

# Revista de Agricultura

## DIRECTORES

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 theorico e pratico

Vol. 15

Janeiro - Fevereiro de 1940

N. 1-2

## CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO DA SECAGEM DE PRODUTOS AGRICOLAS

OCTAVIO TEIXEIRA MENDES

Prof. Cat. da 15a. Cad. da «Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz»

O problema para solução do qual nós oferecemos esta despretenciosa contribuição está longe de ser resolvido.

E' um problema complexo e mais difficil do que parece.

O processo, além de ser um processo de secagem deve, se possivel, ser um processo capaz de combater os inimigos do produto agricola já beneficiado.

Um produto agricola, convenientemente seco e sem germens perniciosos, suporta longa armazenagem e não se deteriora nos porões dos navios.

Esta observação põe em evidencia a importancia do problema para um paiz agricola e exportador.

O que vai nesta singela contribuição é o resultado de experiencias que fizemos com gazes acidos ou não, provenientes de fórnos de ceramica e de fornalhas com aparelho filtrante.

O nosso trabalho é, apenas, um elemento do trabalho complexo que deve ser feito pelas nossas Escolas e Institutos Agromomicos e de Pesquisas Tecnologicas.

O problema deve merecer especial atenção dos nossos alunos.

A solução depende da feliz aplicação da Física, da Química e da Mecânica.

E', portanto, um problema difícil; é, por outro lado, um problema brasileiro.

Nós continuaremos a estudá-lo e damos-nos por feliz, se recebermos correções e sugestões que nos auxiliem no proseguimento.

Transmitiremos, com muito prazer, aos nossos alunos as lições que recebermos e citaremos, gostosamente, o nome de quem nos ajudar.

Por outro lado, estamos ás ordens de quem desejar detalhes mais minuciosos sobre o que temos feito.

A secagem de produtos agrícolas é feita mediante a evaporação da agua que preenche as lacunas dos tecidos.

Essa evaporação se opera a qualquer temperatura e é tanto mais rapida quanto esta fôr mais elevada.

Sendo demorada e irregular a secagem ao ar livre, recorre-se a processos artificiaes e, quasi sempre, se dá preferencia á secagem pelo calor.

Abrevia-se o tempo de secagem mergulhando a substancia em uma corrente de ar quente e seco, capaz, portanto, de remover a agua no estado de vapor.

Uma parte do calor com que o ar atravessa a massa de substancia, desaparece em calor latente e a mistura de ar e de vapor sai do secador com a temperatura á que terá sido rebaixada, ao passo e á medida do contacto.

Um quilograma de ar seco se carrega, até a saturação, á temperatura  $t$  de um peso de vapor que chamaremos  $p_t$ .

A' temperatura  $t'$  esse ar contem um peso de vapor  $p_{t'}$ .

Se o ar saísse saturado do secador, cada quilograma de ar, suposto saturado á entrada, transportaria  $(p_t - p_{t'})$  quilogramas de agua.

Na pratica, e isso quando a circulação é bem feita, pó-

de-se contar apenas com  $\frac{2}{3}(p_{t'} - p_t)$ .

Chamando  $Q$  o peso de agua a subtrair em um tempo dado, uma hora, por exemplo, o peso de ar seco a lançar no secador é

$$Q' = \frac{Q}{m(p_{t'} - p_t)} \quad (1)$$

Nesta formula  $m = \frac{2}{3}$  quando se faz uma secagem metódica. Ao contrario, exige-se uma quantidade maior de ar. Com  $m = \frac{1}{3}$  a circulação é má.

Em volume o ventilador deve fornecer  $\frac{Q}{P_t}$  metros cubicos, sendo  $P_t$  o peso de ar seco contido em um metro cubico de ar saturado, tomado á temperatura exterior  $t$ .

A temperatura  $T$  do ar, entre o aparelho de aquecimento e a entrada do secador é calculada pela formula:

$$T - t' = \frac{2}{3} \times \frac{(p_{t'} - p_t) [606,5 + 0,305(t' - t)]}{0,2377} \quad (2)$$

No calculo admite-se que a agua contida na substancia a secar tem a temperatura exterior  $t$  e não se leva em conta a pequena quantidade de vapor contido no ar exterior.

Quando se conhece a temperatura  $T$ , póde-se calcular a quantidade de calor  $C$ , pela formula:

$$C = \frac{Q}{\frac{2}{3}(p_{t'} - p_t)} \times 0,2377 (T - t)$$

E' de todo interesse elevar a temperatura de saída  $t'$ , mas isso depende quasi sempre, do valor que  $T$  póde atingir.

Quando se trata de secagem de substancias que se

alteram com elevação de temperatura além de certo limite, é preciso prestar atenção e dar suprimento, com excesso de ar, porem á temperatura conveniente.

O quadro seguinte tomado de um formulario, dá, para cada gráu de temperatura :

1.º) O peso P de ar contido em um metro cubico de ar saturado calculado com a formula :

$$P = \frac{1,293 (0,76 - f)}{0,76 (1 + 0,00367 t)}$$

2.º) O peso P' de vapor contido em um metro cubico de ar saturado, que vem de :

$$P' = \frac{1,293 \times 0,622 f}{0,76 (1 + 0,00367 t)}$$

Um metro cubico de ar saturado pesa, pois,  $P + P'$

3.º) O calor C, contido a partir de zero, no ar de um metro cubico de ar saturado ; tira-se de :

$$C = P \times 0,2377 t$$

4.º) O calor c contido, a partir de zero, no vapor de um metro cubico de ar saturado, vem de :

$$c = P' (606,5 + 0,305 t)$$

O calor contido, pois, na mistura é  $C + c$ .

5.º) O peso de vapor contido no ar saturado, por quilo de ar seco.

## QUADRO NUMERICO

Temperatura	Para um metro cubico de ar saturado				Peso de vapor em kilos, no ar saturado para 1 kg. de ar seco p
	Peso em Kgs.		Calor em calorias		
t <sup>o</sup>	P Do ar seco	P' Do vapor	C Do ar	c Do vapor	
0 <sup>o</sup>	1,2854	0,0049	0,0000	2,9528	0,00380
1	1,2801	0,0052	0,3043	3,1610	0,00405
2	1,2748	0,0056	0,6061	3,3820	0,00438
3	1,2695	0,0060	0,9053	3,6162	0,00478
4	1,2651	0,0064	1,2032	3,8648	0,00505
5	1,2589	0,0068	1,4963	4,1290	0,00540
6	1,2537	0,0072	1,7880	4,4085	0,00570
7	1,2486	0,0077	2,0776	4,7063	0,00616
8	1,2431	0,0082	2,3638	5,0195	0,00660
9	1,2377	0,0088	2,6488	5,3518	0,00710
10	1,2324	0,0094	2,9293	5,7033	0,00765
11	1,2270	0,0100	3,2082	6,0750	0,00815
12	1,2216	0,0106	3,4845	6,4680	0,00870
13	1,2162	0,0113	3,7581	4,8833	0,00935
14	1,2107	0,0120	4,0290	7,3214	0,00995
15	1,2052	0,0127	4,2973	7,7845	0,01050
16	1,1997	0,0135	4,5627	8,2729	0,01130
17	1,1941	0,0144	4,8254	8,7898	0,01210
18	1,1885	0,0152	5,0853	9,3306	0,01280
19	1,1829	0,0162	5,3423	9,9023	0,01370
20	1,1772	0,0171	5,5964	10,5046	0,01450
21	1,1725	0,0182	5,8529	11,149	0,01550
22	1,1656	0,0193	6,0955	11,806	0,01656
23	1,1598	0,0204	6,3405	12,507	0,01760

$t^0$	P	P'	C	c	p
51	0,9507	0,0862	11,526	53,605	0,09066
52	0,9409	0,0902	11,629	56,166	0,09592
53	0,9307	0,0945	11,725	58,831	0,10152
54	0,9203	0,0989	11,813	61,601	0,10741
55	0,9097	0,1034	11,893	64,480	0,11377
56	0,8988	0,1082	11,964	67,472	0,12034
57	0,8876	0,1131	12,026	70,580	0,12745
58	0,8761	0,1183	12,079	73,807	0,13495
59	0,8644	0,1235	12,122	77,157	0,14287
60	0,8524	0,1291	12,157	80,642	0,15142
61	0,8400	0,1348	12,179	84,243	0,16043
62	0,8273	0,1407	12,192	87,985	0,17005
63	0,8143	0,1468	12,194	91,864	0,18018
64	0,8010	0,1532	12,185	95,887	0,19120
65	0,7873	0,1597	12,164	100,055	0,20284
66	0,7732	0,1666	12,131	104,373	0,21552
67	0,7588	0,1736	12,085	108,84	0,22883
68	0,7441	0,1809	12,027	113,48	0,24340
69	0,7289	0,1885	11,055	118,27	0,25885
70	0,7133	0,1963	11,869	123,23	0,27520
71	0,6973	0,2044	11,769	128,37	0,29355
72	0,6809	0,2127	11,654	133,67	0,31237
73	0,6641	0,2213	11,524	139,16	0,33332
74	0,6468	0,2302	11,378	144,84	0,36000
75	0,6291	0,2395	11,215	150,70	0,38054

t <sup>2</sup>	P	P'	C	c	p
24	1,1538	0,0216	6,5823	13,245	0,01865
25	1,1478	0,0228	6,8208	14,040	0,01985
26	1,1417	0,0241	7,0561	14,834	0,02120
27	1,1356	0,0255	7,2879	15,690	0,02248
28	1,1293	0,0270	7,5163	16,587	0,02388
29	1,1230	0,0285	7,7411	17,530	0,02537
30	1,1166	0,0301	7,9623	18,517	0,02694
31	1,1101	0,0317	8,1797	19,553	0,02859
32	1,1034	0,0335	8,3932	20,638	0,03035
33	1,0967	0,0353	8,6027	21,775	0,03226
34	1,0899	0,0372	8,8081	22,965	0,03416
35	1,0829	0,0393	9,0093	24,246	0,03628
36	1,0758	0,0413	9,2061	25,515	0,03840
37	1,0686	0,0435	9,3985	26,879	0,04071
38	1,0613	0,0458	9,5862	28,304	0,04315
39	1,0538	0,0482	9,7691	30,795	0,04572
40	1,0462	0,0507	9,9471	31,351	0,04844
41	1,0384	0,0533	10,1199	32,977	0,05131
42	1,0305	0,0560	10,2875	34,674	0,05433
43	1,0224	0,0588	10,4497	36,446	0,05754
44	1,0141	0,0618	10,6061	38,294	0,06090
45	1,0056	0,0648	10,7577	40,221	0,06448
46	0,9970	0,0681	10,901	42,231	0,06826
47	0,9882	0,0714	11,040	44,324	0,07226
48	0,9791	0,0749	11,172	46,506	0,07645
49	0,9699	0,0785	11,297	48,778	0,08091
50	0,9604	0,0823	11,415	51,143	0,08565

t°	P	P'	C	c	p
76	0,6109	0,2490	11,036	156,76	0,40752
77	0,5922	0,2588	10,839	163,03	0,43706
78	0,5731	0,2689	10,6248	169,49	0,46926
79	0,5534	0,2794	10,3916	176,17	0,50480
80	0,5332	0,2901	10,1392	183,06	0,54422
81	0,5125	0,3013	9,8671	190,17	0,58783
82	0,4912	0,3128	9,5746	197,96	0,63654
83	0,4694	0,3246	9,2609	205,08	0,69160
84	0,4470	0,3368	8,9256	212,88	0,75336
85	0,4241	0,3493	8,5678	220,93	0,82311
86	0,4005	0,3623	8,1870	229,23	0,90457
87	0,3763	0,3756	7,7823	237,78	0,99811
88	0,3515	0,3894	7,3531	246,59	1,10750
89	0,3261	0,4035	6,8986	255,67	1,23740
90	0,3000	0,4180	6,4181	265,02	1,39394
91	0,2733	0,4330	5,9107	274,65	1,58480
92	0,2458	0,4484	5,3756	284,56	1,82411
93	0,2177	0,4643	4,8121	294,76	2,13306
94	0,1888	0,4806	4,2195	305,26	2,54515
95	0,1592	0,4974	3,5961	316,06	3,12500
96	0,1289	0,5146	2,9420	327,18	3,92000
97	0,0978	0,5323	2,2559	338,61	5,44070
98	0,0660	0,5505	1,5369	350,37	8,34720
99	0,0333	0,5693	0,7151	362,45	17,09400
100	0,0000	0,5884	0,0000	374,82	-----

APLICAÇÃO

Suponhamos que se pretende subtrair  $Q=100$  kgs. de agua, de certa substancia, por hora.

Sejam  $t$  a temperatura do ambiente e  $t'$  a temperatura com a qual o ar abandona a substancia.

Faremos tres hipoteses;  $t' = 30^{\circ}$ ;  $t' = 40^{\circ}$ ;  $t' = 50^{\circ}$ .

Em cada uma das hipoteses admitiremos que a temperatura ambiente é  $t = 25^{\circ}$  e que ha caso de má circulação do ar e o caso de boa circulação.

1a. hipotose —  $Q = 100$  kgs.;  $t = 25^{\circ}$ ;  $t' = 30^{\circ}$ .

1o. caso — Má circulação;  $m = \frac{1}{3}$ .

Consultando o quadro temos:

$$P_{t'} = P_{30} = 0,02694; P_t = P_{25} = 0,01985$$

Portanto

$$P_{t'} - P_t = 0,02694 - 0,01985 = 0,00709$$

O peso  $Q'$  de ar seco que atravessa a massa a secar será dado pela formula (1) ou,

$$Q' = \frac{Q}{m(P_{t'} - P_t)} = \frac{100}{\frac{1}{3} \times 0,00709} = 42313 \text{ kgs.}$$

O volume desse ar será:

$$V = \frac{Q'}{P_t} = \frac{42313}{1,1478} = 36864 \text{ metros cubicos.}$$

Para calcular a temperatura  $T$  do ar ao primeiro contacto com a substancia, tira-se esse valor da formula (2),

porém com o coeficiente de  $m = \frac{1}{3}$ .

Vem

$$T = t' + \frac{1}{2} \times \frac{(P_{t'} - P_t) (606,5 + 0,305 (t' - t))}{0,2377}$$

ou

$$T = 30 + \frac{1}{3} \times \frac{0,00709 (606,5 + 0,305 \times 5)}{0,2377} = 36^{\circ}$$

2o. Caso — Bôa circulação ;  $m = \frac{2}{3}$

Temos, peso de ar ;

$$Q' = \frac{100}{\frac{2}{3} \times 0,00709} = 21156 \text{ kgs.}$$

E o volume desse ar será :

$$V = \frac{21156}{1,1478} = 18432 \text{ metros cubicos}$$

A temperatura T do ar lançado será, fazendo os calculos ;

$$T = 30 + 12 = 42^{\circ}$$

2a. Hipotese —  $Q = 100$  kgs.;  $t = 25^{\circ}$ ;  $t' = 40^{\circ}$ .

1.o Caso — Má circulação ;  $m = \frac{1}{3}$

Consultando o quadro temos ;

$$P_{40} - P_{25} = 0,04844 - 0,01985 = 0,02859$$

Peso do ar a lançar ;

$$Q' = \frac{100}{\frac{1}{3} \times 0,02859} = 10493 \text{ kgs.}$$

Volume desse ar ;

$$V = \frac{10493}{1,1478} = 9142 \text{ metros cubicos.}$$

Temperatura ao lançamento ;

$$T = 40 + \frac{1}{3} \times \frac{0,02859 (606,5 + 0,305 \times 15)}{0,2377} =$$

$$= 40^{\circ} + 24^{\circ},5 = 64^{\circ},5$$

2o. Caso — Bôa circulação;  $m = \frac{2}{3}$

Teremos,

$$Q' = 5246,5 \text{ kgs. e } V = 4571 \text{ metros cubicos.}$$

A temperatura, ao lançamento, será ;

$$T = 40^{\circ} + \frac{2}{3} \times \frac{17,470}{0,2377} = 40^{\circ} + 49^{\circ} = 89^{\circ}$$

3a. Hipotese —  $Q = 100$  kgs.;  $t = 25^{\circ}$ ;  $t' = 50^{\circ}$ .

