

Contribuição para o Estudo dos Factores Climáticos nas suas Relações com a Hidráulica Agrícola

POR

RUY MAYER

Professor do Instituto Superior de Agronomia

SUMÁRIO

1. Estudo estatístico da pluviometria. 2. Altura pluviométrica anual. Regras de BINNIE. 3. Probabilidade das alturas pluviométricas anuais. 4. Insuficiência do conhecimento da altura pluviométrica anual média. 5. Alturas pluviométricas mensais. 6. Cocientes pluviométricos. 7. Divisão do ano em dois períodos. Semestre Outubro-Março e Semestre Abril-Setembro. 8. Subdivisão do Semestre Abril-Setembro. 9. Altura pluviométrica média nos diversos períodos do ano. 10. Frequência dos dias de chuva. 11. Temperatura. 12. Relações entre o regime pluviométrico e a temperatura. 13. Evaporação da superfície livre da água. 14. Evaporação da superfície do solo. Intensidade da evaporação. Oportunidade para a evaporação. 15. Factores que influem na intensidade da evaporação do solo. 16. Factores que influem na oportunidade para a evaporação do solo. 17. Factores que influem na transpiração.

1. Estudo estatístico da pluviometria

Para o engenheiro que se ocupa de trabalhos de Hidráulica Agrícola, cujo objectivo essencial é a compensação das insuficiências, dos excessos ou das irregularidades do regime das águas, tem uma importância fundamental o estudo do modo como as precipitações meteóricas se distribuem, no tempo e no espaço. Êste estudo deve, em rigor, assentar sobre uma base estatística, visto que incide sobre elementos sujeitos a uma grande variabilidade; e, por êste motivo, só nos países onde existe uma vasta rede de postos meteorológicos, e onde as observações abrangem períodos extensos, se pode trabalhar com segurança.

É impossível, presentemente, apreciar com a necessária amplitude e exactidão o quantitativo e a distribuição das precipitações pluviiais no território do continente português, já porque os postos meteorológicos são muito pouco numerosos e por vezes mal localizados, já porque a extensão do período durante o qual se efectuaram observações é, para alguns dêles, inferior ao limite que se assinala como mínimo para que os resultados da avaliação das médias sejam afectados de um erro de grandeza aceitável. O estudo que se segue, e em que se procura, a título de exemplo, aplicar o método estatístico à apreciação dos dados pluviométricos, recai apenas sobre algumas das zonas fisiográficas delimitadas por BARROS GOMES /1/, as que, segundo o critério dêste ecologista, se podem considerar caracterizadas, embora de maneira pouco precisa, pelos dados de postos onde as observações abrangem uma extensão igual ou superior a 35 anos.

Êstes postos, e zonas correspondentes, são indicadas na TABELA I.

TABELA I

Postos	Extensão do período de observações (Anos)	Regiões fisiográficas a que se admite serem aplicáveis os dados registados nos postos
Porto.....	41	Além-Douro Litoral
Coimbra.....	66	Beira Litoral
Lisboa.....	60	Centro Litoral
Évora.....	62	Alto Alentejo
Beja.....	35	Baixas do Guadiana
Lagos.....	39 |	Algarve
Faro.....	37 |	

É óbvio que, aproveitando-se apenas os dados facultados por estes 7 postos, o País fica muito incompletamente definido, não sendo possível apreciar as características pluviométricas de algumas regiões agrícolas importantes. Por outro lado, as próprias zonas acima mencionadas são demasiadamente vastas e irregulares para que um ou dois postos apenas possam fornecer indicações aplicáveis a toda a superfície de cada uma delas. No Algarve, inclusivamente, os postos de Lagos e Faro só poderiam, em rigor, contribuir para a caracterização climática da faixa litoral, bastante diferente, sob o ponto de

vista mesológico, da zona serrana. Todavia, ainda que o estudo se limite aos dados dos 7 postos referidos, a algumas conclusões de ordem geral de certo interesse se pode chegar.

2. Altura pluviométrica anual. Regras de Binnie

O estudo minucioso de uma massa considerável de dados esta-



FIG. 1

tísticos sobre a pluviometria de um grande número de regiões, onde as observações abrangiam períodos de 50 a 97 anos, conduziu o en-

engenheiro Inglês SIR ALEXANDER BINNIE a formular as normas seguintes /2/ :

(I) A precipitação anual, num local dado, varia consideravelmente de ano para ano, e é necessário dispor de dados colhidos durante períodos de extensão bastante grande para se obterem médias com uma margem de erro aceitável.

Os desvios prováveis dos valores calculados para a altura pluviométrica média anual em relação ao valor exacto dessa altura são, para períodos de diferente extensão, os seguintes :

TABELA II

Extensão do período de observações (Anos)	Erro provável %
5	± 15
8	± 9
10	± 7
15	± 5
20	± 3
30	± 2

(II) Os desvios extremos da altura pluviométrica média anual são de uma notável constância em todas as regiões do Mundo, independentemente da latitude, longitude e altitude, e da quantidade total de chuva caída durante o ano, desde que ela seja superior a 500 mm.

(III) A altura pluviométrica anual máxima num local é igual ao produto da altura média anual nesse local pelo factor 1.51; e a altura pluviométrica anual mínima é igual ao produto da altura média anual pelo factor 0.60.

(IV) Se se considerarem grupos de dois anos consecutivos, a altura pluviométrica máxima de dois anos consecutivos tomados em conjunto é igual ao produto (2 anos \times altura média anual \times 1.35); e a altura pluviométrica mínima de dois anos consecutivos tomados em conjunto é igual ao produto (2 anos \times altura média anual \times 0.69).

(V) Se se considerarem grupos de três anos consecutivos, a altura pluviométrica máxima de três anos consecutivos tomados em conjunto é igual ao produto (3 anos \times altura média anual \times 1.27); e a altura pluviométrica mínima de três anos consecutivos tomados em conjunto é igual ao produto (3 anos \times altura média anual \times 0.75).

As regras de BINNIE são ordinariamente tomadas em consideração pelos engenheiros Ingleses e Americanos quando se trata da preparação de projectos de Hidráulica Agrícola em zonas onde as estatísticas pluviométricas são pouco extensas ou incompletas, e quando se procura formar uma idea acerca das máximas e mínimas quantidades

de água que podem concorrer a uma bacia hidrográfica. O estudo pormenorizado dos registos pluviométricos tem, em certos casos, conduzido a alterações no valor dos coeficientes indicados por BINNIE, e assim é que, por exemplo, para o caso da região a que são aplicáveis os dados do Observatório Central Meteorológico, de Lisboa, convém substituir o valor 1.51 do coeficiente utilizado para o cálculo da altura pluviométrica anual máxima pelo valor 1.89. São porém muito numerosos os casos em que as regras de BINNIE se tem revelado guias úteis.

BINNIE avaliou ainda em 47.10 a percentagem do número de anos em que a altura pluviométrica anual é superior à média, e em 52.90 a do número de anos em que ela lhe é inferior.

A TABELA III indica as alturas pluviométricas anuais registadas, durante os períodos mencionados na TABELA I, nos postos portugueses a que se fez referência:

TABELA III (1)

Pôsto	Média (mm.) <i>M</i>	Altura pluviométrica anual	
		Desvio quadrático médio (mm.) <i>σ</i>	Coefficiente de variabilidade (%) <i>C</i>
Porto.....	1236.0 ± 29.0	275.5 ± 20.5	22.3 ± 1.74
Coimbra....	943.1 ± 15.4	185.5 ± 11.4	19.6 ± 1.19
Lisboa.....	716.2 ± 16.0	181.1 ± 11.3	25.0 ± 1.74
Évora.....	629.0 ± 12.7	148.4 ± 9.0	23.6 ± 1.30
Beja.....	553.6 ± 9.8	86.4 ± 7.0	26.8 ± 2.30
Lagos.....	495.5 ± 11.7	108.7 ± 8.4	21.9 ± 1.82
Faro.....	396.6 ± 13.6	122.2 ± 9.6	30.8 ± 2.63

(1) Os valores de *M*, *σ* e *C* foram calculados por meio das fórmulas:

$$M = \frac{\sum X}{m} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum x^2 f(x)}{m}} \quad C = 100 \frac{\sigma}{M}$$

em que *X* designa cada uma das alturas pluviométricas anuais, *x* o desvio em relação à média, e *m* o número de anos de observações.

Os valores dos erros prováveis correspondentes foram calculados por meio das fórmulas

$$E_M = \frac{0.6745 \sigma}{\sqrt{m}}, \quad E_\sigma = \frac{0.6745 \sigma}{\sqrt{2m}}, \quad E_C = \frac{0.6745 C}{\sqrt{2m}} \left[1 + 2 \left(\frac{C}{100} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

5. Probabilidade das alturas pluviométricas anuais

O valor médio da altura pluviométrica anual, considerado isoladamente, constitui um subsídio de reduzida importância para o engenheiro hidráulico. Se, por exemplo, o seu propósito fôr estudar um projecto de rega, há a notar que não se trata, em tal caso, de fornecer cada ano uma quantidade suplementar média de água, mas sim de assegurar o abastecimento de água preciso para que as culturas atinjam um desenvolvimento regular, inclusivamente no caso das mais críticas eventualidades meteorológicas — por conseguinte nos anos mais desfavoráveis pela sua diminuta precipitação. Daquí a necessidade de considerar, no decurso de uma série extensa de anos, as precipitações totais que se verificam, em cada um dêles, na zona interessada, para chegar a determinar o número de anos durante os quais a precipitação foi inferior a um certo valor, e conhecer, portanto, quantas vezes existe uma certa deficiência de água meteórica em relação a um dado limite pré-estabelecido. Por outras palavras, é interessante e útil calcular a *probabilidade da ocorrência das várias alturas pluviométricas anuais* [3].

Na TABELA IV figuram, na coluna (1), as *classes* em que se distribuíram as diferentes alturas pluviométricas anuais registadas, tendo-se adoptado uma *extensão* de 50 mm. para cada classe. Utilizaram-se os resultados das observações relativas a um período de 60 anos sucessivos (1870-1930), colhidas no pôsto de Lisboa. (Observatório Central Meteorológico).

Na coluna (2) acha-se indicado o número de vezes que a altura pluviométrica anual ficou compreendida numa determinada classe. Verifica-se, por exemplo, que a quantidade total de chuva caída se achou, em 5 dos 60 anos de observações, compreendida entre 550 mm. e 600 mm.

Na coluna (3) encontram-se somados sucessivamente os números da coluna (2), sendo pois indicado o número de vezes que, no período considerado, a altura pluviométrica anual foi inferior à marcada como limite superior da classe que figura na linha correspondente da coluna (1). Assim constata-se que, entre 1870 e 1930, houve 21 anos em que a altura anual da chuva caída foi inferior a 600 mm.

Sendo n a soma de ocorrências registadas na coluna (3), m o número total de ocorrências (41, no caso que se considera) e p a percentagem provável de anos em que a altura pluviométrica anual será

inferior a um determinado valor, ter-se há, recorrendo à fórmula habitual do Cálculo das Probabilidades:

$$p = \frac{n - 0.5}{m}$$

Esta expressão permite determinar os valores a inscrever na coluna (4). Esta coluna indica, por exemplo, que a ocorrência de uma altura pluviométrica anual inferior a 600 mm. tem a probabilidade 0.34 de se realizar, isto é, deve admitir-se que ela se verificará, em média, em 34 anos em cada período de 100 anos consecutivos.

As tabelas de probabilidades, ou de frequências, como a TABELA IV (traduzida grãficamente pela fig. 3) são particularmente úteis para determinar a frequência provável de anos de alturas pluviométricas excessivas, e portanto de cheias violentas, e bem assim a frequência provável de anos anormalmente secos.

TABELA IV

Altura pluviométrica anual (mm.)	Número de ocorrências	Soma do número de ocorrências	Probabilidade da ocorrência das alturas pluviométricas
(1)	(2)	(3)	(4)
401—450	3	3	0.04
451—500	4	7	0.11
501—550	9	16	0.26
551—600	5	21	0.34
601—650	5	26	0.42
651—700	4	30	0.49
701—750	11	41	0.68
751—800	6	47	0.78
801—850	2	49	0.81
851—900	4	53	0.87
901—950	2	55	0.91
951—1000	3	58	0.96
1001—1050	0	58	0.96
1051—1100	0	58	0.96
1101—1150	1	59	0.97
1151—1200	0	59	0.97
1201—1250	0	59	0.97
1251—1300	0	59	0.97
1301—1350	0	59	0.97
1351—1400	1	<i>m</i> = 60	0.99

As curvas de probabilidade têm lam grande interêsse para o estudo de problemas meteorológicos e hidrográficos que há vantagem em indicar o método proposto por

H. ALDEN FOSTER para a sua determinação directa a partir dos dados fundamentais. O método é exemplificado com os elementos da TABELA IV.

