litros de CO_2 produzido por grama de gordura;

f. o quociente respiratório (R).

2. Idem para a oxidação do etanol



3. Considere um cavalo com uma massa de 500 kg.

a. Use a Tabela 11.2 para determinar sua taxa de metabolismo basal.

b. Supondo que o valor calórico de sua dieta seja 5 kcal/g, qual a quantidade mínima de alimento que ele necessita por dia?

4. Qual a energia gasta por uma pessoa para percorrer, passeando, 10 km? Supondo que o valor calórico de sua dieta seja 4,9 kcal/g, calcule a quantidade de alimento necessária para que ela recupere essa energia gasta.

5. Suponha que o elevador de um edifício não esteja funcionando e que você tenha que subir até o décimo andar a pé, o que corresponde a uma altura de 48 m. Suponha que apenas 15% da energia gasta pelo seu corpo possa ser transformada em trabalho externo. Levando em conta a sua massa, calcule a energia que você gastaria nessa subida. Dado: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

6. Uma pessoa de 70 kg subiu a pé, em 3 horas, uma montanha de 1 000 m de altura. Durante a subida, essa pessoa consumiu O_2 a uma taxa de 2 ℓ /min. Uma dieta típica, segundo a Tabela 11.1, libera 4,9 kcal por litro de O_2 . Dado $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, calcule:

- o trabalho externo realizado por ela;
- a potência média com que foi realizado esse trabalho;
- a eficiência com que foi realizado o trabalho externo calculado no item a;
- a quantidade de energia transformada em calor pelo corpo dessa pessoa;
- o que essa pessoa precisa comer para recuperar a energia gasta pelo seu corpo.

7. Os salmões que desovam no Lago Stuart, nos EUA, partem do Oceano Pacífico, nadando cerca de 1.000 km contra a correnteza do Rio Fraser. Eles se deslocam apenas 2,1 km/h devido à correnteza do rio, mas sua velocidade efetiva é cerca de duas vezes maior, ou seja, 4,2 km/h. Nadando com essa velocidade, um salmão absorve cerca de $0,5 \times 10^{-3} \text{ kg/h}$ de O_2 para cada quilo de sua massa. Durante essa viagem eles não se alimentam. A energia liberada pela oxidação de gordura e de proteína é 3,3 kcal por grama de O_2 usado.

- Calcule a energia total metabolizada usada por um salmão de 3 kg nessa viagem.
- Suponha que os salmões, ao nadarem, oxidem 2 g de gordura para cada grama de proteína oxidada. As energias contidas em 1 g de gordura e em 1 g de proteína são, respectivamente, 9 kcal e 4 kcal. Quantos gramas de gordura e de proteína são gastos nessa viagem?
- Que percentagem de seu peso é perdida por um salmão de 3 kg?

8. As eficiências metabólicas de duas pessoas são, respectivamente, 75% e 60%. A dieta típica delas é de 6 000 kcal e ambas realizam um trabalho externo total de 3 600 kcal por dia. Como variará aproximadamente o peso delas?

9. Faça uma comparação entre a energia gasta por uma pessoa, andando de bicicleta, e por um carro, para percorrerem 10 km. Uma pessoa andando de bicicleta a 15 km/h gasta cerca de 5,7 kcal/min. Considere um carro que gasta 1 ℓ de gasolina para percorrer 10 km. A densidade da gasolina é 0,68 kg/ ℓ e o seu valor calórico, segundo a Tabela 11.1, é 11,4 kcal/g.

10. Quando uma pessoa está submersa na água, sua perda de calor por convecção aumenta, sendo $K_c \cong 16,5 \text{ kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K})$. Para uma pessoa de 70 kg, qual deve ser a temperatura da água para que sua perda de calor, por convecção, iguale a sua taxa metabólica basal? Considere $A = 1,8 \text{ m}^2$ e $T_p = 34^\circ\text{C}$.

11. Uma pessoa está numa praia num dia ensolarado, a uma temperatura de 30°C , absorvendo 30 kcal/h na forma de radiação. A temperatura de sua pele é 32°C e sua área exposta é $0,9 \text{ m}^2$. Para essa pessoa, calcule:

a. a energia total absorvida durante uma hora;

b. a perda de calor por convecção, supondo que $K_c \cong 2,5 \text{ kcal}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K})$.

12. Qual deve ser a temperatura ambiente para que a diferença entre as potências emitida e absorvida por uma pessoa, calculada no Exemplo 11.6, aumente de 20%?

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Livros

BENEDEK, G. B. & VILLARS, F. M. N. — *Physics with Illustrative Examples from Medicine and Biology*. USA, Addison-Wesley, 1974, vol. 1.

CAMERON, J. R. & SKOFRONICK, J. G. — *Medical Physics*. USA, John Wiley & Sons, 1978.

FULLER, H. Q, FULLER, R. M. & FULLER, R. G. — *Physics Including Human Applications*. USA, Harper & Row, 1978.

HOBBIE, R. K. — *Intermediate Physics for Medicine and Biology*. USA, John Wiley & Sons, 1978.

LIPPOLD, D. C. J. & WINTON, F. R. — *Fisiologia Humana*. Brasil, Cultura Médica, 1970.

STROTHER, G. K. — *Physics with Applications in Life Sciences*. USA, Houghton Mifflin, 1977.

Artigo de Periódico

MARGARIA, R. — The Sources of Muscular Energy. *Scientific American* 226:84, March, 1972.