

## 8 APLICAÇÃO DO MODELO DE APODRECIMENTO ÀS CIDADES DO ESTADO DE SÃO PAULO

Utilizando os dados climáticos de diversas cidades do Estado de São Paulo, neste capítulo é mostrada a aplicação do modelo de apodrecimento de madeira em contato com o solo, proposto por (LEICESTER et. al., 2003).

### 8.1 O clima do Estado de São Paulo

O Estado de São Paulo está localizado aproximadamente entre as longitudes 44°W e 53°W, e latitudes 20°S e 25°S, estando uma pequena parte abaixo do Trópico de Capricórnio (23°27'09"S), assim a maior parte do Estado de São Paulo está localizada em região tropical, Figura 8.1.

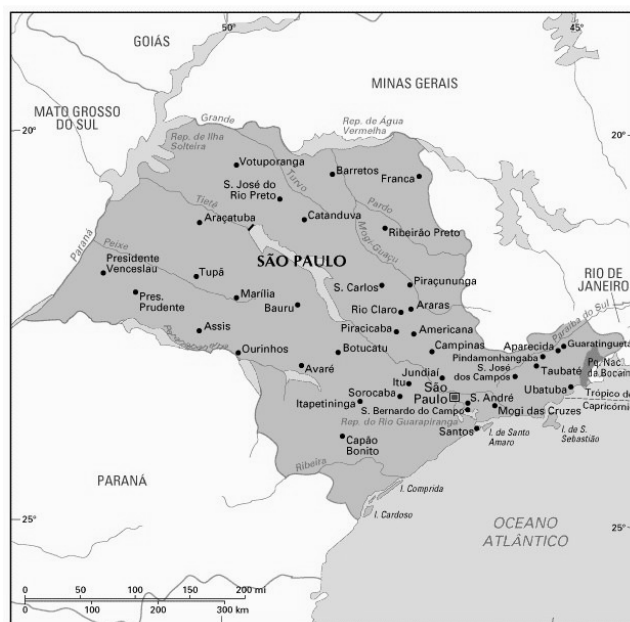


FIGURA 8.1 – Localização do Estado de São Paulo

Devido ao Estado de São Paulo estar em grande parte nas áreas montanhosas de altitude, onde as chuvas se mostram bastante amenas, pode ser classificado como tropical de altitude, sendo as chuvas geralmente abundantes, sobretudo na estação estiva, tornando o clima tropical úmido, (PAES DE CAMARGO et al., 2007).

Segundo a classificação climática de *Koeppen*, o Estado de São Paulo abrange seis tipos climáticos distintos, todos correspondentes a climas úmidos. O tipo que corresponde a maior área é o Cwa, sendo toda a parte central do planalto caracterizada pelo clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente. Algumas áreas serranas, com o verão ameno, nela encravadas, são classificadas no tipo Cwb, (PAES DE CAMARGO et al., 2007).

As regiões mais baixas, à noroeste, situadas nas proximidades dos rios Paraná e Grande, mais quentes, pertencem ao tipo Aw, tropical chuvoso com inverso seco. Ao sul do planalto, às margens do rio Paranapanema, e do vale do rio Ribeira de Iguapé, aparecem faixas de clima tropical, com verão quente, sem estação seca de inverno, do tipo Cfa. As áreas serranas, mais altas, das serras do Mar e da Mantiqueira, com verão ameno e estações chuvosas o ano todo, tem o clima classificado como CFb. Finalmente, a faixa litorânea recebe a classificação Af, caracterizada pelo clima tropical chuvoso sem estação seca, (PAES DE CAMARGO et al., 2007).

## 8.2 Dados climatológicos e $I_{ig}$

Utilizando dados climatológicos fornecidos pelo IAC – Instituto Agrônomo de Campinas<sup>1</sup>, Anexo G, será calculado os Índices Climáticos -  $I_{ig}$ , segundo o modelo proposto por (LEICESTER et al., 2003).

Para que não fossem obtidos valores pouco representativos, em função de variações anuais do clima, para a determinação do  $I_{ig}$  foram desconsideradas para as estações climatológicas que possuem um período de leitura menor que 5 anos, até o momento da obtenção dos dados.

A Tabela 8.1 mostra os valores de temperatura média, precipitação anual e meses secos anuais. Utilizando as Eq. 7.3 à 7.7 determinou-se os valores de  $I_{ig}$  os quais são indicados na mesma tabela.

---

<sup>1</sup> Órgão pertencente à Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo.

TABELA 8.1 – Dados climatológicos e  $I_{ig}$ 

Ident.	Cidade	T <sub>média</sub> (°C)	Prec. anual (mm)	N <sub>dm</sub> (meses secos)	$I_{ig}$
1	Adamantina	24,2	1262	0,92	2,57
2	Andradina	24,6	1288	1,20	2,56
3	Araçatuba	24,6	1424	1,11	2,63
4	Assis	22,0	1452	0,58	2,47
5	Auriflama	24,5	1278	1,33	2,53
6	Barretos	24,7	1510	1,75	2,56
7	Bauru	23,8	1373	1,00	2,56
8	Bebedouro	23,8	1395	1,36	2,51
9	Botucatu	21,5	1431	0,91	2,36
10	Bragança Paulista	20,6	1339	0,60	2,24
11	Buritama	24,2	1174	1,00	2,51
12	Campinas	22,2	1456	0,92	2,45
13	Campos do Jordão	15,1	1726	0,80	2,04
14	Cananeia	22,4	2079	0,00	2,74
15	Candido Mota	21,6	1437	0,83	2,38
16	Capão Bonito	20,1	1364	0,55	2,16
17	Capivari	21,9	1167	1,00	2,29
18	Casa Branca	22,1	1580	1,78	2,34
19	Catanduva	24,1	1210	1,88	2,38
20	Echaporã - Fazenda Barion	22,8	1165	0,60	2,44
21	Eldorado	23,1	1409	0,80	2,54
22	Franca	22,1	1528	1,83	2,32
23	Guaira	23,9	1644	1,60	2,56
24	Ibiporã	22,9	1375	0,67	2,53
25	Ibirarema	22,4	1358	0,67	2,47
26	Ibiuna	19,3	1254	0,50	2,09
27	Iepê	22,0	1299	0,40	2,44
28	Ilha Solteira	25,0	1204	1,25	2,55
29	Ipaussu	21,8	1485	0,67	2,44
30	Itapetininga	21,1	1338	0,50	2,33
31	Itapeva	21,3	1605	0,30	2,46
32	Itararé	17,3	1700	0,25	2,18
33	Itararé - Delegacia Agrícola	21,9	1644	0,25	2,56
34	Itatiba	20,6	1488	0,60	2,28
CONTINUA					

Ident.	Cidade	Tmédia (°C)	Prec. anual (mm)	N <sub>dm</sub> (meses secos)	I <sub>ig</sub>
CONTINUAÇÃO					
35	Jaboticabal	23,3	1395	1,33	2,48
36	Jales	24,4	1324	1,55	2,51
37	Jaú	22,6	1486	1,00	2,49
38	José Bonifácio	24,4	1326	1,45	2,52
39	Jundiaí	21,3	1457	0,82	2,35
40	Limeira	21,7	1423	1,20	2,34
41	Lins	24,4	1387	1,20	2,59
42	Manduri	21,4	1528	0,50	2,43
43	Maraci	23,1	1440	0,50	2,60
44	Marília	23,3	1515	0,67	2,62
45	Matão	23,5	1329	1,00	2,52
46	Miracatu	23,1	1414	0,00	2,66
47	Mirandópolis	25,3	1268	0,78	2,67
48	Mirante do Paranapanema	23,5	1368	0,80	2,57
49	Mococa	22,9	1544	1,25	2,50
50	Monte Alegre	20,8	1589	0,83	2,31
51	Oswaldo Cruz	25,7	1359	0,80	2,74
52	Ourinhos	23,2	1437	0,50	2,61
53	Palmital	22,8	1472	0,33	2,60
54	Paraesópolis	22,8	1306	0,67	2,49
55	Paraguaçu Paulista - Cocal	23,3	1554	0,67	2,63
56	Paraguaçu Paulista - Horto	23,2	1350	0,83	2,53
57	Parquera-Açu	22,2	1739	0,00	2,65
58	Paulínia	22,6	1478	0,73	2,53
59	Pedrinhas Paulista	23,4	1688	0,50	2,70
60	Penápolis	24,5	1421	1,11	2,62
61	Piacatu	24,2	1298	1,11	2,55
62	Piedade	19,6	1448	0,50	2,16
63	Pindamonhangaba	22,4	1305	0,50	2,48
64	Pindorama	23,1	1383	1,33	2,45
65	Piracaia	20,8	1526	0,60	2,33
66	Piracicaba	22,1	1413	0,92	2,42
67	Presidente Prudente	23,6	1431	0,75	2,61
68	Quatá	23,9	1413	0,83	2,61
69	Rancharia	24,0	1382	0,60	2,65

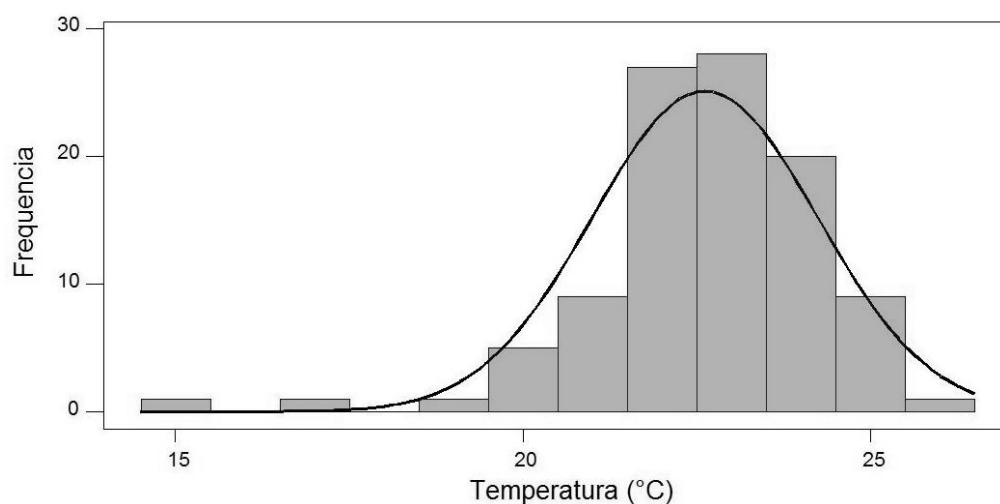
Ident.	Cidade	T <sub>média</sub> (°C)	Prec. anual (mm)	N <sub>dm</sub> (meses secos)	I <sub>ig</sub>
CONTINUAÇÃO					
70	Rancharia - Casa da Agricultura	24,0	1346	1,00	2,57
71	Rancharia - Fazenda Bartira	23,7	1269	0,80	2,54
72	Registro	22,6	1709	0,00	2,69
73	Ribeirão Preto	22,9	1510	1,67	2,42
74	Santa Bárbara do Oeste	22,0	1255	1,00	2,34
75	Sta. Cruz do R. Pardo – Faz. Pardo Guacho	22,0	1362	0,50	2,45
76	Santa Maria da Serra	21,7	1354	0,60	2,40
77	Santos	22,9	2087	0,00	2,80
78	São Carlos	21,6	1443	1,17	2,34
79	São José das Laranjeiras	23,3	1543	0,40	2,66
80	São José do Rio Pardo	23,4	1650	0,67	2,67
81	São José do Rio Preto	25,0	1417	1,55	2,59
82	São Paulo	21,2	1544	0,38	2,42
83	São Pedro	20,3	1546	0,80	2,22
84	São Pedro do Turvo	22,7	1409	0,67	2,52
85	São Roque	20,0	1230	1,00	2,04
86	São Simão	23,3	1463	1,75	2,43
87	Sete Barras	23,1	1624	0,00	2,72
88	Sorocaba	22,2	1212	0,80	2,37
89	Sumaré	22,2	1217	1,40	2,29
90	Taquaritinga	21,5	1831	0,50	2,51
91	Tarumã	22,9	1427	0,67	2,55
92	Tatuí	21,7	1271	0,83	2,34
93	Taubaté	21,9	1285	0,38	2,43
94	Tietê	22,1	1216	0,92	2,35
95	Tupã	24,4	1299	1,00	2,58
96	Tupi Paulista	24,6	1345	1,27	2,58
97	Ubatuba	22,9	2514	0,00	2,85
98	Valinhos	22,2	1496	0,80	2,48
99	Valpariso	24,3	1331	1,22	2,55
100	Vargem	20,1	1341	0,75	2,13
101	Vargem Gde. do Sul - Assoc. dos Bataticultores	22,5	1443	1,60	2,37
102	Votuporanga	24,3	1331	1,10	2,57

A Tabela 8.2, mostra a estatística descritiva dos dados climatológicos das cidades estudadas.

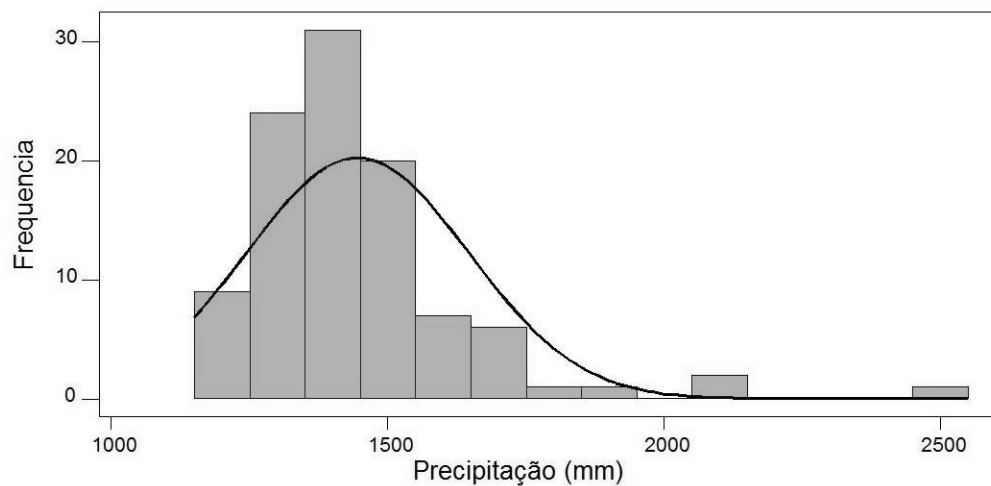
**TABELA 8.2 – Estatística dos dados climáticos**

<b>Estatística</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Precipitação anual (mm)</b>	<b>N<sub>dm</sub> – meses secos</b>	<b>I<sub>ig</sub></b>
Média	22,6	1446	0,8	2,48
Mínimo	15,1	1165	0,0	2,04
Máximo	25,7	2514	1,9	2,85
Amplitude	10,6	1349	1,9	0,81

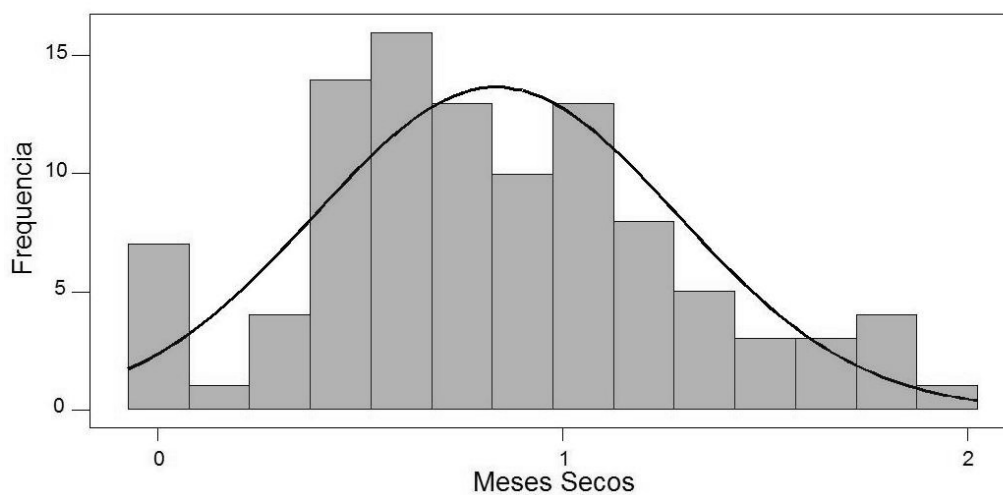
As Figuras 8.2 à 8.5 mostram as distribuições de frequência absoluta para os dados de temperatura, precipitação anual e meses secos, e valores de  $I_{ig}$  obtidos. Junto ao histograma é mostrada a curva de distribuição normal.



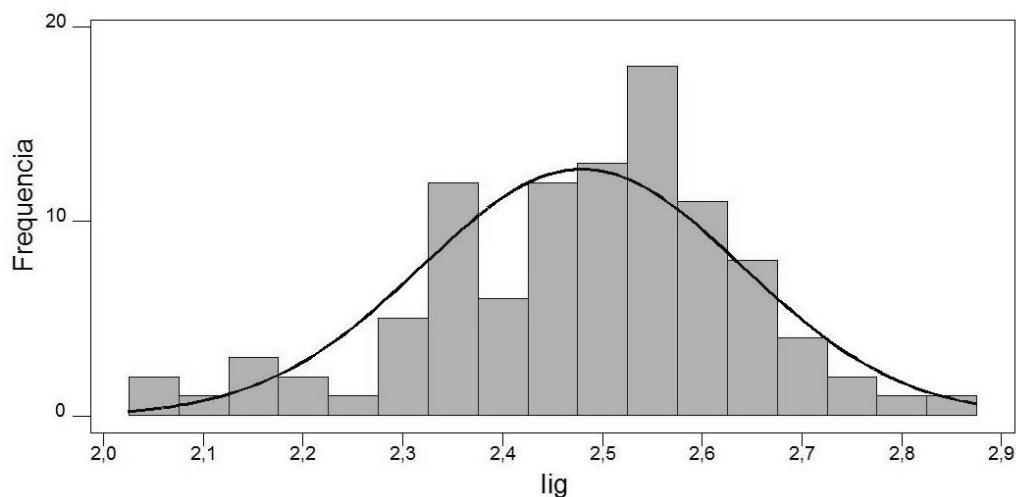
**FIGURA 8.2 – Histograma de frequência absoluta das temperaturas médias para as cidades do Estado de São Paulo**



**FIGURA 8.3 – Histograma de frequência absoluta das precipitações anuais para as cidades do Estado de São Paulo**



**FIGURA 8.4 – Histograma de frequência absoluta dos meses secos para as cidades do Estado de São Paulo**



**FIGURA 8.5 – Histograma de frequência absoluta dos Índices Climáticos  $I_{ig}$  para as cidades do Estado de São Paulo**

Considerando as classes de agressividade propostas por Leicester et al. (2003), (ver Tabela 7.1) a Tabela 8.3 mostra a distribuição das cidades em relação a esta classificação.

**TABELA 8.3 – Índice Climático representativo para quatro classes de agressividade**

Região de apodrecimento	$I_{ig}$ Representativo	Numero de cidades
A	0,5	0
B	1,5	0
C	2,5	49
D	3,0	53

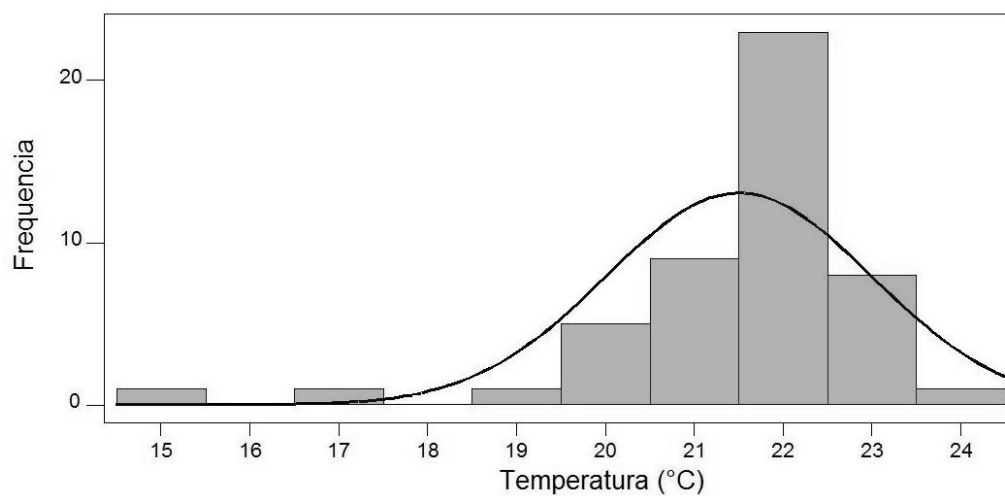
A Tabela 8.4 mostra a estatística descritiva para as variáveis das populações de  $I_{ig < 2,50}$  e  $I_{ig > 2,50}$ .

**TABELA 8.4 – Estatística descritiva para as variáveis das populações de  $I_{ig}$**

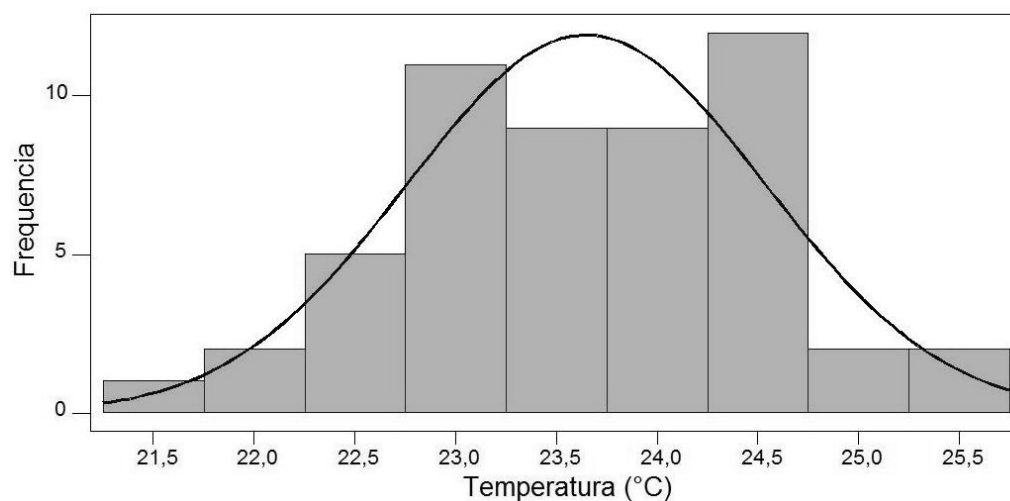
Estatística	Temperatura (°C)		Precipitação (mm)		$N_{dm}$ - meses secos	
	$I_{ig < 2,50}$	$I_{ig > 2,50}$	$I_{ig < 2,50}$	$I_{ig > 2,50}$	$I_{ig < 2,50}$	$I_{ig > 2,50}$
Média	21,5	23,6	1405	1483	0,87	0,80
Mínimo	15,1	21,5	1165	1174	0,25	0,00
Máximo	24,1	25,7	1726	2514	1,88	1,75



As Figuras 8.6 à 8.11 mostram os histogramas de frequência absoluta das variáveis temperatura, precipitação e meses secos para as populações de  $I_{ig}<2,50$  e  $I_{ig}>2,50$ .

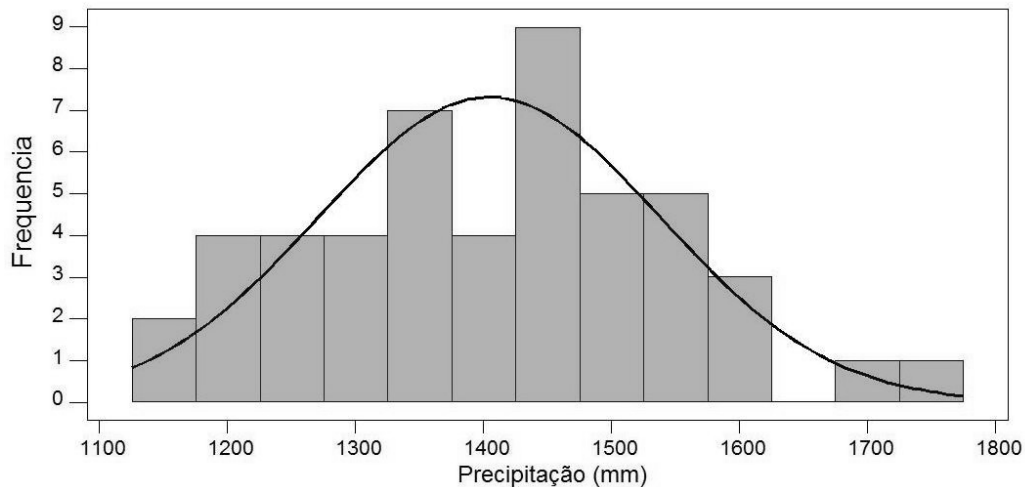


**FIGURA 8.6 – Histograma de frequência absoluta das temperaturas para  $I_{ig}<2,50$**

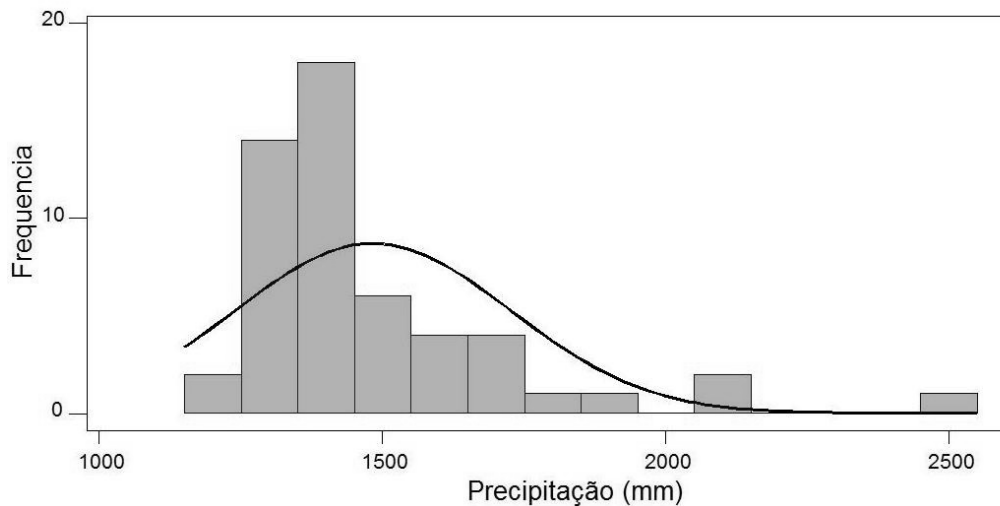


**FIGURA 8.7 – Histograma de frequência absoluta das temperaturas para  $I_{ig}>2,50$**

Os valores de temperaturas para a  $I_{ig}<2,50$  estão distribuídos desde 15 °C à 24 °C, apresentando grande concentração entorno dos 22 °C já os valores para  $I_{ig}>2,50$  distribuem-se de 21 °C à 25 °C.