TABELA V

Alturas pluviométricas anuais (mm.)	Número de ocorrências	(1)X(2)	Alturas expressas na média	Desvios da média V		v ²	Σ v ²	v ³		Σ v ³	
				+	-			+	-	+	-
				(5)	(6)			(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
450	5	1350	0.6257	.....	0.3743	0.1401	0.4205	.....	0.0524	.....	0.1572
500	4	2000	0.6952	.....	0.3048	0.0929	0.3716	.....	0.0283	.....	0.1132
550	9	4950	0.7648	.....	0.2352	0.0553	0.4977	.....	0.0130	.....	0.1170
600	5	3000	0.8343	.....	0.1657	0.0274	0.1370	.....	0.0045	.....	0.0225
650	5	3250	0.9038	.....	0.0962	0.0092	0.0460	.....	0.0009	.....	0.0045
700	4	2800	0.9734	.....	0.0266	0.0007	0.0028	.....	0.0000	.....	0.0000
750	11	8250	1.0429	0.0429	.....	0.0018	0.0198	0.0000	.....	0.0000	.....
800	6	4800	1.1124	0.1124	.....	0.0126	0.0756	0.0014	.....	0.0084	.....
850	2	1700	1.1819	0.1819	.....	0.0331	0.0662	0.0060	.....	0.0120	.....
900	4	3600	1.2515	0.2515	.....	0.0632	0.2528	0.0159	.....	0.0636	.....
950	2	1900	1.3210	0.3210	.....	0.1030	0.2060	0.0331	.....	0.0662	.....
1000	3	3000	1.3905	0.3905	.....	0.1525	0.4575	0.0595	.....	0.1785	.....
1050	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1100	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1150	1	1150	1.5991	0.5991	.....	0.3589	0.3589	0.2150	.....	0.2150	.....
1200	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1250	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1300	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1350	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1400	1	1400	1.9467	0.9467	.....	0.8962	0.8962	0.8484	.....	0.8484	.....
	60	43150					3.8084			+ 1.3921	- 0.4144

Na TABELA V, as colunas (1) e (2) são idênticas às colunas (1) e (2) da TABELA IV, apenas com a diferença de que na coluna (1) da TABELA V só estão indicados os limites superiores das classes. Calcula-se a média anual dividindo a soma de todas as alturas pluviométricas anuais pelo número de anos de observações, isto é, o total da Col. (3) pelo da Col. (2). Assim se obtém:

$$M = \frac{43150}{60} = 719.2 \text{ mm.}$$

A coluna (4) exprime as alturas pluviométricas na respectiva média, e os números que dela constam são obtidos pela forma seguinte:

$$\text{Número da Col. (4)} = \frac{\text{Número correspondente da Col. (1)}}{719,2}$$

As colunas (5) e (6) dão os desvios v em relação à média, iguais ao número correspondentes da Col. (4) menos a unidade.

A coluna (7) contém os quadrados V^2 dos números correspondentes das Cols. (5) e (6). A coluna (8) dá os números da Col. (7) cumulados (ΣV^2). Obtem-se os respectivos valores multiplicando os valores correspondentes das Cols. (2) e (7).

As colunas (9) e (10) dão os cubos V^3 dos números correspondentes das Cols. (5) e (6). As colunas (11) e (12) dão os números das Cols. (9) e (10) cumulados (ΣV^3), isto é, multiplicados pelos números correspondentes da Col. (2).

Será pois

$$\Sigma V^2 = 3.8084,$$

$$\Sigma V^3 = 1.3921 - 0.4144 = 0.9777,$$

$$m = 60.$$

O coeficiente de variabilidade (expresso na média) é portanto

$$C = \sqrt{\frac{\Sigma V^2}{m}} = \sqrt{\frac{0.8084}{60}} = 0.25.$$

Convém ainda calcular o coeficiente de assimetria (*Coefficient of Skew*), que permite avaliar quanto a distribuição se desvia da simetria que caracteriza a distribuição normal. A fórmula é

$$\alpha_3 = \frac{\Sigma V^3}{(m-1) C^3} = \frac{0.9777}{59 \times 0.25^3} = 0.10.$$

A TABELA VI, construída por H. A. FOSTER, exprime a variação de frequência em função de C e α_3 . No exemplo que se considera, os elementos desta tabela conduzem aos resultados indicados na TABELA VII :

TABELA VI

(Multiplicar os valores do Coeficiente da Assimetria pelos do Coeficiente de Variabilidade e somar ou subtrair da Média)

Coeficiente de Assimetria	Desvios da Média expressos no Coeficiente de Variabilidade Porcentagem do tempo														
	0.1	1.0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	99.0	99.9
0.050.0	+ 3.09	+ 2.33	+ 1.64	+ 1.28	+ 0.84	+ 0.52	+ 0.25	0.00	- 0.25	- 0.52	- 0.84	- 1.28	- 1.64	- 2.33	- 3.09
0.248.7	3.38	2.48	1.69	1.30	0.83	0.51	0.22	- 0.03	0.28	0.55	0.85	1.25	1.58	2.18	2.81
0.447.3	3.67	2.62	1.74	1.32	0.82	0.48	0.19	0.06	0.31	0.57	0.85	1.22	1.51	2.03	2.54
0.646.0	3.96	2.77	1.79	1.33	0.80	0.45	0.15	0.09	0.34	0.58	0.86	1.19	1.45	1.88	2.88
0.844.7	4.25	2.90	1.83	1.34	0.78	0.42	0.12	0.13	0.37	0.60	0.86	1.16	1.38	1.74	2.03
1.043.3	4.54	3.03	1.87	1.34	0.76	0.38	0.08	0.16	0.40	0.61	0.86	1.12	1.31	1.59	1.80
1.242.0	4.82	3.15	1.90	1.35	0.74	0.35	0.05	0.19	0.42	0.62	0.85	1.08	1.25	1.45	1.59
1.440.7	5.11	3.28	1.93	1.34	0.71	0.32	+ 0.02	0.22	0.44	0.63	0.84	1.05	1.18	1.32	1.40
1.639.4	5.39	3.40	1.96	1.33	0.68	0.28	- 0.01	0.25	0.46	0.64	0.82	1.00	1.11	1.19	1.24
1.838.1	5.66	3.50	1.98	1.32	0.64	0.24	0.05	0.28	0.48	0.64	0.80	0.95	1.03	1.08	1.11
2.036.8	5.91	3.60	2.00	1.30	0.61	0.20	0.08	0.31	0.49	0.64	0.78	0.89	0.95	0.99	1.00
2.235.5	6.20	3.70	2.01	1.28	0.58	0.17	0.11	0.33	0.49	0.63	0.75	0.84	0.89	0.90	0.91
2.434.3	6.47	3.78	2.01	1.25	0.54	0.13	0.14	0.35	0.50	0.62	0.71	0.79	0.82	0.83	0.85
2.633.0	6.73	3.87	2.01	1.23	0.51	0.10	0.17	0.37	0.50	0.60	0.68	0.74	0.76	0.77	0.77
2.831.9	6.99	3.95	2.02	1.20	0.47	0.06	0.20	0.38	0.50	0.59	0.65	0.70	0.71	0.71	0.71
3.030.8	+ 7.25	+ 4.02	+ 2.02	+ 1.18	+ 0.42	+ 0.05	- 0.23	- 0.40	- 0.50	- 0.57	- 0.62	- 0.65	- 0.66	- 0.67	- 0.67

TABELA VII

Probabilidade das alturas pluviométricas anuais em Lisboa

Porcentagem do tempo	0.1	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95	99.0	97.9
(1) Variação expressa em C (Tabela VI)...	+3.935	+2.405	+1.665	+1.290	+0.835	+0.515	+0.255	-0.015	-0.265	-0.535	-0.845	-1.265	-1.610	-2.925	-2.950
(2) Variação para C = 0.25	+0.815	+0.606	+0.419	+0.325	+0.210	+0.130	+0.059	-0.004	-0.067	-0.135	-0.213	-0.319	-0.405	-0.568	-0.743
(3) Altura pluviométrica expressa em M = 719.2 mm.	1.815	1.606	1.419	1.325	1.210	1.130	1.059	0.996	0.933	0.865	0.787	0.681	0.595	0.432	0.257
(4) Altura pluviométrica (mm.).	1.505	1.155	1.020	953	870	812	761	716	671	622	566	490	428	311	185

$\alpha_3 = 0.1$. (1) Interpolado entre os Coeficientes de Assimétria 0.0 e 0.2 (Tabela VI) para o Coeficiente de Assimétria determinado

(2) Produto de 0.25 pelo número correspondente da linha superior.

(3) Unidade mais o número correspondente da linha superior.

(4) Produto de 719.2 pelo número correspondente da linha superior.

O método de FOSTER não pode, evidentemente, conduzir a resultados exactos. O melhor processo de trabalho consiste em estabelecer, para cada caso, tabelas análogas às IV e VII, e construir as respectivas curvas (de preferência em papel de probabilidades). Dêste modo, um método servirá para verificação do outro.

É conveniente observar que o uso de curvas de probabilidades tem de ser feito com extrema precaução, sobretudo quando o número de ocorrências não é grande.

A frequência e magnitude dos variantes (alturas pluviométricas, caudais de cheia, etc.) durante um período curto pode corresponder a um ciclo de valores altos ou baixos, e não representar por isso as condições "normais".

No caso de estudos de factores climáticos é de grande vantagem, como foi dito, dispor, pelo menos, de 35 anos de observações, se bem que seja preferível utilizar períodos mais curtos a aplicar um factor de segurança arbitrário, como por vezes se faz.

Quando se empregam curvas de probabilidades para avaliar a frequência provável de casos excepcionais, é indispensável consolidar as hipóteses recorrendo a dados doutra natureza. Convém não perder de vista que, em tais casos, o resultado dos cálculos indica apenas "a média das ocorrências futuras". Assim, uma altura pluviométrica, ou uma cheia, que, "em média", poderá ocorrer uma só vez num período de 100 anos, pode, de facto, verificar-se mais de uma vez no decurso desse período.

Construindo, com os dados facultados pelos postos de Porto, Coimbra, Lisboa, Évora, Beja, Lagos e Faro, tabelas análogas à TABELA IV (traduzidas gráficamente pelas figuras 2 a 8) e reunindo todos os elementos num quadro único, chega-se ao resultado da tabela da página seguinte (TABELA VIII).

4. Insuficiência do conhecimento da altura pluviométrica anual média

A determinação da altura pluviométrica anual média, e a da probabilidade da ocorrência de diversos valores da precipitação anual estão longe de proporcionar uma informação completa sobre o regime das águas meteóricas, quanto aos aspectos que interessam o engenheiro agrónomo, muito especialmente tratando-se de estudos de Hidráulica Agrícola.

Em primeiro lugar, convém notar que uma precipitação anual abundante pouco valor agrícola terá se não se poder contar com as quantidades de chuva necessárias durante certos períodos críticos de desenvolvimento das culturas, e daí resulta por vezes a aparente anomalia de zonas com uma altura pluviométrica anual deminuta poderem produzir colheitas abundantes sem rega, e, por outro lado, tornar-se esta operação indispensável, ou pelo menos útil, em regiões onde a quantidade de água meteórica caída durante o ano é duas ou três vezes maior. Um exemplo bastará para frizar incisivamente êste facto. Comparando a distribuição, no decurso do ano, da chuva caída