1o. Caso — Má circulação;  $m = \frac{1}{3}$ .

Teremos

$$P_{50} = 0,08565 \text{ e } P_{50} - P_{25} = 0,0658$$

Operando como anteriormente chega-se a :

$$Q' = \frac{100}{\frac{1}{3} \times 0,0658} = 4559 \text{ kgs. de ar}$$

e

$$V = \frac{4559}{1,1478} = 3978 \text{ metros cubicos.}$$

A temperatura de lançamento será ;

$$T = 50^{\circ} + 56^{\circ},5 = 106^{\circ},5.$$

2o. Caso — Bôa circulação;  $m = \frac{2}{3}$ .

Encontra-se, da mesma maneira :

$$Q' = 2279,5 \text{ kgs. e } V = 1989 \text{ metros cubicos.}$$

e

$$T = 50^{\circ} + 113 = 163^{\circ}.$$

Do que acabamos de ver, duas coisas tornam-se evidentes. Em primeiro lugar a importancia que tem uma bôa circulação.

Com efeito, com circulação má, exige-se o dobro do ar que seria suficiente se a circulação fosse regular e metódica.

Para fornecer o dobro do ar é preciso consumir o dobro da potencia. Para aquece-lo é preciso o dobro do combustivel. Em consequencia, todos os aparelhos de secagem devem ter dispositivos que facilitem a circulação do ar quente.

Em seguida, salta aos olhos a importancia que tem a temperatura do ar ao ser lançado no secador.

Considerando uma temperatura ambiente de 25' e uma bôa circulação podemos organizar o quadro seguinte em que :

$T$  é a temperatura do ar no momento do lançamento.

$t'$  é a temperatura do ar ao abandonar a substancia.

$V$  é o volume em metros cúbicos, de ar a fornecer em uma hora, para subtrair, nesse tempo, 1 kg. de agua.

T	$t'$	V
42°	30°	184 m. c.
89'	40'	46 »
163'	50'	20 »

Para uma circulação defeituosa, teriamos :

T	$t'$	V
36°	30°	368 m. c.
64°,5	40°	92 »
106°.5	50°	40 »

Para o caso de mandioca picada, para secagem, está muito em uso, a prensagem hidraulica, para retirar a frio, uma parte da agua.

Essa operação empobrece a raspa, pois que, a agua, ao sair, arrasta consigo uma parte ponderavel do amido, além do mais.

Além disso, o aparelhamento hidraulico de prensagem, para ser bom, é, naturalmente, caro. A prensagem não é rapida e a operação é delicada. Por outro lado, o esfacelamento do tecido aumenta consideravelmente a percentagem do chamado *farélo* e isso constitue-se em inconvenientes bem conhecidos que aparecem durante a operação de secagem ao ar quente.

E' pois bem o caso de se pensar em suprimir a operação de prensagem, se possivel. Para o efeito, é preciso resolver o problema até agora não resolvido, de tornar a secagem com ar quente capaz de dar inteira satisfação.

Em geral os secadores em uso estão longe de dar essa satisfação e, por isso mesmo é que a prensagem é considerada como indispensavel.

Nós somos partidario da supressão da prensagem e a nossa experiencia nos indica que é preciso defender calorosamente o processo do fracionamento da secagem, pelo menos em duas meias sécas.

A nosso ver a operação deveria ser dividida assim:

1.º Periodo — Meia séca. Em virtude do elevado calor latente da agua, o ar de lançamento póde estar a temperatura muito elevada. Póde passar de 100.º C, no começo da operação, sem o menor inconveniente, pois que, a temperatura da substancia não atinge gráu capaz de lhe alterar as propriedades.

Se a circulação for bôa, e o ar for sufficiente, o volume de agua arrastada é muito consideravel e o tempo de duração da meia séca é, relativamente, pequeno.

2.º Periodo — Tempo de parada indispensavel para que a humidade restante se distribúa com uniformidade por todo o tecido da substancia. Essa parada não constitue perda de tempo,

porque durante ela, um outro volume de substancia está na 1.<sup>a</sup> meia séca.

3.<sup>o</sup> Periodo — Segunda meia séca. Aqui erige-se a operação em novo problema e é de se perguntar se convem levar a operação de secagem até o fim ou se ainda convirá fracionar esta operação da meia séca em duas operações.

As operações de carga e descarga pódem ser tão simples e rapidas, que as interrupções carecem de importancia.

Mais adiante, voltaremos a incidir sobre esta parte importantissima na secagem da mandioca.

—o—

### AQUECIMENTO DO AR

O ar que se carrega de humidade ao contacto da substancia a secar e que transporta o vapor, lançando-o no ambiente exterior, deve estar, ao ser lançado no meio do material a secar, à temperatura conveniente, deve ser seco e sem cheiro e não deve ser portador de acidos ou de corpusculos solidos (cinzas, carvão, poeiras), ou de gazes não queimados.

O aquecimento de ar é obtido em aparelhos espeziaes entre os quais devem ser citados os seguintes:

1.<sup>o</sup>) — Aquecedores de ar ao contacto de redes, crivos ou grades metalicas fórtemente aquecidas por chama de maço-rico. Combustivel liquido.

Ha ótimos aparelhos desse genero. Em todos eles, entretanto, a perfeição da combustão é intermitente e gazes mal queimados pódem transportar para a substancia, cheiro inconveniente.

2.<sup>o</sup>) — Aquecedores de ar ao contacto de chama proveniente da combustão de lenha, coque, etc. sobre grelhas ou crivos. Nesses aquecedores o ar se mistura aos gazes da combustão e carrega, consigo, hydrocarburetos, acidos, cinzas, poei-

ras, carvõesinhos e agua evaporada da lenha ou do carvão. Além disso o ar que se lança na fornalha já tem o seu grau de humidade que é sempre variavel.

A mistura de gazes que se obtem é muito heterogenea e inconstante e são variaveis, tambem, a temperatura e o grau de humidade.

3.º) — Aquecedores de ar ao contacto da chama proveniente da combustão de lenha operada em fornalha desprovida de grelhas ou de crivos.

Esses aquecedores exigem lenha muito escolhida e que precisa ser arranjada na fornalha. A combustão se dá de cima para baixo, pretendendo-se, assim, obter combustão completa dos gazes que passariam através da chama e de brazas. Todavia, a combustão é incompleta. Os gazes são humidos e frequentemente muito acidos e, como a corrente de ar tem de ser intensa, é inevitavel o arrastamento de corpusculos solidos, como poeiras, fagulhas, e, particularmente, cinzas.

4.º) — Aquecedores nos quaes o ar destinado á secagem não é o mesmo ar que se destina a alimentar a combustão.

Nesses aquecedores o ar é aquecido indiretamente, passando por dentro de tubos metalicos dispostos na fornalha.

Afim que se obtenha superficie de aquecimento sufficiente, é indispensavel um grande desenvolvimento na extensão e isso se obtem com numero grande de tubos. Esse desenvolvimento indispensavel torna caro o aparelho. Se os tubos forem de ferro e de pequena espessura de parede, como nos tubos de uma caldeira, a sua duração é insignificante e se fôrem de ferro fundido, de parede grossa, o seu peso é consideravel. Nos dois casos os fenomenos de dilatação são prejudiciaes aos indispensaveis suportes de alvenaria.

A perda de calor pela chaminé é muito consideravel.

Se a quantidade de ar a aquecer fôr grande, o preço de custo do aparelho torna-se quasi, incompativel com a natureza da industria.

E' bem verdade que o ar quente fornecido por esses apa-

relhos, não transporta cinzas, carvões, ácidos ou hidrocarburetos. Todavia esse ar transporta vapor de agua e a secagem da substancia fica sujeita às variações do gráu de humidade do ar ambiente.

5.º) — Aquecedores semelhantes aos anteriormente descriptos e, nos quais, os tubos de ferro são substituidos por tubos ceramicos. Esses aparelhos oferecem a vantagem iniludível de reter vapor de agua. Todavia, a má condutibilidade da argila exige um desenvolvimento enorme ou fornece ar com temperatura insufficiente.

Entre aparelhos desse genero ha os que são constituídos por dois condutos distintos, um dos quais, longitudinal, é de manilhas ceramicas e destina-se á passagem dos gazes da combustão e o outro transversal e em chicana é construido com tijólos perfurados e destina-se á adução do ar tomado do ambiente. O consumo do combustivel é notavel e, bem assim, o é a perda de calor pela chaminé.

São esses, cm ligeira analyse, os aparelhos aquecedores de ar destinado a operações de secagem.

Não cabem aqui serpentinas de vapor dagua, servindo de aquecedores.

### CONDIÇÕES A PREENCHER PARA QUE UM AQUECEDOR DE AR SEJA BOM

Do que fica dito resulta que um bom secador de ar deve ter às seguintes características:

1.º) Deve ser economico de combustível. Para isso é preciso aquecer o ar dirétamente, na fornalha, ao contacto da chama. Qualquer outro processo de aquecimento dá logar a consumo grande e não pôde ser economico.

Todavia, não ha fornalha onde a combustão seja completa.

Resulta, pois, que os gazes que saem da fornalha são uma mistura complexa de ar, hidrocarburetos, vapor d'agua, etc.

Nesse estado não devem ser lançados no seio da substancia a secar. Seriam muitos os inconvenientes, entre os quais o de darem côr e cheiro estranho à substancia.

2.º) Deve ser provido de camara de combustão. Nessa camara ha reverberação, e a temperatura eleva-se muito, e atinge gráu a que não resistem as substancias organicas. Completa-se, pois, a combustão começada na fornalha. A passagem dos gazes da fornalha para essa camara deve ser feita por cima de um altar e por orificio de estrangulamento, de dimensões convenientes. Nessa passagem os gazes se misturam mais intimamente.

3.º) E' indispensavel um conducto vertical para separar, por gravidade, as poeiras, cinzas e particulas de carvão que o ar, em corrente intensa, arrasta consigo. Essa camara vertical deve ser dividida em condutos parciaes por septos ou paredes porósas. Essas paredes absorvem humidade e retêm, com a agua, algum acido ou alguma particula não queimada. A humidade absorvida perde-se na massa de alvenaria e, atravessando essa massa, dilúe-se no ambiente exterior.

Ao sair desse conducto o ar já se acha quasi em estado de ser utilizado. Todavia, é, ainda necessario filtrar esse ar.

4.º) O secador deve, pois, ser provido de filtro. A filtração evidentemente, não tem de ser feita através de malhas de rede ou de parede porósa. E' suficiente que ele seja obrigado a percorrer os canais tortuosos deixados pelo paramento de tijólos empilhados sem rejuntamento de argamassa, terminando em material meúdo especial para cada caso.

Assim, o ar deixando a parte superior dos condutos verticais percorrerá, de cima para baixo, e de baixo para cima camaras filtrantes.

Tres coisas muito importantes são obtidas nesse filtro que são; a) depuração e desodorisação completa dos gazes; b) uniformisação da temperatura por uma ativa convecção; c) armazenamento de calor na massa de tijólos. Esses tijólos, têm portanto, a notavel função de moderar a temperatura, conservando-a entre limites muito proximos e previamente determinados. O numero de camaras filtrantes e a sua extensão serão determinados para cada caso.

5.º) Deve, enfim, ser de construção simples, barata e, se possível de material nacional.

### O AQUECEDOR RACIONAL

Afim de preencher as condições indicadas, nós estudámos um aparelho simples e de bons resultados comprovados pela experiencia.

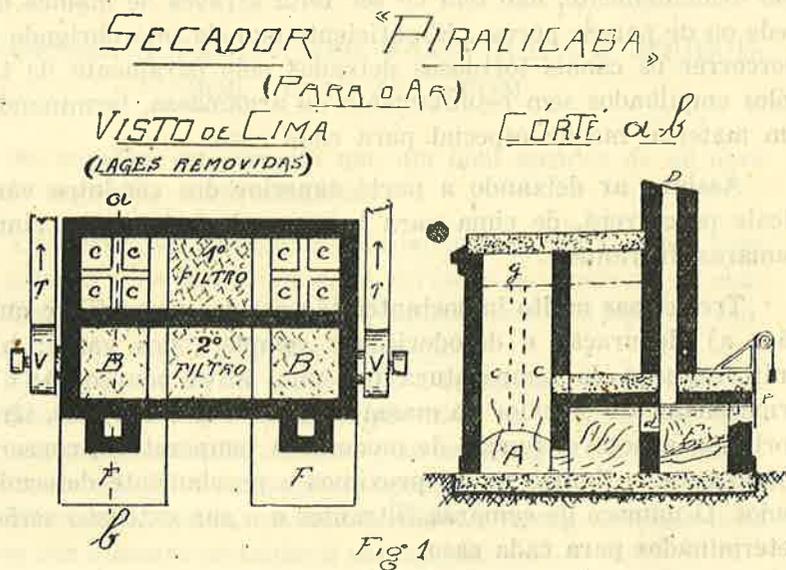
O aparelho póde ser singelo, de uma unica fornalha, ou duplo e de duas fornalhas.

Descrevemos este ultimo, porque, assim, o aparelho singelo fica incidentemente explicado.

O aparelho é, essencialmente, constituido por um blóco de alvenaria de tijólos, na qual ha:

1.º Uma fornalha F (fig. 1) de dimensões convenientes, provida de grelha para qualquer especie de combustivel. As dimensões da grelha, sendo um pouco exageradas, isso não traz inconveniente nem torna menos economico.

2.º) Uma camara de combustão C em que se completa a combustão dos gazes.



Esta camara se comunica, pela passagem de estrangulamento *d* com a fornalha e com a camara *A* pela passagem inferior *e*. Nesta camara de reverberação a temperatura é muito elevada e toda materia organica deve ser completamente queimada.

3.º) Uma série de condutos verticais *c*, dispostos na camara *A* e que desembocam na parte alta *g*.

Nesse conduto dá-se, por gravidade, a separação de carvõesinhos, cinzas, etc. Na parte inferior, junto ao pavimento, ha abertura para limpeza e inspecção.

Os septos divisores são destinados a um desenvolvimento, em superficie, das paredes expostas aos gazes quentes. Esses septos operam como retensores de vapores que são absorvidos pela alvenaria e mesmo de alguma parcela de carvão que, sob a fórma de fumaça tenha escapado á ação do reverbéro. A humidade, penetrando na alvenaria, atravessa esta e é lançada no exterior.

Alem disso, essas paredes armazenam calor.

4.º) Um conduto vertical denominado 1.º *Filtro*, contiguo á camara de condutos verticais. Nessa caixa acham-se empilhados tijólos entrosados convenientemente e sem rejuntamento de argamassa. Cada tijolo assenta sobre a face que méde, em geral, 6,5 x 26 centímetros. O numero de tijólos é calculado de sorte que a superficie sobre a qual eles se assentam corresponda nos 0,35 a 0,45 da superficie horisontal da caixa.

O empilhamento desses tijólos deve merecer particular atenção, sobretudo defronte das passagens de uma camara para a outra, na parte inferior. Um arranjo bem feito garante uma convecção ativa e diminúe consideravelmente as inevitaveis perdas de carga consequentes da chicana.