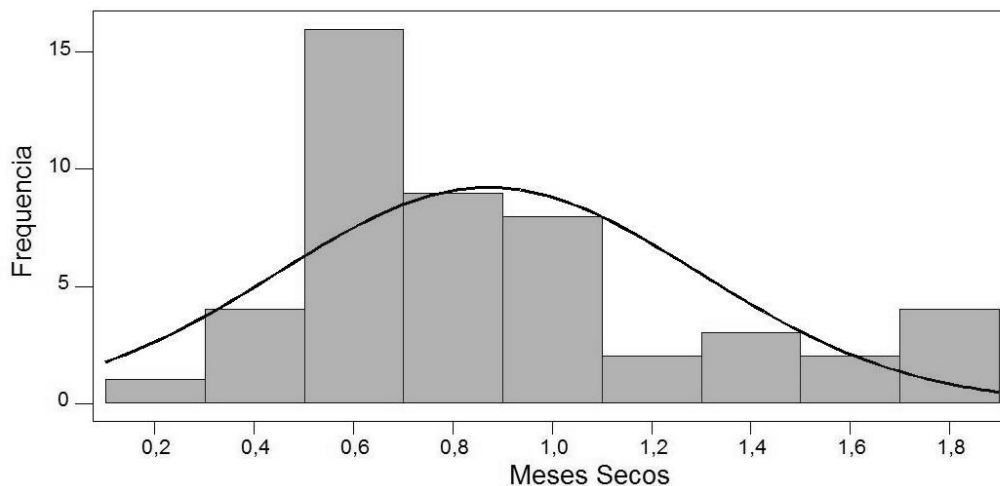
**FIGURA 8.8 – Histograma de frequência absoluta das precipitações para  $I_{ig}<2,50$**



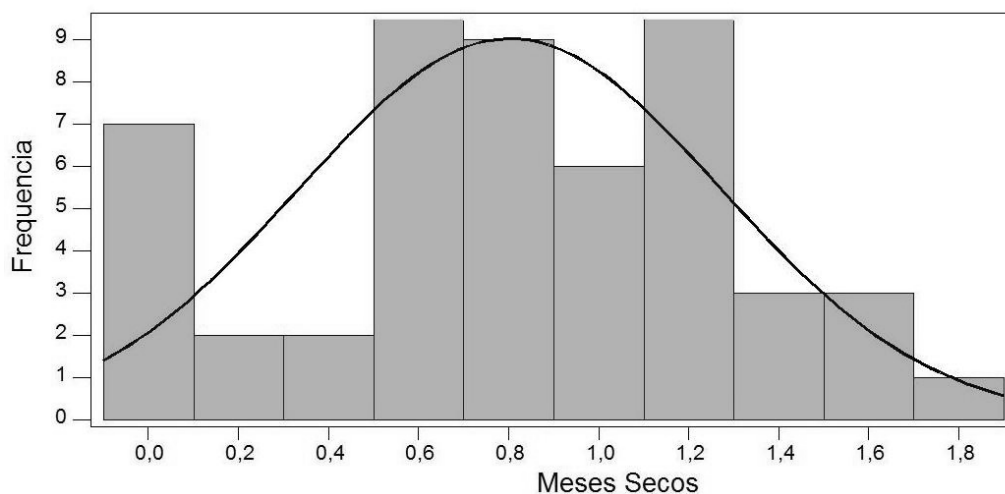
**FIGURA 8.9 – Histograma de frequência absoluta das precipitações para  $I_{ig}>2,50$**

Para a precipitação tanto para  $I_{ig}<2,50$  bem como  $I_{ig}>2,50$  iniciam valores próximos de 1100 mm de acumulado anual. Entretanto, para  $I_{ig}<2,50$  os valores de precipitação ficam

abaixo de 1800 mm enquanto que para  $I_{ig>2,50}$  os valores chegam a 2500 mm, apresentando uma maior concentração de valores próxima aos 1400 mm anuais.



**FIGURA 8.10 – Histograma de frequência absoluta dos meses secos para  $I_{ig<2,50}$**



**FIGURA 8.11 – Histograma de frequência absoluta dos meses secos para  $I_{ig>2,50}$**

Em relação aos meses secos ambas as populações possuem limite superior de 1,80, entretanto para  $I_{ig<2,50}$  o limite inferior é 0,20 mm, enquanto que para  $I_{ig>2,50}$  o limite inferior é zero meses secos.

### 8.3 Testes de Normalidade para as variáveis de $I_{ig}$

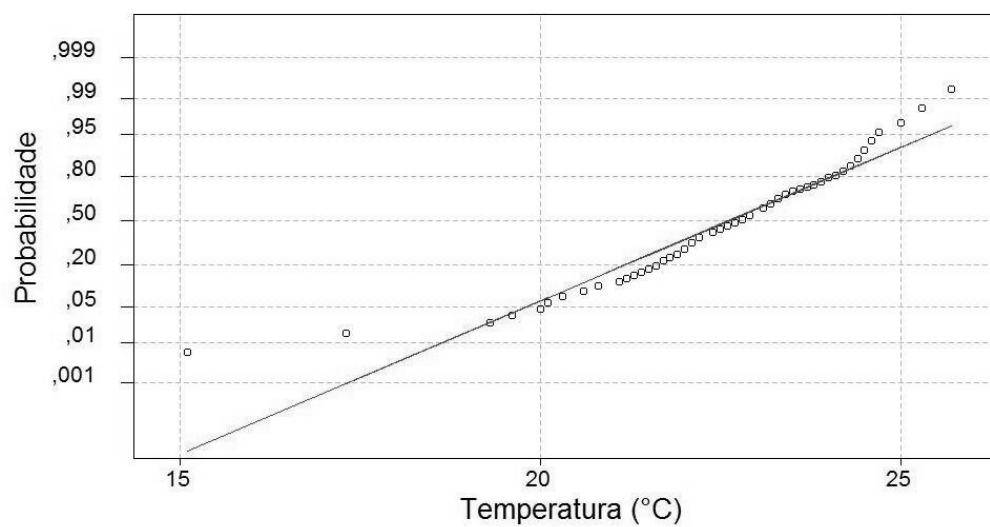
Utilizando o método Kolgomorov-Smirnov<sup>2</sup>, realiza-se o teste de normalidade das variáveis temperatura, precipitação e meses secos, e também dos valores de  $I_{ig}$ , adotando-se  $\alpha = 0,01$ . A Tabela 8.5, mostra os valores obtidos no teste de normalidade.

**TABELA 8.5 – Teste de normalidade variáveis de  $I_{ig}$**

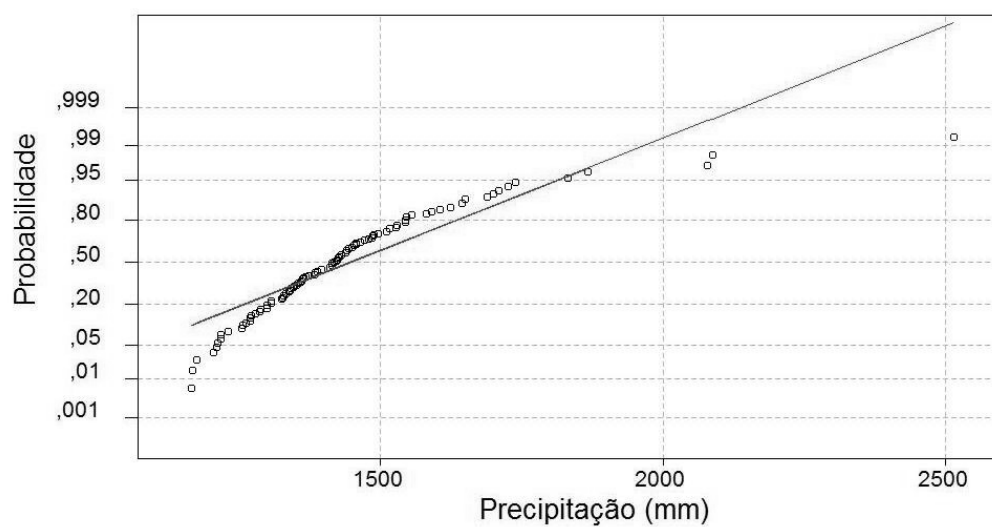
Item	n	$d_{crit}$	d	Conclusão $H_0$
Temperatura	102	0,161	0,084	Não Rejeitar
Precipitação	102	0,161	0,134	Não Rejeitar
Meses secos	102	0,161	0,074	Não Rejeitar
$I_{ig}$	102	0,161	0,070	Não Rejeitar

Pode-se observar que a hipótese  $H_0$  de que os dados provém de uma distribuição normal, não devem ser rejeitada em nenhuma variável e até mesmo no valor do  $I_{ig}$  obtido. As Figuras 8.12 à 8.15, mostra a dispersão dos dados em torno da curva normal acumulada, do dados testados.

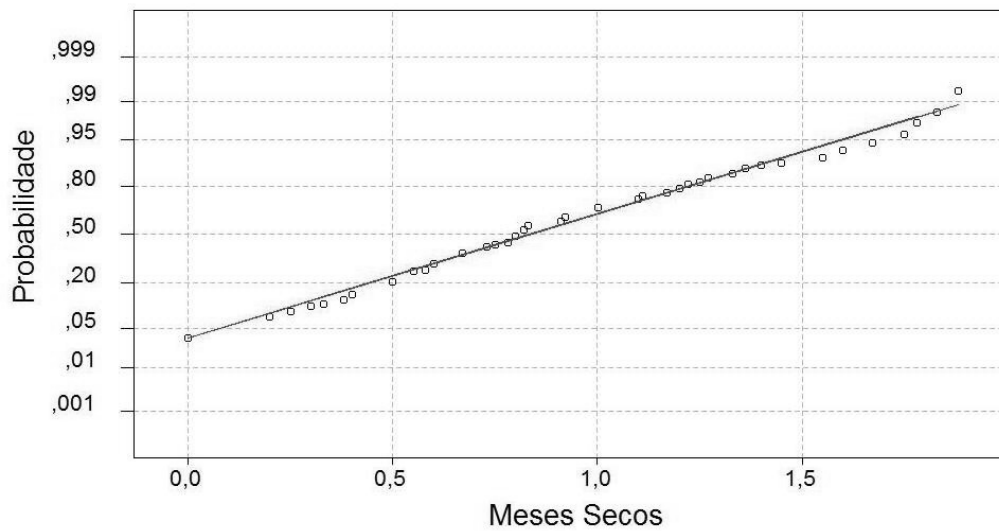
<sup>2</sup> Ver a descrição do teste de normalidade no normalidade no ANEXO I;



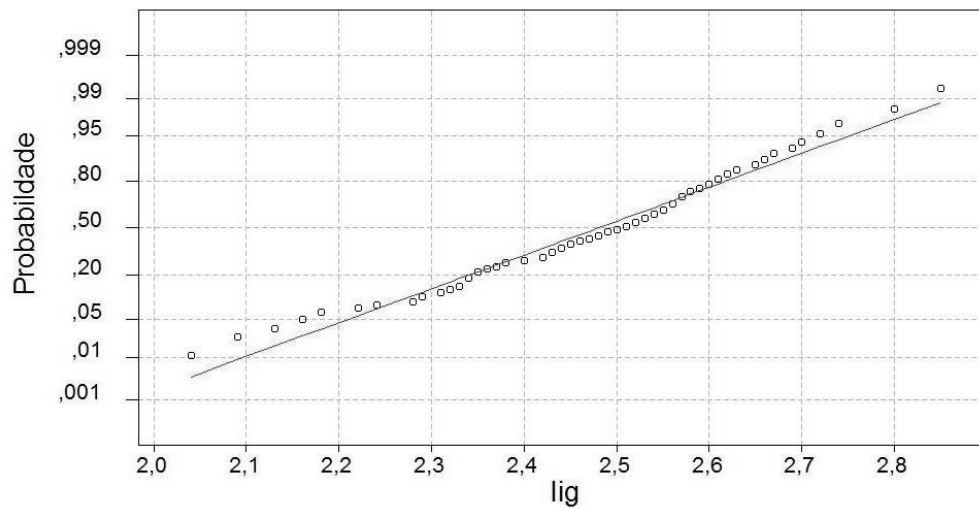
**FIGURA 8.12 – Teste de normalidade para temperatura**



**FIGURA 8.13 – Teste de normalidade para precipitação**



**FIGURA 8.14 – Teste de normalidade para meses secos**



**FIGURA 8.15 – Teste de normalidade para  $I_{ig}$**

Realiza-se também o teste de normalidade para as variáveis temperatura, precipitação e meses secos, para as populações de  $I_{ig < 2,50}$  e  $I_{ig > 2,50}$ , adotando-se  $\alpha = 0,01$ . As Tabelas 8.6 e 8.7 mostram os valores obtidos no teste de normalidade.

**TABELA 8.6 – Teste de normalidade variáveis de  $I_{ig; simplificado < 2,50}$** 

Item	n	$d_{crit}$	d	Conclusão $H_0$
Temperatura	49	0,230	0,175	Não Rejeitar
Precipitação	49	0,230	0,068	Não Rejeitar
Meses secos	49	0,230	0,131	Não Rejeitar

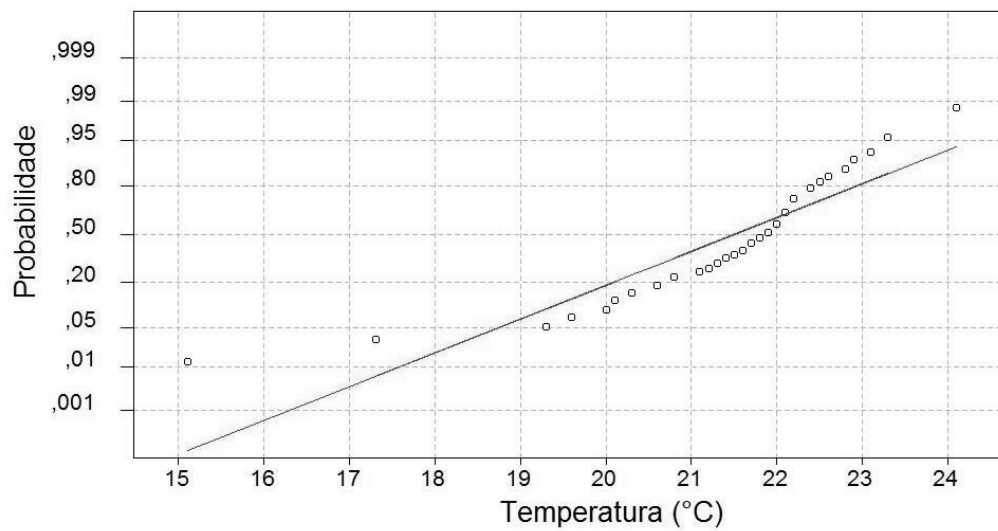
**TABELA 8.7 – Teste de normalidade variáveis de  $I_{ig; simplificado > 2,50}$** 

Item	n	$d_{crit}$	d	Conclusão $H_0$
Temperatura	53	0,224	0,072	Não Rejeitar
Precipitação	53	0,224	0,212	Não Rejeitar
Meses secos	53	0,224	0,057	Não Rejeitar

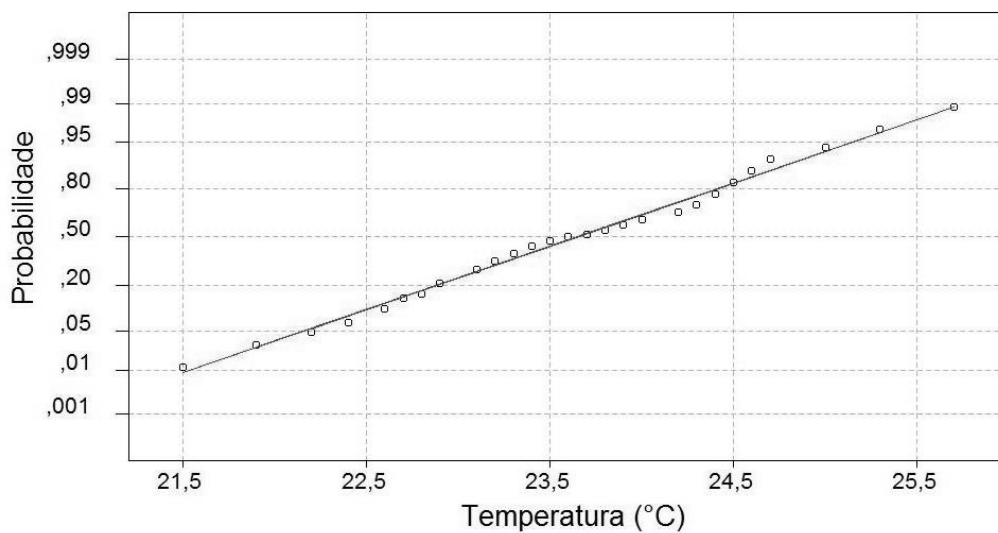
Não se pode rejeitar a hipótese  $H_0$  de que os dados provém de uma distribuição normal, o que de fato já foi validada esta hipótese ao se testar a normalidade dos dados destas variáveis em uma única população.

Realizou-se o teste de normalidade das populações de  $I_{ig < 2,50}$  e  $I_{ig > 2,50}$  das variáveis, apenas para se comprovar que ainda é possível tratar tais populações como provenientes de uma distribuição normal.

As Figuras 8.16 à 8.21, mostram os testes de normalidade, respectivamente.

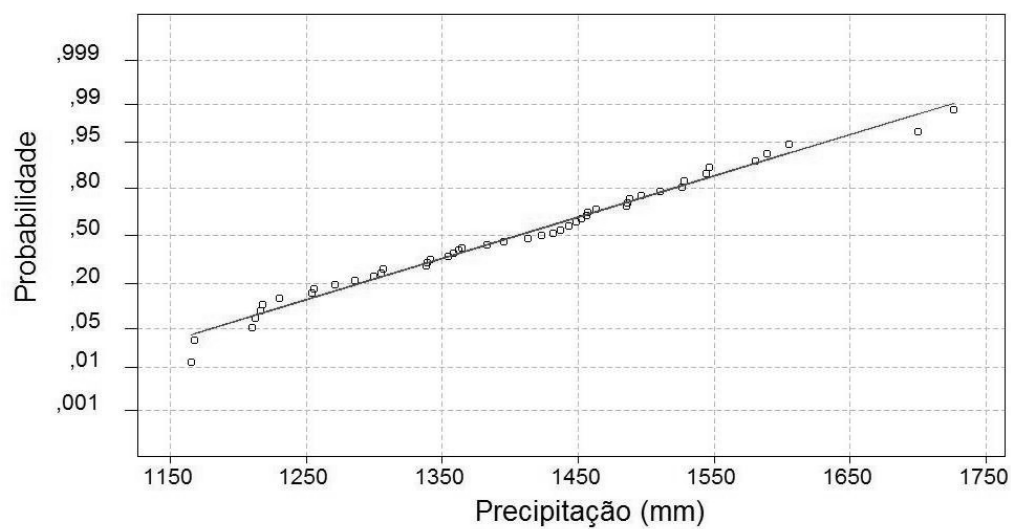


**FIGURA 8.16 – Teste de normalidade  
para temperatura de  $l_{ig<2,50}$**

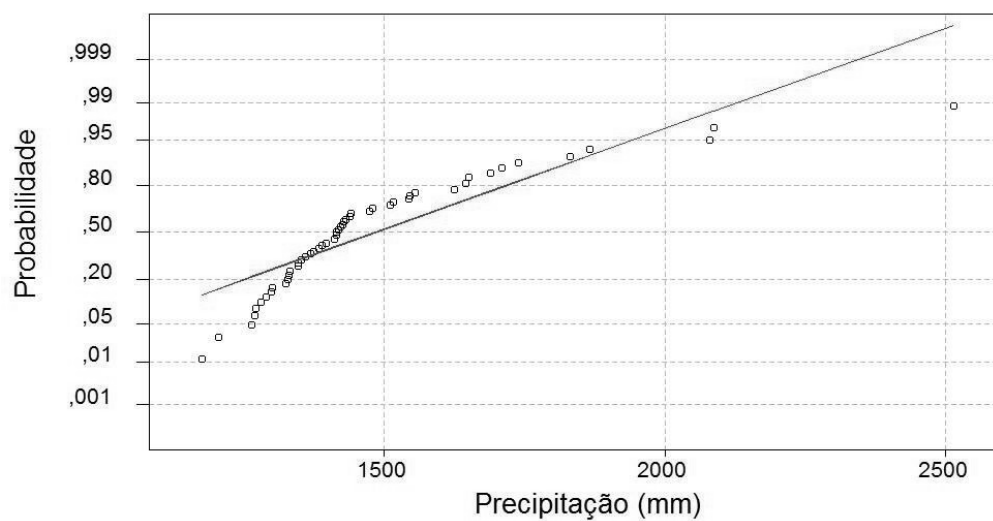


**FIGURA 8.17 – Teste de normalidade  
para temperatura de  $l_{ig>2,50}$**

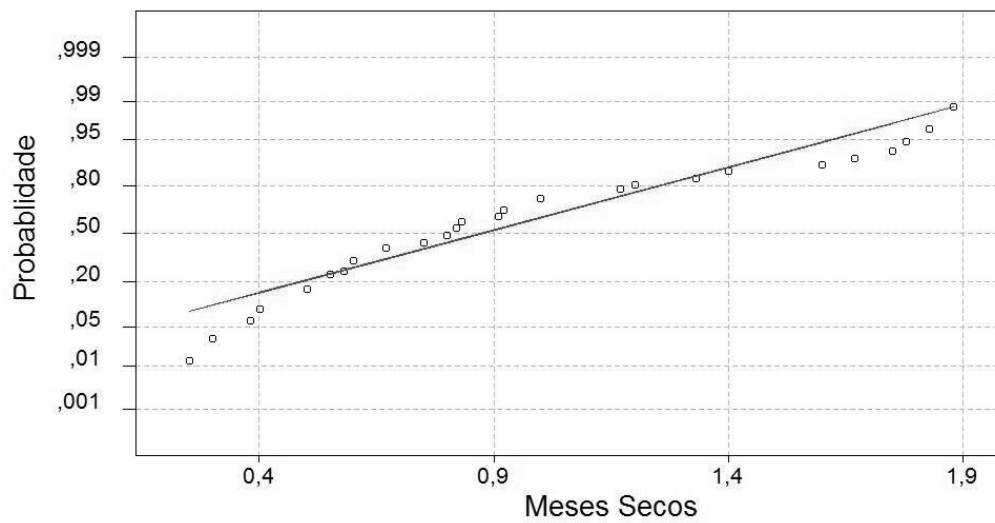




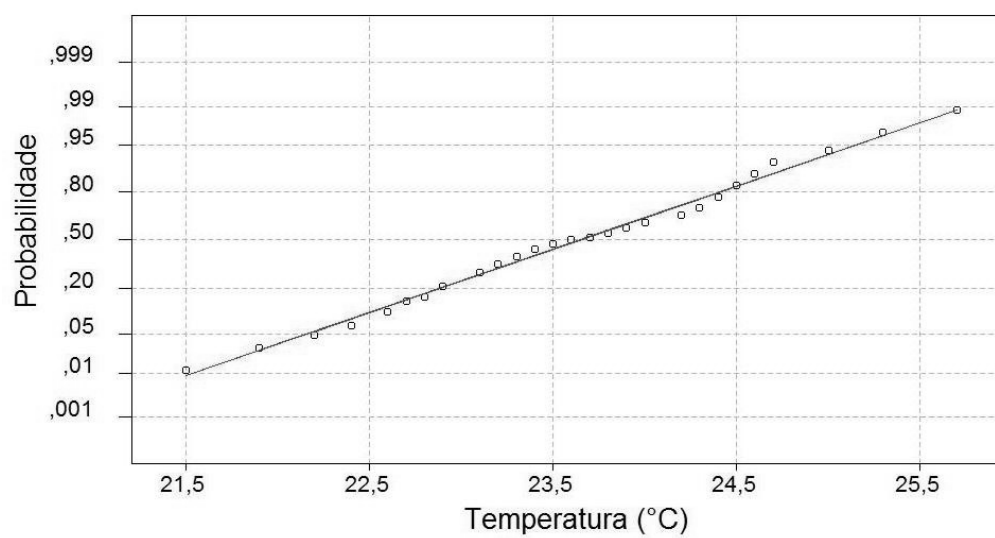
**FIGURA 8.18 – Teste de normalidade  
para precipitação de  $I_{ig<2,50}$**



**FIGURA 8.19 – Teste de normalidade  
para precipitação de  $I_{ig>2,50}$**



**FIGURA 8.20 – Teste de normalidade  
para meses secos de  $I_{ig} < 2,50$**



**FIGURA 8.21 – Teste de normalidade  
para meses secos de  $I_{ig} > 2,50$**

## 8.4 Testes de Hipótese para as variáveis de $I_{ig}$ (Teste-F)

No intuito de verificar se as cidades classificadas pelas regiões de apodrecimento segundo a Tabela 8.4 possuem populações de temperatura, precipitação e meses secos diferentes, realiza-se o teste- $F^3$  de variáveis, dividindo-as em duas populações; cidades com  $I_{ig}$  menor que 2,50 ( $I_{ig}<2,50$ ) e cidades com  $I_{ig}$  maior que 2,50 ( $I_{ig}>2,50$ ).

Adotando-se para a realização do teste- $F$  um nível de significância de 5% ( $\alpha = 0,05$ ) tem-se:

### • Teste-F para temperatura

$H_0$ : a variância das temperaturas para  $I_{ig}<2,50$  e  $I_{ig}>2,50$  são iguais

$H_1$ : a variância das temperaturas para  $I_{ig}<2,50$  e  $I_{ig}>2,50$  não são iguais.

$F_{obtido}$ : 2,845

$F_{crítico}$ : 1,596

Valor  $P$ : 0,0001

Conclusão: rejeitar  $H_0$

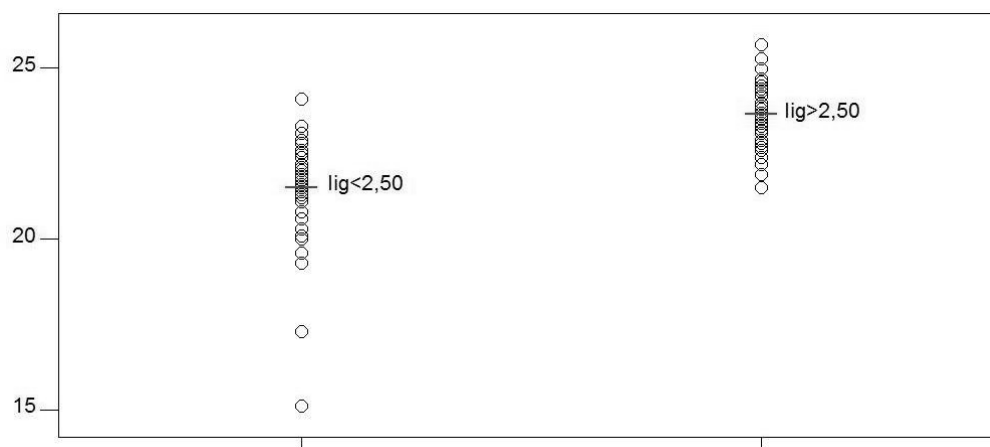


FIGURA 8.22 – Populações de temperatura para  $I_{ig}<2,50$  e  $I_{ig}>2,50$

### • Teste-F para precipitação

$H_0$ : a variância das precipitações de  $I_{ig}<2,50$  e  $I_{ig}>2,50$  são iguais

$H_1$ : a variância das precipitações de  $I_{ig}<2,50$  e  $I_{ig}>2,50$  não são iguais.