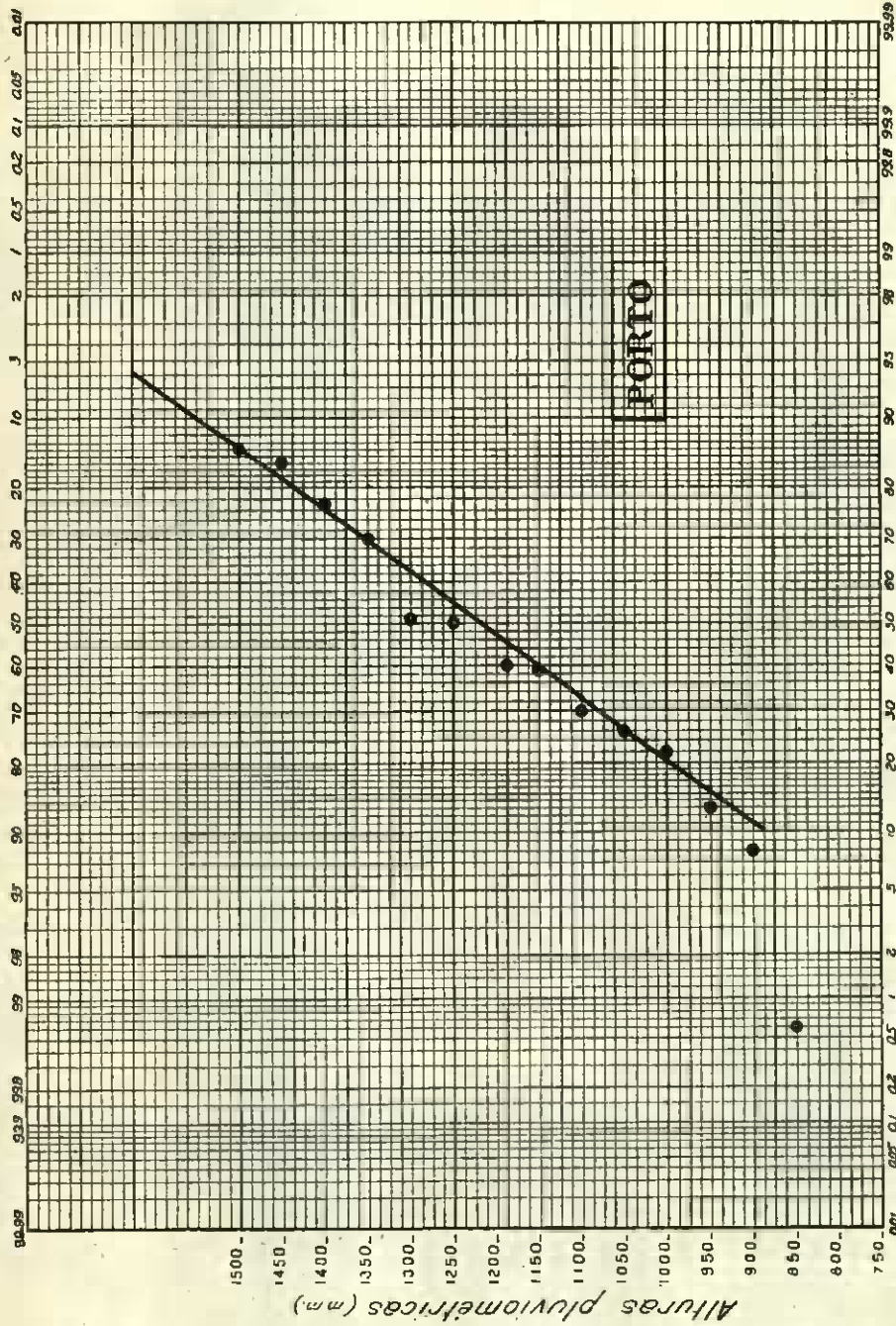
TABELA VIII

Altura pluviométrica anual (mm.)	Número provável de anos, numa série de 100, em que a altura pluviométrica anual não excederá diversos valores						
	Porto	Coimbra	Lisboa	Évora	Beja	Lagos	Faro
150	0	0	0	0	0	0	1
200	0	0	0	0	0	0	1
250	0	0	0	0	0	0	1
300	0	0	0	0	0	0	20
350	0	0	0	1	0	9	36
400	0	0	0	2	0	19	58
450	0	0	4	7	13	30	59
500	0	0	18	18	27	52	80
550	0	1	26	31	50	73	90
600	0	2	34	46	70	83	96
650	0	7	42	57	80	90	96
700	0	8	49	70	90	93	96
750	1	16	67	80	99	96	96
800	1	19	77	90		99	96
850	6	28	81	91			99
900	8	38	87	96			
950	13	50	91	98			
1000	20	61	96	98			
1050	23	72	97	98			
1100	30	77	97	98			
1150	38	85	97	98			
1200	40	93	97	99			
1250	50	93	97				
1300	55	96	97				
1350	70	98	97				
1400	77	98	97				
1450	86	99	99				
1500	86						
1550	89						
1600	94						
1650	96						
....							
2300	99						

na Alemanha, considerada em conjunto /4/ e no nosso Além-Douro Litoral, obtém-se os seguintes resultados:

TABELA IX

Chuva caída em cada mês, expressa como percentagem da chuva total correspondente ao ano												
Meses	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Alemanha.....	6.0	5.7	7.4	6.1	8.1	11.0	12.2	10.5	8.8	9.9	7.1	7.2
Além-Douro Litoral.....	11.0	10.8	11.4	8.4	6.8	4.7	1.8	2.0	5.8	10.5	13.0	13.8