O nivel superior da pilha ficará de nivel com a parte superior dos septos da camara *A* e ficará afastada de 0,35 da lage de cobertura.

Os gazes da parte alta *g* dos condutos passam para a parte alta da pilha e descem até a parte inferior.

5.º) Um 2.º *Filtro* contiguo ao 1.º comunica com esse pela parte inferior da parede divisoria. Nesse filtro (2.º Filtro) ha pilha de tijólos como no 1.º e os gazes a percorrem de baixo para cima. A parede divisoria dos dois primeiros filtros assenta sobre uma pequena viga de concreto debaixo do qual fica a passagem que deve ter 0,30 de altura a contar do pavimento.

6.º) Uma camara coletora *B* construida sobre a camara de combustão da qual é separada pela arcada de reverberação e por uma lage de concreto *L*. Essa lage é muito importante, visto que é possível que se abra alguma fenda na arcada. A depressão, na camara coletora, poderia dar passagem para esta, de gazes não depurados o que, evidentemente, é preciso evitar.

A lage suporta perfeitamente a temperatura pouco elevada a que ficará sujeita.

Na camara coletora haverá tambem pilha de tijólos re-tensores, ou material meúdo de maior poder retensor.

A camara coletora communica-se, pela sua parte alta, com a parte alta do 2.º Filtro, e pela sua parte lateral inferior com a boca aspirante de um ventilador centrifugo *V*.

O vento que sáe do ventilador é encaminhado pelo tubo *T* até o logar do lançamento.

A esse vento é que chamámos de "vento do deserto".

7.º) Uma chaminé *D*, construida sobre a lage que cobre a arcada da fornalha e que serve para pôr ésta em comunicação direta com a atmosfera. Esta chaminé destina-se a evitar a saída de fumaça pela porta de alimentção, no momento de acender a lenha ou fazer carga.

A chaminé é provida de registro e, além do seu objectivo principal, pôde ser utilizada para introdução de ar, por as-piração.

8.º) Aberturas e olhais, dispostos onde convier, para limpeza, inspecção e tomada de temperatura.

9.º) Porta *P* de gilhotina, para alimentação.

10.º) Quatro placas de concreto para servirem de cober-

tura ás camaras do aparelho. Se fôr preciso mudar o arranjo dos tijólos soltos, ou fazer a sua substituição, não é necessario fazer desmanchamento algum. Tudo se póde fazer removendo as lages.

11.º) Ventilador V, aspirante-premente de dimensões proporcionadas para cada caso, sem o que o ar póde sair não desodorizado do aparelho.

Tal aparelho é o que nós chamamos de "secador normal".

E' de construção muito simples e barata e atinge, em toda a sua plenitude, os objectivos colimados, conforme a experiencia o tem demonstrado.

Obtem-se, sempre, ar seco, quente e desodorizado se a proporcionalidade entre os diversos elementos fôr a mais conveniente.

A temperatura póde ser graduada á vontade e mantida com admiravel constancia entre limites muito proximos.

Si se desejar obter ar com temperatura superior a 200.º, será necessario dispôr, á entrada do primeiro ou do segundo filtro, um combustor de coque.

Uma notavel e importante vantagem do aparelho descrito consiste na sua caracteristica de armazenar calor.

Assim, quando o trabalho de beneficiamento se fizer unicamente durante o dia, o espaço de uma noite não faz baixar sensivelmente a temperatura interior e, pela manhã, lógo ao reiniciar o serviço, ha ar quente e seco para ser utilizado, mesmo antes de ser aceso o combustivel. Quando fossem exigidas grandes massas de ar quente e seco, poder-se-ia sempre, dar, á vontade, desenvolvimento ao aparelho, já em altura, já em superficie horizontal, já em numero de colunas filtrantes.

O armazenamento de calor tem enorme importancia na secagem fraccionada racional, isto é, com interrupções.

## DESTRIBUIÇÃO E LANÇAMENTO DO AR QUENTE

Uma vez obtido o ar depurado e aquecido á temperatura mais conveniente, é preciso proceder ao seu lançamento no seio da massa de substancia a secar.

Pela ordem, teríamos, naturalmente, de tratar dos aparelhos de lançamento de ar, isto é, dos ventiladores.

Convem, todavia, alterar essa ordem. Vamos dizer algumas palavras sobre a distribuição de ar.

Antes disso seja-nos licito prestar homenagem ao notavel professor Engenheiro Augusto Ramos, aquem nós supomos que são devidos os primeiros trabalhos de secagem em tambor rotativo.

Não nos deteremos na descrição dos numerosos aparelhos denominados *secadores* e que são: tulhas, esteiras, prateleiras, caixas, tambores, torres, escadas, etc. destinados á secagem de produtos agricolas. Não nos referiremos tambem ás estufas empregadas no fabrico de passas de fructas, farinha, etc.



O material a secar oferece uma grande variedade. Aqui, sementes, meúdas, lisas ou asperas, redondas ou alongadas; ali sementes grandes, desiguaes, moles; mais adeante, material delicado, facilmente deformavel. Um material é muito sensível ao movimento, outro ao calor, outro ainda, ás materias corantes ou odorantes. Para uns a acção oxidante é inocua, para outros é perniciosa. Enfim, a secagem e as operações necessarias ao exito completo exigem, para cada caso um estudo particular.

Todavia, um bom secador deve ter as seguintes caracteristicas principaes:

1.º) O material a secar deve oferecer o maximo de superficie de exposição.

Se o material, acamando-se, diminuir com isso, essa superficie, é preciso desacama-lo. Disso resulta que, nos casos possiveis, é necessario dar movimento ao material a secar. E' o meio, naturalmente indicado, para conduzir a uma desacomodação metódica. O movimento mais natural para o effeito é, sem duvida, o movimento de rotação. Os movimentos alternativos devem ser postos á margem, uma vez que os seus inconvenientes são numerosos e bem conhecidos.

O movimento deve ser muito lento já porque, assim, o consumo de energia é insignificante, já porque a desacomodação com movimento rapido póde, em certas substancias, dar logar a desintegração prejudicial.

2.º) A circulação do ar, no seio da massa, deve ser bôa e metódica. Os vasion entre as particulas da substancia a secar andam, em geral, por uns 30% do volume. E' muito importante elevar esse valor a 60% ou mais, ainda.

Isso conduz a uma grande diminuição das perdas de carga e, consequentemente a um maior aproveitamento da energia.

O aparelho deve, pois, ser provido de dispositivo capaz de aumentar os vasion. E' o artificio a lançar mão para garantir uma circulação facil e bôa, por conseguinte.

3.º) A distribuição dêve ser centrifuga, isto -, deve ser feita de um centro de irradiação. A distribuição radial deve ter preferencia. Todavia, em cada caso, ha a estudar a questão da espessura mais conveniente.

4.º) A carga e a descarga do aparelho não devem oferecer dificuldade.

Ha uma grande tendencia para serem adotados "secadores continuos", isto é, secadores em que a substancia a secar entra por uma face do aparelho e sái, sêca na outra face. Nós nunca vimos aparelho algum desse genero produzindo material com gráu uniforme de secura, e já vimos, em alguns deles, uma variedade notavel de temperaturas nas diversas regiões do aparelho.

Tambem não sabemos a que se deve o nome de "secadores continuos" a secadores que lançam periodicamente golfadas de material preparado.

O gráu de humidade já é variavel e as quantidades de agua dependem dos tamanhos das unidades a secar. Assim, é dificil obter movimento capaz de estabelecer o estado de equilibrio indispensavel afim se obter á saída do aparelho e de maneira continua, máterial uniformemente sêco. Por outro lado, é bem de ver que, entrando material frio, humido e pouco

homogenio, por um lado e saindo material quente e seco por outro, a temperatura tem de variar de uma região para outra, ao longo do aparelho.

Esse fato acarreta uma grande dificuldade para a escolha da melhor temperatura do ar ao ser lançado.

Com efeito, a receptividade para o calor depende da quantidade de agua de cada um dos elementos a secar, e nesse particular, é muito diferente o material que está a entrar daquele que está a sair do aparelho.

5.º) O material a secar não deve ser obrigado a percursos longos dentro do aparelho secador. O movimento da massa não deve ser maior do que o suficiente para a carga e descarga rapidas, e, no interior do aparelho, para a indispensavel desacomodação das unidades afim de facilitar a exposição ao ar.

Um movimento ativo ou um percurso longo pódem desintegrar o material. A mandioca picada, por exemplo, sobretudo quando tiver sido prensada, sofre uma desintegração parcial e fórma-se uma grande quantidade de "farelo" quando o percurso é grande.

Do que se acaba de dizer e do que temos experimentado, resultou o nosso "secador normal", que vamos descrever.

### SECADOR NORMAL

O aparelho é, essencialmente, constituido por um tambor prismatico forrado de téla metalica ou de chapa perfurada (Fig. 2).

O prisma é provido de portas *P* para carga e descarga. Essas aberturas estão situadas em faces alternadas do prisma.

No interior desse prisma, concentrico e solidario com ele ha um cilindro *C* tambem de téla, esteira ou chapa perfurada.

Prisma e cilindro são presos, nas bases, a discos circulares. Em um dos discos ha uma abertura de diametro igual ao diametro interno do cilindro de téla.

SECADOR PIRACICABA  
(Tambor rotativo)

SECADOR «PIRACICABA»

(PARA AS SUBSTANCIAS)

CORTE LONGITUDINAL

CORTE TRANSVERSAL

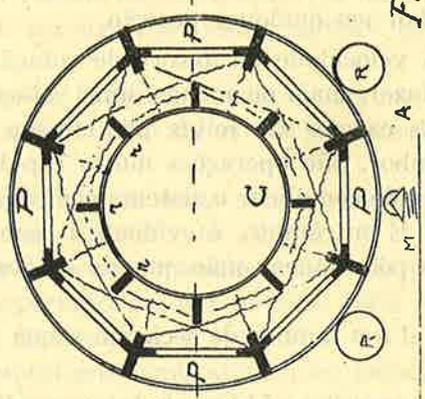
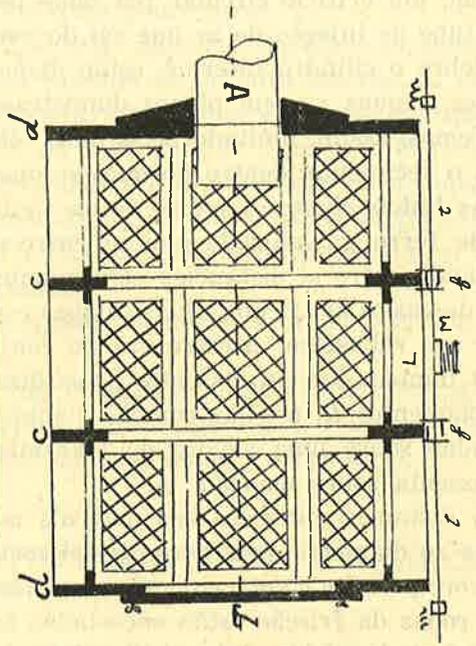


Fig. 2

Essa boca, durante o tratamento, permanece fechada pela tampa *T*, presa com estojos de borboleta. Na outra face ha, tambem, um orificio circular por onde penetra a extremidade *V* do tubo de injeção do ar que saí do ventilador.

Sobre o cilindro interior, estão dispostas, segundo as geratrizes, reguas *r,r*, em planos diametraes.

Temos, assim, limitado pelas duas télas e pelos discos das pases, o recipiente, dentro do qual se opera a secagem.

As linhas sinuosas que se vê na figura, representam arames de ferro galvanizado que se entrecruzam no recipiente, guardando entre si distancias convenientes. São arames geradores de vasios artificiais. Duas cambas *c* são destinadas a completar e a robustecer a estrutura do conjunto.

O tambor descrito assenta, pelos discos, *d*, dos topos, sobre rolamentos *R*, e pelas cambas *c* sobre polias de fricção *f*, montadas sobre uma arvore de transmissão *t*, que, por sua vez, assenta sobre mancais *m*.

A distancia entre os dois mancais *m* é muito grande em relação ao diametro da arvore, de tal sorte que a flexibilidade da arvore permite a rotação desta sem inconvenientes, já, quando as rodas da fricção estão encostadas ás cambas, já quando estão afastadas delas. Á igual distancia dos mancais *m* ha um leito de chumaceira *L* que assenta sobre uma forte móla *M*. Essa móla está montada sobre a alavanca *A*. Com dispositivo, especial, para cada caso, póde-se fazer parar, instantaneamente, o tambor em qualquer posição.

A velocidade da arvore de rotação é pequena e o tambor deve fazer, mais ou menos, uma rotação por minuto.

As cargas são feitas por cima e as descargas por baixo do tambor. São operações muito rapidas e não ha necessidade alguma de complicar o sistema com mecanismos de carga e descarga. E entretanto, é evidente o sem numero de recursos de que se póde lançar mão quando se desejar fazer tudo mecanizado.

Tal é o tambor de secagem a que chamamos "secador normal".

O aparelho póde ser todo construido em ferro, ou póde ter grande parte da estrutura em madeira. Com chapas galvani-

sadas e com cantoneiras de ferro pôde-se construir um tambor bom, robusto, elegante e de muita duração. A construção não é cara e o aparelho toma pouco logar.

Um tambor de 2,50 mts. de comprimento com cambas de 2,00 mts. de diametro, provido de cilindro interno de um metro de diametro, comporta um prisma octogonal circumscrito a uma circumferencia de 1,50 met. de diametro. O recipiente que se obtem é de capacidade util de 2,400 mc. para conter 1,20 mc. de substancia com 1,20 mc. de vasios. A capacidade do aparelho é, pois, de 1200 a 1500 kgs. de mandioca picada, si se tratar de secador para raspa.

Tal aparelho pôde, pois, fornecer, de cada vez, 400 a 500 kgs. de raspa seca.

Este aparelho, funcionando em bôas condições, e metodicamente, deve suprimir a prensagem que, sobre ser delicada e cara, é operação que esfacela sempre o producto.

### OBSERVAÇÃO IMPORTANTE SOBRE A SECAGEM DA MANDIOCA PICADA

A mandioca é riquissima de agua e ao perder essa agua o seu peso fica reduzido de duas terças partes.

Então, como é natural, ao passo e á medida que progride a operação da secagem o volume da substancia vae diminuindo.

Ora o recipiente do secador deve estar sempre cheio ou quasi cheio.

Assim, feita a primeira carga e, depois de algum tempo, é necessario suprir o aparelho afim de evitar má circulação e perda de ar quente.

Se o suprimento for feito com raspa seca, vae-se gastando com esse suprimento e sem proveito, ar quente.

Se o suprimento for feito com mandioca saída do picador, vai-se atrazar muito a operação e obter ao fim, falta de uniformidade na humidade do material.

Por outro lado é importante lembrar que, no principio da operação e em virtude da grande quantidade de agua a aquecer, o lançamento pôde ser feito com ar de temperatura muito

elevada, sem o menor risco para a substancia, em virtude do grande calor latente da agua. Póde-se, pois, ganhar tempo e economisar combustivel. Essas observações e a nossa experiencia, nos levam a defender, com muito calor, o processo de "secagem fraccionada" pelo menos em duas meias sécas.

Em tal caso e quando se dispõe de um unico tambor de secagem, é aconselhavel uma primeira meia séca seguida de uma descarga do tambor. Em seguida, uma primeira séca em uma nova partida de mandioca picada.

Se quisermos podemos continuar assim, depositando o material trabalhado de meia séca, até a hora conveniente para a segunda meia séca e conclusão da operação.