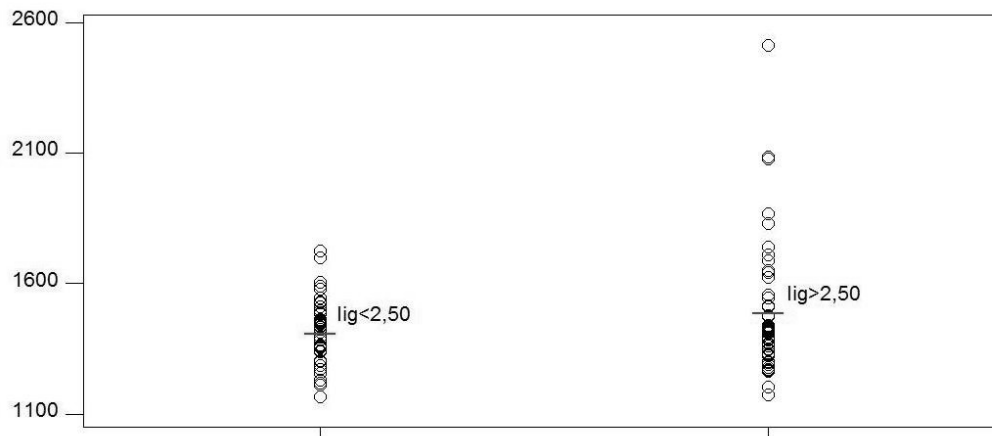
$F_{obtido}$ : 3,307

$F_{crítico}$ : 1,604

Valor  $P$ : 0,000025

Conclusão: rejeitar  $H_0$

<sup>3</sup> Ver Anexo I;



**FIGURA 8.23 – Populações de precipitação para  $l_{ig} < 2,50$  e  $l_{ig} > 2,50$**

- **Teste-F para meses secos**

$H_0$ : a variância dos meses secos de  $l_{ig} < 2,50$  e  $l_{ig} > 2,50$  são iguais

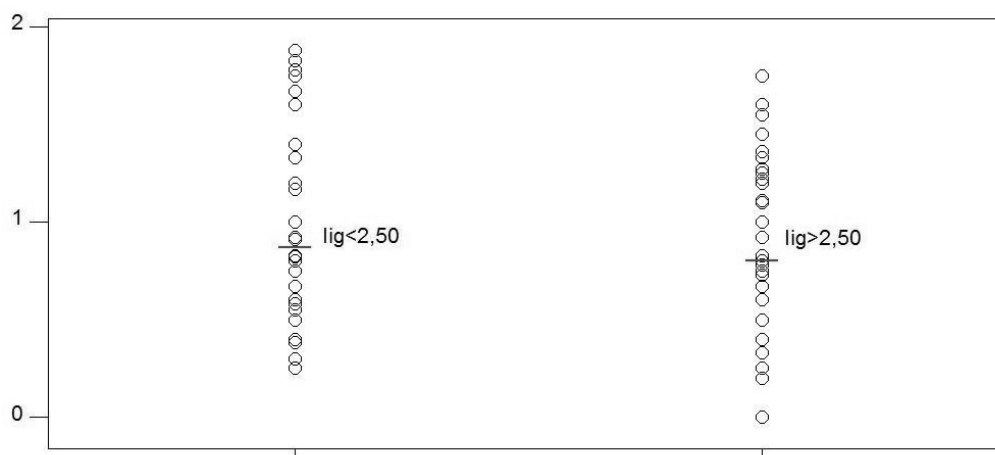
$H_1$ : a variância dos meses secos de  $l_{ig} < 2,50$  e  $l_{ig} > 2,50$  não são iguais.

$F_{obtido}$ : 1,220

$F_{crítico}$ : 1,604

Valor P: 0,244

Conclusão: não rejeitar  $H_0$



**FIGURA 8.24 – Populações de meses secos para  $l_{ig} < 2,50$  e  $l_{ig} > 2,50$**

Não há evidências estatísticas que as populações de temperatura e precipitação são iguais para  $l_{ig} < 2,50$  e  $l_{ig} > 2,50$ . Entretanto, existe evidência estatística que as populações de meses secos para  $l_{ig} < 2,50$  e  $l_{ig} > 2,50$  são iguais.

Pode-se concluir que a variável  $N_{dm}$  (meses secos) não é para este conjunto de dados em análise, não é uma variável de significativa contribuição para a determinação de  $I_{ig}$ .

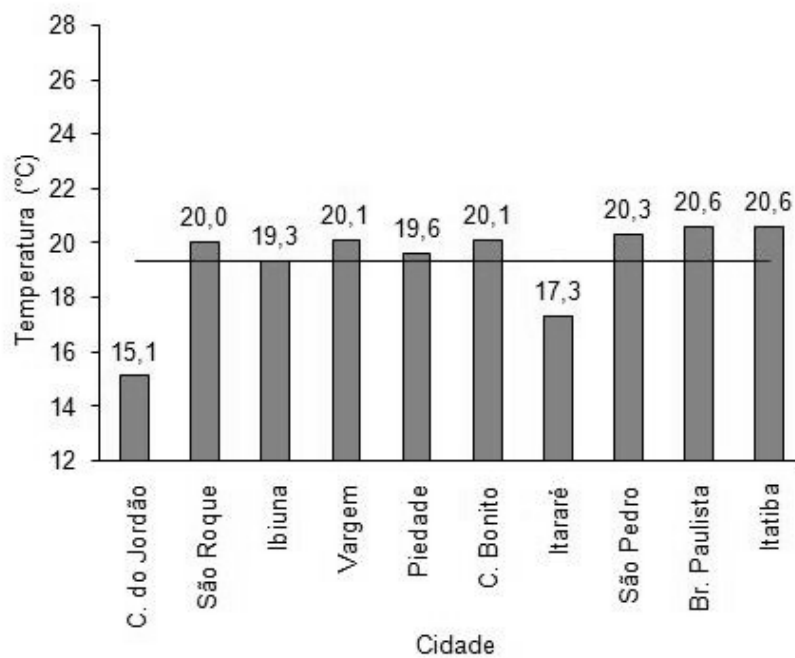
## 8.5 Identificação das cidades de menores e maiores agressividades

As Tabelas 8.8 e 8.9 mostram os valores dos dados climatológicos e do *Índice Climático* das dez cidades paulistas mais agressivas e para as dez menos agressivas para madeira em contato com o solo em função do  $I_{ig}$ , respectivamente.

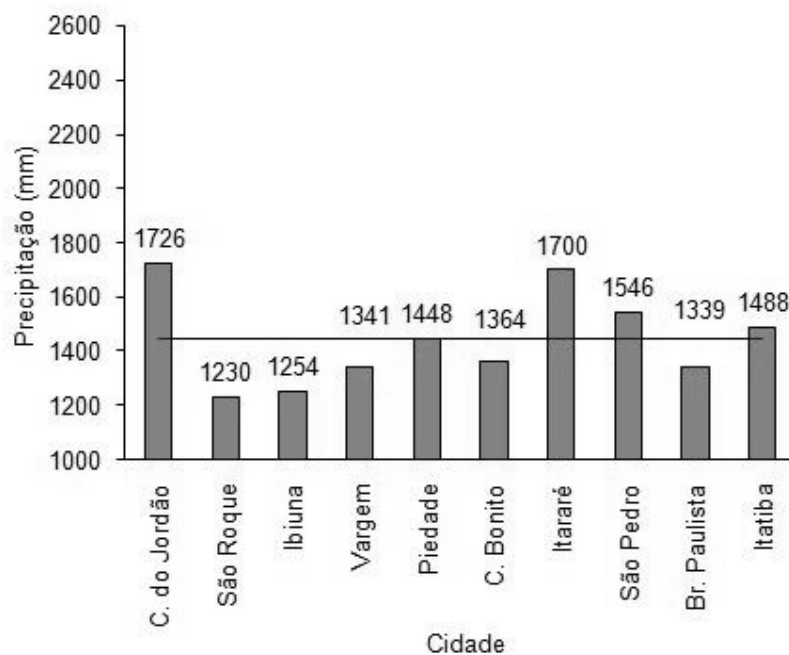
**TABELA 8.8 – Cidades menos agressivas à madeira no Estado de São Paulo**

Cidade	$T_{média}$ (°C)	Prec. média (mm)	$N_{dm}$ - meses	$I_{ig}$
			Secos	
Campos do Jordão	15,1	1726	0,80	2,04
São Roque	20,0	1230	1,00	2,04
Ibiúna	19,3	1254	0,50	2,09
Vargem	20,1	1341	0,75	2,13
Piedade	19,6	1448	0,50	2,16
Capão Bonito	20,1	1364	0,55	2,16
Itararé	17,3	1700	0,25	2,18
São Pedro	20,3	1546	0,80	2,22
Bragança Paulista	20,6	1339	0,60	2,24
Itatiba	20,6	1488	0,60	2,28

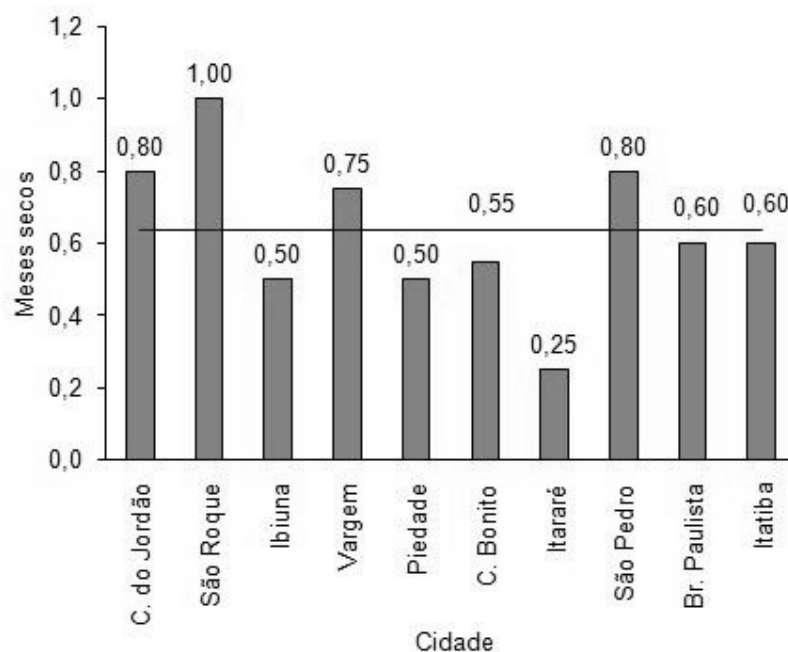
As Figuras 8.25 à 8.27 mostram em forma de diagramas os dados das Tabela 8.8. A linha horizontal representa o valor médio para estas localidades, para as respectivas variáveis.



**FIGURA 8.25 – Diagrama de temperatura das dez cidades de menor  $I_{ig}$**



**FIGURA 8.26 – Diagrama de precipitação das dez cidades de menor  $I_{ig}$**



**FIGURA 8.27 – Diagrama de meses secos das dez cidades de menor  $I_{ig}$**

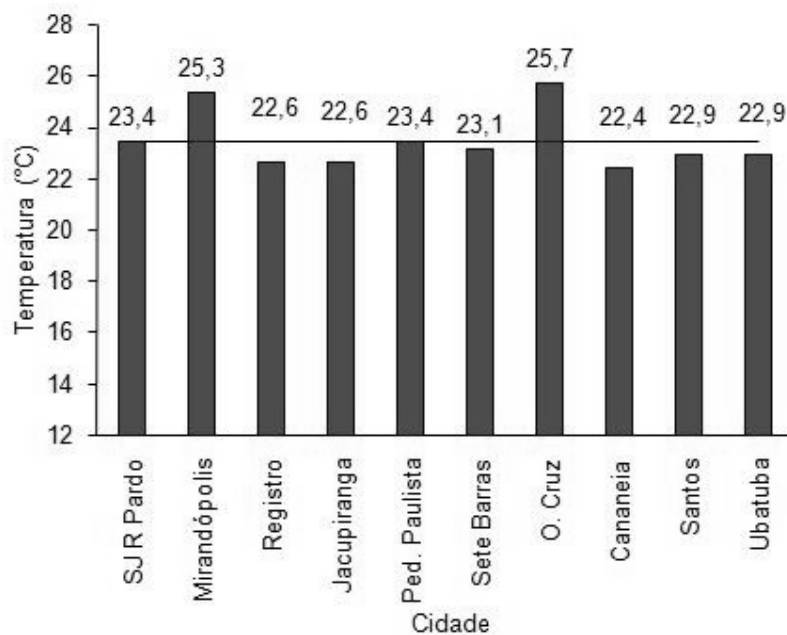
*Análise da Tabela 8.8*

- Nenhuma das cidades de menor  $I_{ig}$  possui “ $N_{dm}$  – meses secos” igual a zero;
- Média de temperatura das cidades menos agressivas: 19,3 °C;
- Média da precipitação das cidades menos agressivas: 1444 mm;
- Nenhuma das cidades de menor  $I_{ig}$  possui “ $N_{dm}$  – meses secos” igual a zero;
- Média do período seco: 0,63 meses;

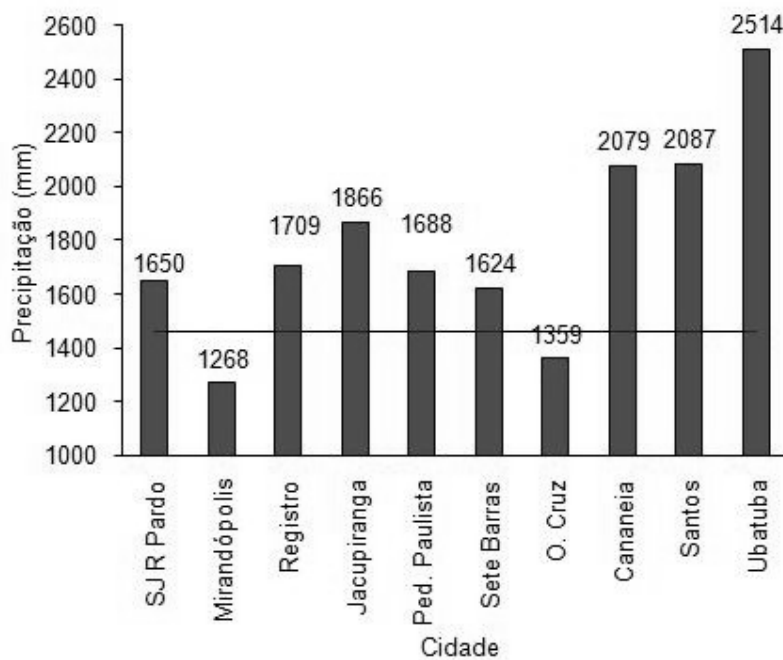
**TABELA 8.9 – Cidades mais agressivas à madeira no Estado de São Paulo**

Cidade	$T_{média}$ (°C)	Prec. média (mm)	$N_{dm}$ - meses Secos	$I_{ig}$
São José do Rio Pardo	23,4	1650	0,67	2,67
Mirandópolis	25,3	1268	0,78	2,67
Registro	22,6	1709	0,00	2,69
Jacupiranga	22,6	1866	0,20	2,70
Pedrinhas Paulista	23,4	1688	0,50	2,70
Sete Barras	23,1	1624	0,00	2,72
Oswaldo Cruz	25,7	1359	0,80	2,74
Cananéia	22,4	2079	0,00	2,74
Santos	22,9	2087	0,00	2,80
Ubatuba	22,9	2514	0,00	2,85

As Figuras 8.28 à 8.30 mostram em forma de diagramas os dados das Tabela 8.9.

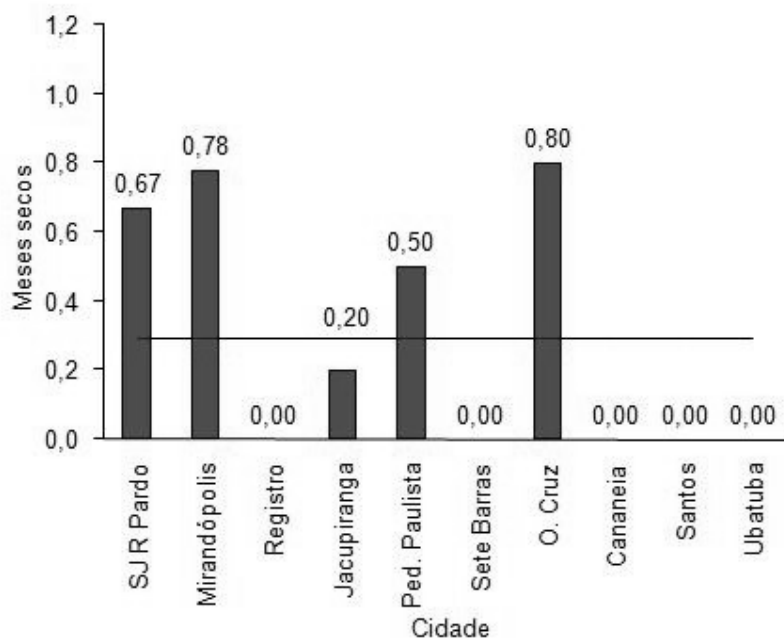


**FIGURA 8.28 – Diagrama de temperatura das dez cidades de maior  $I_{ig}$**



**FIGURA 8.29 – Diagrama de precipitação das dez cidades de maior  $I_{ig}$**





**FIGURA 8.30 – Diagrama de meses secos das dez cidades de maior  $I_{ig}$**

*Análise da Tabela 8.9*

- Média de temperatura das cidades mais agressivas: 23,4 °C;
- Média da precipitação das cidades mais agressivas: 1784 mm;
- Média do período seco: 0,29 meses;

Comparando-se as cidades de Campos do Jordão, a menos agressiva com  $I_{ig}$  de 2,04, e Ubatuba, a mais agressiva com  $I_{ig}$  de 2,85, tem-se uma diferença de 0,81 neste índice, representando que entre estas duas cidades, Ubatuba é 1,40 vezes mais agressiva às madeira em contato com o solo que Campos do Jordão, segundo este modelo.

A Tabela 8.10, realiza uma comparação entre as 10 cidades de menores valores de Índices Climáticos  $I_{ig}$ , e as 10 cidades de cada variável (T – temperatura; P – precipitação;  $N_{dm}$  – meses secos) de menores valores, respectivamente.

**TABELA 8.10 – Comparação de  $I_{ig}$  e parâmetros menos agressivos**

Cidade	$I_{ig}$	Cidade	T	Cidade	P	Cidade	$N_{dm}$
C.do Jordão	2,04	C. do Jordão	15,1	Echaporã	1165	Catanduva	1,88
São Roque	2,04	Itararé	17,3	Capivari	1167	Franca	1,83
Ibiúna	2,09	Ibiúna	19,3	Buritama	1174	Casa Branca	1,78
Vargem	2,13	Piedade	19,6	Ilha Solteira	1204	São Simão	1,75
Piedade	2,16	São Roque	20,0	Catanduva	1210	Barretos	1,75
Capão Bonito	2,16	Vargem	20,1	Sorocaba	1212	Ribeirão Preto	1,67
Itararé	2,18	Capão Bonito	20,1	Tietê	1216	V.Gde. do Sul	1,60
São Pedro	2,22	São Pedro	20,3	Sumaré	1217	Guaira	1,60
Brag. Paulista	2,24	Brag. Paulista	20,6	São Roque	1230	Jales	1,55
Itatiba	2,28	Itatiba	20,6	Ibiúna	1254	S. J. Rio Preto	1,55

*Análise da Tabela 8.10:*

- *Temperatura: as dez cidadess com menores valores de temperatura, corresponde às cidades de menores valores de  $I_{ig}$ ;*
- *Precipitação: apenas duas cidades (São Roque e Ibiúna) são cidades de menores valores de precipitações e com menores valores de  $I_{ig}$ ;*
- *Meses secos: nenhuma das dez cidadess de maior período seco, estão presentes entre as cidades menores valores de  $I_{ig}$*

A Tabela 8.11, realiza a mesma comparação, entretanto para as 10 cidades de maiores valores de Índices Climáticos  $I_{ig}$ , e as 10 cidades de cada variável (T – temperatura; P – precipitação;  $N_{dm}$  – meses secos) que possuem tais valores que mais contribuem para o processo de apodrecimento.

**TABELA 8.11 – Comparação de  $I_{ig}$  e parâmetros mais agressivos**

Cidade	$I_{ig}$	Cidade	T	Cidade	P	Cidade	$N_{dm}$
S.J. Rio Pardo	2,67	Auriflama	24,5	Pedr.Paulista	1688	Itapeva	0,30
Mirandópolis	2,67	Penápolis	24,5	Itararé	1700	Itararé	0,25
Registro	2,69	Andradina	24,6	Registro	1709	Jacupiranga	0,20
Jacupiranga	2,70	Tupi Paulista	24,6	C. do Jordão	1726	Miracatu	0,00
Pedr. Paulista	2,70	Araçatuba	24,6	Pariquera-Açu	1739	Sete Barras	0,00
Sete Barras	2,72	Barretos	24,7	Taquaritinga	1831	Registro	0,00
Oswaldo Cruz	2,74	Ilha Solteira	25,0	Jacupiranga	1866	Pariquera-Açu	0,00
Cananéia	2,74	S.J. Rio Preto	25,0	Cananéia	2079	Cananéia	0,00
Santos	2,80	Mirandópolis	25,3	Santos	2087	Santos	0,00
Ubatuba	2,85	Oswaldo Cruz	25,7	Ubatuba	2514	Ubatuba	0,00

Análise da Tabela 8.11:

- *Temperatura*: duas cidades (Mirandópolis e Oswaldo Cruz) com maiores valores de temperatura correspondem às cidades de menores valores de  $I_{ig}$ , ambas com temperatura acima de 25 °C;
- *Precipitação*: seis cidades (Pedrinhas Paulistas, Registro, Jacupiranga, Cananéia, Santos e Ubatuba) são cidades de maiores valores de precipitações e com maiores valores de  $I_{ig}$ ;
- As três cidades de maiores precipitações anuais (Cananéia, Santo e Ubatuba), correspondem as três cidades de maiores valores de  $I_{ig}$ , na mesma sequência – as três com precipitações médias acima de 2000 mm;
- *Meses secos*: seis cidades (Jacupiranga, Sete Barras, Registro, Cananéia, Santos e Ubatuba) menor período seco, estão presentes entre as cidades menores valores de  $I_{ig}$  – todas com período seco menor ou igual a 0,20 meses;

## 8.6 Previsão do apodrecimento em madeira não-tratada

Para avaliação comparativa entre espécies de madeira de reflorestamento não-tratada, utilizadas como postes ou com potencial, são determinadas as razões de apodrecimento (mm/ano) e tempo necessário para o apodrecimento de 5 mm.

As espécies consideradas são *Corymbia citriodora*<sup>4</sup>, *Eucalyptus propinqua*, *Eucalyptus grandis* e *Pinus taeda*. As duas primeiras espécies são indicadas para o uso como poste através da NBR 8456/1984.

A espécie *Eucalyptus grandis* é verificada, pois está sendo utilizada sem ser normatizada, apenas referenciada atualmente pela NBR 7190/1997 para o uso em estruturas. A espécie *Pinus taeda* é avaliada em função de seu potencial, pois ela foi indicada para uso estrutural pela NBR 7190/1997 e também é utilizada como poste na Austrália, sendo normatizada pela AS 2209-1994.

A Tabela 8.12 mostra os parâmetros a serem utilizados no cálculo. Os dados foram extraídos das Tabelas 3.17, 3.18 e 7.2.

<sup>4</sup> Anteriormente denominada *Eucalyptus Citriodora*, e indicada como tal pela NBR 7190/1997;

TABELA 8.12 – Classificação de espécies por durabilidade

Espécie	Classe de durabilidade (AS 5604-2005)	A	Tempo inicial <i>lag<sub>un,heart,stage</sub></i> (anos)
<i>Eucalyptus propinqua</i>	1	0,20	6
<i>Corymbia citriodora</i>	2	0,55	4
<i>Eucalyptus grandis</i>	3	0,80	2
<i>Pinus taeda</i>	4	1,85	1

Para as espécies normatizadas<sup>5</sup> (*Eucalyptus propinqua* e *Eucalyptus grandis*), existe uma grande diferença no coeficiente “A”, em função da classificação de durabilidade diferente. A relação existente entre esta é de 9,25 vezes entre a mais durável e a menos durável.

A partir da Eq. 7.7, realiza-se o cálculo da razão de apodrecimento do cerne ( $r_{nt,cerne,estaca}$ ) em estacas<sup>6</sup>, Tabelas 8.13 e 8.14.

TABELA 8.13 – Razão de apodrecimento do cerne de espécies de eucalipto e pinus em estacas em contato com o solo para as cidades menos agressivas do Estado de São Paulo

Cidade	Razão de apodrecimento (mm/ano)			
	<i>Eucalyptus propinqua</i>	<i>Corymbia citriodora</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>	<i>Pinus taeda</i>
Campos do Jordão	0,41	1,12	1,63	3,78
São Roque	0,41	1,12	1,63	3,80
Ibiúna	0,42	1,15	1,67	3,89
Vargem	0,43	1,17	1,71	3,96
Piedade	0,43	1,19	1,73	4,02
Capão Bonito	0,43	1,19	1,73	4,02
Itararé	0,44	1,20	1,74	4,05
São Pedro	0,44	1,22	1,78	4,13
Bragança Paulista	0,45	1,23	1,79	4,16
Itatiba	0,46	1,26	1,83	4,24

<sup>5</sup> Pela NBR 8456/1984

<sup>6</sup> Figura 7.3

**TABELA 8.14 – Razão de apodrecimento do cerne de espécies de eucalipto e pinus em estacas em contato com o solo para as cidades mais agressivas do Estado de São Paulo**

Cidade	Razão de apodrecimento (mm/ano)			
	<i>Eucalyptus propinqua</i>	<i>Corymbia citriodora</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>	<i>Pinus taeda</i>
S. José do Rio Pardo	0,53	1,47	2,13	4,95
Mirandópolis	0,53	1,47	2,14	4,97
Registro	0,54	1,48	2,15	5,00
Jacupiranga	0,54	1,48	2,16	5,02
Pedrinhas Paulista	0,54	1,48	2,16	5,02
Sete Barras	0,54	1,50	2,18	5,06
Oswaldo Cruz	0,55	1,51	2,19	5,09
Cananéia	0,55	1,51	2,19	5,09
Santos	0,56	1,54	2,24	5,20
Ubatuba	0,57	1,57	2,28	5,30

É importante verificar a grande diferença na razão de apodrecimento, com a variação de espécies e cidades. Comparando-se a razão de durabilidade para a combinação da cidade de Campos do Jordão e *Eucalyptus propinqua* (0,41) e a combinação entre Ubatuba e *Eucalyptus grandis* (2,28), tem-se um valor de 5,56 vezes maior para a situação mais desfavorável. Somando-se a esta, o período inicial para o apodrecimento do *Eucalyptus propinqua* é de 6 anos, enquanto que para o *Eucalyptus grandis* é de 2 anos.