Probabilidade da ocorrência
FIG. 2

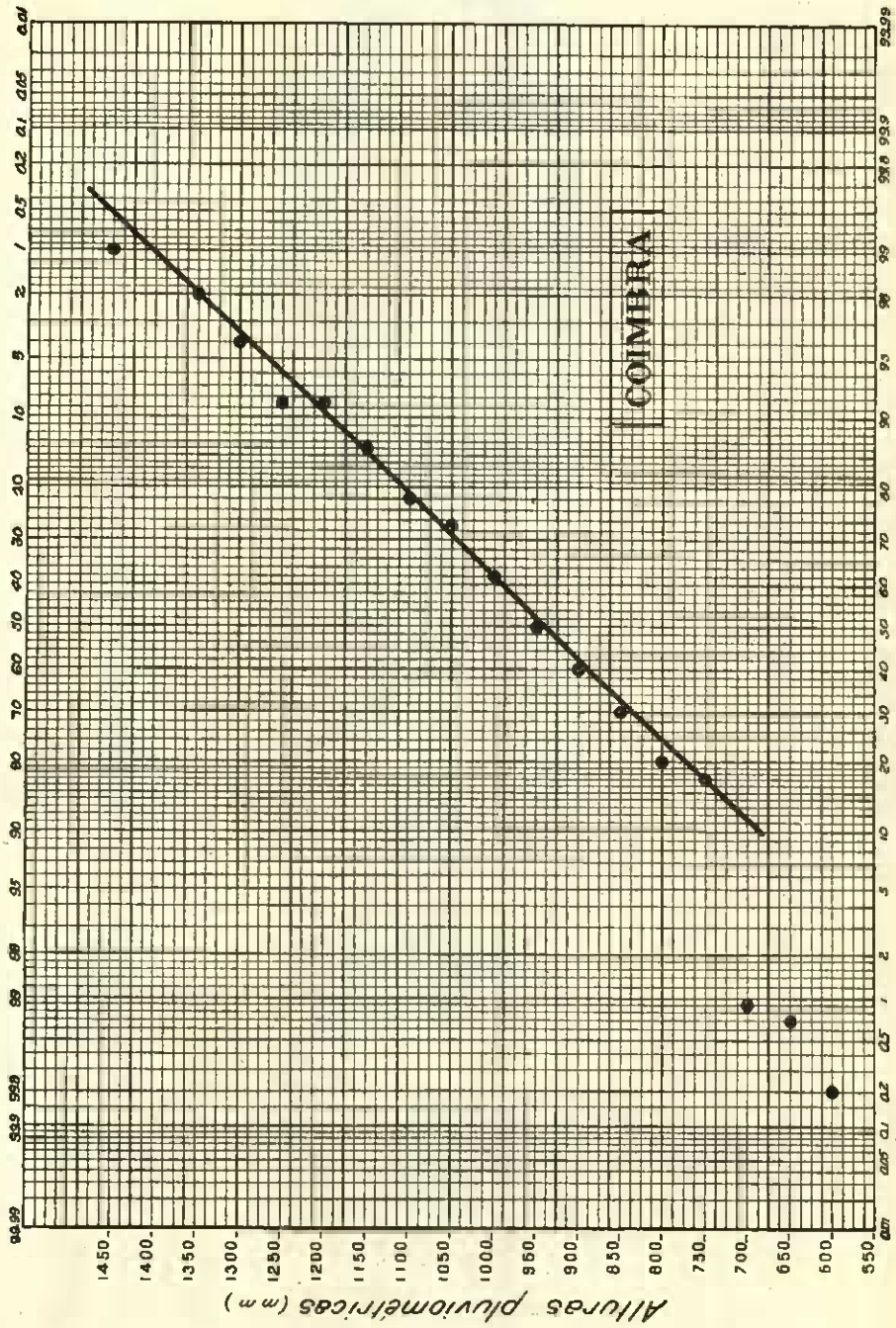


FIG. 3

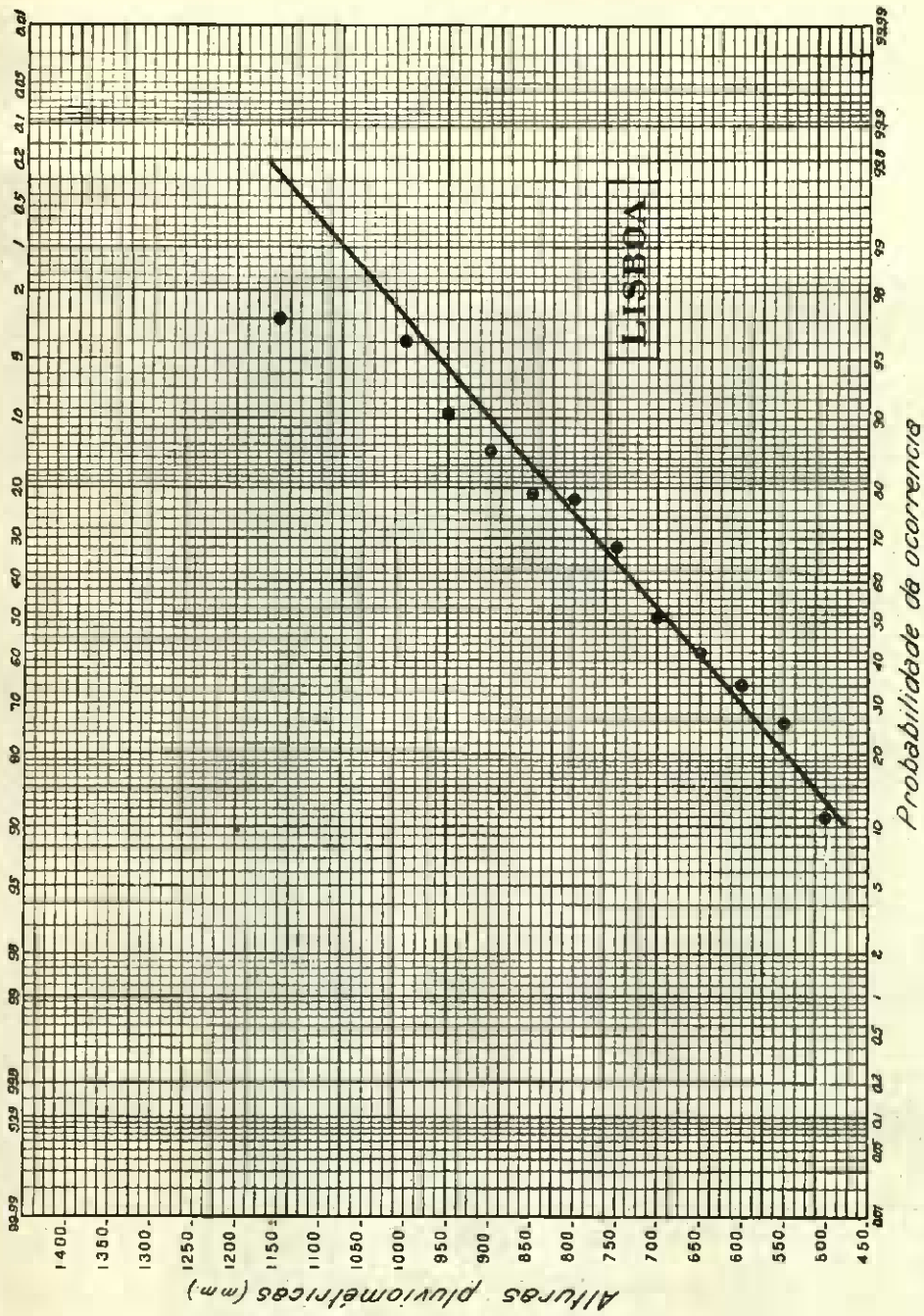
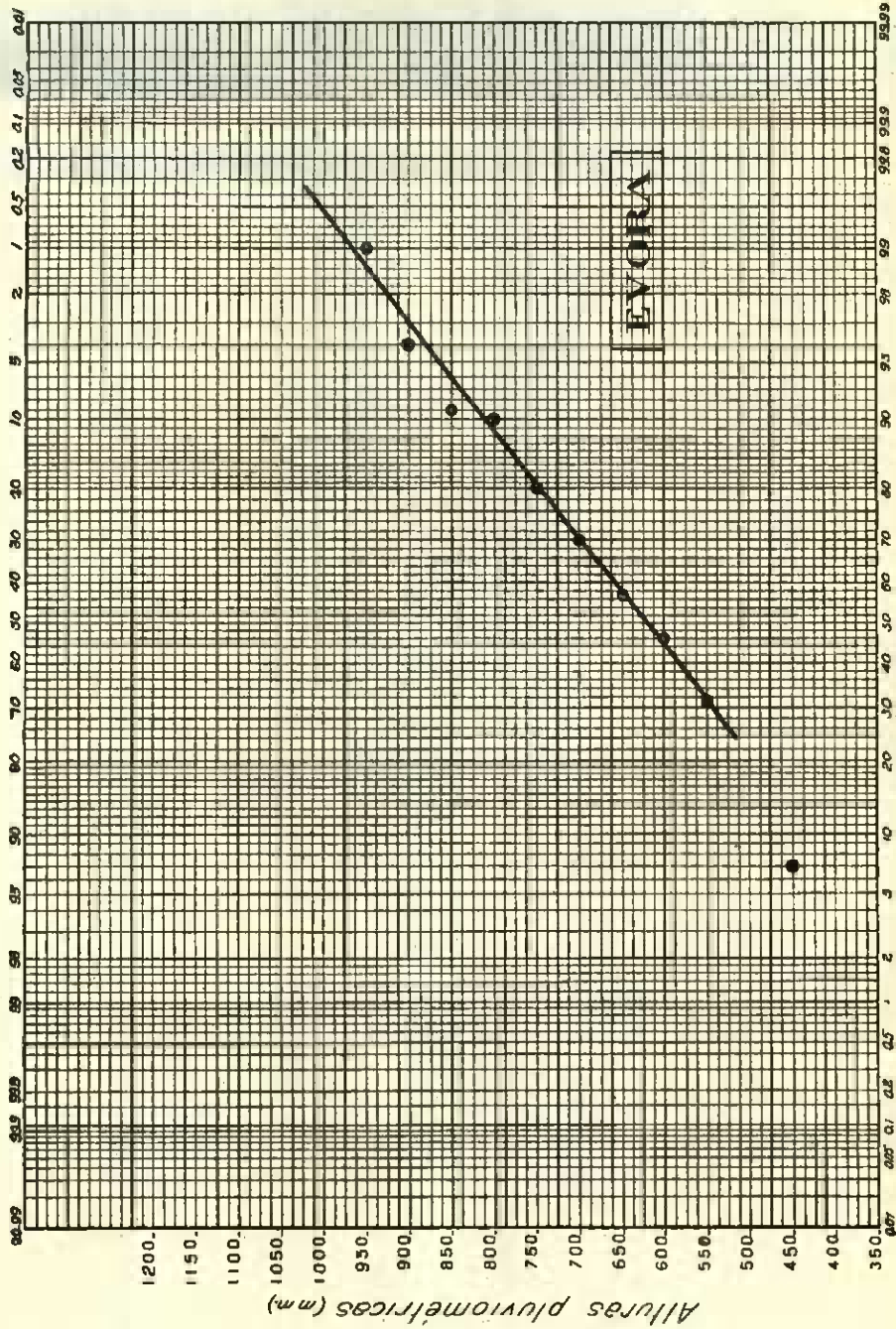
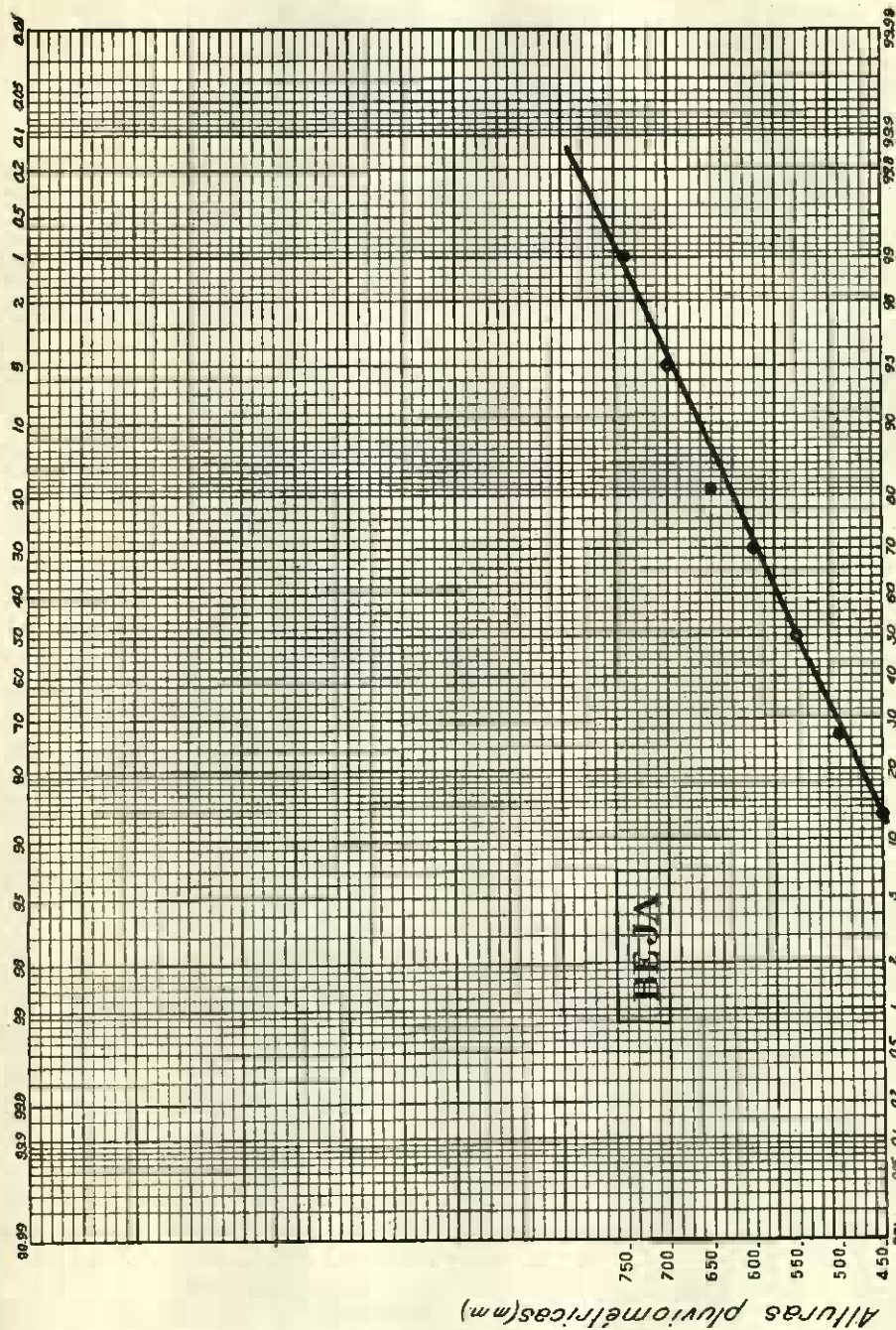