Durante o descanso passa-se o importante fenomeno da uniformisação da humidade em toda a massa do producto. Pedacos pequenos e pedacos grandes, todos elles ficam ao mesmo grau de humidade, em virtude da troca que se faz durante o descanso. E' bem evidente que o processo póde ser usado na industria pequena, de um unico tambor, ou na grande industria, provida de series de unidades.

E' bem que se lembre aqui, a necessidade de um estudo completo da questão e que constitue o problema da "secagem em cascata". E' um belo trabalho para os nossos agronomos.

Para o efeito, convem que o edificio seja construido com dois ou tres pavimentos. No pavimento superior, para onde seria transportada a mandioca que vem da terra, serim montados, *lavador e picador*.

No pavimento desse *hall*, aberturas retangulares correspondentes ás boccas de carga de dois ou mais tambores.

Abaixo desses tambores móega de descanso.

Em seguida, e logo abaixo, um ou mais tambores para a segunda meia séca e com descarga no pavimento desse andar.

Nesse pavimento e no pavimento terreo o serviço de moagem e acondicionamento.

E' um problema a estudar e nós chamamos, particularmente, a atenção dos nossos alunos, para a sua importancia. Estariamos pagos de sobejo, de nosso trabalho, se, de qualquer deles viesse uma solução feliz.

A nós não nos resta o menor resquício de duvida, quanto ao valor de fracionamento das operações de secagem.

Tudo está em proporcionar convenientemente os elementos, para se obter um sucesso brilhante.

Não é preciso encarecer o valor da raspa de mandioca como materia prima de exportação. Não é preciso pôr em destaque o esforço do governo protegendo o pão nacional.

Basta confronto entre o valor nutritivo do trigo e o da mandioca para se chegar á convicção de que o estudo do problema se erige em uma obrigação para o agronomo brasileiro.

### PRODUÇÃO DA CORRENTE DE AR — VENTILADORES

Em um estabelecimento em que se empregue corrente de ar para secagem de materia de qualquer natureza, é indispensavel a maquina que tem o nome de *ventilador*.

A escolha ou a construção de um ventilador para determinado serviço constitue-se em problema de grande importancia.

Para o caso da secagem de produtos agricolas a importancia do problema é enorme.

Se o interessado recorrer a livros scientificos, afim de ficar ao par do assunto, é bem facil se perder no labirinto das teorías aerodinamicas e com o risco de ficar, depois de exaustivo trabalho, sem saber escolher o ventilador que lhe convem.

Recorrendo a catalogos de casas comerciais, o interessado encontrará uma tal disparidade entre as respectivas indicações, que as duvidas, ao envez de se dissiparem, aumentam de ponto.

Os tecnicos competentes no assunto, nem sempre estão ao alcance, para uma consulta.

Livros tecnicos que tratem, com linguagem facilmente accesivel e com extensão suficiente e ainda, com exemplos de applicações aproveitaveis para o consultante, não são encontrados no mercado e, se os ha, nós não os conhecemos.

Consultando catalogos de casas comerciais, encontra-se, muitas vezes, o que vamos mostrar um exemplo concreto.

A notavel Casa Marelli fabrica motores electricos conhecidos pela sua superioridade. Afim de dar incremento á produ-

ção de motores, a casa fábrica um sem numero de aparelhos conjugados a seus motores.

Assim, fábrica por exemplo, ventiladores de muitos tipos. Esses grupos são de peso minimo, muito efficientes e elegantes.

Um grupo motor-ventilador, pesando 50 kilos, apenas, fornece 58 metros cubicos de ar por minuto, com uma pressão de 150 milímetros de coluna d'agua. A caixa do ventilador tem a boca de saída retangular e a ventarola tem um grande numero de palhetas cilindricas.

Para a mesma vasão e com a mesma pressão, nós conhecemos um ventilador americano que, sem ser conjugado a motor, pésa, ele, sósinho, cerca de 80 kilos. Nesse ventilador a caixa tem a boca de saída circular. Muito poucas palhetas, planas e radiais. Finalmente, conhecemos, para aquele mesmo efeito, um ventilador inglez de ventarola massiça, com bom numero de palhetas curvas; sem motor e com peso superior a 100 kilos. Saída tronconica de secção circular.

Os tres ventiladores citados, destinados todos ao mesmo efeito são de tal modo diferentes entre si, que o interessado escolhe confiante na sôrte.

Esse é, ainda, o caso bom.

E, o que fazer, se o interesado não souber informar, com aproximação suficiente, o volume de ar de que precisa e a pressão que deve ser atingida?

E' o problema de escolha do ventilador erigindo-se em sério tropeço.

Para ajudar a resolver, com facilidade esse interessante problema, é que oferecemos o que se segue.

## VENTILADORES

Os ventiladores são maquinas destinadas á manutenção de uma corrente de ar que deve ser utilizado. Os ventiladores dividem-se em:

Ventiladores centrifugos;

„ elicóides;

- „ élico-centrifugos;  
 „ diamétrais ou centripeto-centrifugos;  
 „ de capacidade variavel.

Para os casos de secagem, a industria utiliza, unicamente, ventiladores centrifugos ou elicóides.

Para o nosso caso não interessam, pois, ventiladores das tres ultimas classes.

*Ventiladores centrifugos*, são aqueles em que a corrente de ar atravessa a ventarola perpendicularmente ao eixo de rotação.

*Ventiladores elicóides*, são aqueles em que a corrente de ar tem logar em direção sensivelmente paralela ao eixo de rotação.

### VENTILADORES CENTRIFUGOS

Os ventiladores centrifugos constam, substancialmente, de uma *ventarola* de palhetas, que gira com rapidez, dentro de uma caixa de madeira ou alvenaria, de folha de ferro laminado ou de chapa de ferro fundido.

Essa caixa tem, em geral, a forma de caracól. A ventarola pôde ser de palhetas planas, curvas ou mixtas, como se vê na fig. 3.

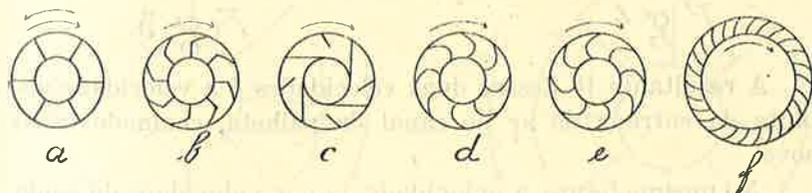


Fig 3

- a) — Ventarola muito simples de palhetas radiais e pouco numerosas.  
 b) — Palhetas mixtas, mais numerosas. Uma parte plana, radial e outra curva.  
 c) — Palhetas planas não radiais e meias palhetas. Marcha retrógrada.

- d) — Palhetas curvas, não cilíndricas. Marcha retrógrada.  
 e) — Idêntica á ventarola *d*, porém para marcha dirêta.  
 f) — Ventarola moderna. Palhetas cilíndricas, muito numerosas. Canais moveis de comprimento reduzido.

### ROTAÇÃO DIRÊTA E ROTAÇÃO RETRÓGADA

Consideremos a palheta *AB*, de uma ventaróla (fig.4) que gira no sentido indicado pela seta.

O ar, ao entrar na ventaróla, tem, no ponto *A*, uma velocidade  $w_1$ , tangente ao primeiro elemento da palheta, e, nesse ponto, a velocidade linear da ventaróla é  $w$ , tangente a ésta.

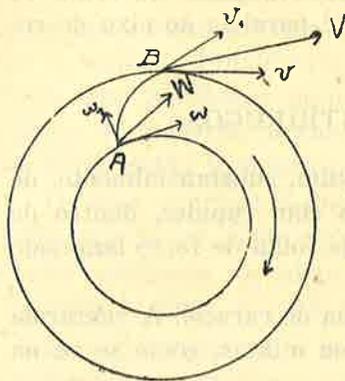


Fig. 4

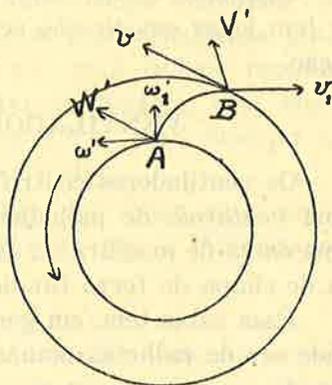


Fig. 5

A resultante  $W$  dessas duas velocidades é a velocidade absoluta da entrada do ar no canal da palheta, chamado canal movei.

Na mesma figura, a velocidade  $v_1$  é a velocidade da saída do ar da palheta e é tangente ao ultimo elemento desta, e  $v$  é a velocidade linear da ventarola em *B*.  $E'$  tangente á ventarola. A resultante  $V$  é a velocidade absoluta com que o ar abandona a ventarola.

Invertendo, unicamente, o sentido de rotação (fig. 5) a velocidade  $w_1$  se conserva e a velocidade linear da roda,  $w'$  muda de sentido e a resultante passa a ser  $W'$ .

Do mesmo modo a velocidade  $v'_1$ , tangente ao ultimo elemento da palheta, se conserva e a velocidade linear da roda,  $v$ , muda de sentido e a resultante passa a ser  $V'$ .

Nos dois casos considerados a corrente de ar é centrifuga, isto é, se dá de dentro da ventaróla para fóra, atravessando os canais moveis.

A mudança de sentido de rotação, não muda, pois, esse sentido da corrente.

Comparando, agora, as duas velocidades  $V$  e  $V'$  de saída e as velocidades  $W$  e  $W'$  de entrada do ar na ventaróla, verifica-se que, no caso da concavidade da palheta, estar voltada para o sentido do movimento da ventaróla, as velocidades de entrada e saída do ar na ventaróla, são muito maiores do que no caso em que a concavidade está voltada contra o sentido da corrente. A diferença é tanto maior, quanto maior fôr a diferença entre os angulos das tangentes.

Os ventiladores centrifugos que funcionam como indica a fig. 4 são chamados ventiladores da *marcha direta* e os que funcionam como indica a fig. 5, são chamados ventiladores de *marcha retrógrada*.

Nos ventiladores de palhetas radiais não ha essa distinção. Com efeito, as velocidades resultantes tem o mesmo valor abso-

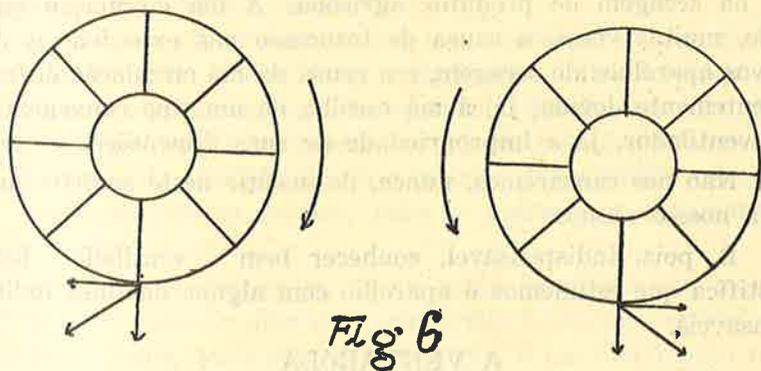


Fig 6

luto que não muda de grandeza com a inversão do sentido da corrente. (fig. 6).

Em igualdade de condições, os ventiladores de marcha

diréta dão pressão mais elevada do que os de marcha retrógrada.

As figs. 7 e 8 mostram os dois ventiladores, de rotação diréta e de rotação retrógrada.

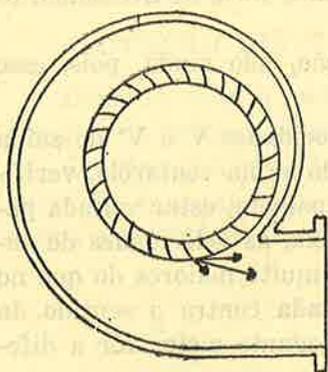


Fig. 7

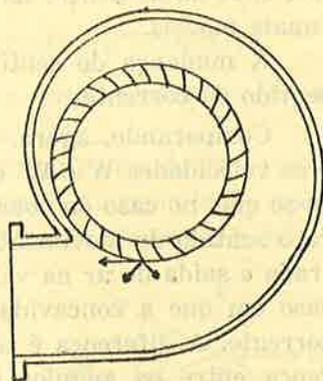


Fig. 8

Para secagem de produtos agrícolas, quando ha resistencias notaveis a vencer, os ventiladores de marcha diréta, são os naturalmente indicados.

Ora, como objetivo principal deste ensaio, nós puzémos em grande destaque a importancia que tem uma bôa circulação de ar na secagem de produtos agrícolas. A má circulação tem sido, muitas vezes, a causa de insucesso nas experiencias de novos aparelhos de secagem, e a causa da má circulação é, frequentemente devida, já, á má escolha de um tipo conveniente de ventilador, já á impropriedade de suas dimensões.

Não nos cansaremos, nunca, de insistir neste assérto junto a nossos alunos.

É, pois, indispensavel, conhecer bem o ventilador. Isso justifica que estudemos o aparelho com alguns detalhes indispensaveis.

### A VENTARÓLA

No ventilador é a parte girante, denominada *ventaróla*, que produz a corrente de ar.

Uma ventaróla normal é, essencialmente, constituida por

uma corôa circular *c* (fig. 9) disposta paralelamente a um disco *d*, ambos de folha de ferro, e, entre essas duas peças, uma série de palhetas.

As palhetas *p* são perpendiculares á corôa e ao disco e solidamente presas. Os espaços vazios, entre palhetas consecutivas, chamam-se *canais moveis*; e estabelecem a comunicação entre o interior *I* e o exterior *E* da ventarôla.

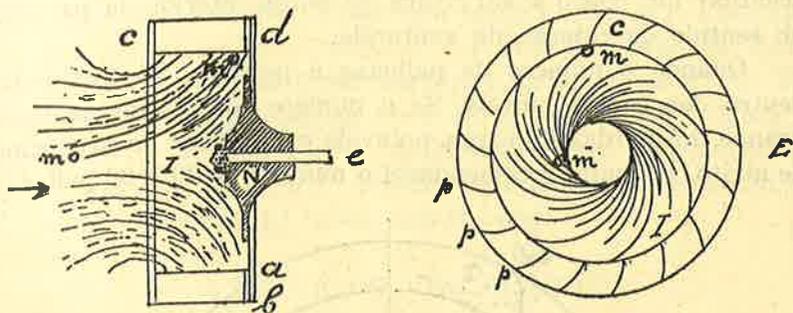


Fig. 9

Na figura, *ab* é o comprimento do canal e *cd* é a largura. A profundidade do canal é a distancia entre duas palhetas consecutivas. A ventarôla é solidaria com um nucleo central *N*, chavetado no eixo de rotação.

Quando se põe em movimento a ventarôla, o ar que enche os canais moveis, ganha força centrífuga e, abandonando os canais, lança-se no exterior da ventarôla. Produz-se, pois, aspiração de ar. Com o movimento rapido de rotação, estabelece-se a corrente da atmosfêra para o interior da ventarôla e desta, ao longo dos canais moveis, para a atmosfêra, novamente, fechando-se o circuito.

Assim, as moléculas *m*, de ar, estão sujeitas a um movimento na direção do eixo *e* da ventarôla, a um movimento de rotação ao redor deste eixo *e*, finalmente, a um movimento radial devido á força centrífuga.