A Tabela 8.15 considerando cidades dos extremos (Campos do Jordão e Ubatuba) e espécies diferentes, mostra uma previsão do tempo necessário para que em uma estaca de cerne em contato com o solo ocorra um apodrecimento de 5 mm.

**TABELA 8.15 – Previsão de tempo necessário para apodrecimento de 5 mm de cerne em estaca com contato com o solo para espécies de normatizadas nacionalmente**

Cidade	Espécie	Período inicial (anos)	Razão de apodrecimento (mm/ano)	Tempo necessário (anos)
Campos do Jordão	<i>Eucalyptus propinqua</i>	6	0,71	13,0
	<i>Corymbia citriodora</i>	4	1,12	8,5
	<i>Eucalyptus grandis</i>	2	1,63	5,1
	<i>Pinus taeda</i>	1	3,78	2,3
Ubatuba	<i>Eucalyptus propinqua</i>	6	0,57	14,4
	<i>Corymbia citriodora</i>	4	1,57	7,2
	<i>Eucalyptus grandis</i>	2	2,28	4,2
	<i>Pinus taeda</i>	1	5,30	1,9

Assim para este modelo de apodrecimento, quando aplicado ao Estado de São Paulo, evidencia-se que a maior influência sobre o processo de apodrecimento, é em função da espécie utilizada, possuindo uma menor influência as condições climáticas.

## 8.7 Previsão do apodrecimento em postes tratados

Em tal processo de apodrecimento, os dois parâmetros necessários são o tempo para o início do apodrecimento do alburno tratado ( $Lag_{tr,alb,poste}$ ) e a sua posterior velocidade ( $r_{tr,alb,poste}$ ), conforme as Eq. 7.15 e 7.16. Assim, são necessárias para a determinação dos parâmetros, a concentração de preservativo e a densidade das madeiras, para a determinação da porcentagem em kg/kg.

Utilizando os valores de densidade aparente para as espécies *propinqua*, *citriodora*, *grandis* conforme a NBR 7190/1997, foram determinados os valores de concentração de CCA em percentual de ingrediente ativo em massa, considerando que a NBR 8456/1984 impõe que a concentração mínima de preservativo hidrossolúvel, no qual o CCA – Arseniato de Cobre Cromatado se enquadra, seja de 9,6 kg/m<sup>3</sup>. A Tabela 8.16 indica as densidades aparentes (kg/m<sup>3</sup>) e a concentração de CCA em percentual de massa (kg/kg %) de ingrediente ativo para as espécies consideradas.

TABELA 8.16 – Percentual de ingrediente ativo adotado

Espécie	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Percentual de ingrediente ativo (kg/kg)
<i>Eucaliptus propinqua</i>	952	1,01
<i>Corymbia citriodora</i>	999	0,96
<i>Eucaliptus grandis</i>	640	1,50

Em virtude de  $Lag_{tr,alb,poste}$  (Eq. 7.15) não depender do *Índice Climático*, e sim apenas da concentração de preservativo, este parâmetro é fixo para uma mesma espécie, não variando entre as cidades. Os valores obtidos são de 23,1 anos; 22,7 anos e 27,0 anos, para as espécies *Propinqua*, *Citriodora* e *Grandis*, respectivamente.

Entretanto o valor de  $r_{tr,alb,poste}$  (Eq 7.16) depende tanto da concentração de preservativo, bem como do *Índice Climático*. Porém, deve-se salientar que a durabilidade natural da espécie não influencia, visto que para todas as espécies de madeira tratada, adota-se a durabilidade da classe 4. Os valores de  $r_{tr,alb,poste}$  são apresentados nas Tabelas 8.17 e 8.18.

TABELA 8.17 – Razão de apodrecimento de alburno tratado para as cidades menos agressivas do Estado de São Paulo

Cidade	$r_{tr,alb,poste}$ (mm/ano)		
	<i>Eucaliptus Propinqua</i>	<i>Corymbia Citriodora</i>	<i>Eucaliptus Grandis</i>
Campos do Jordão	0,47	0,49	0,32
São Roque	0,47	0,49	0,32
Ibiúna	0,48	0,50	0,33
Vargem	0,49	0,51	0,34
Piedade	0,50	0,52	0,34
Capão Bonito	0,50	0,52	0,34
Itararé	0,50	0,52	0,34
São Pedro	0,51	0,53	0,35
Bragança Paulista	0,51	0,54	0,35
Itatiba	0,52	0,55	0,36

**TABELA 8.18 – Razão de apodrecimento de alburno tratado para as cidades mais agressivas do Estado de São Paulo**

Cidade	$r_{tr,alb,poste}$ (mm/ano)		
	<i>Eucalyptus Propinqua</i>	<i>Corymbia Citriodora</i>	<i>Eucalyptus Grandis</i>
S. José do Rio Pardo	0,61	0,64	0,42
Mirandópolis	0,61	0,64	0,42
Registro	0,62	0,65	0,42
Jacupiranga	0,62	0,65	0,42
Pedrinhas Paulista	0,62	0,65	0,43
Sete Barras	0,62	0,65	0,43
Oswaldo Cruz	0,63	0,66	0,43
Cananéia	0,63	0,66	0,43
Santos	0,64	0,67	0,44
Ubatuba	0,65	0,69	0,45

Da resistência dos materiais, tem-se a tensão máxima na seção transversal dada pela relação do momento solicitante (M) e o módulo resistente da seção (W), conforme a Equação 8.5.

$$\sigma_m = \frac{M}{W} \quad (8.5)$$

Para a seção circular, o módulo resistente é dado por

$$W_{circular} = \frac{\pi \cdot D^3}{32} \quad (8.6)$$

Utilizando como referência um poste de eucalipto do tipo P de 10,5 m, que resiste 600 daN, com diâmetro de 278 mm, Tabela B.1 do Anexo B, este possui um módulo resistente de 2.109.280 mm<sup>3</sup>.

Para a perda se seção resistente, utiliza-se como referência pela Tabela 4.4 a condição *Hardwood preservado em todo o comprimento* e diâmetro entre 250 mm e 400 mm, onde o  $k_d$  para esta situação é de 0,85. Desse modo a perda de seção resistente é de 15%, alterando o módulo resistente da seção de engastamento para 1.792.888 mm<sup>3</sup>. O diâmetro varia de 278 mm para 263 mm ( $\Delta D = 15$  mm), com perda de 7,5 mm no raio da seção transversal.



Através dos parâmetros calculados para o processo de apodrecimento externo,  $L_{g, tr, alb, poste}$  e  $r_{tr, alb, poste}$ , determinou-se o tempo necessário para que ocorra um apodrecimento de 7,5 mm para cada cidade, Tabelas 8.19 e 8.20.

**TABELA 8.19 – Tempo para perda da capacidade resistente para as cidades menos agressivas do Estado de São Paulo**

Cidade	Tempo (anos)		
	<i>Eucaliptus Propinqua</i>	<i>Corymbia Citriodora</i>	<i>Eucaliptus Grandis</i>
Campos do Jordão	39,2	38,0	50,4
São Roque	39,1	38,0	50,3
Ibiúna	38,7	37,6	49,8
Vargem	38,4	37,3	49,3
Piedade	38,2	37,1	49,0
Capão Bonito	38,2	37,1	49,0
Itararé	38,1	37,0	48,9
São Pedro	37,8	36,7	48,4
Bragança Paulista	37,7	36,6	48,3
Itatiba	37,4	36,4	47,9

**TABELA 8.20 – Tempo para perda da capacidade resistente para cidades mais agressivas do Estado de São Paulo**

Cidade	Tempo (anos)		
	<i>Eucaliptus Propinqua</i>	<i>Corymbia Citriodora</i>	<i>Eucaliptus Grandis</i>
S. José do Rio Pardo	35,4	34,4	44,9
Mirandópolis	35,3	34,4	44,8
Registro	35,2	34,3	44,7
Jacupiranga	35,2	34,2	44,7
Pedrinhas Paulista	35,2	34,2	44,6
Sete Barras	35,1	34,1	44,5
Oswaldo Cruz	35,0	34,1	44,4
Cananéia	35,0	34,1	44,4
Santos	34,8	33,8	44,0
Ubatuba	34,6	33,6	43,7

Para o caso estudado, a maior influência no tempo de vida útil foi do tipo de espécie utilizada, sendo menor a influência em função das características climáticas.

Além disso, propõem que o apodrecimento da madeira, mesmo esta sendo preservada, ocorre diferentemente entre as espécies de um mesmo gênero, o que provavelmente em função da maior ou menor facilidade de uma dada espécie ser preservada e posteriormente reter o produto preservante.

Este modelo utiliza como dado, a concentração de preservativo no poste tratado, não considerando a variação desta concentração com a espessura, bem como a sua variação como o decorrer do tempo, devido à lixiviação do produto preservativo. Assim uma razão linear de apodrecimento não expressa o real mecanismo que ocorre na madeira tratada. Independentemente deste modelo prever o processo de apodrecimento dos postes com relativa precisão, pode-se concluir que não é correto esta vida útil seja admitida e normatizada como fixa, independente da espécie utilizada ou condição climática da região.

## 9 PROPOSTA DE SIMPLIFICAÇÃO DE MODELO DE AGRESSIVIDADE

---

A proposição de um modelo simplificado vem ao encontro da necessidade de se facilitar e desenvolver a prática de projetar a vida útil de estruturas e sistemas em madeira visando a sustentabilidade. Projetar a vida útil de sistemas e estruturas é contribuir com a sustentabilidade ambiental, através de um melhor aproveitamento dos recursos a serem utilizados.

Tanto o modelo proposto por Scheffer (1971), bem como o proposto por Leicester et al. (2003), para a obtenção de um valor que indique e quantifique a possibilidade de apodrecimento da madeira em contato com o solo de uma região, e sua posterior comparação entre regiões, possuem dificuldades práticas para a utilização como uma ferramenta de projeto no cotidiano profissional.

### 9.1 Justificativa da proposição

Esta dificuldade é apresentada em função das variáveis adotadas para a determinação dos Índices Climáticos,  $CI$  e  $I_{ig}$ , segundo Scheffer ou Leicester, respectivamente.

As variáveis “ $T$ ” e “ $D$ ” de Scheffer, e “ $N_{dm}$ ” de Leicester não são variáveis do cotidiano profissional, isto é não são de fáceis obtenção. Apenas profissionais ligados a instituições voltadas ao estudo climático ou de caráter acadêmico possuem condições de obterem tais dados, porém mesmo assim não sendo de fáceis condições de obtenção<sup>1</sup>.

Um profissional da área de projetos de redes de distribuição de energia, ou até mesmo voltado ao desenvolvimento de projetos de estruturas civis, possivelmente não terá fáceis condições de obter tais variáveis.

---

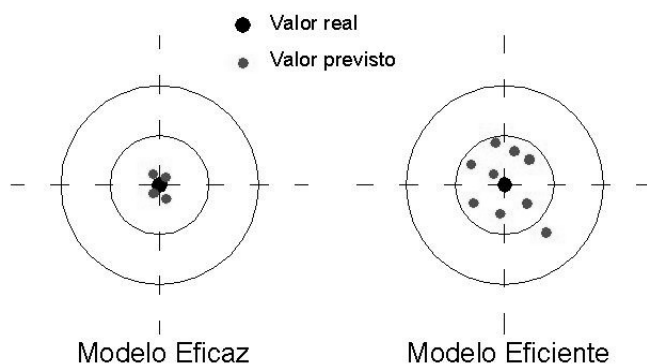
<sup>1</sup> O próprio autor deste estudo, apenas após o contato com a instituição fornecedora dos dados (IAC), obteve a possibilidade de dar sequência dos trabalhos. Os dados fornecidos foram de leituras diárias de temperaturas máximas e mínimas e precipitação, sendo necessário o levantamento do valor de “ $N_{dm}$ ”, mês a mês, ano a ano, para cada estação climatológica.

As palavras “EFICAZ” e “EFICIENTE” podem melhor exemplificar a idéia que se deseja mostrar, considerando os seus significados que os dicionários registram.<sup>2</sup>

Assim, um modelo de determinação de agressividade e/ou previsão de vida útil é EFICAZ, quando o valor obtido por este, acerta com precisão o valor real de campo, através da utilização de variáveis que com facilidade ou não são obtidas.

Já um modelo EFICIENTE, é aquele que através de variáveis de fácil obtenção, chega à previsões próximas dos valores reais de campo.

Através de uma analogia, a Figura 9.1, faz uma comparação entre o que seria um modelo “eficaz” e um “eficiente”.



**FIGURA 9.1 – Analogia de modelos Eficaz e Eficiente**

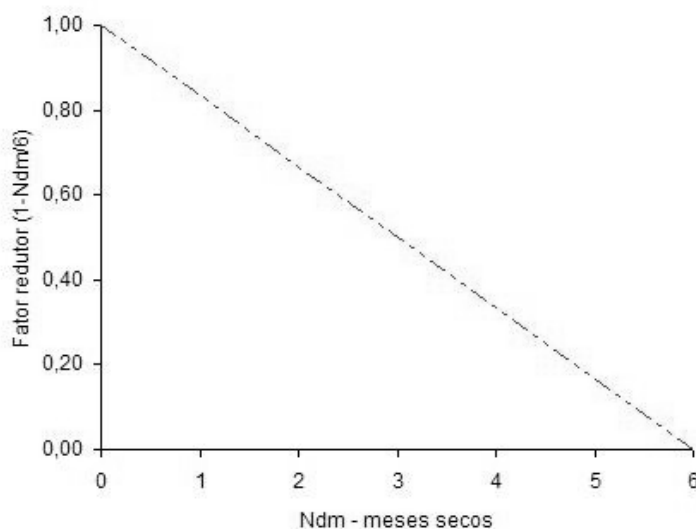
Atualmente tanto as normas para projeto de redes de distribuição de energia, bem como a norma de projeto de estruturas de madeira, NBR 7190/1997, não adotam nenhum modelo de durabilidade. Portanto, o mais adequado e prático, e até mesmo mais didático, visando incutir o pensamento de se prever e projetar a vida útil de determinado sistema em madeira é preferível propor ao meio técnico-acadêmico a utilização de um modelo eficiente em vez de um modelo eficaz.

O modelo a ser simplificado é o de *Leicester*, considerando que este possui três variáveis e apenas uma de difícil obtenção, enquanto que o modelo de *Scheffer* possui duas variáveis, ambas de difícil obtenção.

Analisando o termo referente ao  $N_{dm}$  no modelo Leicester,  $(1 - N_{dm}/6)$ , verifica-se que este se trata de um **termo redutor** de efeito da precipitação, de variação linear inversamente proporcional. Assim com o aumento desta variável, o resultado deste termo diminui, minimizando o efeito da função  $f_{0(Rmean)}$ . A Figura 9.2, mostra a variação do termo redutor em função de  $N_{dm}$ .

<sup>2</sup> Segundo o dicionário da Língua Portuguesa AURÉLIO tem-se:

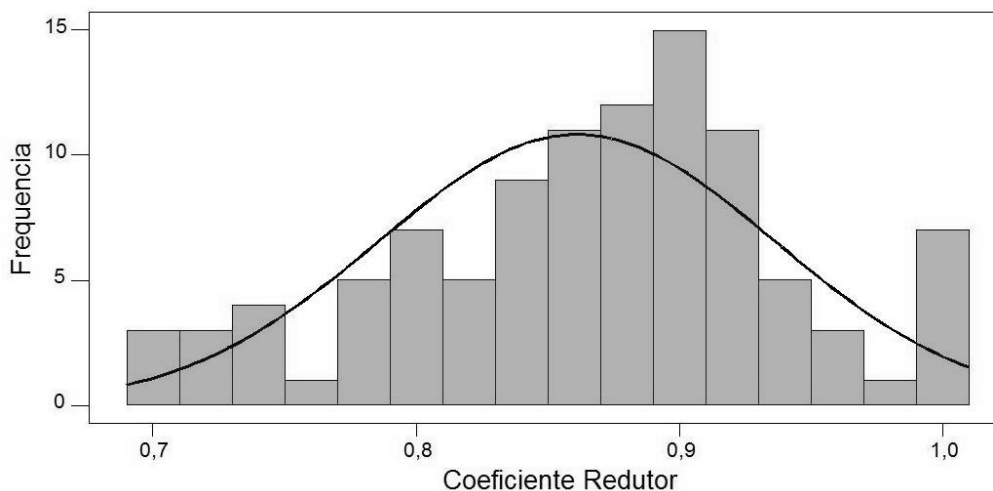
- **Eficaz**: que produz efeito o desejado § **eficácia** sf.
- **Eficiência**: ação ou virtude de produzir um efeito § **eficiente** adj.



**FIGURA 9.2 – Variação do fator redutor no modelo de Leicester**

Para as estações meteorológicas do Estado de São Paulo, em que se baseia este trabalho, o máximo valor de  $N_{dm}$  existente é 1,9, correspondendo a um fator de redução de 0,68.

A amostra de valores de  $N_{dm}$  – meses secos, após a aplicação do termo de redução  $(1 - N_{dm}/6)$  corresponde a uma distribuição de valores do fator redutor, mostrado pela Figura 9.3.



**FIGURA 9.3 – Histograma de frequência absoluta do coeficiente redutor do modelo de Leicester**

Os valores da média e mediana são 0,86 e 0,87, respectivamente. Assim a média da redução do valor obtido por  $f_0(R_{média})$  é 0,14, ou seja 14%.

A retirada da variável  $N_{dm}$  (meses secos) do modelo de Leicester, é fundamentada nos testes de hipótese realizados no capítulo 8, onde foi possível verificar que para as

populações de  $I_{ig<2,50}$  e  $I_{ig>2,50}$  as variáveis *temperatura* e *precipitação* não existem evidências estatísticas de que estas sejam iguais, entretanto foi constatada evidência estatística de que estas populações são iguais para a variável *meses secos*.

## 9.2 Simplificação do Modelo

A simplificação proposta vem a ser a retirada da variável esta “ $N_{dm}$  – meses secos”, a qual é a de maior dificuldade a obtenção.

Inicia-se a simplificação apenas com a retirada da variável  $N_{dm}$  do modelo, juntamente com o termo redutor. O modelo a ser utilizado inicialmente é dado a seguir:

### Modelo de Leicester simplificado

$$I_{ig,simplificado} = f(R_{média})^{0,3} \times g(T_{média})^{0,2} \quad (9.1)$$

$$f(R_{média}) = \begin{cases} 0, & \text{Se } R_{média} \leq 250 \text{ mm} \\ f_0(R_{média}), & \text{Se } R_{média} > 250 \text{ mm} \end{cases} \quad (9.2)$$

$$f_0(R_{média}) = 10 \times [1 - e^{-0,001(R_{média}-250)}] \quad (9.3)$$

$$g(T_{média}) = \begin{cases} 0, & \text{Se } T_{média} \leq 5^\circ\text{C} \\ -1 + 0,2 \times T_{média}, & \text{Se } 5^\circ\text{C} < T_{média} \leq 20^\circ\text{C} \\ -25 + 1,4 \times T_{média}, & \text{Se } T_{média} > 20^\circ\text{C} \end{cases} \quad (9.4)$$

Com o intuito de se verificar o efeito da simplificação, a seguir são comparados os valores de  $I_{ig,simplificado}$  e  $I_{ig}$  para as cidades do Estado de São Paulo, Tabela 9.1. Tendo-se como referência o valor de  $I_{ig}$  também é determinado os valores percentuais de variação, ao se realizar a simplificação do modelo.

TABELA 9.1 – Comparação de  $I_{ig}$  e  $I_{ig,simplificado}$ 

Identificação	Cidade	$I_{ig}$	$I_{ig,simplificado}$	Variação
1	Adamantina	2,57	2,70	5,1%
2	Andradina	2,56	2,74	6,9%
3	Araçatuba	2,63	2,80	6,3%
4	Assis	2,47	2,55	3,1%
5	Auriflama	2,53	2,73	7,8%
6	Barretos	2,56	2,84	10,9%
7	Bauru	2,56	2,71	5,6%
8	Bebedouro	2,51	2,72	8,0%
9	Botucatu	2,36	2,48	5,1%
10	Bragança Paulista	2,24	2,31	3,2%
11	Buritama	2,51	2,65	5,6%
12	Campinas	2,45	2,57	5,1%
13	Campos do Jordão	2,04	2,12	4,4%
14	Cananéia	2,74	2,74	0,0%
15	Candido Mota	2,38	2,49	4,6%
16	Capão Bonito	2,16	2,23	2,9%
17	Capivari	2,29	2,42	5,6%
18	Casa Branca	2,34	2,60	11,1%
19	Catanduva	2,38	2,66	<b>11,9%</b>
20	Echaporã - Fazenda Barion	2,44	2,52	3,2%
21	Eldorado	2,54	2,66	4,4%
22	Franca	2,32	2,58	<b>11,6%</b>
23	Guaira	2,56	2,81	9,8%
24	Ibirarema	2,47	2,56	3,6%
25	Ibiúna	2,09	2,15	2,6%
26	Iepê	2,44	2,49	2,1%
27	Ilha Solteira	2,55	2,73	7,3%
28	Ipaussu	2,44	2,53	3,6%
29	Itapetininga	2,33	2,39	2,6%
30	Itapeva	2,46	2,50	1,6%
31	Itararé	2,18	2,20	1,3%
32	Itararé - Delegacia Agrícola	2,56	2,59	1,3%
33	Itatiba	2,28	2,36	3,2%
34	Jaboticabal	2,48	2,67	7,8%
35	Jacupiranga	2,70	2,73	1,0%
36	Jales	2,51	2,74	9,3%
37	Jaú	2,49	2,63	5,6%

CONTINUA

Identificação	Cidade	I <sub>ig</sub>	I <sub>ig,simplificado</sub>	Variação
CONTINUAÇÃO				
38	José Bonifácio	2,52	2,74	8,7%
39	Jundiaí	2,35	2,46	4,5%
40	Limeira	2,34	2,50	6,9%
41	Lins	2,59	2,77	6,9%
42	Manduri	2,43	2,49	2,6%
43	Maraci	2,60	2,67	2,6%
44	Marília	2,62	2,71	3,6%
45	Matão	2,52	2,66	5,6%
46	Miracatu	2,66	2,66	0,0%
47	Mirandópolis	2,67	2,79	4,3%
48	Mirante do Paranapanema	2,57	2,68	4,4%
49	Mococa	2,50	2,68	7,3%
50	Monte Alegre	2,31	2,42	4,6%
51	Oswaldo Cruz	2,74	2,86	4,4%
52	Ourinhos	2,61	2,68	2,6%
53	Palmital	2,60	2,65	1,7%
54	Paraesópolis	2,49	2,58	3,6%
55	Paraguaçu Paulista - Cocal	2,63	2,72	3,6%
56	Paraguaçu Paulista - Horto	2,53	2,64	4,6%
57	Parquera-Açu	2,65	2,65	0,0%
58	Paulínia	2,53	2,63	4,0%
59	Pedrinhas Paulista	2,70	2,77	2,6%
60	Penápolis	2,62	2,79	6,3%
61	Piacatu	2,55	2,71	6,3%
62	Piedade	2,16	2,22	2,6%
63	Pindamonhangaba	2,48	2,54	2,6%
64	Pindorama	2,45	2,65	7,8%
65	Piracaia	2,33	2,40	3,2%
66	Piracicaba	2,42	2,55	5,1%
67	Presidente Prudente	2,61	2,71	4,1%
68	Quatá	2,61	2,73	4,6%
69	Rancharia	2,65	2,73	3,2%
70	Rancharia - Casa da Agricultura	2,57	2,72	5,6%
71	Rancharia - Fazenda Bartira	2,54	2,66	4,4%
72	Registro	2,69	2,69	0,0%
73	Ribeirão Preto	2,42	2,67	10,3%
74	Santa Bárbara do Oeste	2,34	2,47	5,6%
75	Sta. Cruz do R. Pardo – Faz. Pardo Guacho	2,45	2,52	2,6%
76	Santa Maria da Serra	2,40	2,48	3,2%



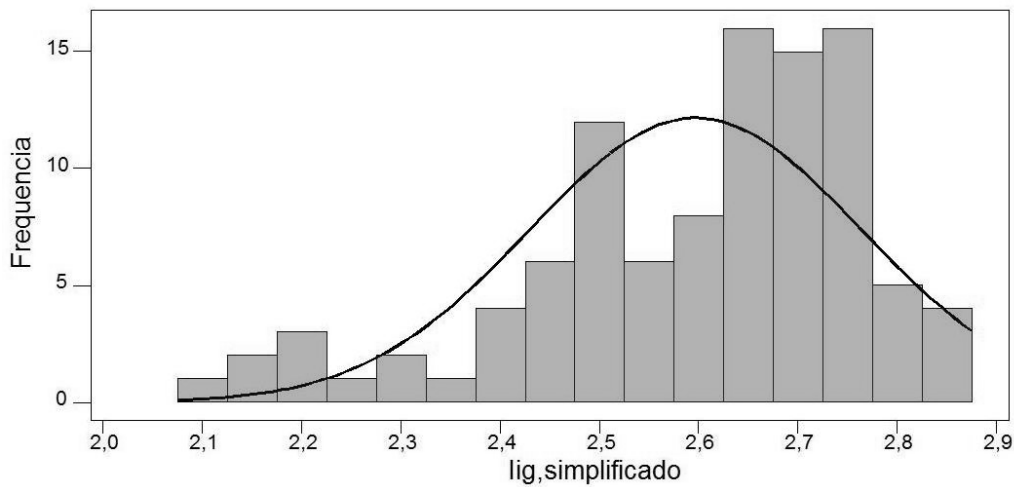
Identificação	Cidade	$I_{ig}$	$I_{ig:simplificado}$	Variação
CONTINUAÇÃO				
77	Santos	2,80	2,80	0,0%
78	São Carlos	2,34	2,49	6,7%
79	São José das Laranjeiras	2,66	2,72	2,1%
80	São José do Rio Pardo	2,67	2,76	3,6%
81	São José do Rio Preto	2,59	2,83	9,3%
82	São Paulo	2,42	2,47	2,0%
83	São Pedro	2,22	2,32	4,4%
84	São Pedro do Turvo	2,52	2,61	3,6%
85	São Roque	2,04	2,16	5,6%
86	São Simão	2,43	2,69	10,9%
87	Sete Barras	2,72	2,72	0,0%
88	Sorocaba	2,37	2,48	4,4%
89	Sumaré	2,29	2,48	8,3%
90	Taquaritinga	2,51	2,58	2,6%
91	Tarumã	2,55	2,64	3,6%
92	Tatuí	2,34	2,44	4,6%
93	Taubaté	2,43	2,47	2,0%
94	Tietê	2,35	2,47	5,1%
95	Tupã	2,58	2,73	5,6%
96	Tupi Paulista	2,58	2,77	7,4%
97	Ubatuba	2,85	2,85	0,0%
98	Valinhos	2,48	2,59	4,4%
99	Valpariso	2,55	2,74	7,1%
100	Vargem	2,13	2,22	4,1%
101	V. Grande. do Sul - Assoc. Bataticultores	2,37	2,60	9,8%
102	Votuporanga	2,57	2,74	6,3%

A Tabela 9.2 compara a estatística descritiva para de  $I_{ig}$  e  $I_{ig:simplificado}$ .