FIG. 4



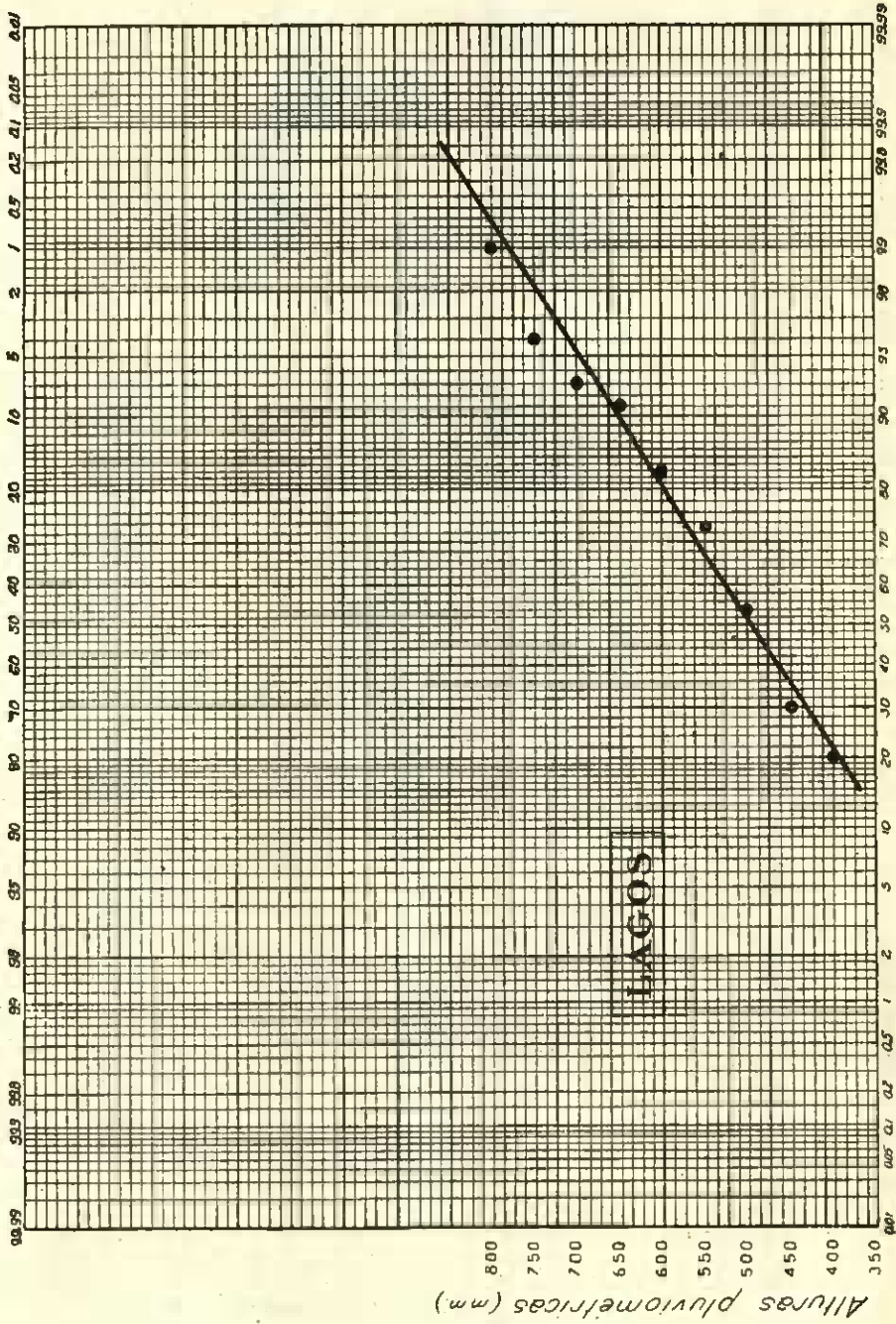
Probabilidade da ocorrência

FIG. 5

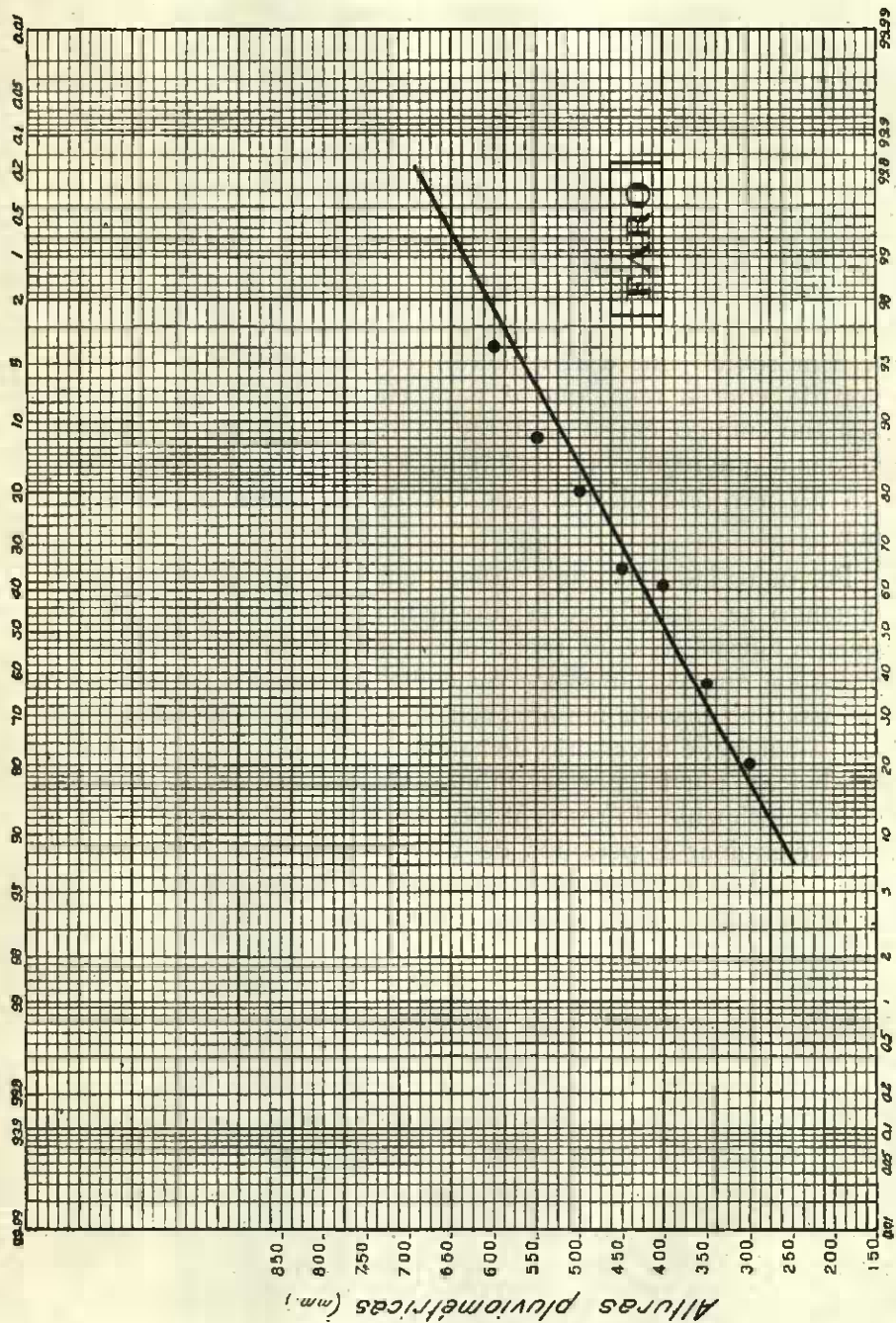


Probabilidade da ocorrência

FIG. 6



Probabilidade da ocorrência
FIG. 7



Probabilidade da ocorrência

FIG. 8

Num trabalho recente /5/ o PROF. FRECKMANN, de Berlim, sintetiza da forma seguinte as características agrícolas do regime pluviométrico alemão: «*Sobre a área utilizada pela agricultura na Alemanha cai uma altura pluviométrica de cerca de 600 mm., isto é, uma quantidade de chuva que, com a distribuição ideal para o desenvolvimento das culturas que apresenta, aliada às disponibilidades de água no solo, é, de um modo geral, de molde a satisfazer oportunamente as exigências da maioria das plantas cultivadas.*».

O PROF. FRECKMANN conclui que o problema da rega tem, para a agricultura alemã, uma importância muito limitada. Em contraposição, é bem sabido que a agricultura do Minho se acha estreitamente relacionada com a rega, que é, para ela, de uma importância decisiva. E, no entanto, cai sobre a região do Alemdouro Litoral uma chuva anual que regula por 1200 mm., ao passo que a altura pluviométrica no território alemão, considerado em conjunto, não excede 660 mm.

Por outro lado, tem de se tomar em linha de conta o facto de que, quando se procede ao estudo de um projecto de qualquer melhoramento hidráulico, é em regra importante conhecer, pelo menos, as épocas em que as chuvas são ou muito abundantes ou muito escassas. Assim, no caso de um aproveitamento de águas superficiais por meio de albufeira, é necessário demarcar o período em que é mínima a contribuição pluvial, por serem máximas, durante êle, as dificuldades de abastecimento do reservatório que se constitui; e é essencial também determinar os períodos de chuvas quantiosas e intensas, no decurso das quais ocorrem ordinariamente as cheias, que podem ocasionar sérios perigos para as obras a construir.

5. Alturas pluviométricas mensais

Convém, por conseguinte, investigar o modo como as chuvas se distribuem pelos períodos em que o ano se pode dividir.

Para estabelecer os limites e apreciar o caracter destes períodos, considerar-se hão, primeiramente, os totais médios, máximos e mínimos registados nos diferentes postos em cada mês.

TABELA X

Meses	Altura pluviométrica mensal média (mm.)						
	Porto	Coimbra	Lisboa	Évora	Beja	Lagos	Faro
I.	136.4	97.7	82.7	70.4	56.0	64.0	50.2
II.	133.6	102.0	84.1	80.0	71.0	61.8	54.0
III.	141.7	108.5	81.3	76.5	70.0	60.0	46.5
IV.	104.7	89.8	65.4	55.6	45.4	37.7	31.8
V.	83.9	77.5	42.3	47.1	46.2	24.7	19.0
VI.	58.7	42.6	18.2	28.0	21.5	8.2	7.4
VII.	23.0	17.0	4.5	5.0	3.1	1.5	0.3
VIII.	24.9	13.4	4.8	4.0	2.4	1.4	1.0
IX.	62.8	56.3	34.5	30.4	28.9	17.1	14.7
X.	130.9	102.2	76.1	66.5	62.0	54.5	46.2
XI.	161.9	120.8	105.7	85.9	83.0	84.9	70.0
XII.	171.4	115.3	94.8	81.9	72.6	75.9	51.3

TABELA XI

Meses	Altura pluviométrica mensal máxima (mm.)						
	Porto	Coimbra	Lisboa	Évora	Beja	Lagos	Faro
I.	344.9	268.5	290.9	259.5	158.1	293.0	137.0
II.	412.4	388.2	263.3	270.6	219.3	211.8	146.3
III.	326.3	271.5	202.3	217.4	206.8	207.2	141.5
IV.	289.9	295.3	226.7	195.8	127.2	201.0	105.4
V.	207.1	195.3	130.6	145.3	116.7	77.5	67.1
VI.	262.6	132.2	77.6	128.8	69.5	45.2	55.5
VII.	62.4	64.7	55.3	54.8	23.2	32.0	6.9
VIII.	125.9	80.2	47.9	40.4	34.3	23.0	8.0
IX.	288.6	230.9	223.0	240.7	116.7	90.9	126.0
X.	371.1	286.1	190.0	182.0	145.5	181.9	193.9
XI.	369.8	373.0	243.0	269.3	163.4	194.6	181.0
XII.	380.8	348.5	384.5	404.6	209.8	260.6	140.0

TABELA XII

Meses	Altura pluviométrica mensal mínima (mm.)						
	Porto	Coimbra	Lisboa	Évora	Beja	Lagos	Faro
I.	0.2	0.6	1.4	1.0	4.3	3.2	0.3
II.	4.3	0.9	1.5	0.2	1.1	0.0	1.4
III.	6.9	0.6	1.2	0.0	1.4	0.0	0.0
IV.	3.0	0.6	3.4	1.0	3.0	0.0	0.0
V.	0.4	9.4	2.2	1.0	1.8	0.0	0.0
VI.	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
VII.	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
VIII.	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
IX.	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
X.	8.2	9.1	5.9	0.8	4.0	0.0	0.0
XI.	7.0	3.3	0.0	1.2	2.0	0.0	0.0
XII.	3.0	1.1	6.6	0.0	0.0	0.0	2.1

6. Cocientes pluviométricos

O confronto das Tabelas precedentes revela imediatamente a impossibilidade de utilizar a divisão em meses para o fim que se tem em vista; a variabilidade da altura pluviométrica mensal é extraordinariamente grande, para todos os meses e no caso de todos os postos. Tem de se recorrer, forçosamente, a períodos mais extensos, para os quais haja uma certa compensação das oscilações, de modo a reduzir a proporções aceitáveis o valor do coeficiente de variabilidade.

Para agrupar convenientemente os meses, é útil calcular o *cociente pluviométrico* que a cada um deles corresponde. O cociente pluviométrico é uma constante introduzida por VON HANN (6), com o objectivo de definir a quota com que cada mês contribui para o total da precipitação anual, e determina-se da maneira a seguir indicada:

Na coluna (2) da TABELA XIII figura o número de dias de cada um dos meses, de Janeiro a Dezembro, expresso como permilagem do número de dias do ano. Na coluna (4) acham-se inscritas as alturas pluviométricas médias dos diferentes meses, expressas como permilagem da altura pluviométrica média anual.

A coluna (5) contém os valores que se obtém dividindo cada um dos números da coluna (4) pelo número correspondente da coluna (2).

Esses valores são os dos cocientes pluviométricos dos diversos meses, para o pósto do Porto (Serra do Pilar).

Na TABELA XI encontram-se os valores dos cocientes pluviométricos relativos aos 7 postos cujas estatísticas foram estudadas.

TABELA XIII
Porto (Serra do Pilar)

Meses	Número de dias do mês em /1000 do número de dias do ano	Altura pluviométrica mensal (mm.)	Altura pluviométrica mensal em /1000 da altura pluviométrica anual	Cociente pluviométrico (1) (2)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
I.	85	136.4	110	1.30
II.	77	133.6	108	1.40
III.	85	141.7	115	1.35
IV.	82	104.7	85	1.03
V.	85	83.9	68	0.80
VI.	82	58.7	48	0.58
VII.	85	23.0	19	0.22
VIII.	85	24.9	20	0.24
IX.	82	62.8	51	0.62
X.	85	130.9	106	1.25
XI.	82	161.9	131	1.60
XII.	85	171.4	139	1.64
	1000		1000	

TABELA XIV

Meses	Cocientes pluviométricos						
	Porto	Coimbra	Lisboa	Évora	Beja	Lagos	Faro
X.	1.25	1.27	1.29	1.24	1.30	1.30	1.39
XI.	1.60	1.56	1.85	1.66	1.80	2.12	2.19
XII.	1.64	1.44	1.61	1.52	1.52	1.78	1.51
I.	1.30	1.22	1.40	1.31	1.17	1.53	1.51
II.	1.40	1.40	1.60	1.65	1.64	1.64	1.79
III.	1.35	1.35	1.38	1.42	1.42	1.44	1.40
IV.	1.03	1.15	1.15	1.07	0.99	0.94	0.99
V.	0.80	0.91	0.72	0.88	0.97	0.60	0.57
VI.	0.58	0.55	0.32	0.54	0.47	0.23	0.22
VII.	0.22	0.21	0.07	0.09	0.06	0.04	0.01
VIII.	0.24	0.17	0.08	0.07	0.05	0.03	0.03
IX.	0.62	0.73	0.60	0.59	0.65	0.42	0.46

7. Divisão do ano em dois períodos. Semestre Outubro-Março e Semestre Abril-Setembro

A inspecção da TABELA XI revela, à primeira vista, que há, nas seis regiões fisiográficas portuguesas onde estão situados os postos, um desequilíbrio pronunciado entre as precipitações que ocorrem no Semestre Outubro-Março e no Semestre Abril-Setembro. Com efeito, ao passo que o valor do cociente pluviométrico dos meses pertencentes ao primeiro destes períodos oscila entre 1.17 e 2.19, sendo a sua média 1.50, o dos meses incluídos no segundo período tem como mínimo 0.01, como máximo 1.15, e como valor médio 0.50.

Este facto tem um notável interesse sob o ponto de vista ecológico, atendendo a que o semestre que vai de 1 de Abril a 30 de Setembro é, por assim dizer, o *período activo*, durante o qual a maioria das plantas cultivadas atinge a maturação ou produz semente. É, por esse motivo, a parte do ano em que as culturas consomem mais avultadas quantidades de água, e em que portanto a rega reveste maior utilidade. No período que decorre entre 1 de Outubro e 31 de Março, *época de repouso*, ou, pelo menos, de actividade fisiológica muito mais reduzida, são relativamente deminutas as quantidades de água necessárias. De um modo geral, pode dizer-se que cessam, durante êle, as regas chamadas *de humedecimento*, e apenas prosseguem as que tem o objectivo de proteger a vegetação pratense das temperaturas baixas e da geada. Por outro lado, para as culturas, como as dos cereais de inverno, que iniciam o seu ciclo vegetativo durante esta parte do ano, quantidades excessivas de água pluvial podem ser, como é sabido, muito prejudiciais.

8. Subdivisão do Semestre Abril-Setembro

O Semestre Outubro-Março, que se poderá denominar *Semestre Húmido*, apresenta-se como um período bastante homogéneo sob o aspecto da distribuição das chuvas. Os desvios entre os cocientes pluviométricos máximo e mínimo são neste período, para os diversos postos, pela ordem porque estes tem sido enumerados, respectivamente 0.39, 0.34, 0.56, 0.42, 0.63, 0.82 e 0.80. No Semestre Abril-Setembro, o *Semestre Sêco*, essas divergências são, adoptando a mesma ordem. 0.81, 0.98, 1.08, 1.00, 0.94, 0.91 e 0.98, o que parece indicar que êste período se subdivide em duas, ou, possivelmente, em três

partes. Agrupando os meses de Abril e Maio, cujo regime pluviométrico tem especial importância para a cultura pratense, e com o qual está em íntima relação a rega eventual de outras culturas, nota-se que os desvios dos cocientes pluviométricos respectivos são apenas 0.23, 0.24, 0.43, 0.19, 0.02, 0.34 e 0.42. Agrupando, por sua vez, os meses de Junho, Julho e Agosto—aqueles para os quais são menores os valores dos cocientes pluviométricos—verifica-se que as discrepâncias entre máximos e mínimos são também de valor comparativamente reduzido (0.36, 0.38, 0.25, 0.47, 0.32, 0.20 e 0.21).