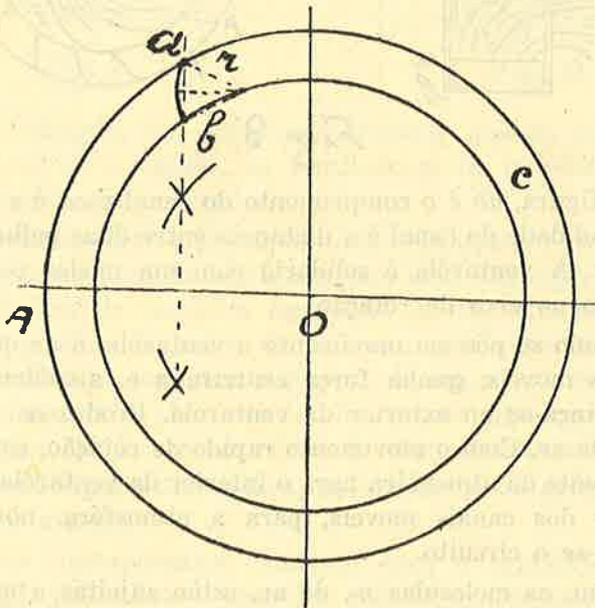
Com a composição destes tres movimentos, a cada instante, fórma-se um vórtice ao redor do eixo. O cilindro de ar penetrante no interior da ventarôla, tórce-se e, no rodopio, a

molecula  $m$  vai, espiralando, alcançar a circumferencia interna da ventaróla. Ao alcançar essa circumferencia a molecula  $m$  tem a velocidade um pouco inferior á da velocidade tangencial da roda, nesse ponto. Porisso, a palheta que anda mais depressa, alcança a molecula e, ainda que muito de leve, choca-se com esta.

O choque é pequeno, e será normal á palheta, se o primeiro elemento desta fôr radial.

Afim de atenuar o choque, tornando-o oblíquo, convem acentuar um pouco a curvatura do bordo interior da palheta, no sentido da rotação da ventaróla.

Quando o numero de palhetas é pequeno, ha torvelinho dentro dos canais moveis. Se o numero fôr exageradamente grande, ha perdas de carga notaveis em virtude do acrescimo de atrito. E' muito recomendavel o numero de 30 a 36 palhetas



*Fig. 10.*

para os pequenos ventiladores, 36 a 48 para os médios e 48 a 60 para os grandes. Uma distancia de 3 centímetros, entre duas palhetas, é muito razoavel.

Quanto á largura da corôa, isto é, quanto ao comprimento dos canais moveis, convem lembrar que um exagero nessa dimensão, corresponde a um aumento de peso, sem com isso, a eficiencia ser aumentada. Nos pequenos ventiladores, a largura da corôa não deve ser maior que a quinta parte do raio da ventarôla. Nos ventiladores médios e grandes deve-se tomar, para largura da corôa, um sexto do raio da corôa.

*Traçado da palheta.* As palhetas são cilíndricas e o seu traçado é muito simples. Traça-se a corôa  $c$  (fig. 10). Levanta-se uma perpendicular ao meio de  $OA$ , raio da ventarôla. Essa perpendicular córta as circumferencias da corôa em  $a$  e  $b$ . Tira-se uma perpendicular ao meio de  $ab$ . Com raio  $r$  igual a quarta parte de  $OA$ , e com centro sobre essa perpendicular, traça-se o arco  $ab$ . Em  $b$ , acentúa-se um pouco a curvatura, afim que o ar entre no canal, sem chóque.

### A CAIXA DO VENTILADOR

Nos ventiladores de marcha diréta, a caixa deve ser espiralóide.

Para traçar a caixa, começa-se por desenhar a corôa  $C$  da ventarôla (fig. 11), que se divide em 16 partes, por exemplo. Pelas divisões obtidas são traçadas linhas radiais. No prolongamento do raio  $OA$  toma-se um comprimento  $AB$ , igual ao raio da ventarôla.

Por  $B$  tira-se a tangente  $BT$ . Divide-se  $AB$  em 16 partes iguais. Sobre as linhas radiais que se seguem são tomadas, respectivamente, 15, 14, 13, . . . . . 2, 1 partes. Desenha-se a espiral, que dá o interior da caixa.

A boca de entrada da caixa é circular, com o centro  $O$  e com diâmetro igual ao diâmetro interno da ventarôla.

Avalia-se a superficie da boca de entrada. Essa superficie deve ser 1,9 da superficie da boca de saída.

Para termos a superficie da boca de saída dividiremos, pois, a boca de entrada por 1,9. A boca de saída deve ser retangular e deve repousar sobre a base menor.

Sendo  $l$  o lado menor do retangulo, o lado maior  $l'$  deve ser,

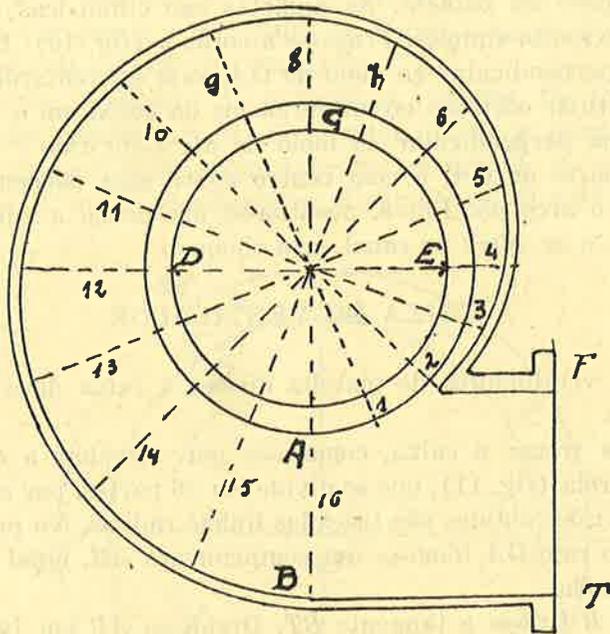
$$l' = 1,4 l$$

A superfície da boca de saída, será, pois,

$$s' = 1,4 l \times l = 1,4 l^2$$

donde

$$l^2 = \frac{s'}{1,4} \text{ e } l' = \sqrt{\frac{s'}{1,4}}$$



*Fig. 11*

*Exemplo.*

Sendo o diametro da boca de entrada 33 cents., temos, para diametro da ventarola (fig. 12)

$$D = 33 + 2 \times \frac{D}{10} = 41,125 \text{ cms. ou } 42 \text{ cms.}$$

A superfície  $S$  da boca de entrada é

$$S = \frac{3,14 \times 33^2}{4} = 854,865 \text{ cms}^2.$$

A superfície da boca de saída será

$$S' = \frac{854,865}{1,9} = 450 \text{ cms}^2$$

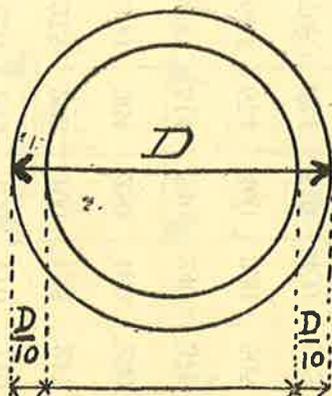


Fig 12

Mas

$$S' = 1,4 l^2 \text{ donde, } l = \sqrt{\frac{450}{1,4}} = 18 \text{ cms.}$$

que é o lado menor do retângulo.

O lado maior será

$$l' = 1,4 \times 18 = 25 \text{ cms.}$$

Determinado o lado maior, marca-se *TF* (fig. 11).

Para os demais detalhes, consulta-se, com muita vantagem, a página de catálogos de ventiladores centrífugos da Casa Marelli estabelecida em São Paulo, e que nos autorizou, com muita gentileza, a transcreve-la nestes apontamentos, que ficam, com isso, muito enriquecidos. (V. pg. 40 e fig 13).

Consideremos, agora, o nosso ventilador em funcionamento.

# VENTILADORES CENTRIFUGOS L M

(Da Casa Marelli)

TIPO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O	P	Q	Q
LM 20	200	220	233	150	110	170	182	60	60	130	142	4	3	2	7	5,5
LM 25	250	275	293	190	135	217	232	75	80	162	177	4	3	2	7	7
LM 33	330	360	384	250	180	280	303	100	100	210	233	4	3	2	8,5	8,5
LM 45	450	490	514	340	240	375	403	105	100	275	303	8	3	2	8,5	8,5
LM 60	600	640	674	460	320	505	534	140	120	355	394	8	4	3	8,5	8,5
LM 75	750	795	834	570	400	625	655	130	130	455	485	8	5	3	10,5	10,5
LM 90	900	955	996	680	480	730	775	160	200	530	575	8	5	3	13	10,5
ML 105	1050	1115	1156	800	570	800	907	175	200	635	677	8	5	3	14	14
LM 120	1200	1270	1316	910	650	980	1027	200	250	720	767	8	5	3	14	14

Quando a massa de ar deixa a ventaróla, a caixa espiraloi-

BOCA ASPIRANTE

BOCA PREMENTE

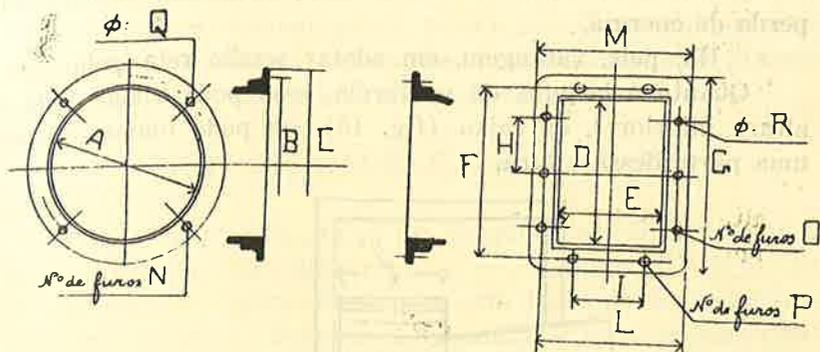


Fig 13

de do ventilador dirige os filetes fluidos e os lança, enfeixados,

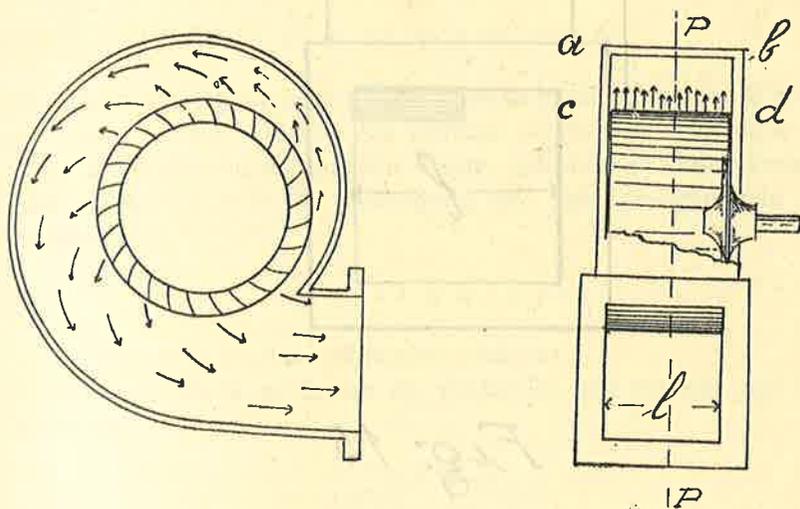


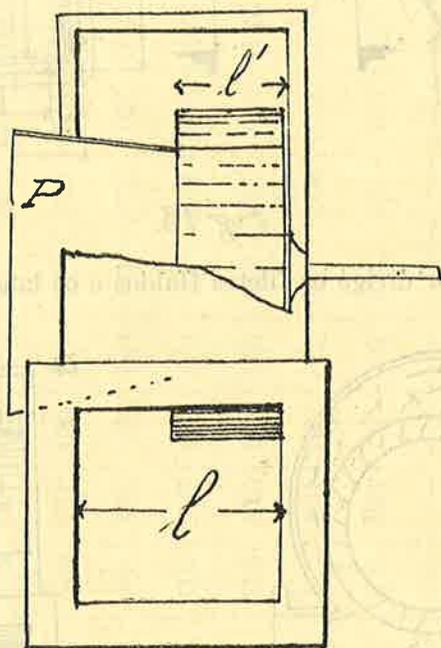
Fig. 14

pela boca de saída. A secção da caixa sendo retangular (fig. 14), em toda a largura  $l$  do canal movel os filetes são em pla-

nos *PP* aproximadamente paralelos entre si, e tomam, na caixa, direções como as indicadas na figura da esquerda. Se a secção fôr circular não ha um tal paralelismo e os filetes inclinando-se uns sobre os outros se entrechocam, provocando perda de energia.

Ha, pois, vantagem, em adotar secção retangular.

Quanto á largura da ventaróla, essa póde tomar toda a altura interior  $l$ , da caixa (fig. 15), ou póde tomar, apenas uma parte dessa altura.



*Fig. 15*

No caso da ventaróla ser mais estreita do que a caixa, é preciso, então, prover o aparelho de um pavilhão *P* que faz comunicar a atmosfêra com o interior da ventaróla. Esse pavilhão é troncónico e solidario com a caixa.

Quando o ventilador apresenta esse dispositivo, os entrecosques são amortecidos, o ruído é diminuído, portanto, e a pressão e o rendimento aumentam. A vazão diminui.

O amortecimento progressivo da velocidade no movimento do ar, contribui, eficientemente, para a transformação em pressão, da energia cinética representada em velocidade. A pressão representa, com efeito, energia potencial.

### DA VELOCIDADE DE SAÍDA DO AR

Como vimos, (fig. 4), o ar, chegando em B, abandona a palheta com a velocidade relativa  $v^1$ , segundo a tangente ao último elemento. Além disso, o ar está animado da velocidade de arrastamento  $v$ , tangente à ventarola e igual à velocidade linear desta, no ponto B. Essas duas velocidades tem uma resultante  $V$  que é a velocidade absoluta com a qual o ar se lança na caixa do ventilador.

Teríamos,

$$V^2 = v^2 + v_1^2 + 2vv_1 \cos B$$

Essa velocidade gera pressão que se mede em coluna d'água e, como veremos adiante. Na prática, sendo  $v$  a velocidade linear da ventarola de marcha direta, que nós já descrevemos, pôde-se tomar para  $V$ , velocidade que cria pressão lida no manómetro:

$$V = 1,1 v \text{ a } 1,2 v$$

Veremos isso nas aplicações práticas.

A velocidade  $v$ , linear da ventarola, em metros por segundo é:

$$v = \frac{\pi D N}{60}$$

em que D é o diâmetro da ventarola e N o número de rotações por minuto.

A velocidade linear da ventarola de marcha direta pôde

atingir e ultrapassar 70 metros por segundo e, em consequencia, a velocidade da corrente de ar é muito mais forte. Esses ventiladores, são, pois indicados quando se exige pressão elevada.

Nos ventiladores de marcha retrógrada a velocidade da corrente é pequena e costuma ser de 10 a 20 metros por segundo.

Os ventiladores de marcha retrógrada não exigem caixa espiralóide. Funcionam bem em qualquer caixa. Todavia, dão pressão pequena.

A proposito de velocidades da ventaróla é bem que se passe para estas notas, um quadro interessante, com dados oferecidos pela Casa Marelli, que fornece grupos ventiladores-motores ou ventiladores solitarios para transmissão por polia.

Tipo do ventilador	Boca aspirante	Cavalos	Rotações por minuto	Polia	
				Diametro	Largura
LM 20	20 cms.	0,7 a 1,4	2870	90 m.m.	60 mm.
LM 25	25 »	1,5 » 4	2870	120 »	80 »
LM 33	33 »	7 » 15	2870	180 »	115 »
LMR 45	45 »	20 » 40	2870	275 »	180 »
LM 60	60 »	20 » 52	1400	420 »	220 »
LM 75	75 »	52 » 100	1400	450 »	250 »
LM 90	90 »	60 » 100	960	650 »	300 »
LM 105	105 »	37 » 75	725	650 »	300 »

As indicações deste quadro dão optima idéia sobre as dimensões das polias dos ventiladores. São, pois, aproveitaveis, quando se deseje construir um ventilador.