**TABELA 9.2 – Estatística descritiva de  $I_{ig:simplificado}$**

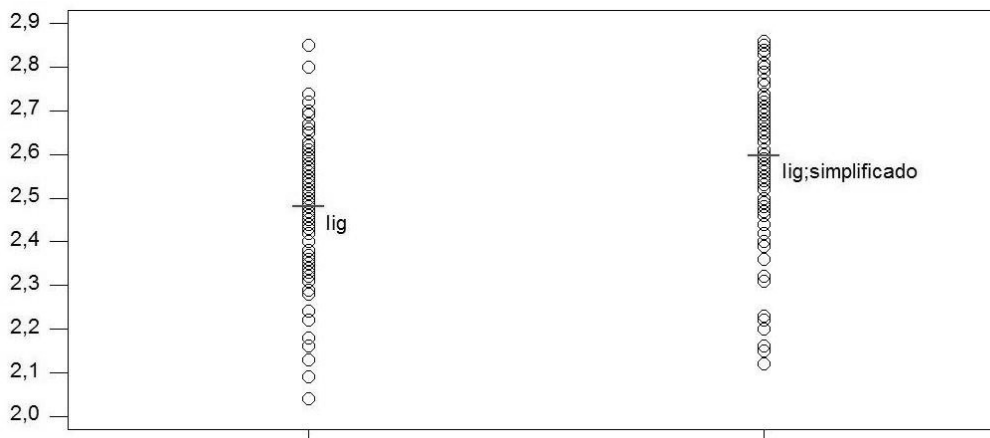
Estatística	$I_{ig}$	$I_{ig:simplificado}$
Média	2,48	2,60
Mediana	2,51	2,65
Mínimo	2,04	2,12
Máximo	2,85	2,86

A Figura 9.4, mostra o histograma de frequência absoluta de  $I_{ig; simplificado}$ .



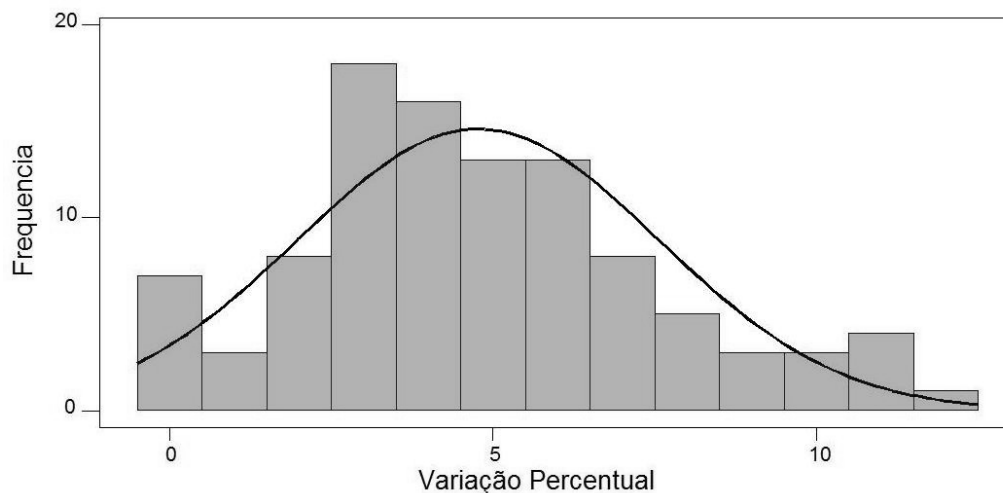
**FIGURA 9.4 – Histograma de frequência absoluta dos  $I_{ig; simplificado}$  para as cidades do Estado de São Paulo**

A Figura 9.5, compara a dispersão dos valores de  $I_{ig}$  e  $I_{ig; simplificado}$ . Pode-se observar um deslocamento positivo (aumento dos valores) da população de dados bem como da média.



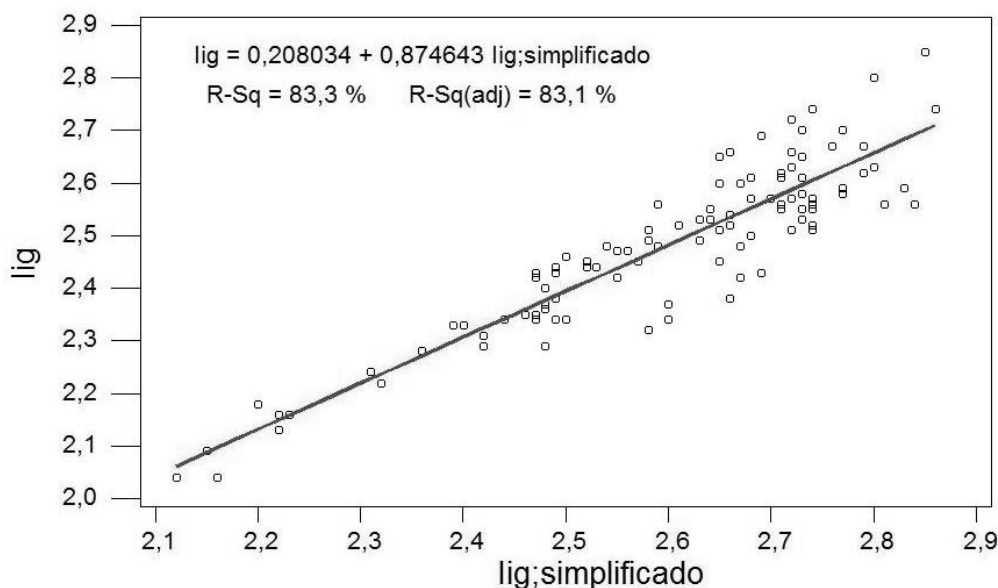
**FIGURA 9.5 – Populações de  $I_{ig}$  e  $I_{ig; simplificado}$**

Apesar da amostra dos fatores redutores de  $f_{0(Rmean)}$  apresentar valor de 0,68 (Catanduva), correspondendo uma diminuição da influência da precipitação de 32%, os maiores valores de variação de  $I_{ig}$  para  $I_{ig; simplificado}$  são das cidades de Catanduva (11,9%) e Franca (11,6%). Isto mostra que a eliminação deste fator redutor, não implica em grandes alterações no índice de agressividade da localidade. A Figura 9.6 mostra a distribuição de frequência absoluta dos valores de variação.



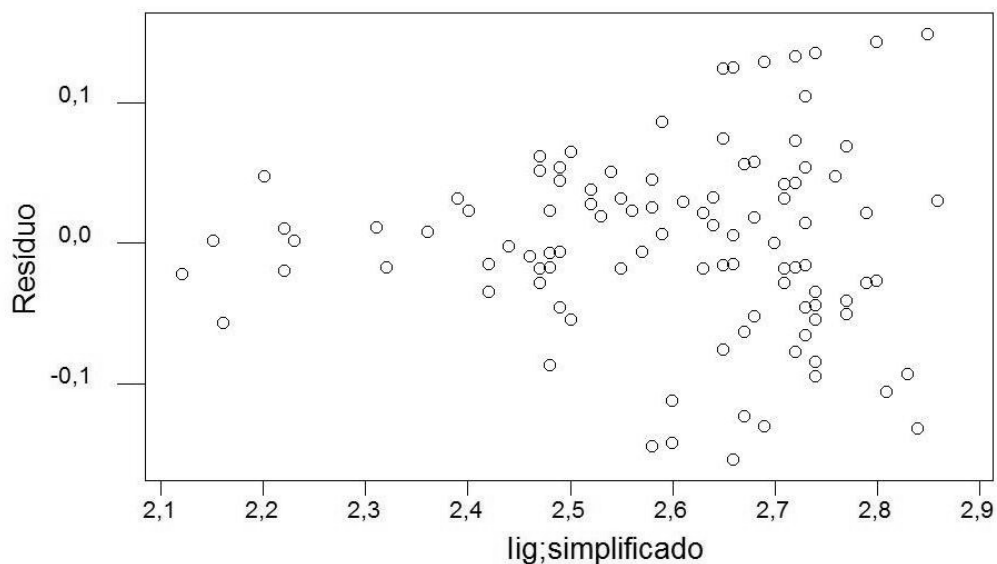
**FIGURA 9.6 – Histograma de frequência absoluta da variação de  $I_{ig}$  para  $I_{ig,simplificado}$**

Para verificar se a proposta feita de simplificação, faz-se necessário observar se existe correlação entre os valores do modelo atual e do modelo simplificado. As Figuras 9.7 e 9.8 mostram a regressão e o resíduos da regressão para entre  $I_{ig}$  e  $I_{ig,simplificado}$ , respectivamente. O valor do  $r^2$  – coeficiente de determinação<sup>3</sup> para esta regressão é de 83,3%.



**FIGURA 9.7 – Regressão  $I_{ig}$  x  $I_{ig,simplificado}$**

<sup>3</sup> Segundo Anderson et al. (2002), o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) pode ser expresso como porcentagem, sendo interpretado como o percentual da soma dos quadrados que pode ser explicado usando a regressão proposta, variando de 0 a 1, (ou também de 0% a 100%).



**FIGURA 9.8 – Resíduos x  $I_{ig,simplificado}$**

Pela Figura 9.8 observa-se que a correlação entre  $I_{ig}$  e  $I_{ig,simplificado}$  não apresenta independência dos erros<sup>4</sup> em função de  $I_{ig,simplificado}$ . Esta característica pode ser explicada considerando que para um mesmo valor do fator de redução  $(1 - N_{dm}/6)$ , a diferença entre o valor de  $I_{ig}$  e  $I_{ig,simplificado}$  aumenta proporcionalmente a esta segunda variável.

Adotando a mesma classificação de agressividade proposta por Leicester *et al.* (2003), a Tabela 9.3 mostra a distribuição de  $I_{ig,simplificado}$

**TABELA 9.3 – Índice Climático representativo para quatro classes de agressividade**

Região de apodrecimento	$I_{ig}$ Representativo	Numero de cidades
A	0,5	0
B	1,5	0
C	2,5	28
D	3,0	74

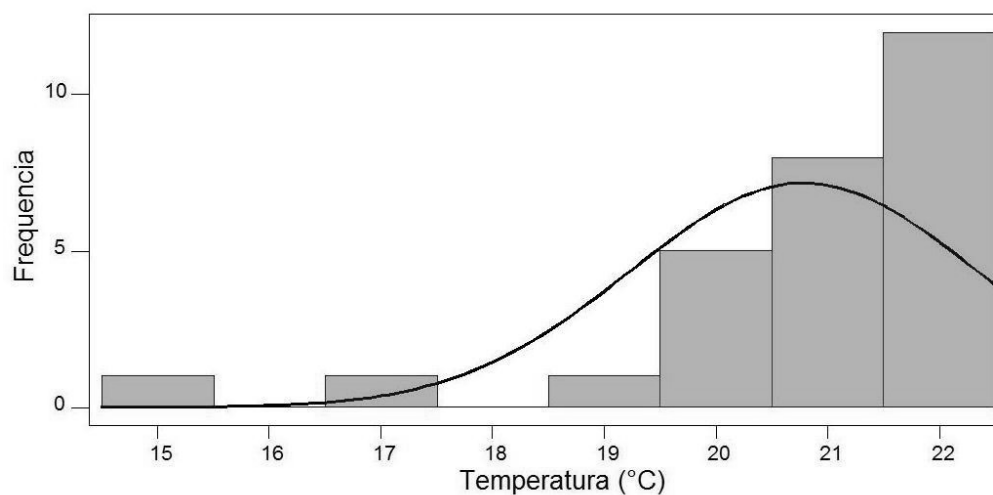
A Tabela 9.4 mostra a estatística descritiva para os índices climatológicos das populações de  $I_{ig,simplificado}$ .

<sup>4</sup> Levine et al. (2000) descreve como independência dos erros a características que os resíduos observados são independentes para cada valor de "X";

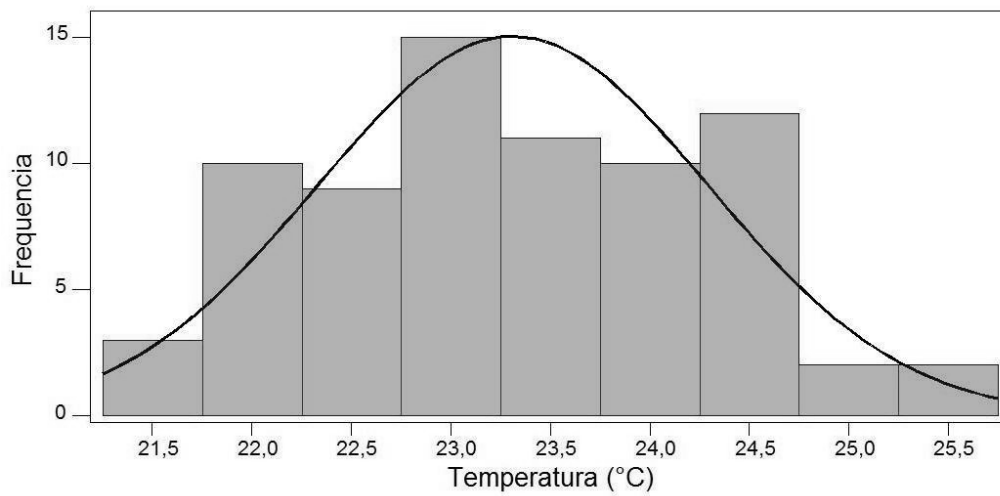
**TABELA 9.4 – Estatística descritiva dos parâmetros das populações de  $I_{ig; simplificado}$** 

Estatística	Temperatura (°C)		Precipitação (mm)	
	$I_{ig<2,50}$	$I_{ig>2,50}$	$I_{ig<2,50}$	$I_{ig>2,50}$
Média	20,8	23,3	1393	1465
Mínimo	15,1	21,3	1167	1165
Máximo	22,2	25,7	1726	2514

As Figuras 9.9 à 9.12 mostram os histogramas de frequência absoluta das variáveis temperatura e precipitação para as populações de  $I_{ig; simplificado<2,50}$  e  $I_{ig; simplificado>2,50}$ .

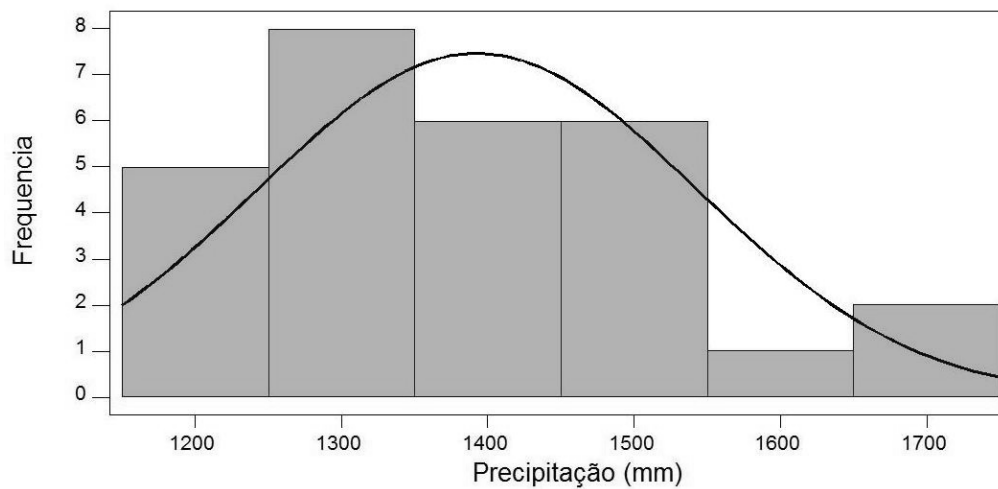


**FIGURA 9.9 – Histograma de frequência absoluta das temperaturas para  $I_{ig; simplificado<2,50}$**

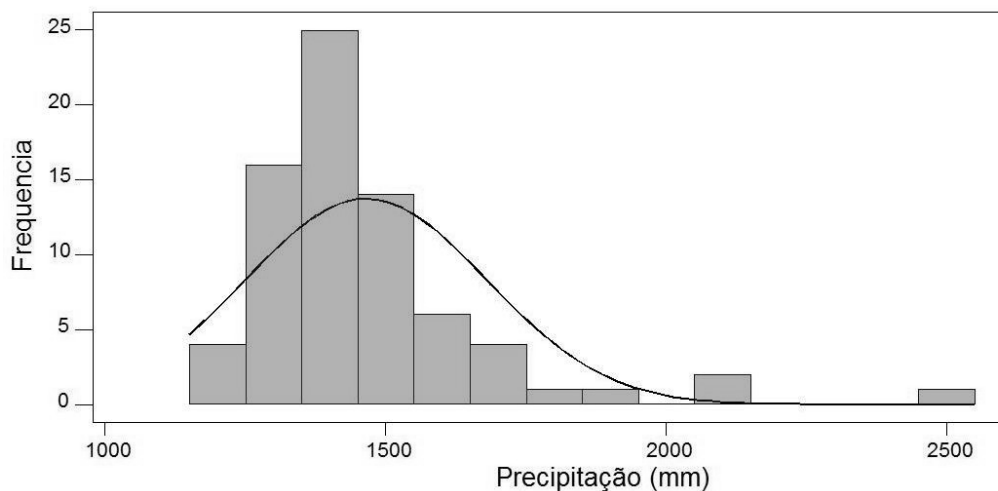


**FIGURA 9.10 – Histograma de frequência absoluta das temperaturas para  $I_{ig;simplificado} > 2,50$**

Observa-se que os valores de temperatura para  $I_{ig;simplificado} < 2,50$  estão entre o intervalo de 15 °C e 22 °C, enquanto par  $I_{ig;simplificado} > 2,50$  estão distribuídos entre 21,5° e 25,5 °C.



**FIGURA 9.11 – Histograma de frequência absoluta das precipitações para  $I_{ig;simplificado} < 2,50$**



**FIGURA 9.12 – Histograma de frequência absoluta das precipitações para  $I_{ig:simplificado>2,50}$**

Pode-se observar que o limite inferior dos valores de precipitações para  $I_{ig:simplificado<2,50}$  e  $I_{ig:simplificado>2,50}$  estão próximos aos 1200 mm. Entretanto para os limites superiores são diferentes.

Ao se realizar o teste de normalidade nas populações de temperatura e precipitação para  $I_{ig:simplificado<2,50}$  e  $I_{ig:simplificado>2,50}$ , obteve-se os dados apresentados nas Tabelas 9.5 e 9.6, para  $\alpha = 0,01$ .

**TABELA 9.5 – Teste de normalidade variáveis de  $I_{ig:simplificado<2,50}$**

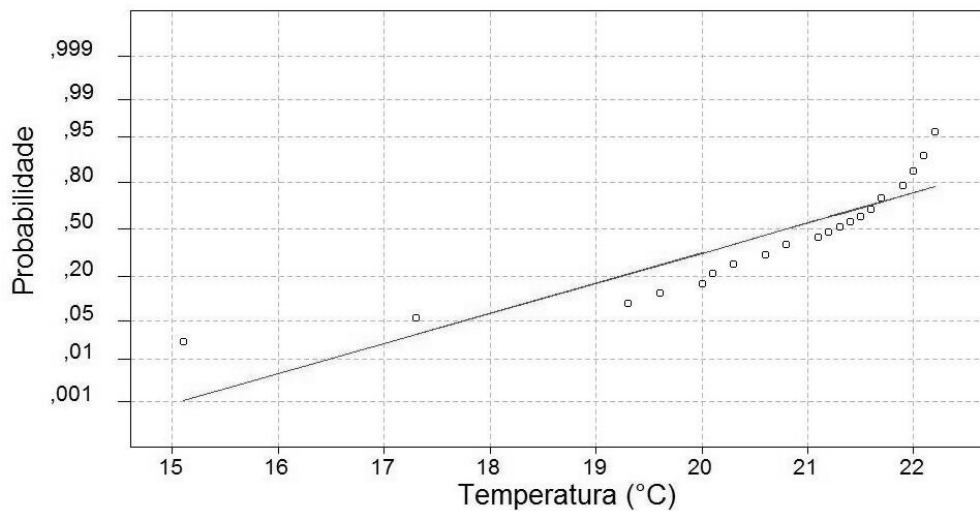
Item	n	$d_{crit}$	d	Conclusão $H_0$
Temperatura	28	0,312	0,164	Não Rejeitar
Precipitação	28	0,312	0,113	Não Rejeitar

**TABELA 9.6 – Teste de normalidade variáveis de  $I_{ig:simplificado>2,50}$**

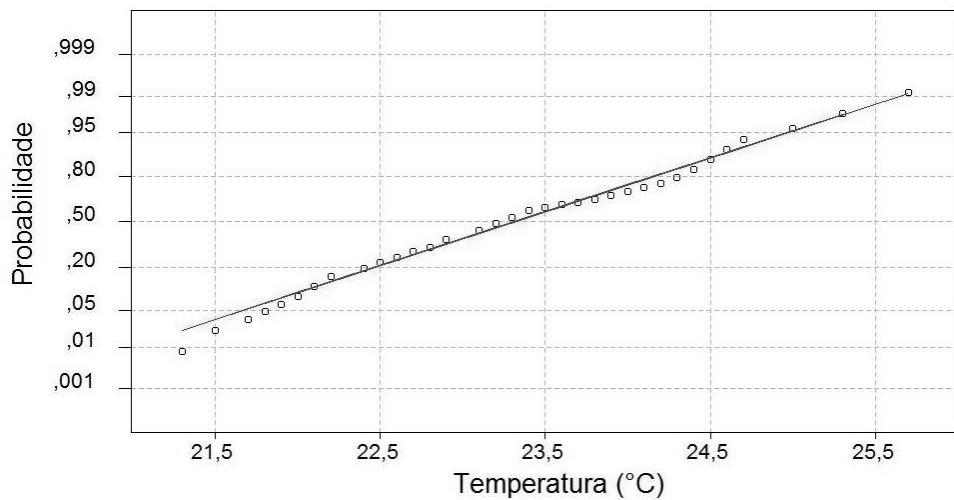
Item	n	$d_{crit}$	d	Conclusão $H_0$
Temperatura	74	0,189	0,060	Não Rejeitar
Precipitação	74	0,189	0,116	Não Rejeitar

Observa-se que não se pode rejeitar a hipótese  $H_0$  para nenhum dos testes realizados.

As Figuras 9.13 à 9.16, mostram os testes de normalidade, respectivamente.

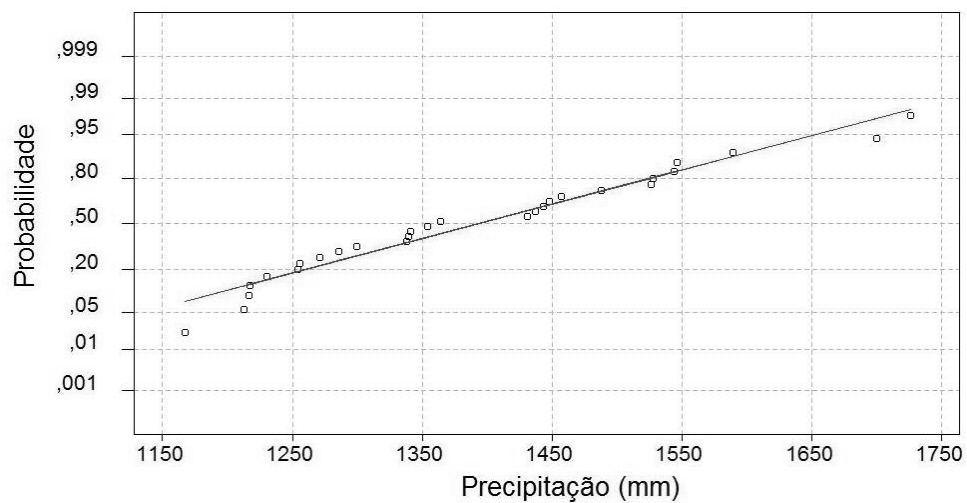


**FIGURA 9.13 – Teste de normalidade para temperatura de  $I_{ig;simplificado} < 2,50$**

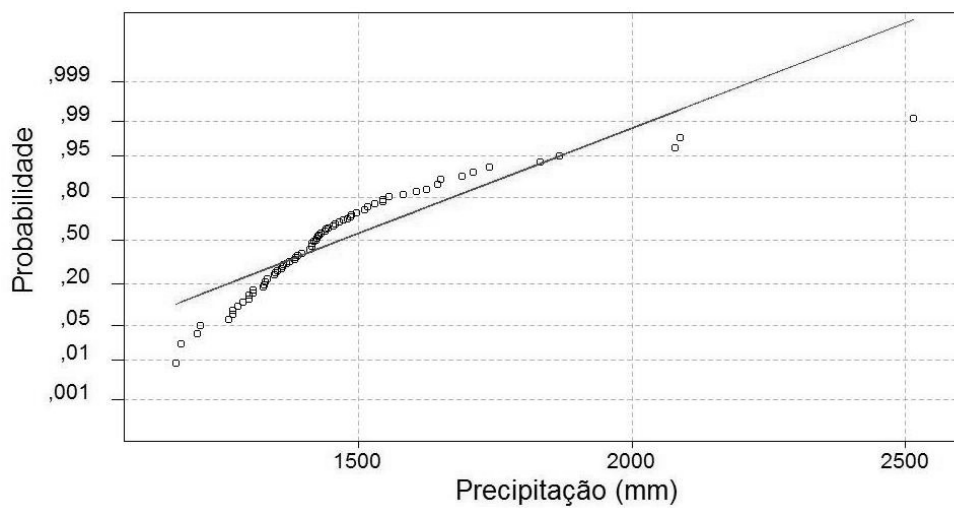


**FIGURA 9.14 – Teste de normalidade para temperatura de  $I_{ig;simplificado} > 2,50$**





**FIGURA 9.15 – Teste de normalidade  
para precipitação de  $I_{ig;simplificado} < 2,50$**



**FIGURA 9.16 – Teste de normalidade  
para precipitação de  $I_{ig;simplificado} > 2,50$**

### 9.3 Teste de hipótese para $I_{ig; simplificado}$ e variáveis (Teste- $F$ )

Inicialmente realiza-se o teste- $F$  para identificar se é possível dizer se as duas populações  $I_{ig}$  e  $I_{ig; simplificado}$  são iguais. Assim, para  $\alpha = 0,05$  tem-se

- **Teste- $F$   $I_{ig}$  e  $I_{ig; simplificado}$**

$H_0$ : as variâncias de  $I_{ig}$  e  $I_{ig; simplificado}$  são iguais

$H_1$ : as variâncias de  $I_{ig}$  e  $I_{ig; simplificado}$  não são iguais.

$F_{obtido}$ : 1,087

$F_{crítico}$ : 1,389

Valor  $p$ : 0,338

Conclusão: não rejeitar  $H_0$

Ver Figura 9.5

Pelo teste acima, verifica-se a existência de evidências estatísticas de que as populações de  $I_{ig}$  e  $I_{ig; simplificado}$  são iguais.