Fica excluído o mês de Setembro, cujo cociente pluviométrico tem, para todos os postos, valores aproximadamente equidistantes das médias dos valores dos cocientes que correspondem ao último grupo de meses mencionado e ao Semestre Húmido.

9. **Altura pluviométrica média nos diversos períodos do ano**

As TABELAS XV-XVIII indicam as médias das alturas pluviométricas, e bem assim os desvios quadráticos médios e os coeficientes de variabilidade correspondentes às partes do ano que acabam de ser demarcadas :

TABELA XV

Posto	Altura pluviométrica no semestre Outubro-Março		
	Média (mm.) <i>M</i>	Desvio quadrático médio (mm.) <i>σ</i>	Coefficiente de variabilidade (%) <i>C</i>
Porto.....	876.0 ± 22.9	217.3 ± 16.3	24.8 ± 2.2
Coimbra....	655.3 ± 15.3	181.5 ± 10.9	27.7 ± 1.7
Lisboa.....	523.3 ± 15.4	153.5 ± 9.5	29.3 ± 1.2
Évora.....	461.9 ± 12.0	139.3 ± 8.5	30.1 ± 2.0
Beja.....	409.3 ± 10.0	88.4 ± 7.0	21.6 ± 1.8
Lagos.....	407.0 ± 12.1	112.2 ± 8.6	27.5 ± 2.2
Faro.....	309.3 ± 9.3	81.8 ± 6.6	26.4 ± 2.3

TABELA XVI

Posto	Altura pluviométrica no semestre Abril-Setembro		
	Média (mm.) <i>M</i>	Desvio quadrático médio (mm.) <i>σ</i>	Coefficiente de variabilidade (%) <i>C</i>
Porto	355.5 ± 14.5	137.8 ± 10.3	38.8 ± 1.1
Coimbra....	297.0 ± 8.3	99.6 ± 6.0	33.5 ± 2.2
Lisboa.....	171.5 ± 6.2	70.9 ± 4.4	41.2 ± 2.9
Évora.....	171.0 ± 6.6	77.0 ± 4.7	45.0 ± 3.2
Beja.....	147.8 ± 7.3	63.7 ± 5.2	43.1 ± 4.0
Lagos.....	90.4 ± 6.0	55.6 ± 4.3	61.5 ± 6.2
Faro.....	69.3 ± 5.7	50.4 ± 4.0	72.7 ± 8.5

TABELA XVII

Posto	Altura pluviométrica no bimestre Abril-Maio		
	Média (mm.) <i>M</i>	Desvio quadrático médio (mm.) <i>σ</i>	Coefficiente de variabilidade (%) <i>C</i>
Porto.....	208.8 ± 9.0	87.8 ± 6.4	42.0 ± 3.5
Coimbra....	168.2 ± 6.5	75.9 ± 4.3	45.1 ± 3.1
Lisboa.....	99.5 ± 5.1	58.6 ± 3.6	58.9 ± 4.7
Évora.....	103.8 ± 3.9	44.9 ± 2.7	43.2 ± 3.1
Beja.....	90.0 ± 4.5	39.6 ± 3.2	44.0 ± 4.1
Lagos.....	60.4 ± 2.7	39.7 ± 1.8	56.4 ± 5.0
Faro.....	51.1 ± 3.9	34.8 ± 2.7	68.0 ± 7.3

TABELA XVIII

Posto	Altura pluviométrica no trimestre Junho-Agosto		
	Média (mm.) <i>M</i>	Desvio quadrático médio (mm.) <i>σ</i>	Coefficiente de variabilidade (%) <i>C</i>
Porto.....	104.8 ± 6.4	62.1 ± 4.6	59.2 ± 5.7
Coimbra....	72.3 ± 3.4	41.1 ± 2.4	56.8 ± 4.3
Lisboa.....	27.0 ± 2.0	22.7 ± 1.4	84.0 ± 8.0
Évora.....	36.6 ± 2.8	32.6 ± 2.0	89.1 ± 8.6
Beja.....	27.0 ± 2.8	24.9 ± 2.0	92.4 ± 9.7
Lagos.....	11.6 ± 1.2	12.1 ± 0.9	104.5 ± 13.5
Faro.....	9.9 ± 1.1	10.0 ± 0.8	101.3 ± 13.7

É interessante estabelecer, embora apenas a título de indicação geral, uma comparação entre o modo como as chuvas ocorrem nas zonas portuguesas estudadas e em regiões onde a distribuição das chuvas se pode considerar a mais apropriada para o desenvolvimento das culturas económicas, a ponto de nelas se tornarem praticamente dispensáveis trabalhos de melhoramento hidráulico.

Evidentemente, uma comparação desta natureza só teria verdadeira significação se se tomassem em linha de conta todos os factores climáticos que influem, juntamente com a humidade, no crescimento das plantas. Como porém só se pretende examinar a questão na sua maior generalidade, recorrer-se há novamente ao exemplo da Alemanha, mencionado na pág. 21, notando que, como as temperaturas que prevalecem durante o ano são mais baixas neste país do que em Portugal, é de prever que as exigências de água sejam, na primavera e no verão, maiores no caso das regiões Portuguesas do que no das Alemãs.

A distribuição da chuva de 660 mm. de altura caída anualmente na Alemanha é, aproximadamente, a seguinte /4/ :

TABELA XIX

Distribuição, por períodos, da chuva caída anualmente nas regiões agrícolas da Alemanha (mm.)	
Semestre Outubro-Março.....	285
Bimestre Abril-Maio.....	95
Trimestre Junho-Agosto.....	220
Mês de Setembro.....	60
Total para o semestre Abril-Setembro.....	375
Total para o ano.....	660

Confrontando o valor 285 mm. com os valores das médias registadas na TABELA XV, verifica-se que estes últimos excedem aquele por uma margem que vai de 8 % (Faro) a mais de 200 % (Porto).

Em contraposição, a TABELA XVI indica que a chuva caída entre 1 de Abril e 30 de Setembro nas várias regiões portuguesas é muito inferior (20 a 80 %) a 375 mm., valor médio atribuído à precipitação, durante o mesmo período, nas diversas regiões alemãs.

No Bimestre Abril-Maio, a altura pluviométrica média excede bastante o valor 95 mm. nas regiões que se consideram definidas pe-

los postos do Porto e de Coimbra; aproxima-se do referido valor nos que aproveitam os dados dos postos de Lisboa e Évora; e é-lhe muito inferior nas que são caracterizadas pelos elementos colhidos pelos postos de Beja, Lagos e Faro.

É no Trimestre Junho-Agosto que a discrepância é mais acentuada entre os valores das alturas pluviométricas correspondentes a esse período nos diversos postos portugueses e o valor adoptado para referência (220 mm.). Assim, examinando os números da TABELA XVIII, constata-se que a média mais elevada que se regista, a do posto do Porto, não atinge 50 % d'êste valor. Nos outros postos, as diferenças para menos são 68 % (Coimbra), 88 % (Lisboa), 84 % (Évora), 88 % (Beja), 91 % (Lagos) e 95 % (Faro). Há pois em Portugal um período do ano extremamente crítico, em que o *déficit* de humidade é geral no Litoral Norte e Centro e em todo o Sul do País, e assume proporções graves. Construindo tabelas da probabilidade das diversas alturas pluviométricas que ocorrem durante esse período, análogas à TABELA IV, e cujos dados se acham resumidos na TABELA XX, reconhece-se que, no Trimestre Junho-Agosto, a altura pluviométrica de 225 mm., tida como óptima na Alemanha, apenas é atingida no Além-Douro Litoral, e só excedida em 8 anos em cada série de 100. Nos outros sectores do País abrangidos pelos postos que têm sido considerados nunca foi registada.

TABELA XX

Altura pluviométrica no trimestre Junho- -Agosto (mm.)	Número provável de anos, numa série de 100, em que a altura pluviométrica relativa ao trimestre Junho-Agosto não excederá diversos valores						
	Porto	Coimbra	Lisboa	Évora	Beja	Lagos	Faro
10	3	8	27	21	39	62	72
25	17	34	53	63	52	90	90
50	36	54	83	76	76	96	96
75	50	73	94	86	97	99	99
100	64	90	97	93	99	—	—
125	78	96	99	98	—	—	—
150	90	98	—	99	—	—	—
175	92	99	—	—	—	—	—
200	92	—	—	—	—	—	—
225	92	—	—	—	—	—	—
250	94	—	—	—	—	—	—
275	97	—	—	—	—	—	—
300	99	—	—	—	—	—	—

Apresenta também um certo interesse a comparação do regime pluviométrico no Trimestre Junho-Agosto das seis regiões fisiográficas do País a que se tem aludido com o da Itália /7/, cuja agricultura tem mais afinidades com a portuguesa do que a da Alemanha, sobretudo quanto às influências ecológicas que experimenta. Na Itália continental e peninsular, apenas duas regiões—as *Baixas do Tevere* e a *Planície do Lácio*, e as *Planícies da Apúlia e do Murge*—recebem uma precipitação estival inferior à do Além-Douro Litoral, e só uma—abrangendo a *Península de Salento e o Litoral Jónico*—recebe menor quantidade de chuva entre 1 de Junho e 31 de Agosto do que a Beira Litoral. Na Itália insular, a pluviosidade, ainda no referido período, é maior do que a registada em Lisboa, Beja, Lagos e Faro, à excepção das costas orientais e meridionais da Sicília, que apenas se avantajam ao litoral do Algarve. Todas as outras regiões italianas recebem no trimestre estival quedas pluviométricas que excedem consideravelmente as das zonas portuguesas estudadas. E, a-pesar-disso, uma grande extensão do território da Itália não dispensa durante essa época a rega, que abrange uma superfície de cerca de 1,500,000 hectares.

Como é da maior importância, dados os métodos de estudo do engenheiro hidráulico, analisar o modo como os valores das alturas pluviométricas se dispersam relativamente às respectivas médias, convém passar em revista os valores do coeficiente de variabilidade que figuram nas TABELAS XV-XVIII. No caso do Semestre Outubro-Março, esses valores variam entre 21.6 % e 30.1 %, tendo como média 26.8 %. No caso do Semestre Abril-Setembro variam entre o mínimo 33.5 % e o máximo 72.7 %, sendo a sua média 48.0 %. Assim, nota-se que a irregularidade das precipitações é muito acentuada durante o período relativamente sêco, que é, como já se observou, o de actividade fisiológica mais intensa das culturas. No período de repouso vegetativo as oscilações da altura pluviométrica em torno da média são de amplitude comparativamente reduzida.

Não é para estranhar que os valores dos coeficientes de variabilidade que se determinam para as estatísticas pluviométricas do Bimestre Abril-Maio e do Trimestre Junho-Agosto sejam elevados, sobretudo no caso de último período mencionado, em que oscilam entre 56.8 % (Coimbra) e 104.3 % (Lagos). Um facto a notar é a coincidência do aumento de irregularidade do regime pluviométrico estival com a diminuição da altura média da precipitação registada durante o Trimesire Junho-Agosto.

O que fica exposto parece pois confirmar a conclusão de que,

nas seis zonas fisiográficas que se consideraram, se podem demarcar os seguintes períodos em que o ano agrícola se fracciona :

1) Um período de seis meses (Outubro-Março) de *chuvas abundantes*, durante o qual caem três quartos a quatro quintos das precipitações anuais, caracterizado, no seu conjunto, por uma certa *regularidade* (desvios de cerca de 30 % em relação ao valor médio da altura pluviométrica no período) embora as alturas correspondentes a cada mês possam variar consideravelmente de ano para ano. Durante este semestre as chuvas são em grande parte inúteis, ou inoportunas e prejudiciais, o que pode tornar necessários trabalhos de enxugo ou de defesa contra as águas correntes.

2) Um período de dois meses (Abril-Maio) de *chuvas abundantes* na parte Norte do Litoral, *suficientes* na parte central do Litoral, *um tanto deficientes* na parte Sul do País, caracterizado por uma *irregularidade pronunciada* (desvios de 40 % a 70 % em relação ao valor médio da altura pluviométrica no período). Durante este bimestre é mais freqüente a abundância do que a falta de chuva, podendo no entanto, em alguns anos, um pequeno número de regas moderadas beneficiar consideravelmente as culturas.

3) Um período de três meses (Junho-Agosto) de *escassez de chuvas*, cujo quantitativo não atinge um décimo do total anual, e de *grande irregularidade* de regime pluviométrico. Durante este trimestre as regas podem revestir uma notável utilidade, compensando a mais marcada deficiência do clima.

4) Um período de um mês (Setembro) que estabelece a *transição* entre os períodos de escassez e de abundância de chuvas.