Neste ultimo caso é preciso tambem, calcular o diametro do

eixo da ventaróla. O eixo dos ventiladores é, em geral apoiado sobre dois mancais, muito proximos um do outro. A polia encosta em um deles. Não ha, em geral, flexão a considerar. Póde-se, pois, calcular o diametro do eixo com a formula,

$$d = \sqrt[3]{6100 \times \frac{N}{n}}$$

em que;

d = diametro em centimetros;

n = numero de rotações por minuto;

N = numero de cavalos a consumir.

*Exemplo.* Calcular o diametro do eixo de um ventilador que consóme tres cavalos e que marcha com 1435 rotações por minuto.

temos

$$d = \sqrt[3]{6100 \times \frac{3}{1435}} = 2,34 \text{ cms.}$$

Lançariamos mão de um eixo de 24 ou 25 milimetros.

Usando a formula indicada, o ferro trabalha a 6 kgs. por milimetro quadrado.

Para eixos mais delgados exageraremos mais ainda o diametro calculado.

Quanto aos mancais, não será necessario dizer que, em todos os casos, deve-se dar preferencia aos mancais de rolamento.

Nós recomendamos, calorosamente os mancais S. K. F. conhecidos em todo o mundo.

O typo de rolamento depende, naturalmente, do diametro do eixo. Todavia, para a maioria dos casos, a Companhia S. K. F. do Brasil, aconselha rolamentos da série 1200. Os quatro exemplos que se seguem auxiliam a escolha do rolamento.

Rot. por minuto	Eixo	N.o do rolamen.
2.000	20 — 25 mm.	1205
2.000	30 »	1206
2.000	50 »	1210
2.000	80 »	1216

### PRESSÃO

Quando o ar, obrigado por um ventilador, corre por um conduto, crêa-se pressão no interior desse conduto.

A *pressão estática*, que é a que o fluido exerce sobre a parede do conduto, quando o fluido corre paralelamente á parede; é a pressão que um instrumento de medição indicaria, se o proprio instrumento estivesse animado da mesma velocidade que o fluido. Essa pressão representa *energia potencial*.

A *pressão dinamica* que é devida á velocidade do fluido. Essa pressão representa *energia cinetica*.

A *pressão total* é a soma algebrica das duas pressões, es-

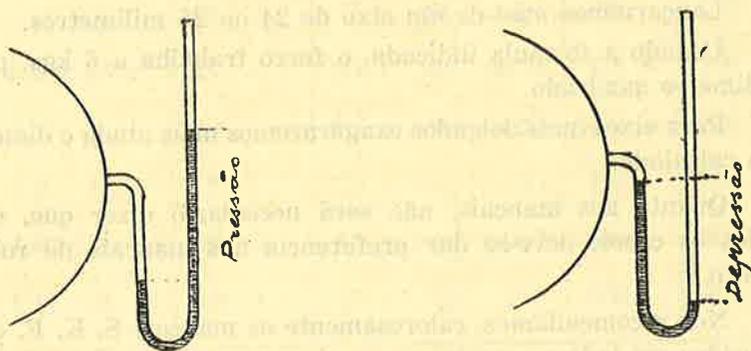


Fig 16

tatica e dinamica. E' a soma algebrica porque se ha depres-

são, ha, realmente pressão negativa.

A pressão do ar de um conduto ou recipiente é verificada com um simples manometro de ar livre e coluna d'agua. (fig. 16).

A pressão total, que é a que nos interessa, é medida com o tubo de Pitot.

Esse tubo é simplesmente constituído por um tubo de vidro ou metal dobrado em angulo réto e um pouco afilado (fig. 17). A ponta do tubo deve ser bem plana.

Para medir a pressão mergulha-se o tubo na corrente de ar, com a boca afilada voltada contra a corrente.

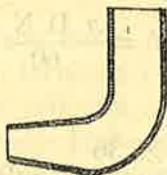


Fig 17

Liga-se a outra extremidade a um manometro de agua, no qual se lê a altura da coluna. O diametro do tubo póde ser qualquer. Todavia, é muito importante que a corrente que se mede seja regular, pois, ao contrario, ter-se-ia valores diversos para a altura da coluna e seria necessario entrar com correções.

Chamando  $h$  a altura da coluna de agua lida, em metros, no manometro do tubo de Pitot e lembrando que as densidades do ar e da agua estão na razão de 1,293 para 800, a velocidade de  $v$ , correspondente a essa pressão é, em metros por segundo,

$$v = \sqrt{2g \times 800 h.}$$

*Exemplo.*

Lê-se no manometro  $h = 100$  mm. Teremos, para velocidade da corrente

$$v = \sqrt{2 \times 9,81 \times 800 \times 0,10} \text{ m} = 39,^m61 \text{ por segundo.}$$

Para ampliar o exemplo, suponhamos que se deseja saber o numero de rotações, por minuto, que deve dar uma ventaróla de 0,25m de diametro, capaz de sustentar a pressão enunciada de 100 mm. de agua.

Já dissemos que a velocidade do ar ao sair das palhetas de rotação diréta, póde entrar, praticamente, no calculo, com o valor de 1,1 da velocidade linear da ventaróla. Portanto a velocidade linear da ventaróla tem de ser, para o nosso exemplo,

$$V = \frac{39,61}{1,1} = 36 \text{ m. p. s.}$$

Mas

$$V = \frac{\pi D N}{60}$$

Portanto

$$N = \frac{60 V}{\pi D} = \frac{60 \times 36}{3,14 \times 0,25} = 2764 \text{ rotações por minuto.}$$

### DA VASÃO DO AR

Ao passo e á medida que o ar deixa a ventaróla, ele se escôa, pela boca de saída do ventilador.

Temos, pois, os dois elementos indispensaveis á avaliação da quantidade de ar que o ventilador fornece na unidade tempo, isto é, temos a secção do orificio de escoamento e a velocidade.

Considerando que o ar se escôa por orificio de parede fina, temos a equação classica,

$$Q = KWV = 0,65 WV$$

em que:

Q é a vazão em metros cubicos por segundo.

W, a superficie da boca de saída em metros quadrados.

V, a velocidade do fluido.

Consideraremos V igual a 1,1 da velocidade linear da ventaróla. Esse valor corresponde á pressão h, lida na coluna dagua.

*Exemplo.* — Um ventilador normal de ventaróla de 0,25 m de diametro, gira com 2764 r. p. m.

A boca de saída tem 0,11 x 0,15 m.

A pressão em coluna d'agua seria a correspondente a

$$V = 1,1 \times 36 = 39,61 \text{ m.}$$

A vazão seria,

$$Q = 0,65 \times 0,11 \times 0,15 \times 39,61 = 0,424 \text{ mc por segundo.}$$

ou

$$Q = 0,424 \times 60 = 25,44 \text{ mc por minuto.}$$

*Outro exemplo*

Quais as dimensões a dar á boca de saída de um ventilador normal que deve fornecer 120 m. c. de ar por minuto, com uma pressão de 290 mm. de coluna d'agua?

Sendo  $V$  o velocidade correspondente á pressão de 0,29;

$Q$  a quantidade de ar em metros cubicos por segundo;

$W$  a superficie da boca de saída, temos :

$$Q = 0,65 WV \text{ e } Q = \frac{120}{60} = 2 \text{ mc. por segundo}$$

donde

$$W = \frac{Q}{0,65 V} = \frac{2}{0,65 \sqrt{2 \times 9,81 \times 800 \times 0,29}} = 0,0456 \text{ m}^2$$

Sendo  $b$  a base e  $h$  a altura da boca retangular, e lembrando que  $h=1,4 b$ , tira-se de

$$W = bh, b = \sqrt{\frac{0,0456}{1,4}} = 0,18$$

e

$$h = 0,18 \times 1,4 = 0,25 \text{ m}$$

que são as dimensões pedidas,

Desejando construir o ventilador, teriamos, para superficie  $S$ , da boca de entrada,

$$S = 1,9 W = 1,9 \times 0,045 = 0,0855 \text{ m}^2$$

ou, sendo  $D$  o diametro dessa boca,

$$0,0855 = \frac{3,14 D^2}{4} \text{ donde } D = 0,33 \text{ m.}$$

Admitindo que a largura da corôa da ventarôla, seja de  $\frac{1}{6}$  do raio, o diametro  $D'$  da ventarôla será

$$D' = 0,33 + \frac{D}{6}$$

ou

$$D' = 0,40 \text{ m.}$$

A profundidade da corôa seria, pois,

$$c = \frac{0,40}{12} = 0,033 \text{ m.}$$

A pressão de 0,29 m seria gerada pela velocidade

$$v = \sqrt{2 \times 9,81 \times 800 \times 0,29} = 67,46 \text{ m.}$$

A velocidade linear da ventarôla teria de ser

$$V = \frac{67,46}{1,1} = 61,33 \text{ m.}$$

Mas, por ser

$$V = \frac{\pi D N}{60}$$

Tem-se

$$N = \frac{60V}{\pi D} = \frac{60 \times 61,33}{3,14 \times 0,40} = 2930 \text{ rotações por}$$

minuto

E, assim teriamos, os elementos essenciais para a construção de um bom ventilador.

Se tivéssemos de escolher, ao envez de construir, daríamos preferencia ao ventilador Marelli tipo LM 33 para:  $Q = 120 \text{ m. c. por minuto}$ ;  $h = 290 \text{ mm}$ ; rotações por minuto = 2870.

Esse ventilador, indicado no catalogo respectivo, consome 15 cavalos e é conjugado a um motor trifasico, 50 ciclos, com rotor em curto circuito. O grupo pesa 141 kilos.

### INFLUENCIA DA VELOCIDADE DE ROTAÇÃO

Demonstra-se teoricamente e verifica-se na pratica, que, si se instalar um ventilador podendo trabalhar com velocidades diversas, em um circuito de resistencia constante:

1.º) A vazão é proporcional á velocidade periferica da ventaróla;

2.º) A pressão é proporcional ao quadrado dessa velocidade.

3.º) A energia absorvida é proporcional ao cubo da velocidade.

4.º) O rendimento conserva-se constante.

O exemplo seguinte, tomado de Armando Albert, esclarece o assumto.

"Suponhamos um ventilador que, sob 1420 rotações por minuto, fornece 0,74 mc. de ar á pressão 87 mm. de agua e que absorve 1,8 cavalos.

Esse ventilador marchando a 1000 rotações por minuto, no mesmo circuito, fornecerá

$$0,74 \times \frac{1000}{1420} = 0,52 \text{ mc. de ar}$$

á pressão de

$$87 \times \left(\frac{1000}{1420}\right)^2 = 43 \text{ mm. de agua.}$$

e absorverá

$$1,8 \left(\frac{1000}{1420}\right)^3 = 0,63 \text{ cavalos.}$$

O rendimento sendo 0,48, conserva-se com o mesmo valor.

### POTENCIA ABSORVIDA

O trabalho consumido por um ventilador é expresso em

kilogrametros, pelo produto de peso  $qd$ , do ar transportado, pela pressão  $H = 800$  h.

Em cavalos, a potencia consumida é, teoricamente.

$$P = \frac{q d H}{75} \quad (1)$$

em que:

$P$  = potencia teorica em cavalos,

$q$  = quantidade de ar em metros cubicos por segundo,

$d$  = peso de um m.c. de ar, em kgs.

$H$  = altura da coluna de ar = 800 h,

$h$  = altura da coluna d'agua em metros.

Os ventiladores, por mais bem construidos que sejam, são, sempre, maquinas de rendimento baixo.

Um rendimento de 40% a 50% deve ser considerado bom.

Mais de 50% é rendimento raro e menos de 40% é rendimento muito comum. Em geral os grandes ventiladores tem coeficientes mais elevados do que os pequenos. Uma bôa pratica para se avaliar a potencia realmente consumida por um ventilador, consiste em multiplicar a potencia avaliada com a formula (1) por:

2,1 para ventarolas de 0,20 m. a 0,40 de diametro.

2,0 " " " 0,45 a 0,65 " " ,

1,9 " " " 0,70 a 0,90 " " ,

1,75 " " " 0,95 a 1,30 " " ,

Por outro lado é bem que se lembre que o peso de um metro cubico de ar seco depende da temperatura. Para a secagem de produtos agricolas transporta-se ar quente. Todavia, isso não se leva em linha de conta e  $d$ , na formula (1) entra, sempre, com o valor 1,2.

#### *Exemplo.*

Avaliar a potencia, em cavalos e em kilowatts, consumida por um ventilador de ventarola de 0,55 m. de diametro

que fornece 270 m.c. de ar por minuto com uma pressão de 350 mm. de coluna de água.

Temos:

$$P = \frac{q \, d \, H}{75} = \frac{\frac{270}{60} \times 1,2 \times 800 \times 0,35}{75} = 20,1 \text{ cav.}$$

Na pratica, seria preciso multiplicar essa potencia por 2 ou,

$$P = 20,1 \times 2 = 40,2 \text{ cavalos.}$$

ou

$$P = 40,2 \times 0,736 = 29,36 \text{ kilowatts.}$$

Consultando o catalogo da Casa Marelli encontraremos ali o grupo do tipo LMR 45, com motor eletrico trifasico, corrente alternativa de 50 ciclos, com 2870 rotações, de 40 cavalos e ventilador para 270 m.c. por minuto e 350 mm. de coluna dagua.

## OUTROS VENTILADORES

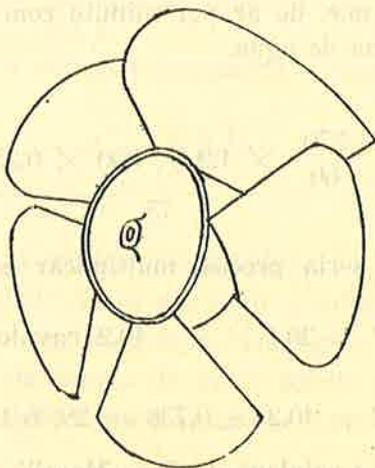
Até agora, nós nos referimos a ventiladores centrifugos de uma unica boca aspirante. São, todavia, muito comuns ventiladores de duas bocas, uma de cada lado da caixa. Estes ventiladores são os mesmos que temos estudado, porém, duplos.

Vamos agora, dizer duas palavras sobre os ventiladores elicóides.

Como ficou definido, ventiladores elicóides são aqueles em que a corrente de ar tem logar em direção sensivelmente paralela ao eixo de rotação.

A ventaróla dos ventiladores elicóides é, simplesmente, constituída por um nucleo macisso N, de grande diametro, ao redor do qual estão fixados, solidamente, palhetas elicóides P (fig. 18).

Nessas ventarolas as élices são de 2, 3, 4 ou mais *entra-*  
*das*, isto é, são de 2, 3, 4 ou mais palhetas.

*Fig. 18*

A ventarola funciona dentro de um aro cilindrico de ferro, alvenaria ou madeira, e é solidaria com um eixo de rotação.

A ventarola, girando, funciona como propulsor. Move o ar mas não lhe fornece pressão.

O uso de ventiladores elicóides se limita aos casos de mudança de massas de ar, em geral muito grandes, de um ambiente para outro. São aparelhos preciosos quando convenientemente aplicados, e tem largo uso, nas fabricas, nos laboratorios, nas salas em que é necessario afastar o ar viciado.

Nas applicações industriais dos ventiladores elicóides é muito rara a necessidade de vencer contrapressões superiores a 50 mm. de agua.