Conforme anteriormente, é realizado o teste- $F$  entre as populações de temperatura e precipitação, verificando se as populações destes parâmetros diferem em  $I_{ig; simplificado}$ , dividindo-as novamente em duas populações; cidades com  $I_{ig; simplificado}$  menor que 2,50 ( $I_{ig; simplificado} < 2,50$ ) e cidades com  $I_{ig; simplificado}$  maior que 2,50 ( $I_{ig; simplificado} > 2,50$ ). Desta forma para um nível de significância de 5% ( $\alpha = 0,05$ ) têm-se:

- **Teste- $F$  para temperatura**

$H_0$ : as variâncias das temperaturas de  $I_{ig; simplificado} < 2,50$  e  $I_{ig; simplificado} > 2,50$  são iguais

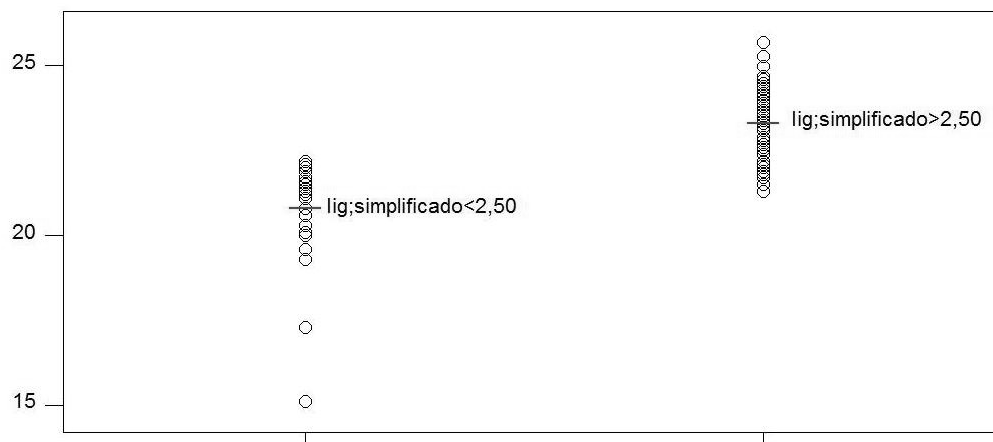
$H_1$ : as variâncias das temperaturas de  $I_{ig; simplificado} < 2,50$  e  $I_{ig; simplificado} > 2,50$  não são iguais.

$F_{obtido}$ : 2,517

$F_{crítico}$ : 1,639

Valor  $p$ : 0,001

Conclusão: rejeitar  $H_0$



**FIGURA 9.17 – Populações de temperatura**  
para  $l_{ig;simplificado<2,50}$  e  $l_{ig;simplificado>2,50}$

- **Teste-F para precipitação**

$H_0$ : a variância das precipitação de  $l_{ig;simplificado<2,50}$  e  $l_{ig;simplificado>2,50}$  são iguais

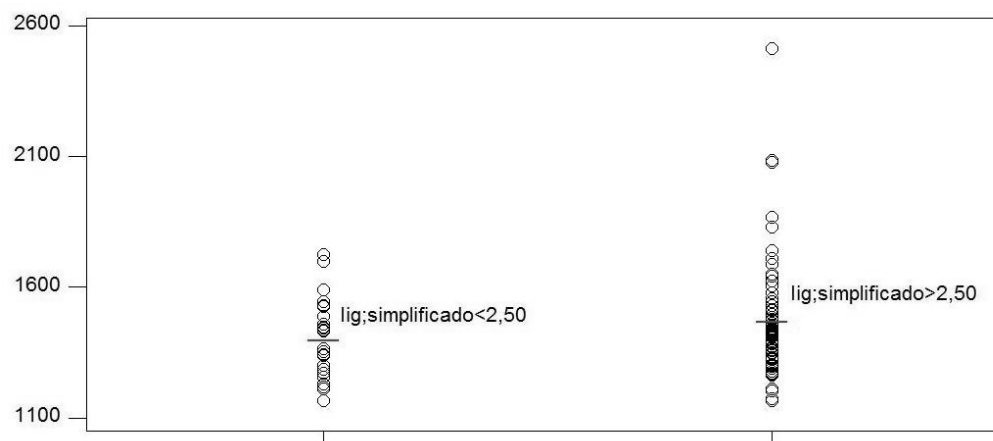
$H_1$ : a variância da precipitação de  $l_{ig;simplificado<2,50}$  e  $l_{ig;simplificado>2,50}$  não são iguais.

$F_{obtido}$ : 2,062

$F_{crítico}$ : 1,766

Valor p: 0,019

Conclusão: rejeitar  $H_0$



**FIGURA 9.18 – Populações de precipitação**  
para  $l_{ig;simplificado<2,50}$  e  $l_{ig;simplificado>2,50}$

Não existe evidências estatísticas que as populações de temperatura e precipitação são iguais para as populações  $l_{ig;simplificado<2,50}$  e  $l_{ig;simplificado>2,50}$ .

Conclui-se que a retirada da variável  $N_{dm}$  do modelo proposto por Leicester, não influenciou as variáveis temperatura e precipitação, na determinação do índice de agressividade, visto que a população dos valores destas variáveis, continuam sendo distintas para  $I_{ig:simplificado} < 2,50$  e  $I_{ig:simplificado} > 2,50$ , **para o conjunto de dados estudados.**

#### 9.4 Identificação das cidades de menores e maiores agressividades segundo

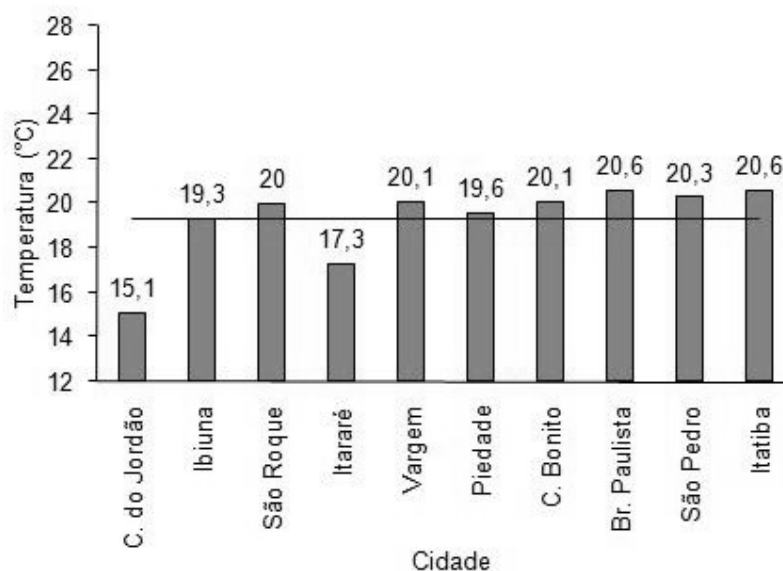
$I_{ig:simplificado}$

As Tabelas 9.7 e 9.8 mostram os valores dos dados climatológicos e do *Índice Climático* das dez cidades paulistas mais agressivas e para as dez menos agressivas para madeira em contato com o solo em função do  $I_{ig:simplificado}$  respectivamente.

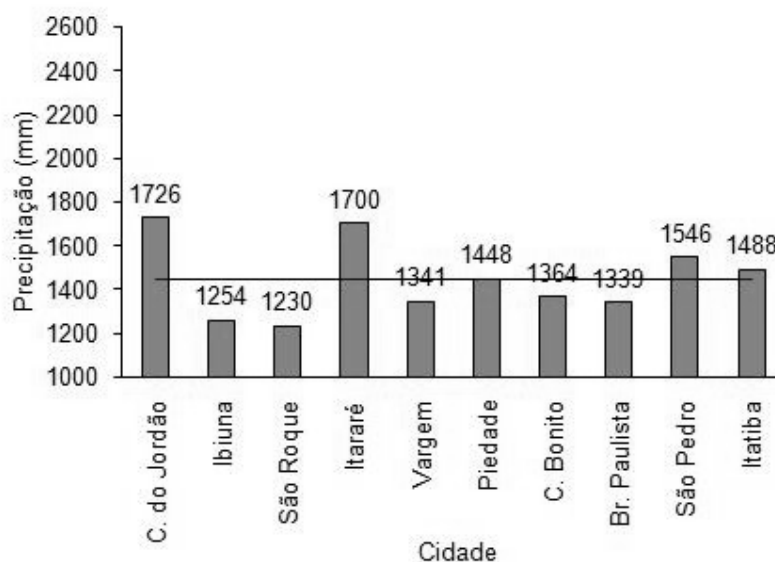
**TABELA 9.7 – Cidades menos agressivas à madeira no Estado de São Paulo, pelo modelo simplificado**

<b>Cidade</b>	<b>T<sub>média</sub> (°C)</b>	<b>Prec.<sub>média</sub> (mm)</b>	<b><math>I_{ig:simplificado}</math></b>
Campos do Jordão	15,1	1726	2,12
Ibiúna	19,3	1254	2,15
São Roque	20,0	1230	2,16
Itararé	17,3	1700	2,20
Vargem	20,1	1341	2,22
Piedade	19,6	1448	2,22
Capão Bonito	20,1	1364	2,23
Bragança Paulista	20,6	1339	2,31
São Pedro	20,3	1546	2,32
Itatiba	20,6	1488	2,36

As Figuras 9.19 e 9.20 mostram em forma de diagramas os dados das Tabela 8.9.



**FIGURA 9.19 – Diagrama de temperatura das dez cidades de menor  $I_{ig,simplificado}$**



**FIGURA 9.20 – Diagrama de precipitação das dez cidades de menor  $I_{ig,simplificado}$**

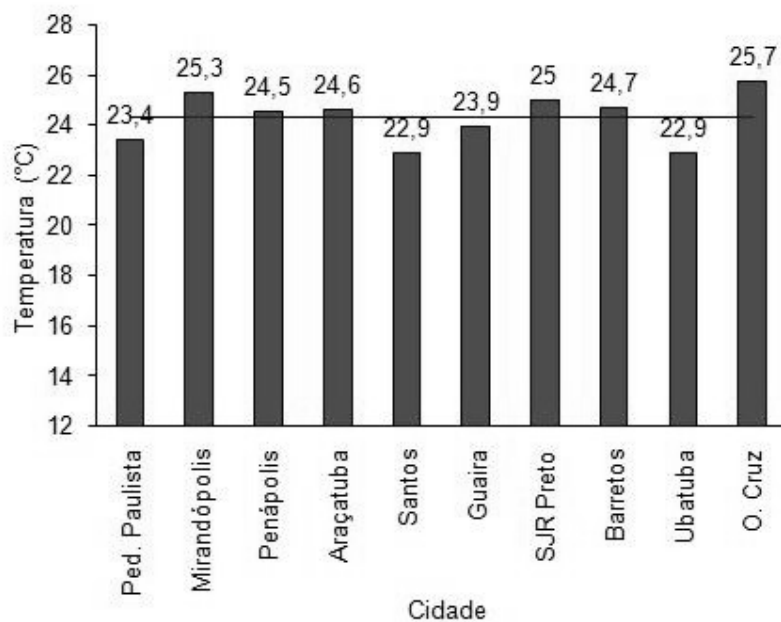
#### *Análise da Tabela 9.7*

- Média de temperatura das cidades menos agressivas: 19,3 °C (sem variação em relação ao modelo inicial);
- Média da precipitação das cidades menos agressivas: 1444 mm (sem variação em relação ao modelo inicial).;

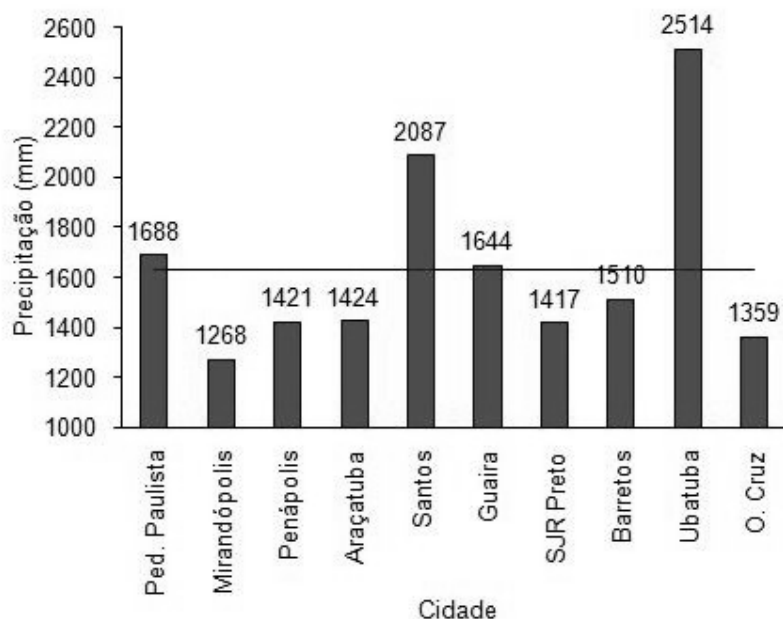
**TABELA 9.8 – Cidades mais agressivas à madeira no Estado de São Paulo, pelo modelo simplificado**

<b>Cidade</b>	<b>T<sub>média</sub> (°C)</b>	<b>Prec.<sub>média</sub> (mm)</b>	<b>I<sub>ig;simplificado</sub></b>
Pedrinhas Paulista	23,4	1688	2,77
Mirandópolis	25,3	1268	2,79
Penápolis	24,5	1421	2,79
Araçatuba	24,6	1424	2,80
Santos	22,9	2087	2,80
Guaira	23,9	1644	2,81
São José do Rio Preto	25,0	1417	2,83
Barretos	24,7	1510	2,84
Ubatuba	22,9	2514	2,85
Oswaldo Cruz	25,7	1359	2,86

As Figuras 9.21 e 9.22 mostram em forma de diagramas os dados das Tabela 9.8.



**FIGURA 9.21 – Diagrama de temperatura das dez cidades de maior I<sub>ig;simplificado</sub>**



**FIGURA 9.22 – Diagrama de precipitação das dez cidades de maior  $I_{ig,simplificado}$**

*Análise da Tabela 9.8*

- Todas as cidades de maior  $I_{ig}$  possuem temperatura média anual maior ou igual a 22,9°C (valor anterior: 22,4 °C);
- Média de temperatura das cidades mais agressivas: 24,3°C (valor anterior: 23,4 °C);
- Média da precipitação das cidades mais agressivas: 1633 mm (valor anterior: 1784 mm);

A Tabela 9.9, realiza comparações entre as dez cidades de menores valores de  $I_{ig,simplificado}$ , e as dez cidades de cada variável (T – temperatura; P – precipitação) de menores valores, respectivamente.

**TABELA 9.9 – Comparação de  $I_{ig,simplificado}$  e parâmetros menos agressivos**

<b>Cidade</b>	<b><math>I_{ig,simplificado}</math></b>	<b>Cidade</b>	<b>T</b>	<b>Cidade</b>	<b>P</b>
C. do Jordão	2,12	C. do Jordão	15,1	Echaporã	1165
Ibiúna	2,15	Itararé	17,3	Capivari	1167
São Roque	2,16	Ibiúna	19,3	Buritama	1174
Itararé	2,20	Piedade	19,6	Ilha Solteira	1204
Vargem	2,22	São Roque	20,0	Catanduva	1210
Piedade	2,22	Vargem	20,1	Sorocaba	1212
Capão Bonito	2,23	Capão Bonito	20,1	Tietê	1216
Brag.Paulista	2,31	São Pedro	20,3	Sumaré	1217
São Pedro	2,32	Brag.Paulista	20,6	São Roque	1230
Itatiba	2,36	Itatiba	20,6	Ibiúna	1254

*Análise da Tabela 9.9:*

- *Temperatura: as dez cidades com menores valores de temperatura correspondem às cidades de menores valores de  $I_{ig,simplificado}$ ;*
- *Precipitação: apenas duas cidades (São Roque e Ibiúna) são cidades de menores valores de precipitações e com menores valores de  $I_{ig}$ ;*

A Tabela 9.10 realiza a mesma comparação, porém para as cidades mais agressivas.

**TABELA 9.10 – Comparação de  $I_{ig,simplificado}$  e parâmetros mais agressivos**

<b>Cidade</b>	<b><math>I_{ig,simplificado}</math></b>	<b>Cidade</b>	<b>T</b>	<b>Cidade</b>	<b>P</b>
Pedr.Paulista	2,77	Auriflama	24,5	Pedr.Paulista	1688
Mirandópolis	2,79	Penápolis	24,5	Itararé	1700
Penápolis	2,79	Andradina	24,6	Registro	1709
Araçatuba	2,80	Tupi Paulista	24,6	C. do Jordão	1726
Santos	2,80	Araçatuba	24,6	Pariquera-Açu	1739
Guaira	2,81	Barretos	24,7	Taquaritinga	1831
S.J.Rio Preto	2,83	Ilha Solteira	25,0	Jacupiranga	1866
Barretos	2,84	S.J.Rio Preto	25,0	Cananéia	2079
Ubatuba	2,85	Mirandópolis	25,3	Santos	2087
Oswaldo Cruz	2,86	Oswaldo Cruz	25,7	Ubatuba	2514

*Análise da Tabela 9.10:*

- *Temperatura: seis cidades (Penápolis, Araçatuba, Barretos, São José do Rio Preto, Mirandópolis e Oswaldo Cruz) com maiores valores de temperatura correspondem às*



*idades de menores valores de  $I_{ig;simplicado}$ , todas com temperatura média igual ou maior que 25 °C;*

- *Precipitação: três cidades (Pedrinhas Paulistas, Santos e Ubatuba) são cidades de maiores valores de precipitações e com maiores valores de  $I_{ig;simplicado}$ ;*

#### 9.4.1 Teste de hipótese para as cidades de menores e maiores agressividades

No intuito de identificar se as população de temperatura e precipitação das cidades de maior agressividade e menor agressividade foram alteradas, realiza-se o teste- $F$  entre estas populações  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplicado}$ , para  $\alpha = 0,05$ .

- **Teste- $F$  para temperatura das cidades de menores valores de  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplicado}$**

$H_0$ : a variância das temperaturas das cidades de menores  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplicado}$  são iguais;

$H_1$ : a variância das temperaturas das cidades de menores  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplicado}$  não são iguais;

$F_{obtido}$ : 1,000

$F_{critico}$ : 3,179

Valor  $p$ : 0,500

Conclusão: não rejeitar  $H_0$

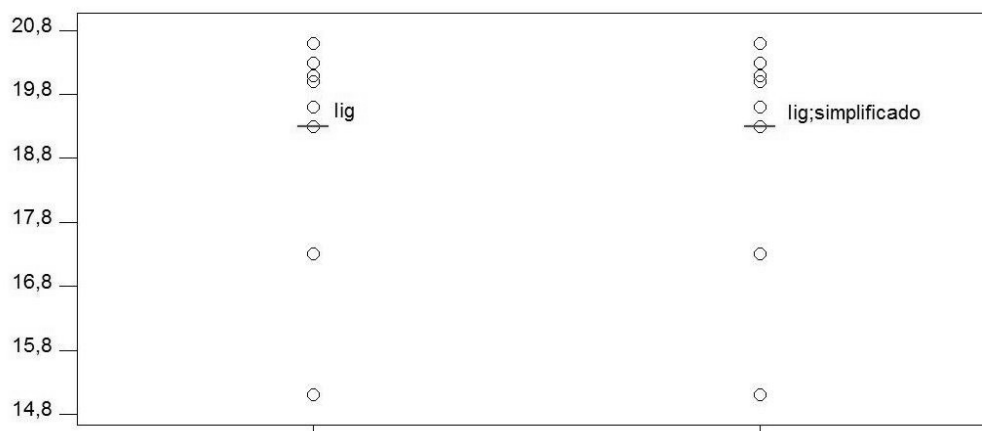


FIGURA 9.23 – Populações de temperatura para as dez cidades de menores  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplicado}$

- **Teste- $F$  para temperatura das cidades de maiores valores de  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplicado}$**

$H_0$ : a variância das temperaturas das cidades de maiores  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplicado}$  são iguais;

$H_1$ : a variância das temperaturas das cidades de maiores  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplicado}$  não são iguais;

$F_{obtido}$ : 1,363

$F_{critico}$ : 3,179

Valor  $p$ : 0,326

Conclusão: não rejeitar  $H_0$

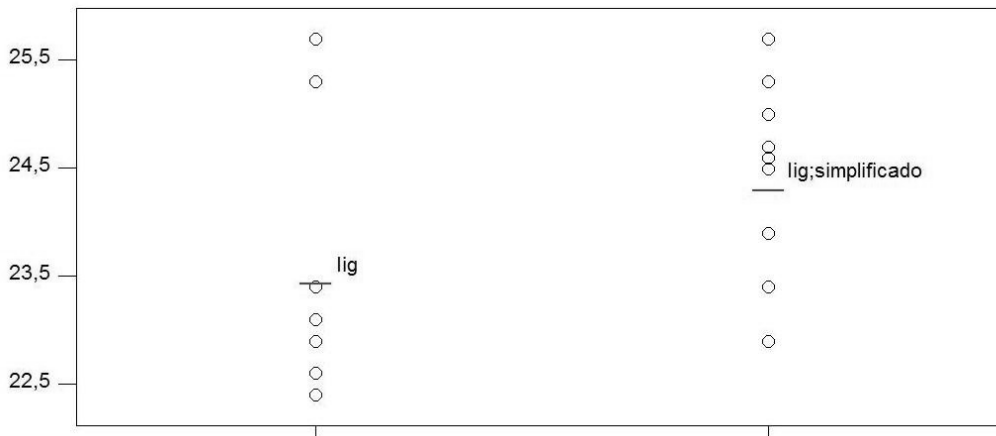


FIGURA 9.24 – Populações de temperatura para as dez cidades de maiores  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplificado}$

• **Teste-F para precipitação das cidades de menores valores de  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplificado}$**

$H_0$ : a variância das precipitações das cidades de menores  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplificado}$  são iguais;

$H_1$ : a variância das precipitações das cidades de menores  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplificado}$  não são iguais;

$F_{obtido}$ : 1,000

$F_{crítico}$ : 3,179

Valor p: 0,500

Conclusão: não rejeitar  $H_0$

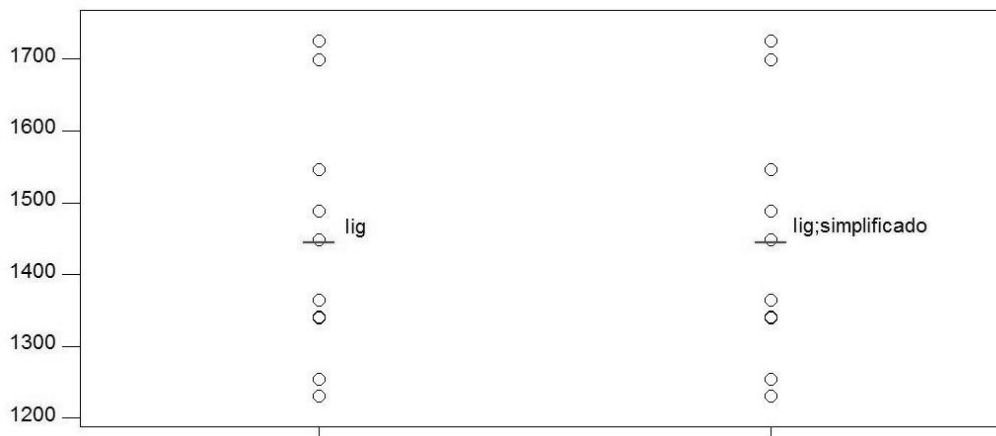


FIGURA 9.25 – Populações de precipitação para as dez cidades de menores  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplificado}$

• **Teste-F para precipitação das cidades de maiores valores de  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplificado}$**

$H_0$ : a variância das precipitações das cidades de maiores  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplificado}$  são iguais;

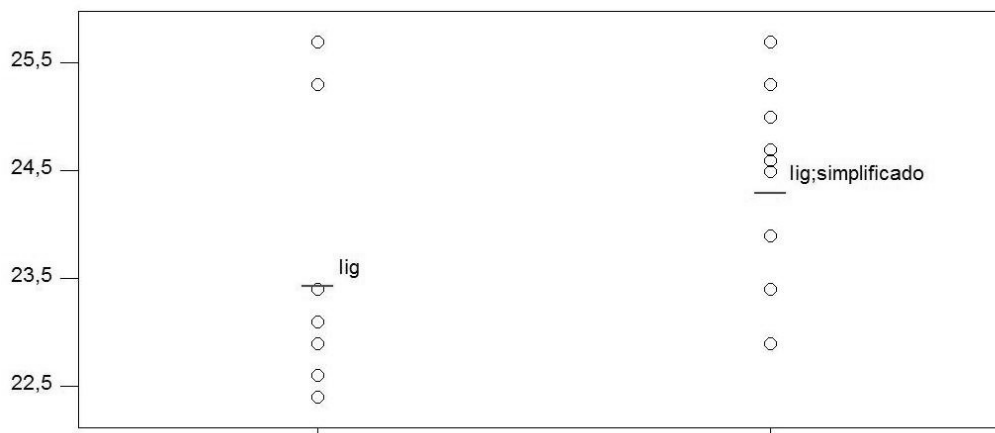
$H_1$ : a variância das precipitações das cidades de maiores  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplificado}$  não são iguais;

$F_{obtido}$ : 0,910

$F_{crítico}$ : 3,179

Valor p: 0,446

Conclusão: não rejeitar  $H_0$



**FIGURA 9.26 – Populações de precipitação para as dez cidades de maiores  $l_{ig}$  e  $l_{ig,simplificado}$**

Não existe evidências estatísticas que indiquem diferença nas populações de temperatura e precipitação para as cidades de menores e maiores agressividade, segundo  $l_{ig}$  e  $l_{ig,simplificado}$ .

Pode-se perceber que as populações de temperatura e precipitação para as cidades menos agressivas são idênticas, Figuras 9.23 e 9.25. A Tabela 9.11 mostra que as mesmas dez cidades de menor  $l_{ig}$  são as de  $l_{ig,simplificado}$ , porém de ordem crescente diferente.

**TABELA 9.11 – Cidades de menores valores de  $l_{ig}$  e  $l_{ig,simplificado}$**

Cidade	$l_{ig}$	Cidade	$l_{ig,simplificado}$
Campos do Jordão	2,04	Campos do Jordão	2,12
São Roque	2,04	Ibiuna	2,15
Ibiuna	2,09	São Roque	2,16
Vargem	2,13	Itararé	2,20
Piedade	2,16	Vargem	2,22
Capão Bonito	2,16	Piedade	2,22
Itararé	2,18	Capão Bonito	2,23
São Pedro	2,22	Bragança Paulista	2,31
Bragança Paulista	2,24	São Pedro	2,32
Itatiba	2,28	Itatiba	2,36

Entretanto as populações de temperatura e precipitação não são idênticas, apesar de não haver evidência estatística que estas sejam diferentes. A Tabela 9.12 mostra que apenas 5 das dez cidades de maiores  $l_{ig,simplificado}$  também estão entre as 10 de maiores  $l_{ig}$ . Esta diferença entre as cidades de maiores agressividades nos dois modelos é a causa da não independência de erro identificada na regressão entre  $l_{ig}$  e  $l_{ig,simplificado}$ , Figuras 9.7 e 9.8.