Do que precede resulta que uma grande parte, pelo menos, do continente português está sujeita, cumulativamente, às desvantagens do *excesso de chuva* e da *falta de chuva*. O primeiro inconveniente traduz-se principalmente pela influência directa da chuva sobre o solo, sobretudo no que diz respeito à disponibilidade de reservas de substâncias nutritivas. As recentes investigações dos edafologistas, nomeadamente dos da Escola Russa /8/ evidenciaram o alcance dos processos de *lavagem* dos constituintes solúveis dos solos nos climas húmidos, processos que funcionam activamente em quasi toda a superfície do País. Outros inconvenientes do excesso de água, bem como os da falta de água nas terras, são pormenorizadamente discutidos nas obras da especialidade. Uma conclusão, porém, se pode tirar das considerações anteriores: e é que, ao passo que em algumas regiões do Mundo se suscita apenas o problema de conduzir água aos terrenos

agrícolas, e que noutras é o problema oposto—o de libertar os solos da água superabundante—o único que há a resolver, em Portugal ocorre a necessidade de atender a um e a outro.

10. Frequência dos dias de chuva

Se se dispozesse de elementos de informação mais completos do que os que proporciona a maioria dos nossos postos meteorológicos, seria da maior utilidade estudar minuciosamente a distribuição das chuvas dentro de cada período, visto que o caracter da precipitação influi bastante no modo como ela pode ser aproveitada. Uma determinada quantidade de água pluvial repartida por várias chuvadas de intensidade moderada, oportunamente distanciadas, tem um efeito bem diverso do que corresponde a uma precipitação equivalente que se realize em poucas horas, seguindo-se-lhe um prolongado período de seca.

Pode pois dizer-se que um estudo completo das precipitações que interessam uma dada zona agrária, ou uma dada bacia hidrográfica, deveria abranger os valores diários, ou, melhor ainda, horários da chuva caída; e conjugar-se com um exame adequado das relações que existem entre as quantidades de água pluvial recebidas pelo ter-

TABELA XXI

Índice de frequência dos dias de chuva							
Períodos	Porto	Coimbra	Lisboa	Évora	Beja	Lagos	Faro
Março-Outubro	0.59	0.44	0.43	0.37	0.40	0.26	0.28
Abril-Maio	0.48	0.43	0.37	0.35	0.30	0.18	0.19
Junho-Agosto .	0.28	0.21	0.10	0.09	0.08	0.03	0.03
Ano	0.48	0.37	0.32	0.28	0.29	0.17	0.18

reno e as que podem ser nele útilmente armazenadas. Um tal conjunto de dados teria o maior valor para o objectivo da determinação do quantitativo do *escoamento* nas bacias hidrográficas.

À falta destas informações, é de uma certa vantagem considerar a frequência provável do número de dias de chuva nos diferentes períodos. Esta frequência pode exprimir-se por um número (*índice de frequência*) que é o valor da razão entre o número de dias de chuva e o número total de dias no período de que se trata /4/.

Os valores dos índices de frequência das chuvas que a TABELA XXI consigna são, de um modo geral, muito baixos em comparação com os que correspondem às regiões mais favorecidas sob este ponto de vista.

É principalmente durante o período Junho-Agosto que esta deficiência climática se acentua. Ao passo que na Europa Central e nas zonas cerealíferas da América do Norte o índice de frequência dos dias de chuva regula por 0.40 durante este período, o que significa que em cada série de 10 dias se podem esperar 4 dias chuvosos, no Alto Alentejo e nas Baixas do Guadiana não se pode contar com mais de 9 dias de chuva em cada 100 dias. No Semestre Outubro-Março há uma manifesta desproporção entre a abundante quantidade de água pluvial caída e o reduzido número de dias de água no pluviómetro, o que indica que é muito grande a *intensidade das chuvas* durante o referido período, facto posto em evidência nos trabalhos do PROF. FELIPE DE FIGUEIREDO /9/. No Bimestre Abril-Maio, em que tem especial vantagem as chuvadas leves, lentas e repetidas, os valores do índice de frequência que correspondem ao Alem-Douro Litoral e à Beira Litoral são razoavelmente elevados; nas outras zonas fisiográficas, porém, estão à quem do valor normal do índice de frequência das chuvas nas regiões onde as condições se consideram satisfatórias sob este ponto de vista.

11. Temperatura

De todos os factores climáticos, é a temperatura o que menor variabilidade apresenta numa dada região, de uma localidade para outra. Por este motivo, as informações dos postos meteorológicos, embora estes sejam pouco numerosos, permitem generalizações relativas ao regime térmico mais seguras do que as que dizem respeito ao regime pluviométrico. Além disso, e pela mesma razão, não são necessários períodos de observações tão extensos.

As TABELAS XXII e XXIII contém o resumo dos dados estatísticos relativos ao regime térmico das seis regiões fisiográficas estudadas que mais interessa considerar para o efeito da conjugação desses dados com os que se referem a outros factores do clima—nomeadamente a evaporação—sobre os quais a temperatura exerce pronunciada influência.

TABELA XXII

Temperaturas médias mensais e anuais (Graus centígrados)							
Meses	Porto	Coimbra	Lisboa	Evora	Beja	Lagos	Faro
I.	8.4	9.0	10.4	8.8	8.6	11.4	11.8
II.	9.6	9.6	11.1	10.1	9.7	12.3	12.6
III.	10.8	11.1	12.3	11.4	11.4	13.4	13.9
IV.	13.6	13.4	14.3	14.2	13.4	15.3	16.0
V.	15.9	16.0	16.7	16.7	16.6	17.7	18.2
VI.	18.1	18.1	19.1	18.8	19.8	20.0	21.0
VII.	20.2	20.5	21.2	23.1	24.1	21.9	23.4
VIII.	19.7	20.4	21.7	21.4	23.2	23.1	24.3
IX.	19.0	19.2	20.4	20.7	20.8	22.0	21.9
X.	15.3	15.5	17.0	16.5	16.6	18.5	19.0
XI.	11.4	11.9	13.5	12.3	12.2	14.8	15.2
XII.	9.6	9.8	11.6	9.7	9.6	12.6	12.9
Ano	14.3	14.5	15.8	15.3	15.5	16.9	17.5

TABELA XXIII

Média das temperaturas médias mensais nos diversos períodos do ano (Graus centígrados)							
Períodos	Porto	Coimbra	Lisboa	Evora	Beja	Lagos	Faro
X.—III.	10.8	11.1	12.7	11.5	11.3	13.8	14.2
IV.—IX.	17.7	17.9	18.9	18.9	19.6	20.0	23.8
IV.—V.	14.7	14.7	15.5	15.4	15.0	16.5	17.1
VI.—VIII.	19.3	19.6	20.6	20.6	22.3	21.6	22.9
IX.	19.0	19.2	20.4	20.7	20.8	22.0	21.9

12. Relações entre o regime pluviométrico e a temperatura

Para definir as relações entre o regime das chuvas e o regime da temperatura tem sido propostos diversos *coeficientes hidrotérmicos*, sendo um dos mais conhecidos o introduzido pelo PROF. R. LANG /10/. Este agrológista deu particular relêvo à ideia de que o efeito das chu-

vas não pode, de modo algum, ser considerado independentemente da temperatura. Uma altura pluviométrica anual de 500 mm., por exemplo, tem um valor ecológico, e até, segundo LANG, *edafológico*, muito diferente, se a temperatura média durante o ano for de 10° C. ou de 20° C. A temperatura mais elevada ocasiona um maior consumo de água pluvial, porque coincide com ela uma mais intensa evaporação.

O PROF. LANG denomina *Regenfaktor* a relação N/T entre a quantidade total de chuva, em mm., caída durante o ano numa determinada zona, e a temperatura média anual, expressa em graus centígrados, registada nessa mesma zona, e avalia a maior ou menor *aridez* dos climas pelos valores do coeficiente N/T que os caracterizam (1).

HIRTH /11/ baseiando-se nas considerações de LANG, adoptou, para a delimitação das zonas mais ou menos áridas, as *isonótid*as, ou

TABELA XXIV

Póstos	Valores do Regenfaktor
Porto.....	86.4
Coimbra....	66.0
Lisboa.....	44.0
Évora.....	41.1
Beja.....	35.7
Lagos.....	29.3
Faro.....	22.6

linhas de igual altura pluviométrica. No caso de Portugal, nota-se (TABELA XXIV) que a *isonótid*a 40, que, para HIRTH, marca a separação entre regiões com caracteres hidrotérmicos muito distintos, circunscreve as Baixas do Guadiana e o Algarve.

O *Regenfaktor* do Alto Alentejo está muito próximo do limite citado, e o do Centro Litoral pouco se afasta d'ele. No Além-Douro Litoral e na Beira Litoral são os valores do referido coeficiente consideravelmente mais elevados.

(1) Este conceito tem sido objecto de larga discussão, indo os agrometeorologistas russos ao extremo de recusarem todo e qualquer valor aos coeficientes hidrotérmicos /24/.

15. Evaporação da superfície livre da água

A evaporação é um dos elementos climáticos cujo estudo mais sérias dificuldades oferece, já pela multiplicidade de factores que com ela se relacionam, já pelo facto dos dados dos postos meteorológicos que a êste fenómeno dizem respeito serem, práticamente, inaproveitáveis.

Nos postos meteorológicos mede-se, em geral por meio do evaporómetro de PICHE, a evaporação equivalente à que se opera da superfície livre da água contida num recipiente de determinadas dimensões, e gradualmente renovada. Ora os valores obtidos por êste processo são apenas números relativos, porque a quantidade de água evaporada varia proporcionalmente ao perímetro de superfície exposta, e portanto à raiz quadrada da respectiva área.

Tem sido propostas diversas fórmulas que procuram traduzir a relação entre o valor da evaporação de uma superfície livre de água e o dos principais factores que sobre ela exercem influência, sendo as mais conhecidas as de FITZGERALD /12/, BIGELOW /14/, VERMEULE /15/, STEFAN /16/, DALTON /17/ e HORTON /18/. Todas, porém, conduzem a resultados bastantes incertos e algumas são de difícil aplicação.

Do que precede resulta que, quando o engenheiro hidráulico precisa avaliar a evaporação que se efectua de uma superfície livre de água—como succede no caso de se pretender medir as perdas por evaporação com que há a contar numa albufeira, num canal, etc.—nem o emprêgo de fórmulas, nem o recurso aos dados de postos meteorológicos mais ou menos próximos, podem conduzir a resultados seguros. O único processo a adoptar, segundo a autorizada opinião dos técnicos do U. S. Reclamation Service /13/ é executar experiências directas. O evaporómetro a utilizar para êste fim consiste num recipiente de secção circular, de 90 cm. de diâmetro, e altura não inferior a 45 cm., munido de um indicador de nível na parte central. Ao medir, cada dia, a evaporação, junta-se um volume de água igual ao que se evaporou durante o período de 24 horas precedente. A água é adicionada pouco a pouco, de modo que o nível suba 0.02 mm. de cada vez, até a superfície livre tornar a contactar com o extremo do indicador. Instala-se ordinariamente um pluviómetro ao pé do evaporómetro, para medir a quantidade de chuva que tenha caído neste, e que deve ser descontada. É preferível, quando se tem em vista medir a perda de água por evaporação da superfície de uma albufeira, que

o evaporómetro flutue sôbre essa superfície, a uma distância bastante grande das margens.

14. Evaporação da superfície do solo. Intensidade da evaporação. Oportunidade para a evaporação

Não é porém a evaporação que se opera da superfície livre da água que o engenheiro hidráulico tem com mais freqüência interesse em medir, mas sim a que se efectua da superfície de uma bacia hidrográfica, consistindo na sua maior parte em terrenos nus ou revestidos de vegetação. O problema, neste caso, reveste uma grande complexidade e uma dificuldade considerável, que principia logo que se trata de distinguir os diferentes factores que actuam sôbre a evaporação.

A primeira circunstância, de importância fundamental, a que se tem de atender, é que, no caso da evaporação se operar da superfície do solo, ha dois factos a considerar, a saber: a *intensidade da evaporação*, isto é, a velocidade do fenómeno, ou antes, a taxa à qual êle se realiza, por um lado; e, por outro, a quantidade de água disponível para se evaporar, ou seja o que HORTON /18/ denominou a *oportunidade para a evaporação*.

É óbvio que, no caso de uma grande massa de água, como a que se encontra reunida numa albufeira, só interessa considerar a intensidade da evaporação, porque a reserva de água a vaporizar é muito avultada, e o reabastecimento é, a bem dizer, ilimitado; mas no caso do solo, em que a quantidade de água é limitada, e varia de local para local, o total de água que se evapora depende, não só da actividade com que o fenómeno se realiza, como ainda daquela quantidade. Basta esta circunstância para indicar que os dados dos postos meteorológicos, colhidos em condições de constância de oportunidade para a evaporação, não tem qualquer valor para o efeito de apreciação do quantitativo total de água que se evapora da superfície do terreno.