Esses ventiladores são absolutamente improprios para fortes pressões ou depressões. Na secagem o seu uso é muito limitado. Todavia, em uma fabrica de massas alimenticias, por exemplo, ou em uma coleção de prateleiras de frutas a secar, essas maquinas tem applicação, já, impelindo ar novo, já, exaurindo ar carregado.

Nas suas applicações razoaveis, os ventiladores elicóides

dão rendimento elevado. Si se quizer aplicar esses aparelhos para produção de fortes depressões ou pressões, o rendimento cái desastradamente e póde descer a menos de 10%. Com esses aparelhos não se alcança o objetivo de conduzir, convenientemente, corrente de ar através de uma massa de sementes ou de material meúdo. Ahi a maquina falha completamente.

Acontece, muito frequentemente, que um interessado adquire um ventilador elicóide de ventarola de 0,90 m. de diametro, por exemplo, que fornece 399 m.c. de ar por minuto, sob regimen de 940 rotações por minuto, e com o insignificante consumo de 1,4 cavalos.

O grande volume, a pequena velocidade e a insignificancia da potencia exigida, são, naturalmente, um grande atrativo.

Um tal ventilador produziria, apenas, uma pressão de 5 milímetros de coluna d'agua! Uma forte chaminé é capaz de fazer o mesmo serviço.

Se o ventilador do nosso exemplo fosse obrigado a fazer 50 milímetros de coluna d'agua, que é, ainda, pressão muito pequena, a vazão baixaria de 399 para 101 m.c. e a potencia exigida se elevaria a 3,5 cavalos.

Se o interessado pretendesse que a corrente de ar se fizesse através de uma camada de 0,30 m. a 0,40 m. de sementes ou material meúdo, como mandioca picada, por exemplo, nesse caso seria colhida uma triste desilusão. O produto não secaria, e si secasse, a operação se faria através de inconvenientes e, sómente, em tempo muito grande. E, por vezes, antes da secagem estar completa, o produto estaria resentido, contaminado, transformado e, quiçá inutilizado.

Com um ventilador de força centrifuga, de ventarola de 0,30, isto é, de um terço da ventarola elicóide, obter-se-ia corrente com pressão, não de 50 milímetros, mas de 150 a 200 milímetros, com o mesmo consumo de energia e o que é mais importante, essa corrente atravessaria uma camada de sementes e a secagem se faria em metade, um terço ou um quarto do tempo e sem inconvenientes.

Deixemos pois os ventiladores elicóides, para propulsão ou exaustão, nas fabricas, nos laboratorios, nos teatros, nas salas

de trabalho, etc. onde o seu serviço é precioso e não pensemos em aplica-los onde eles não podem ser uteis.

Na secagem dos produtos agricolas (café, mandioca, etc.) ou em operações de transporte (fibra de algodão, operações de encilagem, etc.) são, unicamente indicados os ventiladores de força centrifuga e de marcha diréta.

Se as contrapressões a vencer passarem um certo valor, nem esses atingem o objetivo, e é preciso recorrer aos ventiladores de capacidade variavel que são verdadeiros compressores de ar.

Da escolha e applicação de ventilador conveniente, depende, frequentemente, o sucesso da operação, e não nos cançaremos de repetir isso.

Como ficou dito, nós somos pela supressão da prensagem, no caso da industrialisação da mandioca. Essa operação empobrece o produto final, já de amido, já de outros corpos que a agua arrasta. Sem a prensagem, as operações de secagem, pelo ar seco, eliminam, exclusivamente agua, no estado de vapor.

Se as contrapressões a vencer passarem um certo valor, preciso estudar outro, capaz de oferecer vantagens reais, ou de corrigir o nosso, para esse efeito.

Do que estamos absolutamente seguro é de que é preciso seguir o caminho que indicámos para a solução do problema. Dificilmente nos convenceremos do contrario.

Em todo o caso o que é preciso é aplicar, convenientemente, na pratica, os principios scientificos. Sómente assim, a experimentação levará á obtenção do melhor produto com o maximo de eficiencia e com o minimo de despeza.

Damos, a seguir, um memorandum que não nos parece inutil.

#### MEMORANDUM

Trataremos ligeiramente de combustão e combustiveis. Antes de tratarmos desse assumto, lembraremos, aqui, alguns fenomenos fisicos que tem para o nosso objetivo muita importancia.

*Pressão atmosférica.* Uma coluna de ar de um centimetro

quadrado de base e de altura igual á da atmosphéa pesa, 1,033 kgs. A pressão atmosférica é, pois, de 1,033 kgs. por centimetro quadrado. Essa pressão equilibra uma coluna dagua de 10,330 m ou uma coluna de mercurio de 0,760 m. Um metro cubico de ar pesando 1,293 kgs., a coluna de ar que equilibra a de agua tem de ser 800 vezes maior do que esta.

Os aparelhos indicadores de pressão chamam-se *manometros*.

As pequenas pressões são indicadas por manometros de ar livre de coluna de agua, até 0,1 de atmosphéa. As pressões maiores são indicadas por manometros metallicos de que ha diversos tipos.

Os manometros são graduados e dão as pressões em kgs. por centimetro quadrado ou em libras por polegada quadrada.

A libra ingleza de 16 onças, tem 0,453593 kgs. e a polegada ingleza tem 0,0254 m. A polegada quadrada tem, pois, 6,4516 cm.<sup>2</sup>

A pressão armosferica por polegada quadrada é de

$$1,033 + 6,4516 = 6,6645028 \text{ kgs.}$$

ou, em libras

$$P = \frac{6,6645028}{0,453593} = 14,693 \text{ libras por polegada quadrada.}$$

*Depressão.* Quando se rarefaz o ar de um deposito, isto é, quando se procura fazer o *vacuo*, o manometro indica uma pressão negativa. Essa pressão negativa tem o nome de *depressão*. Assim, diz-se que uma certa chaminé produz, na fornalha, depressão de 1,2 ou 3 milímetros, por exemplo.

*Caloría.* A unidade com que são medidas as quantidades de calor chama-se *caloría*.

Caloría é a quantidade de calor necessaria para elevar de 1.<sup>o</sup>C a temperatura de um quilograma de agua.

Se tivermos P quilos de agua, cuja temperatura deve ser elevada a t.<sup>o</sup>, teremos

$$q \text{ cal} = P \frac{\text{kgs}}{x} t^{\circ}$$

Exemplo. Qual a quantidade de calor necessaria para elevar a temperatura de 200 litros de agua, de 22°C a 60°?

Teremos em calorías,

$$q = 200 \text{ kgs.} \times (60 - 22) = 200 \times 38 = 7600 \text{ cal.}$$

A caloría, assim definida, chama-se *grande caloría*.

*Pequena caloría* é a quantidade de calor necessaria para elevar de 1.°C, uma grama dagua.

*Thermía* é a quantidade de calor necessaria para elevar de 1.°C, uma tonelada de agua.

Quando nos referimos a calorías, queremos sempre dizer grandes calorías.

*Calor especifico* — A agua exige uma caloría para elevar de 1.°C o peso de um quilograma. Os outros corpos, para o mesmo efeito, exigem quantidades diferentes de calor.

Dá-se o nome de *calor especifico* de um corpo á quantidade de calor necessaria para aumentar de 1.° a temperatura de 1 quilo desse corpo. O calor especifico da agua é, pois, a unidade. Sendo 1.000 o calor especifico da agua, temos o quadro seguinte:

#### CORPOS SOLIDOS

SUBSTANCIA	Calor especific.	SUBSTANCIA	Calor especific.
Aluminio	0,218	Magnesia	0,244
Ferro fun.	0,130	Marmore	0,210
Aço	0,117	Pinho	0,650
Ferro	0,114	Carvalho	0,570
Cobre	0,095	Carvão mad.	0,241
Prata	0,057	Coque	0,201
Chumbo	0,031	Vidro	0,198

## CORPOS LIQUIDOS

SUBSTANCIA	Calor Especific.	SUBSTANCIA	Calor Especific.
Alcool a 85°	0,659	Benzina	0,399
Acido Cloridrico	0,600	Oleo de Oliveira	0,310
Acido Sulfurico 1,83	0,335	Mercurio	0,033

**GAZES** — O calor especifico dos gazes pôde ser considerado *sob pressão constante*, analogo ao calor especifico dos solidos e dos liquidos, e calor especifico *a volume constante*.

O calor especifico de um gaz sob pressão constante, é a quantidade de calor que é preciso fornecer a 1 gr. de gaz, para elevar a sua temperatura de 1.°C, deixando-se dilatar livremente sob uma pressão constante.

Para o ar, por exemplo, esse coeficiente é de 0,2377.

Os calores especificos dos gazes são referidos ao da agua, tomado por unidade.

Esses calores especificos, sob pressão constante, são, para alguns gazes, dados no quadro seguinte.

GAZ	Calor especific.	GAZ	Calor especific.
Ar	0,2377	Hidrogeno	3,4090
Oxigenio	0,2175	Clóro	0,1210
Acido carbon:	0,2169	Gaz amoniaco	0,5084
Oxid. carbon.	0,2370	Azoto	0,2430

## EXEMPLOS:

1) Qual a quantidade de calor necessaria para elevar 25 kgs. de ferro de 12° a 45°?

Temos

$$C = P \times c \times (t' - t)$$

ou

$$C = 25 \times 0,11 \times 33 = 90,7 \text{ calorías.}$$

2) Mil tijolos secos de 3,300 kgs. cada um, são aquecidos de 25° a 100°. Quantas calorías foram armazenadas?

Temos, sendo  $c = 0,2$

$$C = 1000 \times 3,3 \times 0,2 \times 75 = 49500 \text{ calorías.}$$

3) Quantas calorías, são necessarias para subtrair um kg. de agua, em 1 hora, de uma substancia, sabendo-se que o ar empregado está a 89°, ao penetrar na massa, e que a temperatura ambiente é de 25°?

Vimos, nas primeiras paginas destas notas, que o peso do ar seco a lançar no secador é

$$Q' = \frac{Q}{\frac{2}{3}(p_{t'} - p_t)}$$

Para o caso de uma bôa circulação.

As calorías necessarias, serão, como foi indicado,

$$C = \frac{Q}{\frac{2}{3}(p_{t'} - p_t)} (T - t)$$

em que

$Q$  = quantidade d'agua a subtrair;

$p_{t'}$  = peso de vapor contido em 1 kgr. de ar a  $t'^{\circ}$ ;

$p_t$  = peso de vapor contido em 1 kg. de ar a  $t^{\circ}$ ;

$T$  = temperatura do ar ao entrar em contacto com a substancia;

$t$  = temperatura ambiente;

$t'$  = temperatura com a qual o ar abandona a substancia;

0,2377 = calor especifico do ar.

Consultando o quadro da pag. 6 e substituindo os símbolos seus valores, vem:

$$C = \frac{2}{3} \left[ \frac{1 \text{ kg.}}{0,04844 - 0,01985} \right] \times 0,2377 (89-25) = 797 \text{ cal.}$$

### COMBUSTIVEIS

Dá-se o nome de *potencia calorifica* de um combustivel, ao numero de calorías fornecidas pela combustão completa de 1 kg. desse combustivel.

O quadro seguinte, tirado de bom compendio, fornece alguns valores do poder calorifico de algumas substancias.

Na primeira coluna estão os valores deduzidos da composição do combustivel e na segunda coluna os valores que devem ser considerados na pratica.

Na terceira e na quarta colunas, repetivamente, o volume e o peso de ar exigidos, na pratica, para a combustão completa de 1 kg. de combustivel.

SUBSTANCIA	PODER CALORIF. Em calorías, deduzido		Volume de ar exigido na pratica	Peso cor- respon- dente a esse ar
	Da composição	Da pratica		
Hulha bôa	8000 cal.	5096 cal.	18 m. c.	22,71 kg.
Antracite	7500 »	5207 »	22 »	28,43 »
Coque	7000 »	4777 »	20 »	25,84 »
Carvão de mad.	6000 »	4613 »	12 »	15,50 »
Mad. dura, seca	4000 »	2675 »	12 »	15,50 »
Mad. dura, com 20 % de agua	3000 »	2500 »	9 »	11,64 »
Madeira branca, mole, molhada	3000 »	1000 »	8 »	10,34 »

## COMBUSTÃO, FORNALHA E GRELHAS

Com uma bôa chaminé de 20 ou 30 metros de altura, registro parcialmente fechado para uma combustão de atividade moderada, correspondendo a uma depressão média de 3 milímetros d'agua, cada metro quadrado de grelha permite um consumo, por hora, de:

60 a 70 kgs. de hulha; espessura da camada	0,10 a 0,12 m.
80 a 90 » de cóque; » » »	0,12 a 0,15 m.
150 a 200 » de lenha; » » »	0,15 a 0,20 m.

Com tiragem mais fôrte, correspondente a 8 ou 10 milímetros de agua o consumo é de:

100 a 120 kgs de hulha; espessura da camada	0,15 a 0,18 m.
130 » 140 » de cóque; » » »	0,18 a 0,20 »
250 » 350 » de lenha; » » »	0,20 a 0,30 »

Se a tiragem fôr forçada por ventilador, por exemplo, a combustão, é, em consequencia, aumentada. Assim, com depressão de 68 a 70 milímetros, a combustão da hulha vai a 300 kgs. por metro quadrado de grelha por hora, e com 100 milímetros atinge-se ao consumo de 400 kgs. de hulha, com espessura de 0,25 m a 0,30 m.

E' importante notar que 400 kgs. de hulha queimados por hora exigem  $400 \times 18 = 7200$  metros cubicos de ar ou 2 metros cubicos por segundo por metro quadrado de grelha.

Os vasioz que ha entre os pedaços de hulha andam por 0,50 a 0,60. A espessura da camada não deve passar de 0,30 m. Para obter aquela vazão a pressão exigida é de 100 milímetros de agua.

Os produtos agricolas a secar deixam, em geral, muito menos vasioz. A mandioca picada, por exemplo, tem um coeficiente de 0,30 a 0,40 de vasioz.

Póde-se, com o que trazemos para exemplo, fazer idéia do valor da pressão com que o ar deve ser fornecido pelo ventilador. O ventilador tem de crear depressão, na fornalha, capaz

de sustentar combustão ativa e de vencer as dificuldades opostas pela filtração do ar, e tem, além disso, de sustentar pressão para vencer as perdas de carga nos condutos e no seio da substancia a secar.

O que fica dito vem mostrar ,mais uma vez, que ventiladores elicóides não devem ser indicados. E' preciso ventilador centrifugo, capaz de vencer esses entraves que a natureza da operação crêa, e é importante que se lance mão do processo, indicado por nós ou de outro capaz de produzir vasos artificiais, como já foi dito.

### DIMENSÕES DE UMA GRELHA

Uma vez avaliado o numero de calorías que devem ser empregadas para determinado fim, e escolhido o combustivel que tem de arder na fornalha, por hora, por exemplo, determina-se o peso desse combustivel,  $P = \frac{G}{c}$ , e procede-se como na aplicação seguinte, para avaliar as dimensões da grelha.

#### *Aplicação—*

Para secar certo peso de substancia por hora são necessarias 75000 calorías e a fornalha consóme lenha de 3000 calorías. Determinar as dimensões da grelha.

A lenha necessaria é:

$$P = \frac{75000}{3000} = 25 \text{ kgs.}$$

Na pratica o numero de calorías que se obtem sofre uma redução. E' preciso multiplicar o numero de calorías por um coeficiente K que varia de 1,25 a 2,50, pois que o rendimento das fornalhas varia de 0,40 a 0,80.