**TABELA 9.12 – Cidades de menores valores de  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplificado}$** 

<b>Cidade</b>	<b><math>I_{ig}</math></b>	<b>Cidade</b>	<b><math>I_{ig;simplificado}</math></b>
S. J. Rio Pardo	2,67	Pedrinhas Paulista	2,77
Mirandópolis	2,67	Mirandópolis	2,79
Registro	2,69	Penápolis	2,79
Jacupiranga	2,70	Araçatuba	2,80
Pedrinhas Paulista	2,70	Santos	2,80
Sete Barras	2,72	Guaira	2,81
Oswaldo Cruz	2,74	S.J.Rio Preto	2,83
Cananeia	2,74	Barretos	2,84
Santos	2,80	Ubatuba	2,85
Ubatuba	2,85	Oswaldo Cruz	2,86

Assim faz-se necessário verificar se os valores de  $I_{ig;simplificado}$  são diferentes dos  $I_{ig}$  das dez cidades de maiores valores para este último. A Tabela 9.13, compara os valores de  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplificado}$ , para as dez cidades de maiores valores de  $I_{ig}$ .

**TABELA 9.13 – Comparação entre os valores de  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplificado}$** 

<b>Cidade</b>	<b><math>I_{ig}</math></b>	<b><math>I_{ig;simplificado}</math></b>
S. J. Rio Pardo	2,67	2,52
Mirandópolis	2,67	2,79
Registro	2,69	2,69
Jacupiranga	2,70	2,73
Pedrinhas Paulista	2,70	2,77
Sete Barras	2,72	2,72
Oswaldo Cruz	2,74	2,86
Cananeia	2,74	2,74
Santos	2,80	2,80
Ubatuba	2,85	2,85

• **Teste-F para valores de  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplificado}$**

$H_0$ : a variância dos valores de  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplificado}$  são iguais;

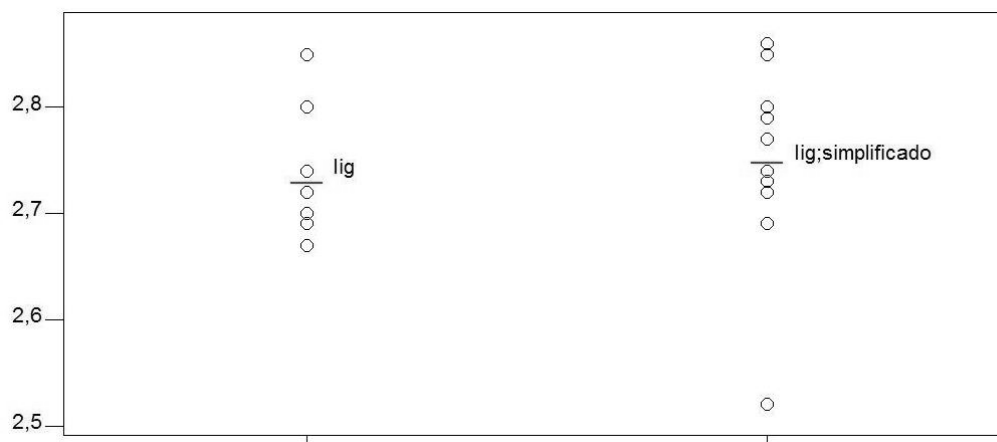
$H_1$ : a variância das valores de  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplificado}$  não são iguais;

$F_{obtido}$ : 2,799

$F_{crítico}$ : 3,179

Valor p: 0,071

Conclusão: não rejeitar  $H_0$

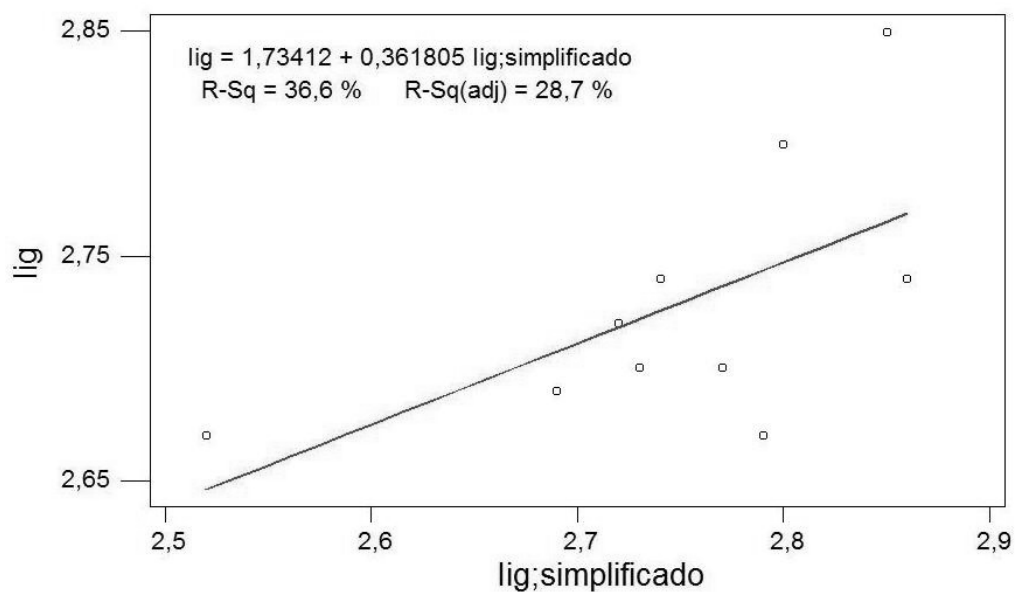


**FIGURA 9.27 – Populações dos maiores dos dez maiores valores de  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplificado}$**

Pelo teste, verifica-se que não existe evidências estatísticas que a população dos 10 maiores valores de  $I_{ig}$ , e assim a agressividade destas dez cidades foi alterada ao se determinar a agressividade através de  $I_{ig;simplificado}$ .

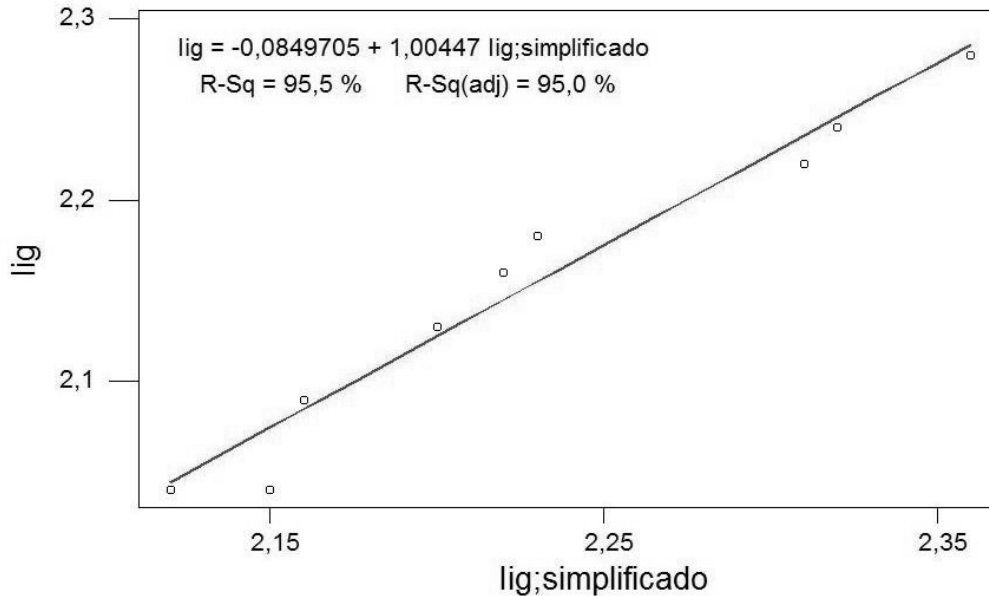
## 9.5 Análise de regressões

Realizando-se uma regressão entre os valores de  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplificado}$  para as dez cidades mais agressivas segundo  $I_{ig}$ , obtem-se um baixo valor do coeficiente de determinação,  $r^2 = 36,6\%$ .



**FIGURA 9.28 – Regressão entre  $I_{ig}$  e  $I_{ig;simplificado}$  para as cidades de maiores valores de  $I_{ig}$**

Entretanto, a regressão entre os valores de  $I_{ig}$  e  $I_{ig,simplificado}$  para as dez cidades menos agressivas segundo  $I_{ig}$ , obtém-se um alto valor do coeficiente de determinação,  $r^2 = 95,5\%$ .



**FIGURA 9.29 – Regressão entre  $I_{ig}$  e  $I_{ig,simplificado}$  para as cidades de menores valores de  $I_{ig}$**

Sendo a equação da reta é dada por:

$$y = a + b.x \quad (9.5)$$

para que os valores da abscissa ( $x$ ) sejam iguais aos da ordenada ( $y$ ), é necessário que o coeficiente linear ( $a$ ) seja nulo, e que o valor do coeficiente angular ( $b$ ) seja igual a 1, conforme a Equação 9.6.

$$y = 0 + 1.x \quad (9.6)$$

Quão maior em módulo for o valor do coeficiente linear ( $a$ ) e do coeficiente angular ( $b$ ), maior é a distância da reta à identidade ( $y = x$ ).

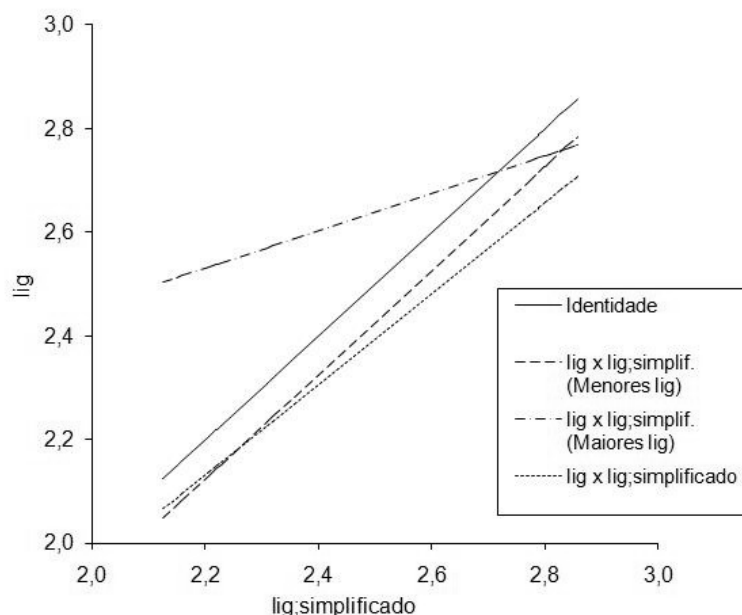
A Tabela 9.14 compara os valores dos coeficientes lineares e angulares da regressão realizadas anteriormente. Verifica-se aos valores dos coeficiente estão muito próximos aos valores para a identidade apenas para regressão dos menores valores  $I_{ig}$ ,

TABELA 9.14 – Valores dos coeficiente das regressões  $I_{ig}$  x  $I_{ig,simplificado}$ 

Regressão	Coeficiente		$r^2$
	Linear (a)	Angular (b)	
$I_{ig}$ x $I_{ig,simplificado}$	0,208034	0,874643	83,3%
$I_{ig}$ x $I_{ig,simplificado}$ (maiores $I_{ig}$ )	1,73412	0,3621805	36,6%
$I_{ig}$ x $I_{ig,simplificado}$ (menores $I_{ig}$ )	- 0,0849705	1,00447	95,5%

Pode-se concluir que a retirada do termo redutor através da variável  $N_{dm}$  (meses secos), a população de  $I_{ig}$  e  $I_{ig,simplificado}$  não são significativamente diferentes. Entretanto, quão maior for o valor de  $I_{ig}$  maior é a diferença entre os valores de  $I_{ig}$  e  $I_{ig,simplificado}$  obtidos. Pela Figuras 9.7 e 9.8, pode-se observar que até aproximadamente  $I_{ig,simplificado}$  de 2,50, não existe grande dispersão de valores em torno da reta de regressão, porém acima deste valor a dispersão de dados em torno da reta de regressão é elevada.

Através da Figura 9.30, percebe-se que a correlação entre os menores valores de  $I_{ig}$  e os seus respectivos  $I_{ig,simplificado}$ , não é igual à reta identidade, entretanto é esta a correlação que mais se aproxima de um paralelismo com a reta identidade. Isto significa que a diferença entre  $I_{ig}$  e  $I_{ig,simplificado}$  é praticamente constante. Na Figura 9.26 estão traçadas as regressões para comparação da inclinação destas com a reta identidade.

FIGURA 9.30 – Regressões de  $I_{ig}$  e  $I_{ig,simplificado}$

Aplicando a Equação 9.7, a qual é a regressão para os 10 menores valores de  $I_{ig}$  e os seus respectivos  $I_{ig; simplificado}$ , à todos os valores de  $I_{ig; simplificado}$ , obtem-se os  $I'_{ig}$  para todas as cidades, os quais são apresentados pela Tabela 9.15.

Para que a determinação da diferença entre os valores de  $I_{ig}$  obtidos pelo modelo inicial de Leicester ( $I_{ig}$ ) e os obtidos pela regressão ( $I'_{ig}$ ) possuam maior precisão, os valores deste, são apresentados com quatro casas decimais.

$$I'_{ig} = 1,00447 \times I_{ig; simplificado} - 0,0849705 \quad (9.7)$$

Subtraindo o valor de  $I'_{ig}$  de  $I_{ig}$  obtem-se o Erro (E) de estimativa, conforme a Eq. 9.8. Através destes é determinado o valor do Erro Médio ( $E_m$ ) de estimativa, Eq. 9.9.

$$E = I_{ig} - I'_{ig} \quad (9.8)$$

$$E_m = \sum_{i=1}^n \frac{I_{ig} - I'_{ig}}{n} \quad (9.9)$$

**TABELA 9.15 – Valores de  $I_{ig}$  e  $I'_{ig}$**

Cidade	$I_{ig}$	$I'_{ig}$	Erro (E)	
			Absoluto	Percentual
Adamantina	2,5658	2,6237	-0,0579	-2,3
Andradina	2,5642	2,6691	-0,1048	-4,1
Araçatuba	2,6311	2,7253	-0,0943	-3,6
Assis	2,4705	2,4739	-0,0034	-0,1
Auriflama	2,5309	2,6563	-0,1254	-5,0
Barretos	2,5579	2,7644	-0,2065	-8,1
Bauru	2,5645	2,6358	-0,0713	-2,8
Bebedouro	2,5149	2,6443	-0,1294	-5,1
Botucatu	2,3569	2,4020	-0,0452	-1,9
Bragança Paulista	2,2371	2,2343	0,0028	0,1
Buritama	2,5121	2,5802	-0,0681	-2,7
Campinas	2,4481	2,4994	-0,0514	-2,1
Campos do Jordão	2,0353	2,0491	-0,0138	-0,7
Cananeia	2,7409	2,6681	0,0727	2,7
Candido Mota	2,3821	2,4175	-0,0355	-1,5
Capão Bonito	2,1634	2,1511	0,0123	0,6
Capivari	2,2925	2,3473	-0,0547	-2,4
CONTINUA				



Cidade	I <sub>ig</sub>	I <sub>ig</sub> ’	Erro (E)	
			Absoluto	Percentual
CONTINUAÇÃO				
Casa Branca	2,3386	2,5252	-0,1866	-8,0
Catanduva	2,3801	2,5902	-0,2101	-8,8
Echaporã – Fazenda Barion	2,4413	2,4460	-0,0047	-0,2
Eldorado	2,5435	2,5820	-0,0385	-1,5
Franca	2,3158	2,5101	-0,1943	-8,4
Guaíra	2,5581	2,7351	-0,1770	-6,9
Ibirarema	2,4724	2,4878	-0,0154	-0,6
Ibiuna	2,0916	2,0715	0,0201	1,0
Iepê	2,4407	2,4179	0,0228	0,9
Ilha Solteira	2,5479	2,6601	-0,1122	-4,4
Ipaussu	2,4449	2,4592	-0,0143	-0,6
Itapetininga	2,3257	2,3129	0,0128	0,6
Itapeva	2,4607	2,4250	0,0356	1,4
Itararé	2,1768	2,1296	0,0471	2,2
Itararé – Delegacia Agrícola	2,5578	2,5173	0,0405	1,6
Itatiba	2,2831	2,2820	0,0011	0,0
Jaboticabal	2,4759	2,5968	-0,1209	-4,9
Jacupiranga – SP	2,6987	2,6535	0,0452	1,7
Jales	2,5068	2,6683	-0,1616	-6,4
Jaú	2,4886	2,5553	-0,0667	-2,7
José Bonifácio	2,5228	2,6692	-0,1464	-5,8
Jundiaí	2,3508	2,3825	-0,0317	-1,3
Limeira	2,3380	2,4261	-0,0881	-3,8
Lins	2,5877	2,6942	-0,1066	-4,1
Manduri	2,4278	2,4182	0,0096	0,4
Maraci	2,5974	2,5931	0,0044	0,2
Marília	2,6172	2,6385	-0,0213	-0,8
Matão	2,5214	2,5901	-0,0687	-2,7
Miracatu	2,6569	2,5838	0,0731	2,8
Mirandópolis	2,6734	2,7146	-0,0412	-1,5
Mirante do Paranapanema	2,5662	2,6058	-0,0396	-1,5
Mococa	2,4979	2,6062	-0,1083	-4,3
Monte Alegre	2,3115	2,3434	-0,0319	-1,4
Oswaldo Cruz	2,7373	2,7852	-0,0479	-1,7
Ourinhos	2,6062	2,6022	0,0041	0,2
Palmital	2,6007	2,5726	0,0282	1,1
Paraesópolis	2,4945	2,5108	-0,0163	-0,7
Paraguacu Paulista – Cocal	2,6290	2,6507	-0,0218	-0,8

Cidade	I <sub>ig</sub>	I <sub>ig</sub> ’	Erro (E)	
			Absoluto	Percentual
CONTINUAÇÃO				
Paraguaçu Paulista - Horto	2,5267	2,5695	-0,0428	-1,7
Pariquera-Açu	2,6514	2,5783	0,0731	2,8
Paulinia	2,5261	2,5527	-0,0266	-1,1
Pedrinhas Paulista	2,6998	2,6986	0,0012	0,0
Penápolis	2,6222	2,7158	-0,0936	-3,6
Piacatu	2,5512	2,6400	-0,0888	-3,5
Piedade	2,1624	2,1445	0,0179	0,8
Pindamonhangaba	2,4751	2,4669	0,0082	0,3
Pindorama	2,4533	2,5723	-0,1190	-4,8
Piracaia	2,3260	2,3264	-0,0005	0,0
Piracicaba	2,4229	2,4728	-0,0500	-2,1
Presidente Prudente	2,6054	2,6391	-0,0336	-1,3
Quatá	2,6132	2,6603	-0,0471	-1,8
Rancharia	2,6453	2,6574	-0,0122	-0,5
Rancharia - Casa da Agricultura	2,5713	2,6430	-0,0717	-2,8
Rancharia - Fazenda Bartira	2,5443	2,5828	-0,0385	-1,5
Registro	2,6913	2,6184	0,0729	2,7
Ribeirão Preto	2,4205	2,5956	-0,1752	-7,2
Santa Barbara do Oeste	2,3418	2,3995	-0,0577	-2,5
Sta. Cruz do Rio Pardo – Faz. Pardo Guacho	2,4512	2,4423	0,0089	0,4
Santa Maria da Serra	2,3986	2,4017	-0,0031	-0,1
Santos	2,8000	2,7275	0,0725	2,6
São Carlos	2,3367	2,4195	-0,0828	-3,5
São José das Laranjeiras	2,6644	2,6473	0,0171	0,6
São José do Rio Pardo	2,6652	2,6885	-0,0232	-0,9
São José do Rio Preto	2,5859	2,7552	-0,1694	-6,5
São Paulo	2,4204	2,3938	0,0266	1,1
São Pedro	2,2208	2,2436	-0,0228	-1,0
São Pedro do Turvo	2,5225	2,5400	-0,0174	-0,7
São Roque	2,0435	2,0830	-0,0396	-1,9
São Simão	2,4294	2,6212	-0,1919	-7,9
Sete Barras	2,7234	2,6507	0,0728	2,7
Sorocaba	2,3736	2,4038	-0,0302	-1,3
Sumaré	2,2900	2,4061	-0,1161	-5,1
Taquaritinga	2,5128	2,5058	0,0070	0,3
Tarumã	2,5492	2,5678	-0,0185	-0,7
Tatuí	2,3360	2,3692	-0,0331	-1,4
Taubaté	2,4265	2,4000	0,0265	1,1

Cidade	I <sub>ig</sub>	I <sub>ig</sub> '	Erro (E)	
			Absoluto	Percentual
CONTINUAÇÃO				
Tietê	2,3483	2,3941	-0,0458	-2,0
Tupã	2,5849	2,6574	-0,0726	-2,8
Tupi Paulista	2,5755	2,6939	-0,1184	-4,6
Ubatuba	2,8541	2,7818	0,0722	2,5
Valinhos	2,4771	2,5123	-0,0352	-1,4
Valpariso	2,5549	2,6628	-0,1080	-4,2
Vargem	2,1314	2,1434	-0,0121	-0,6
Vargem. Gde. do Sul - As. dos Bataticultores	2,3718	2,5298	-0,1579	-6,7
Votuporanga	2,5743	2,6628	-0,0885	-3,4

O valor do Erro Médio ( $E_m$ ) é de -0,0438074. Somando este valor à Eq. 9.7, obtem-se o modelo final ajustado aos dados do Estado de São Paulo, o qual será chamado de *Índice Climático do Estado de São Paulo* de apodrecimento de madeira em contato com o solo.

$$I_{LL-SP} = 1,00447 \times I_{ig,simplificado} - 0,0849705 - 0,0438074 \quad (9.10)$$

$$I_{LL-SP} = 1,00447 \times I_{ig,simplificado} - 0,12878 \quad (9.11)$$

Assim são propostos dois modelos, o modelo simplificado (Eq. 9.12) o qual foi mostrado possuir pequena variação do modelo inicial de Leicester, e o modelo ajustado ao Estado de São Paulo (Eq. 9.13).

$$I_{ig,simplificado} = f(R_{média})^{0,3} \times g(T_{média})^{0,2} \quad (9.12)$$

$$I_{LL-SP} = 1,00447 \times f(R_{média})^{0,3} \times g(T_{média})^{0,2} - 0,12878 \quad (9.13)$$

$$f(R_{média}) = \begin{cases} 0, & \text{Se } R_{média} \leq 250 \text{ mm} \\ f_0(R_{média}), & \text{Se } R_{média} > 250 \text{ mm} \end{cases} \quad (9.14)$$

$$f_0(R_{média}) = 10 \times [1 - e^{-0,001(R_{média}-250)}] \quad (9.15)$$

$$g(T_{média}) = \begin{cases} 0, & \text{Se } T_{média} \leq 5^\circ\text{C} \\ -1 + 0,2 \times T_{média}, & \text{Se } 5^\circ\text{C} < T_{média} \leq 20^\circ\text{C} \\ -25 + 1,4 \times T_{média}, & \text{Se } T_{média} > 20^\circ\text{C} \end{cases} \quad (9.16)$$



## 10 METODOLOGIA DE INSPEÇÃO

---

A seguir é descrita a metodologia de inspeção dos postes a ser realizada. Deve-se ressaltar que as inspeções foram realizadas apenas nos postes de eucalipto.

### 10.1 Dados dos postes

Antes de se iniciar as inspeções nos postes, os dados “data de preservação”, “tipo de preservativo” e “diâmetro” foram anotados, para compor a análise posteriormente.

Os dados do poste, idade e tipo preservativo, foram obtidos através da plaqueta de identificação a qual todos os postes possuem, Figura 10.1



**FIGURA 10.1 – Plaqueta de identificação dos postes**

Como acima dito a data indicada na plaqueta é a da preservação, e não da instalação. Assim a idade determinada por esta, não é exatamente o tempo no qual poste está em serviço.

Porém, como a real idade em serviço não foi possível de se obter, e em vista que a data da preservação está próxima da data de instalação, considerar-se-á a data de preservação para a determinação da idade do poste.

O diâmetro do poste no afloramento foi obtido através da determinação da circunferência desta região, nesta posição, Figura 10.2



**FIGURA 10.2 – Determinação da circunferência no afloramento**

Não foi possível a obtenção do tipo de madeira de eucalipto de origem dos postes, pois a grande maioria dos postes não possuía esta indicação na plaqueta de identificação. Assim, este dado não será descrito e analisado.

## **10.2 Inspeção por perfuração controlada**

A perfuração controlada foi realizada utilizando o equipamento IML-RESIF500-S. Este equipamento possui uma broca de 50 cm e produz um furo de 3mm, não sendo prejudicial ao poste a perfuração realizada. A Figura 10.3 mostra o equipamento<sup>1</sup>.

---

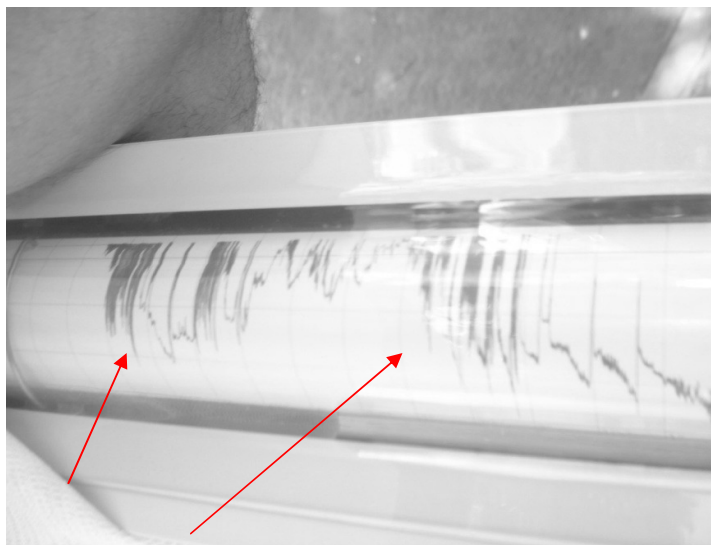
<sup>1</sup> Segurando o equipamento, o funcionário do LaMEM Samuel Inácio de Sá;



**FIGURA 10.3 – Equipamento de perfuração controlada IML-RESIF500-S**

O equipamento possui dois sistemas de registro do perfil da perfuração.