15. Factores que influem na intensidade da evaporação do solo

No que respeita à rapidez com que a evaporação se efectua da superfície do solo, o factor mais importante que há a considerar é a *temperatura do ar e da humidade sujeita à evaporação*, e neste facto

se baseiaram LANG e outros para proporem os seus coeficientes hidrotérmicos (§ 12).

Imediatamente após uma chuvada, a evaporação opera-se da superfície da terra tão rapidamente como da superfície da água, ou mais rapidamente até se o solo estiver muito seco quando a chuva principiou a cair, porque em tal caso a temperatura do solo é, em regra, mais elevada do que a temperatura do ar. À medida que a evaporação prossegue, e que a humidade livre vai desaparecendo da superfície do terreno, a taxa da evaporação vai sendo cada vez mais reduzida.

O efeito da *velocidade do vento* sobre a rapidez da evaporação é muito sensível, como se conclui dos seguintes resultados de de observações de HENSELE /20/:

TABELA XXV

Natureza do terreno	Velocidade do vento (m./s.)				
	0	3	6	9	12
	Evaporação relativa				
Areia quartzosa	0.23	3.03	4.57	5.50	6.43
Terra franca (entorroadada)	0.31	2.70	4.50	6.22	7.80
Terra franca (pulverulenta)	0.49	2.93	4.83	6.27	7.90

NOTA—As observações incidiram sobre uma camada de solo com 100 cm. q. de área de superfície livre, e 30 cm. de espessura, contendo bastante água. A intensidade da evaporação acha-se expressa em gramas de água evaporada por hora, a uma temperatura de 17.0—17.6° C.

O terceiro lugar, por ordem de importância, entre os factores que contribuem para acelerar a evaporação, pertence à *tensão do vapor*. FITZGERALD acentua /21/ que é a tensão do vapor o factor operante, e não o *deficit de humidade do ar* (relativamente ao estado de saturação) como muitos investigadores supõem.

A *vegetação*, sobretudo florestal, projecta sombra sobre o terreno, e, conseqüentemente, reduz a velocidade da evaporação da sua superfície livre. Nas experiências efectuadas nos Estados Unidos a este propósito /22/ obtiveram-se os seguintes resultados, quanto à intensidade relativa da evaporação:

TABELA XXVI

Natureza do revestimento	Evaporação relativa
Solo sem qualquer revestimento vegetal . . .	1.00
Solo ocupado por cultura cerealífera . . .	0.80
Solo revestido de erva	0.70
Floresta pouco densa	0.60
Floresta densa, com manta viva abundante.	0.2 a 0.4

16. Factores que influem na oportunidade para a evaporação do solo

No que se refere à oportunidade para a evaporação, o factor de importância predominante é sem dúvida o *regime das chuvas*, isto é, o quantitativo, a intensidade e a distribuição das precipitações. Assim, as chuvadas leves e frequentes, que conservam húmida, mas não em excesso, a superfície do solo, proporcionam a máxima oportunidade para a evaporação; as chuvas lentas e prolongadas favorecem a infiltração; as bátegas súbitas e violentas aumentam o escoamento.

Outra circunstância que convém tomar em linha de conta é o facto das árvores, arbustos e outra vegetação *interceptarem* uma quantidade muito variável, mas em regra avultada, de água da chuva, que é evaporada antes de chegar ao solo. A percentagem de precipitação que é interceptada varia com a quantidade de chuva caída num período determinado; é muito maior no caso de chuvadas ligeiras do que no caso de aguaceiros pesados. Relaciona-se também com o caracter da vegetação; as árvores de fôlha caduca interceptam, como é natural, mais chuva durante a época de crescimento do que no inverno.

Os dados de observação relativos à quantidade de chuva interceptada são pouco numerosos. A média correspondente a 16 estações alemãs regulou por 25 % da chuva total caída. Observações executadas na Suíça durante 12 anos conduziram ao resultado de 16 %.

A oportunidade para a evaporação está, como é óbvio, em relação com as facilidades que se apresentam para o escoamento e para a infiltração da água. Tanto um como outra dependem, principalmente, de *factores topográficos* (Configuração do terreno, declive das verten-

tes, exposição; área da superfície de solo exposta; área da superfície de água exposta; etc.); de *factores agrológicos* (Estrutura do solo; dimensões das partículas; clima do solo—temperatura do solo, humidade do ar contido no solo—; permeabilidade; estado de pre-saturação; etc.); e ainda da *natureza e área ocupada pelo revestimento vegetal*.

A água que se infiltra pode ser, em parte, recuperada, quer através do solo, pela acção da capilaridade, (1) quer por intermédio

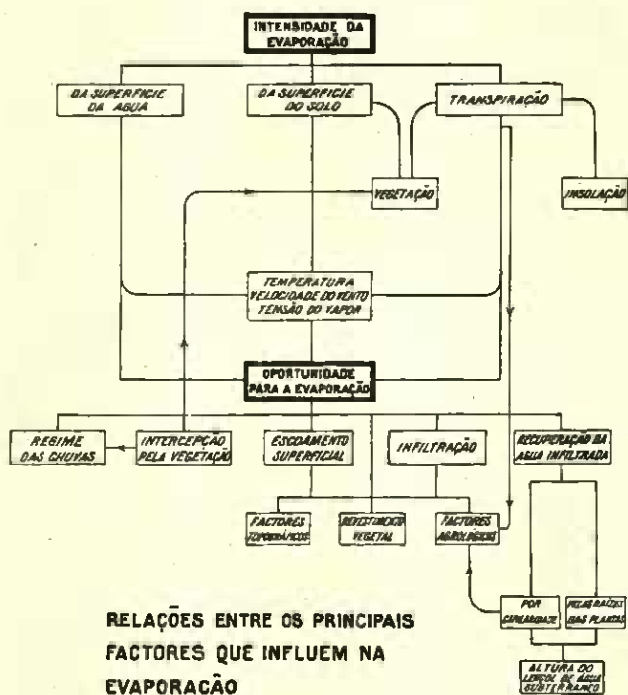


FIG. 9

das raízes das plantas. Em ambos os casos tem primacial importância a *profundidade a que se encontra o lençol de água subterrâneo*; e, no primeiro, a *capacidade do solo para reter a humidade*, e outras características agrológicas.

(1) Convém notar que as recentes investigações de KEEN parecem demonstrar que a distância a que a água do solo se pode deslocar sob a acção da capilaridade é bastante mais reduzida do que durante muito tempo se supoz [23].

17. Factores que influem na transpiração

A transpiração não é mais do que a evaporação que se opera pela cutícula e pelos estomas das plantas. A intensidade da transpiração é afectada pela *temperatura* e pela *velocidade do vento* e está relacionada com a *tensão do vapor*, do mesmo modo que a da evaporação que se efectua da superfície livre da água; é, além disso, poderosamente influenciada pela *insolação*, podendo dizer-se que, praticamente, a transpiração só se realiza durante as horas de sol. Quanto à oportunidade para a transpiração, depende sobretudo do *caracter e extensão da vegetação*, e da *quantidade de água contida no solo*, o que por seu turno se prende com as *propriedades agrológicas* que o caracterizam, e com as *condições de abastecimento de água* em que se encontra.

A Fig. 9 tem o objectivo de indicar, em esquema, as principais relações entre os factores mais importantes que influem, quer na intensidade da evaporação (física e fisiológica) quer na oportunidade para a sua realização.

BIBLIOGRAFIA

1. B. BARROS GOMES—1876—Condições Florestaes de Portugal.
2. A. BINNIE—1892—Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Vol. 109.
3. W. P. CREAGER—1927—Rainfall. / Hydro-Electric Handbook, by W. P. CREAGER and J. D. JUSTIN.
4. H. ENGELS—1923—Handbuch des Wasserbaues.
5. W. FRECKMANN—1931—Die Massnahmen zur Kultivierung des Bodens. / Handbuch der Bodenlehre, Vol. 9.
6. J. VON HANN—1932—Handbuch der Klimatologie.
7. 1931—Caratteri pluviometrici delle regioni italiane durante il periodo estivo. / Le Irrigazioni in Italia.
8. K. D. GLINKA—1931—Potchvovedenie e—1914—Die Typen der Bodenbildung.
9. F. DE FIGUEIREDO—1910—As Chuvas em Portugal.
10. R. LANG—1920—Verwitterung und Bodenbildung als Einführung in die Bodenkunde.
11. P. HIRTH—1928—Die Künstliche Bewässerung.
12. D. FITZGERALD—1886—Transactions of the American Society of Civil Engineers, Vol. 15.
13. A. MEYER—1915—Ibid., Vol. 79.
14. F. H. BIGELOW—1912—Argentine Meteorological Office Bulletin 2.
15. C. C. VERMEULE—Report of the New Jersey Geological Survey.
16. J. STEFAN—1881—Versuche über die Verdampfung.
17. DALTON / KÖNIG—1927—Wasserleitungen und Wasserwerke.
18. R. E. HORTON—Engineering News Record, April 1917.
19. W. P. CREAGER—1927—Evaporation. / Hydro Electric Handbook.
20. J. A. HENSELE / E. WOLLNY—1893—Forschgn. Geb. Agrikult. Phys.
21. D. FITZGERALD / F. E. KANTHACK—1924—The Principles of Irrigation Engineering.
22. H. E. BABBITT and J. J. DOLAND—1931—Water Supply Engineering.
23. B. A. KEEN—1931—The Physical Properties of the Soil.
24. A. L. SHATSKII—1930—O hidrotermicheskom Koeffiziente / Trudy po Selskoxozyastevennoi Meteorologii, Vypusk XXI.

RÉSUMÉ

CONTRIBUTION A L'ETUDE DU CLIMAT DU PORTUGAL DANS SES RAPPORTS AVEC L'HYDRAULIQUE AGRICOLE

L'Auteur s'occupe des conditions météorologiques du Portugal au point de vue de leur influence sur la nature et l'étendue que doivent prendre les travaux d'irrigation et drainage dans le pays; il étudie les statistiques pluviométriques des régions agricoles où l'on peut compter sur un minimum de 35 années d'observations; il établit plusieurs courbes de la probabilité des hauteurs de pluie.

Une partie très considérable de la pluie annuelle tombe d'Octobre à Mars, ce qui rend souvent nécessaires des travaux de drainage et de protection contre les crues. Pendant la période Avril-Mai, la pluie est presque partout suffisante. La période Juin-Août amène la sécheresse, dont les conséquences sont parfois très graves, surtout dans la partie du pays au Sud du Tage. Il s'ensuit que des travaux d'irrigation s'imposent dans des régions susceptibles de subir les effets de l'excès de pluie pendant d'hiver. La complexité des problèmes d'Hydraulique Agricole au Portugal est donc très grande, et pour les résoudre il faut faire appel à toutes les ressources de la technique.

SUMMARY

CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE CLIMATE OF PORTUGAL WITH SPECIAL REFERENCE TO RECLAMATION WORK

The writer deals with the climate conditions of Portugal with special reference to their bearing on the nature and extent of irrigation and drainage work. Rainfall statistics for such districts where fairly long records are available are analysed and the probability of the occurrence of given amounts of rainfall is estimated.

Most of the rainfall occurs during the Winter, from October to March, sometimes in excess. This entails the need of drainage and flood protection works. There is as a rule a sufficiency of rain in April and May, but the three-month period June-August is often extremely dry. Thus the need of irrigation may be urgently felt in many sections of the Country, especially South of the Tagus, and yet these sections may have to suffer in Winter from excess of rainfall. Portugal has to face a many sided problem as far as water is concerned, and the task of the Agricultural Engineer in the Country is a very difficult one.

ZUSAMMENFASSUNG

BEITRAG ZUR KENNTNIS DES KLIMAS IN PORTUGAL UND SEINER BEZIEHUNG ZUR KULTURTECHNIK

Der Verfasser behandelt die Regenverteilung in Portugal und gibt einige Wahrscheinlichkeitskurven der Niederschlaege in verschiedenen portugiesischen landwirtschaftlichen Gebieten an. Der groesste Teil der Niederschlaege faellt in die Wintermonate (Oktober bis Maerz), oftmals in Ueberfluss. Dies erfordert Drainagearbeiten und Schutzmassnahmen gegen Ueberschwemmungen. In April und Mai sind die Niederschlagsmengen im allgemeinen hinreichend. In den drei Monaten Juni, Juli und August herrscht des oeffteren Trockenheit, weshalb sich Bewaesserung nicht nur von Nutzen, sondern auch als notwendig in denselben Gebieten erweist, die im Winter unter Wasserueberfluss zu leiden haben. So hat der Wasserbautechniker in Portugal erhebliche Schwierigkeiten zu ueberwinden.