Em uma fornalha construida sem o preciso cuidado e na qual o ar é apenas suficiente e mal distribuido e, além disso, havendo perdas notaveis por condutibilidade, fza-se  $K = 2,0$  ou 2,5. Si a fornalha fôr bôa e alta e si a distribuição de ar fôr suficiente, faz-se  $K = 1,50$  a 2,0. Si a fornalha fôr bem alimentada de ar e se houver camara de combustão pôde-se fazer,

com segurança,  $K = 1,25$  a  $1,50$ . Uma perda de  $20\%$  a  $25\%$  é inevitável.

Para o nosso exemplo tomaremos o nosso secador de ar e faremos  $K = 1,25$ .

Entrarão, pois, no calculo

$$C = 75000 \times 1,25 = 93750 \text{ calorías.}$$

O peso de lenha a ser consumido por hora, é

$$P = \frac{93750}{3000} = 31,25 \text{ kgrs.}$$

Considerando lenha de densidade  $0,7$  o volume de madeira será  $0,045$  ou, considerados os vãos,

$$V = 2 \times 0,450 \text{ m. c.} = 0,900 \text{ mc.}$$

A grelha queimando  $150$  kgs. de lenha por metro quadrado, teremos para superficie

$$S = \frac{31}{150} = 0,20 \text{ m}^2.$$

No caso de aquecedores de ar para a secagem de produtos agricolas, ocorre, frequentemente, a má qualidade do combustivel, lenha verde ou molhada e sucedem interrupções de serviço.

E' de todo aconselhavel que se exagere a superficie da grelha, uma vez que é certo que se póde, sempre, moderar ou ativar a combustão por meio de manejo do registros.

Não se deve, na construção, descer abaixo de duas vezes o que dér o calculo e póde-se, sem inconvenientes, elevar a tres vezes.

Para resumir o que ficou dito enunciaremos e resolveremos o problema que servirá de base a um ante-projéto de uma pequena industria de produção de raspa de mandioca.

Todavia, antes disso, queremos passar para estas notas, algumas observações feitas em Outubro de 1939, na Usina do Snr. Ignacio Zurita, em Araras, com mandioca de 18 mezes.

Esses dados foram colhidos a nosso pedido e são os seguintes:

Peso de 1 metro cubico de mandioca	576 kgs.
Numero médio de raizes em metro cubico	1062 kgs.
Vasios em 1 m.c. de mandico amontoada	0,536 kgs.
Peso de 1 m.c. mandioca lavada e picada	622 kgs.
Peso de 1 m.c. mandioca lavada, picada e prensada	635 kgs.
Agua extraída pela prensa de 1 m.c. de mandioca	151 kgs.
Vasios em 1 m.c. mandioca picada	0,458
Lenha consumida para obter 1.000 kgs. de raspa seca	1,00 m.c.
Força em cavalos consumida pelo ventilador centrifugos	9 cavalos

—o—

De experiencias em outros estabelecimentos, nós tirámos o seguinte:

Agua contida em 1 kg. de mandioca 70%

Agua retirada com a prensagem 30% da agua contida, ou 21% em peso, do peso da mandioca.

Ainda não pudémos obter dados exátos sobre a percentagem de amido arrastado pela agua de prensagem e bem assim, não temos ainda a analyse dessa agua.

Esses dois elementos são muito importantes sob o ponto de vista do valor comercial da raspa seca.

Estamos atento ao que estão fazendo os especialistas no assunto.

### PROBLEMA INICIAL PARA SERVIR DE BASE A UM ANTE-PROJÉTO

Uma feclaria deve produzir 2.500 kgs. de raspa de mandioca em 24 horas, pronta para embarque ou para moagem.

Admitiremos que, para a produção pedida, é preciso secar  $2500 \times 3 = 7500$  kgs. de mandioca lavada e picada.

Ha, pois, 5.000 kgs. de agua a subtrair em 24 horas.

Deixando 4 horas para interrupções em cargas, descargas e eventuais, teremos que subtrair 5.000 kgs. de agua em 20 horas ou 250 kgs. por hora.

Admitindo que a operação se faça em cascata de 3 sécas consecutivas ou de 6 meias sécas, precisamos de um tambor capaz de comportar  $\frac{7500}{3} = 2500$  kgs. de mandioca picada.

Daremos preferencia a dois tambores para 1250 kgs. cada um, isto é, de capacidade  $\frac{1250}{1,1} = 1137$  decímetros cubicos. O tambor, que já deixámos descrito, serve para o efeito.

Como vamos ocupar dois tambores, adotaremos tambem, o secador de ar de duas fornalhas com filtros completos. Serão, pois, exigidos dois ventiladores centrifugos.

Ora, havendo 250 kgs. de agua a subtrair, por hora, cada ventilador deve fornecer ar para eliminação de 125 kgs.

Admitiremos que a temperatura do ambiente seja de 25°C e que o ar, proveniente do secador seja lançado, dentro do tambor com 89°.

Consultando o que já ficou dito, veremos que o ar, ao abandonar o tambor, deve ter a temperatura de 40°.

O quadro da pag. 12 nos diz que são necessarios 46 metros cubicos de ar por quilo de agua a subtrair.

Serão, pois, necessarios  $46 \times 125 = 5750$  metros cubicos de ar, por hora, ou 95,8 por minuto. Mesmo sendo bôa a circulação de ar, o rendimento volumetrico do ventilador, nunca será igual á unidade.

Considerando um rendimento de 0,76 (que seria muito exagerado si já não tivéssemos adotado, no calculo do volume de ar uma redução notavel), teremos de elevar a vazão para 125 m.c. por minuto.

O ventilador tem de aspirar do secador de ar e lançar no secador da substancia. Consideremos que a pressão e a depressão somadas dão 0,20 m. de coluna dagua.

Tomando a formula geral

$$Q = KWV$$

teremos

$$Q = \frac{125}{60} = 2,1 \text{ m. c. de ar, por segundo.}$$

$$K = 0,65;$$

$$v = \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,20} = 56,03 \text{ m.}$$

Portanto a boca de saída teria:

$$W = \frac{2,1}{0,65 \times 56,03} = 0,0576 \text{ m}^2.$$

A base menor da boca de saída, teria:

$$r = \sqrt{\frac{0,0567}{1,4}} = 0,202 \text{ m.}$$

a altura dessa boca seria:

$$r' = 0,202 \times 1,4 = 0,283$$

A boca de entrada teria:

$$S = 1,9 \times 0,0576 = 0,1094 \text{ m}^2$$

e, por ser

$$S = \frac{3,14 D^2}{4}$$

teríamos,

$$D^2 = \frac{4 \times 0,1094}{3,14} = 0,1393$$

e, para diametro dessa boca

$$D = \sqrt{0,1393} = 0,373 \text{ m.}$$

Sendo  $D'$  o diametro da ventaróla, teríamos:

$$0,373 + \frac{D'}{6} = D'$$

d'onde

$$D' = 0,448 \text{ m.}$$

ou, em numero redondo

$$D' = 0,45$$

A velocidade linear da ventaróla seria

$$V = \frac{36,03}{1,1} = 50,94$$

Mas

$$V = \frac{\pi D' N}{60}$$

d'onde

$$N = \frac{60 \times 50,94}{3,14 \times 0,45} = 2170 \text{ rotações por minuto.}$$

Para calcular a potencia absorvida faremos entrar no calculo o peso do ar correspondente á vazão do enunciado do problema, isto é

$$Q = 95,8 \text{ mc. por minuto.}$$

e teriamos,

$$P = \frac{Q d H}{75} = \frac{95,8}{60} \times \frac{1,2 \times 800 \times 0,20}{75} = 4,1 \text{ cav.}$$

e, praticamente, como vimos,

$$P = 2 \times 4,1 = 8,2 \text{ cavalos.}$$

Para a nossa instalação, a corrente de ar exigiria pois, dois ventiladores centrifugos de marcha diréta, absorvendo ambos cerca de 16,4 cavalos.

Quanto ao secador, esse já foi descrito. Calcularemos, apenas, a superficie das duas grelhas.

Já vimos que o ar quente a 89.º e que é, assim, lançado na substancia, abandona esta ainda com a temperatura de 40.º, sendo de 25.º a temperatura ambiente.

Vimos, tambem, que em tais condições, as calorías exigidas para subtrair 1 kg. de agua são

$$C = \frac{2}{3} \left[ \frac{1}{0,04844 - 0,01985} \right] \times 0,2377 (89 - 25) = 797 \text{ ou}$$

sejam, em numero redondo, 800 calorías.

Cada grelha deve fornecer as calorías necessarias para a eliminaçãõ de 125 kgs. de agua, ou sejam

$$C = 125 \times 800 = 100000 \text{ cal. por hora.}$$

Se a lenha fornecer 2500 calorías, serão necessarios

$$\frac{100000}{2500} = 40 \text{ kgs. de lenha, por hora, em cada grelha.}$$

Se cada metro quadrado de grelha queima 150 kgs. de lenha, a superficie da grelha será,

$$S = \frac{40}{140} = 0,26 \text{ m}^2$$

Não ha motivo algum para nos cingirmos a este numero, se levarmos em conta que a lenha póde ser verde, estar molhada, etc. Alem disso, a lenha costuma ser cortada de 0,80 a 0,90. A natureza da construcção comporta grelhas amplas e a amplitude das grelhas não obriga a aumento no consumo de combustivel. Só póde haver vantagem em aumentar a superficie calculada.

Para o mesmo caso, o nosso secador de ar é provido de duas grelhas, de 1,00 m. x 0,70 m. cada uma.

Com essa prevençãõ e si for necessario, o secador póde funcionar, em bõas condições, com uma fornalha apagada.

Considerando 0,80 para densidade da madeira e que os vãos andem por 0,70, conclue-se que cada fornalha consumirá, por hora, um volume de 0,085 m.c.

Temos, pois, os elementos essenciaes ao nosso ante-projeto.

O projeto definitivo fica dependendo da escolha do local,

sistemas de transporte, maquinas de moagem, si as houver, depositos, etc.

Retoma-se, pois, o problema com os detalhes necessarios, levando em consideração o aproveitamento da gravidade, e lembrando que deve ficar margem para possivel desenvolvimento da industria.



### OBSERVAÇÕES FINAIS

E' muito importante chamar a atenção do leitor para o que se segue.

Quando nos referimos á vazão, nos ventiladores, considerámos o escoamento por orificio em parede delgada. Mais adeante dissémos que o ar, saído do ventilador, era lançado no seio da substancia a secar.

Não nos referimos á condução do ar do ventilador para o secador.

Seria exorbitancia entrar no estudo complexo das perdas de carga nos condutos, nas mudanças de direção, nas derivações, nos registros, etc. Com efeito, o que fizémos é um trabalho simples e elementar, ao alcance de todos e que não comporta detalhes sobre aerodinamica. Todavia, seja-nos licito dizer que o ventilador, aspirando ar da atmosphéra, lançando-o através de condutos, entregando-o á utilização e lançando-o novamente na atmosphéra, crêa um circuito, analogo ao circuito elétrico, creado por um dinamo. A importancia das resistencias nos condutos elétricos tem a sua definição na lei de Ohm. Em leis analogas da aerodinamica define-se a importancia das resistencias oferecidas á passagem da corrente de ar.

A resistencia elétrica mede-se em *ohms* e a resistencia oferecida ao ar mede-se em *guibals*.

Não temos que entrar no labirinto creado pela complexidade dos variadissimos problemas que se podem apresentar.

Todavia, temos de pôr em destaque que a quantidade de ar fornecida pelo ventilador é variavel com a natureza, as dimensões e a fórmula do circuito dentro da qual ele funciona.

E' preciso evitar extensão demasiada nos condutos ou condutos de pequena secção.

As curvas de pequeno raio, os SS, os registros de forma inadequada, as mudanças bruscas de secção, as derivações singelas e, sobretudo, as derivações de derivações, são terríveis inimigos da corrente de ar.

E' preciso que não nos deixemos enganar pela fluidez do ar e que, fiados nisso ou nos que nos disse o vendedor do ventilador, lancemos a corrente n'um circuito improprio.

Tubos de grande secção, passagens amplas, paredes lisas, ausencia de curvas, nisso é que está o segredo de uma circulação bôa.

As derivações devem merecer especial atenção.

Para finalizar lembraremos que um armazenamento de 300.000 calorías no secador de ar, dão garantia sobeja á limitação da temperatura entre limites muito proximos e que os tambores de secagem, sendo metalicos, quando isso fôr applicavel, a sua condutibilidade contribue eficazmente para a uniformisação da temperatura no seio da massa. São contribuintes, tambem, para esse efeito, as regoas e os arames creadores dos vasis artificiais, a que já nos referimos, e aos quais atribuímos grande importancia.

A questão do armazenamento de calorías é importantissima. Uma fornalha simples, com ventilador fornecendo 40 m.c. de ar por minuto, de 3,2 a 3,5 cavalos de consumo de energia, tendo a fornalha uma grelha de 1,00 m. x 0,70 m., póde guardar calor para garantia de 10 horas de trabalho, com a fornalha apagada. Para isso é preciso, apenas, 2 a 3 horas de fogo ativo sob a ação do ventilador.

Ora, toda a gente sabe que a lenha de madeira branca, ordinaria, não dá calorías na fornalha, e produz muita fumaça, que tem de dar as calorías na camara de combustão; Se esse combustivel não dá calorías na fornalha não é possivel aquecer a camara de combustão á temperatura conveniente para queimar a fumaça, e si a fumaça não fôr queimada e for abundante, o ventilador lança-la nos filtros e, aparentemente, ela desaparecerá, mas o cheiro de fumaça impregnará o ar e prejudicará, possivelmente a substancia.

Queremos com isso mostrar a vantagem da lenha bôa e diremos que meio metro cubico de peroba (retalhos de serra-

ria, por exemplo), produz duas a tres vezes mais efeito do que a lenha branca e, o que é muito mais importante, aquece a camera de combustao e os gases de secagem saem completamente sem cheiro, se a filtração fôr convenientemente conduzida, através de material proprio.

Todavia, dispõe-se, ás vezes, unicamente de máu combustivel e tem-se a secar substancia sensível á materia odorante. Está nesse caso o café.

A nossa fornalha filtrante, oferece essa iniludível vantagem do armazenamento de calor que se póde fazer, quasi tão grande quanto se deseje. Em tal caso é de se aplicar o metodo de prévio aquecimento da fornalha e do de trabalho de secagem com ela apagada. Isto é de um grande alcance em muitas circumstancias, e é um dos caracteristicos mais importantes, da nossa invenção, que, em todo o caso e em ultima analyse, não passa do *ovo de Colombo*.

A nossa convicção de que sómente se póde conseguir secagem perfeita de um produto que se destina á exportação, por meio de de sécas consecutivas, nos enche de confiança e nos encoraja para a continuação do estudo quo, já ha tanto tempo, vem tomando a nossa atnção.

O valor do nosso trabalho é, talvez, nulo ou quasi isso.

Todavia, fazemos votos para que estudiosos e mais capazes do que nós, tomem a sério o estudo do interessante problema, que, na sua multiplicidade de fôrmas, erige-se, a justo titulo, em problema nacional.

Nesse problema, reveste-se da mais alta importancia o fato de ser sempre possível a eliminação *rapida* da agua superficial ou de pouca profundidade. Os meios á nossa disposição, para o efeito, são numerosos.

A secagem do tecido profundo é que exige e não dispensa tempo, que póde ser longo.

Aqui fica mais uma chamada á atenção dos estudiosos para a nossa lembrança da *secagem em cascata*, como chamamos á secagem com interrupções.

Escola, Outubro de 1939.

Octavio Teixeira Mendes