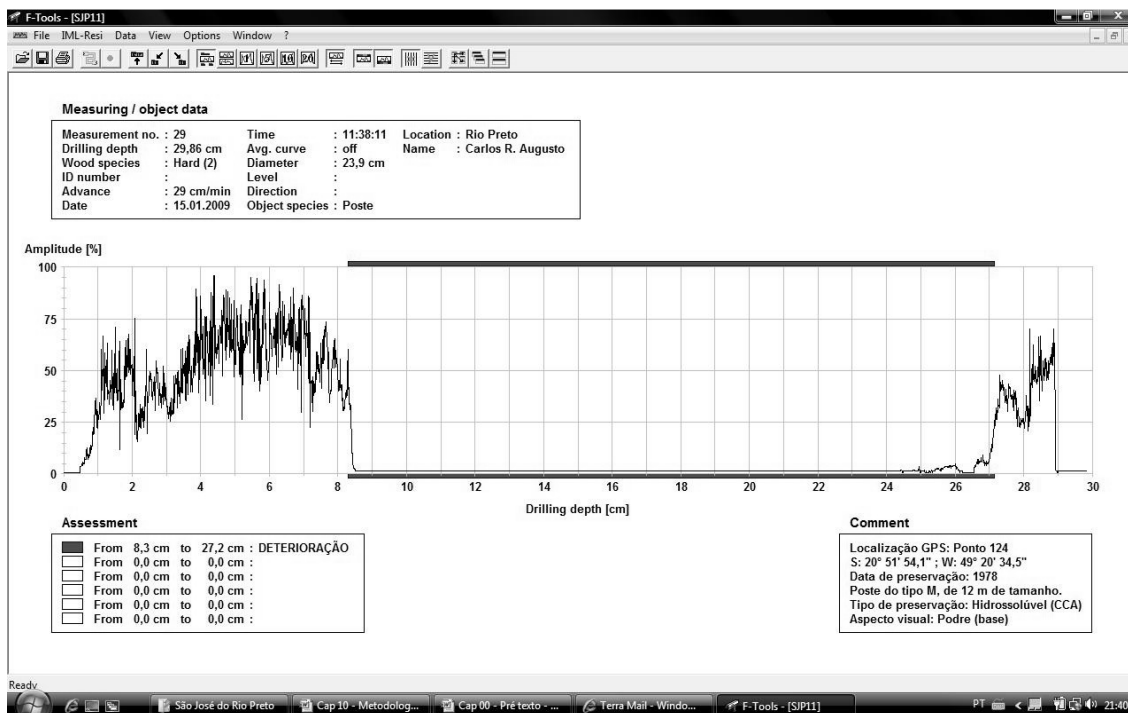
O primeiro sistema é o de registro em papel, através de uma agulha que risca a superfície deste, deixando impresso o perfil de perfuração, Figura 10.4. Este perfil fica exatamente com o mesmo comprimento perfurado ao longo da seção transversal da peça inspecionada. O papel de registro deve ser substituído a cada nova perfuração.



**FIGURA 10.4 – Registro do perfil em papel**

O segundo sistema é de armazenamento digital, através de uma caixa coletora de dados. Após a realização da perfuração, através de sistema *BLUETOOTH*, os dados são transmitidos para um computador pessoal. Por este sistema pode-se transmitir os dados após várias perfurações terem sido realizadas.

Após a transmissão dos vários perfis de perfuração, estes são analisados em um software que acompanha o equipamento. A Figura 10.5 mostra um perfil de perfuração visto através do software de análise.



**FIGURA 10.5 – Tela de software para análise do perfil perfurado**

Através deste software, é possível determinar com precisão o comprimento deteriorado da seção transversal do elemento que foi inspecionado.

Como exemplo, a Figura 10.5 mostra o perfil de perfuração no qual o comprimento deteriorado foi determinado entre a profundidade de 8,3 cm e 27,2 cm, total de 18,9 cm.

Entretanto, para realização da perfuração de postes na região do afloramento, o equipamento dispõe de uma ponteira chanfrada à 45°, Figuras 10.6 e 10.7





**FIGURA 10.6 – Equipamento de perfuração com ponteira chanfrada**



**FIGURA 10.7 – Perfuração no afloramento do poste**

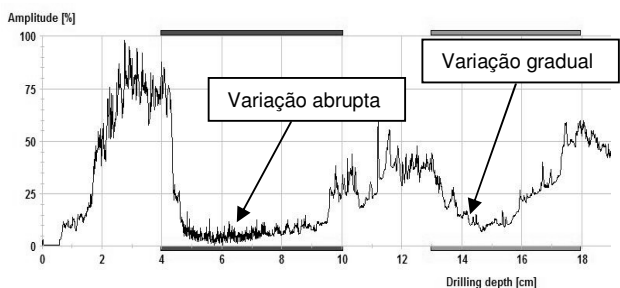
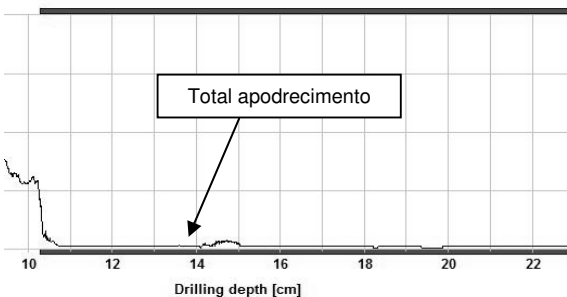

Utilizando-se a ponteira chanfrada, o comprimento perfurado acaba sendo maior que o diâmetro do poste. Para se corrigir esta diferença devido ao ângulo, divide-se o valor do comprimento perfurado e do comprimento deteriorado por 1,414, que corresponde ao valor da diagonal do quadrado de lado unitário. O valor obtido é o valor real da degradação existente no poste.

### 10.3 Análise dos perfis da perfuração controlada

A análise dos perfis de perfuração foi realizada considerando os critérios de análise mostrados na Tabela 10.1

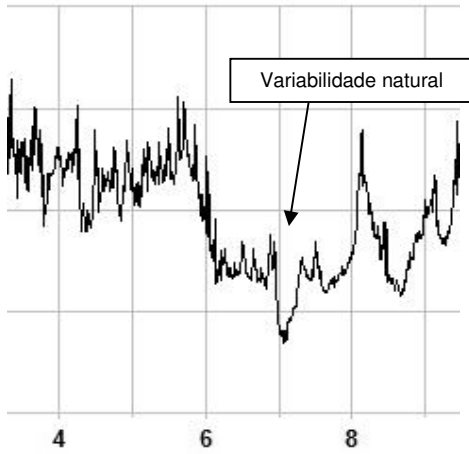
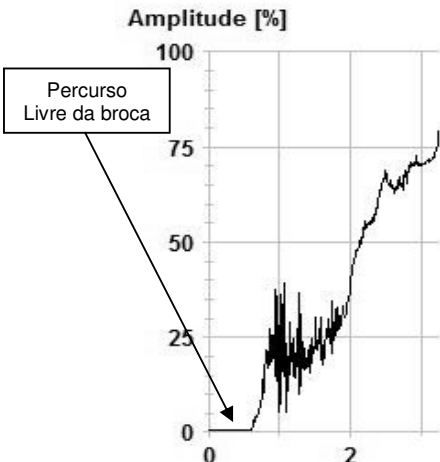
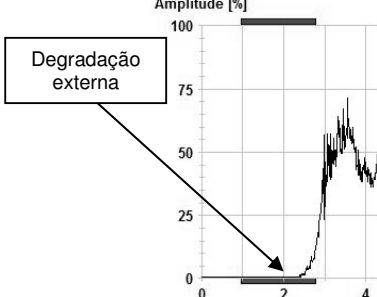
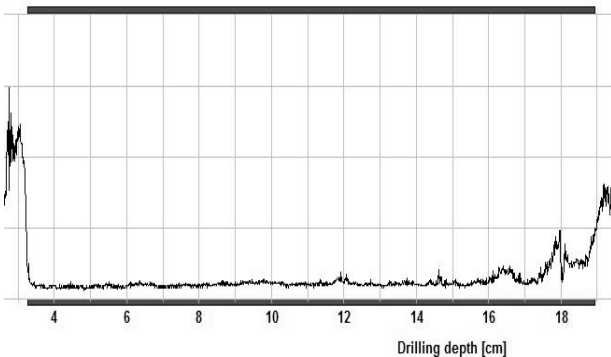
Utilizando estes critérios de análise, foram analisados os postes identificando a presença de apodrecimento interno, ou não.

**TABELA 10.1 – Perfis de deterioração de postes de madeira**

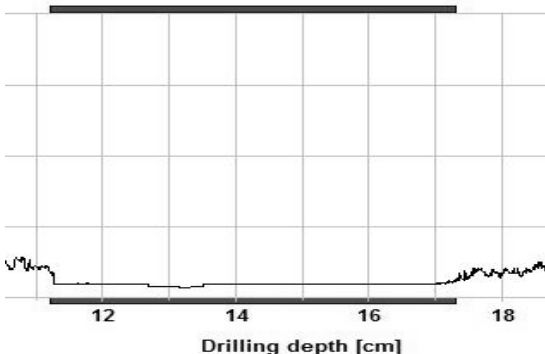
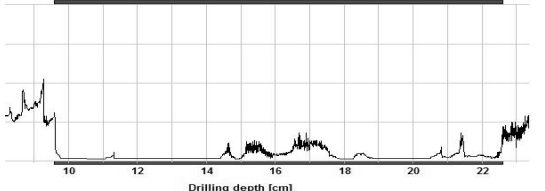
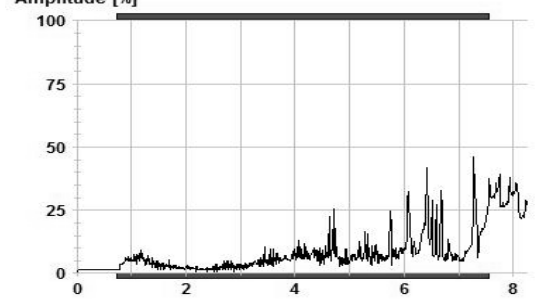
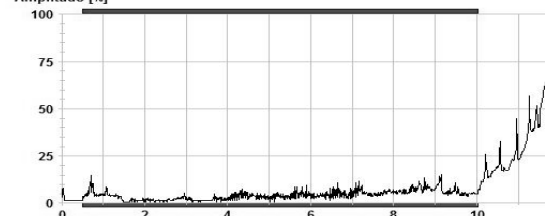
Perfil	Trecho de perfil	Descrição
1		<p>Entre 4 cm a 10 cm de profundidade, ocorre uma redução abrupta da resistência, associada com uma possível degradação interna da madeira;</p> <p>Entre 13 a 18 cm, ocorre uma variação de resistência de forma gradual, considerada como uma variação natural da resistência da madeira;</p>
2		<p>Total degradação da madeira entre as profundidades de aproximadamente 10 cm e 23 cm, não apresentando nenhuma resistência a perfuração pela broca;</p>
3		<p>Presença de uma variação abrupta de resistência, de pequena extensão, associada com um defeito natural da madeira, do tipo racha (ver ANEXO B);</p>

CONTINUA

## CONTINUAÇÃO

4		<p>Variação abrupta de resistência, entretanto não associada a um defeito natural do tipo racha, pois apresenta resistência à perfuração;</p>
5		<p>Percurso livre da broca, sem perfurar a madeira, próximo de 1 cm;</p>
6		<p>O apodrecimento superficial, considerado após o primeiro centímetro de profundidade, devido ao percurso livre da broca;</p>
7		<p>Degradação interna de longa extensão, apresentando baixa resistência à perfuração e pequena variabilidade;</p>

## CONTINUAÇÃO

8		Degradação interna de pequena extensão, de baixa resistência constante à perfuração;
9		Degradação interna de longa extensão com baixa resistência à perfuração, apresentando pico de maior resistência;
10		Degradação externa de longa extensão, com resistência à perfuração apresentando grande variabilidade
11		Degradação externa de longa extensão, com resistência à perfuração apresentando baixa variabilidade;

A Tabela 10.1 é uma sugestão inédita para a análise de perfuração em postes de madeira e corresponde a experiência de 149 ensaios de perfuração em postes de várias regiões do Estado de São Paulo.

## 11 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

A seguir é feita a descrição e análise estatística dos dados dos postes inspecionados no estudo.

### 11.1 Descrição dos postes inspecionados

Ao total foram visitadas 14 cidades do Estado de São Paulo. A Tabela 11.1 mostra a identificação cidades visitadas para as inspeções em postes, bem como o a nomenclatura utilizada para identificação e os respectivos valores climáticos.

**TABELA 11.1 – Identificação das cidades visitadas**

	Cidade / Identificação		Temperatura (°C)	Precipitação (mm)	Meses secos	I <sub>lg</sub>	I <sub>lg,simplificado</sub>
1	Araçatuba	Ara	24,6	1424	1,11	2,63	2,80
2	Barretos	Bar	24,7	1510	1,75	2,56	2,84
3	Bauru	Bau	23,8	1373	1,00	2,56	2,71
4	Campinas	Cam	22,2	1456	0,92	2,45	2,57
5	Campos do Jordão	CJo	15,1	1726	0,80	2,04	2,12
6	Capão Bonito	CBo	20,1	1364	0,55	2,16	2,23
7	Itapetininga	Itga	21,1	1338	0,50	2,33	2,39
8	Itapeva	Itva	21,3	1605	0,30	2,46	2,50
9	Lins	Lins	24,4	1387	1,20	2,59	2,77
10	Matão	Mat	23,5	1329	1,00	2,52	2,66
11	Penápolis	Pen	24,5	1421	1,11	2,62	2,79
12	São José Rio Preto	SJRP	25,0	1417	1,55	2,59	2,83
13	Ubatuba	Uba	22,9	2514	0,00	2,85	2,85
14	Valparaíso	Val	24,3	1331	1,22	2,55	2,74

A Tabela 11.2 mostra os dados identificados nas inspeções dos postes, sendo eles tratamento preservativo, idade e diâmetro.

Em cada cidade visitada, foram inspecionados 12 postes, totalizando 168 postes inspecionados neste estudo. Entretanto, devido à não gravação de dados de alguns postes, pelo sistema de armazenamento digital do equipamento de perfuração controlada, não foi possível utilizar todos os 168 perfis de perfuração no estudo.

Em cada poste inspecionado foi realizado apenas uma perfuração

Ao total são apresentados os dados de inspeção de 149 postes, Tabela 11.2.

O comprimento perfurado corresponde ao valor total da perfuração inclinada a 45° na região do afloramento.

O comprimento deteriorado corresponde ao valor corrigido do trecho avaliado como deteriorado, isto é, o valor determinado através do software de análise de perfil, dividido por 1,414.

O Grau de deterioração é a relação entre o comprimento deteriorado e o diâmetro do postes, o qual será analisado posteriormente.

**TABELA 11.2 – Dados do levantamento de campo**

Numero	Poste	Tratamento Preservativo	Idade (anos)	Diâmetro (cm)	Comprimento (cm)		Grau de Deterioração
					Perfurado	Deteriorado	
1	Ara1	CCB	20	23,6	24,6	0,0	0,00
2	Ara2	Creosoto	20	22,3	28,5	0,0	0,00
3	Ara3	CCA	29	20,1	20,1	6,0	0,30
4	Ara4	CCA	29	25,5	30,6	4,2	0,14
5	Ara5	CCA	19	24,2	23,9	6,0	0,25
6	Ara6	Creosoto	20	23,2	26,6	0,0	0,00
7	Ara7	CCA	12	25,1	25,1	0,0	0,00
8	Ara8	CCA	22	24,2	28,0	0,0	0,00
9	Ara9	CCA	22	24,5	35,3	0,0	0,00
10	Ara10	CCB	27	26,7	27,5	0,0	0,00
11	Ara11	CCB	20	24,2	29,4	9,2	0,31
12	Bar2	CCA	21	26,4	28,9	1,4	0,05
13	Bar3	CCA	18	21,0	35,6	0,0	0,00
14	Bar4	CCA	18	24,5	27,4	3,7	0,13
15	Bar5	CCA	18	27,1	27,0	1,4	0,05
16	Bar6	CCA	18	20,7	20,8	0,0	0,00
17	Bar7	CCA	21	24,8	28,5	8,8	0,31
18	Bar8	CCA	18	19,1	25,2	7,6	0,30
19	Bar9	CCA	18	18,1	22,7	0,0	0,00
20	Bau1	CCA	14	21,6	24,6	0,0	0,00
21	Bau2	CCA	14	20,7	23,4	0,0	0,00
22	Bau3	CCA	15	19,7	21,1	0,0	0,00
23	Bau4	CCA	15	20,1	23,9	0,0	0,00
24	Bau5	CCA	15	20,7	25,1	0,0	0,00
25	Bau6	CCA	15	19,7	29,8	9,2	0,31
26	Bau7	CCA	15	19,4	27,4	1,4	0,05

CONTINUA

Numero	Poste	Tratamento Preservativo	Idade (anos)	Diâmetro (cm)	Comprimento (cm)		Grau de Deterioração
					Perfurado	Deteriorado	
CONTINUAÇÃO							
27	Bau8	CCA	15	20,7	26,0	0,0	0,00
28	Bau9	CCA	15	20,1	25,1	0,0	0,00
29	Bau10	Creosoto	15	24,2	29,1	0,0	0,00
30	Bau11	CCA	21	17,8	19,9	0,0	0,00
31	Bau12	CCA	14	24,5	29,0	0,0	0,00
32	Cam1	CCA	17	28,6	31,7	3,7	0,12
33	Cam2	CCA	17	33,1	38,3	0,0	0,00
34	Cam3	CCA	17	26,4	42,6	14,8	0,35
35	Cam4	CCA	13	21,3	24,7	8,8	0,36
36	Cam6	CCA	13	21,0	21,6	0,0	0,00
37	Cam7	CCA	13	28,3	42,1	7,1	0,17
38	Cam8	CCA	13	22,9	31,9	5,6	0,18
39	Cam9	CCB	11	20,7	23,8	3,6	0,15
40	Cam10	CCA	11	22,0	25,7	1,8	0,07
41	Cam11	CCB	15	28,0	33,0	2,6	0,08
42	CJo1	CCA	27	26,1	31,9	3,0	0,10
43	CJo2	CCA	14	24,2	26,6	1,1	0,04
44	CJo3	CCA	14	20,4	21,9	0,0	0,00
45	CJo4	CCA	14	20,7	21,4	1,3	0,06
46	CJo6	CCA	28	21,0	23,5	0,7	0,03
47	CJo7	CCA	27	23,2	23,8	0,0	0,00
48	CJo8	CCA	14	22,9	26,0	1,4	0,05
49	CJo9	CCA	14	19,1	21,0	1,1	0,05
50	CJo11	CCA	23	20,4	22,5	0,0	0,00
51	CJo12	CCA	23	21,3	21,7	0,0	0,00
52	CBo1	CCA	8	10,8	18,8	0,0	0,00
53	CBo2	CCA	8	13,7	21,4	0,0	0,00
54	CBo3	CCA	8	13,1	20,8	0,0	0,00
55	CBo4	CCA	8	13,4	20,3	0,0	0,00
56	CBo5	CCA	8	10,2	19,0	0,0	0,00
57	CBo6	CCA	8	13,4	20,5	0,0	0,00
58	CBo7	CCA	8	11,8	21,4	0,0	0,00
59	CBo8	CCA	8	12,7	22,0	0,0	0,00
60	CBo9	CCA	8	10,5	19,8	0,0	0,00
61	CBo10	CCA	8	15,9	23,7	0,0	0,00
62	CBo11	CCA	8	12,7	23,3	7,1	0,30
63	CBo12	CCA	8	15,9	24,4	10,1	0,41
64	Itga1	CCA	9	22,3	24,6	0,0	0,00

Numero	Poste	Tratamento Preservativo	Idade (anos)	Diâmetro (cm)	Comprimento (cm)		Grau de Deterioração
					Perfurado	Deteriorado	
CONTINUAÇÃO							
65	Itga2	CCA	5	19,4	22,4	0,0	0,00
66	Itga3	Creosoto	5	17,8	18,2	3,8	0,21
67	Itga4	Creosoto	5	20,4	22,6	12,9	0,57
68	Itga5	CCB	5	15,9	17,6	0,0	0,00
69	Itga6	CCB	5	16,6	19,7	6,9	0,35
70	Itga7	CCB	5	16,9	22,4	3,5	0,16
71	Itga8	CCB	5	15,9	17,7	0,0	0,00
72	Itga9	CCA	9	15,6	16,3	0,0	0,00
73	Itga10	CCB	9	17,5	19,0	2,8	0,15
74	Itga11	CCA	9	17,2	22,2	0,0	0,00
75	Itga12	CCB	25	30,9	33,3	0,0	0,00
76	Itva1	CCA	18	18,8	22,6	0,0	0,00
77	Itva2	CCA	18	18,8	23,2	0,0	0,00
78	Itva3	CCA	18	21,0	24,8	0,0	0,00
79	Itva4	CCA	18	21,3	23,6	0,0	0,00
80	Itva5	CCA	18	21,3	29,3	0,0	0,00
81	Itva7	CCA	18	23,2	23,1	0,0	0,00
82	Itva8	CCA	18	25,5	19,6	0,0	0,00
83	Itva9	CCA	18	32,8	32,8	0,0	0,00
84	Itva10	CCA	18	22,3	25,3	0,0	0,00
85	Itva11	CCA	18	22,0	22,9	0,0	0,00
86	Itva12	CCA	18	22,0	18,5	0,0	0,00
87	Lins1	CCA	20	19,7	23,6	0,0	0,00
88	Lins3	CCA	20	19,1	27,1	0,0	0,00
89	Lins4	CCA	16	21,0	25,3	1,8	0,07
90	Lins5	CCA	23	18,8	25,4	9,1	0,36
91	Lins7	CCA	10	19,1	32,0	0,0	0,00
92	Lins9	CCA	16	17,2	20,0	0,0	0,00
93	Lins10	CCA	16	17,2	23,3	12,3	0,53
94	Mat1	CCA	3	26,7	30,2	0,0	0,00
95	Mat2	CCA	27	22,9	32,3	10,3	0,32
96	Mat3	CCA	23	20,1	25,2	3,2	0,13
97	Mat4	CCA	23	24,2	27,0	0,0	0,00
98	Mat5	Creosoto	21	21,6	24,4	0,0	0,00
99	Mat6	Creosoto	21	21,6	27,6	9,6	0,35
100	Mat7	Creosoto	21	21,3	22,8	0,0	0,00
101	Mat8	CCA	23	21,0	23,5	0,0	0,00
102	Mat9	Creosoto	21	20,1	24,5	11,0	0,45



Numero	Poste	Tratamento Preservativo	Idade (anos)	Diâmetro (cm)	Comprimento (cm)		Grau de Deterioração
					Perfurado	Deteriorado	
CONTINUAÇÃO							
103	Mat10	CCB	21	26,4	26,8	0,0	0,00
104	Mat11	Creosoto	21	22,6	27,2	0,0	0,00
105	Mat12	CCB	21	20,7	32,6	6,2	0,19
106	Pen1	CCB	16	20,4	24,8	0,0	0,00
107	Pen2	CCB	16	19,7	24,9	2,1	0,09
108	Pen3	CCB	16	20,1	24,2	0,0	0,00
109	Pen4	CCB	16	17,5	24,5	0,0	0,00
110	Pen5	CCB	16	23,2	29,4	2,8	0,10
111	Pen6	CCB	16	18,8	19,0	0,0	0,00
112	Pen7	CCB	16	19,7	23,6	10,8	0,46
113	Pen8	CCB	16	23,2	29,8	0,0	0,00
114	Pen9	CCB	16	23,9	27,3	0,0	0,00
115	Pen10	CCB	16	21,3	29,7	0,0	0,00
116	Pen12	CCB	11	21,6	23,9	0,0	0,00
117	SJRP1	CCA	32	23,2	26,0	0,0	0,00
118	SJRP2	CCA	32	25,5	33,4	0,0	0,00
119	SJRP3	CCA	32	23,2	24,7	0,0	0,00
120	SJRP4	Creosoto	19	24,8	24,8	13,4	0,54
121	SJRP6	CCA	18	25,5	25,6	0,0	0,00
122	SJRP7	CCA	18	19,7	26,6	0,0	0,00
123	SJRP8	CCA	18	26,7	29,7	6,5	0,22
124	SJRP9	CCA	18	22,3	22,9	0,0	0,00
125	SJRP10	CCA	31	25,8	32,4	6,1	0,19
126	SJRP11	CCA	31	23,9	29,9	18,9	0,63
127	Uba1	CCA	19	21,6	21,4	0,0	0,00
128	Uba2	CCA	19	25,1	27,3	0,0	0,00
129	Uba3	CCA	18	21,6	23,3	0,0	0,00
130	Uba4	CCA	25	23,6	26,4	0,0	0,00
131	Uba5	CCA	22	25,5	26,0	0,0	0,00
132	Uba6	CCA	15	18,8	20,8	0,0	0,00
133	Uba7	CCA	11	22,9	24,8	0,0	0,00
134	Uba8	CCA	11	23,2	29,0	0,0	0,00
135	Uba9	CCA	11	19,7	22,5	0,0	0,00
136	Uba10	CCA	24	23,2	24,6	10,5	0,43
137	Uba11	Creosoto	15	19,1	19,4	0,0	0,00
138	Uba12	Creosoto	15	22,0	24,2	0,0	0,00
139	Val1	CCB	21	20,7	23,6	4,6	0,19
140	Val2	CCA	6	22,9	26,2	1,4	0,05

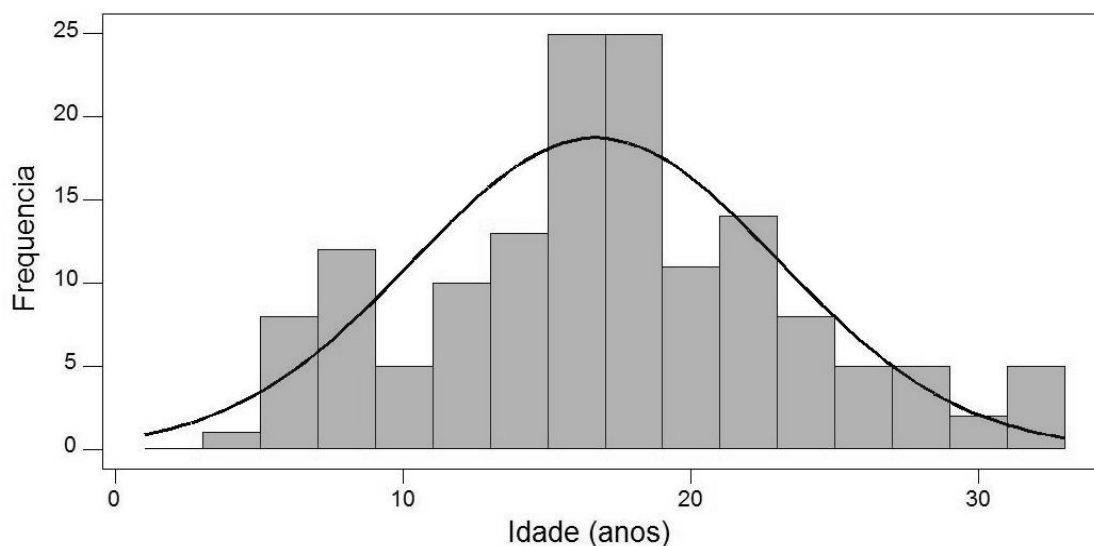
Numero	Poste	Tratamento Preservativo	Idade (anos)	Diâmetro (cm)	Comprimento (cm)		Grau de Deterioração
					Perfurado	Deteriorado	
CONTINUAÇÃO							
141	Val3	Creosoto	19	25,8	33,4	0,0	0,00
142	Val4	CCA	25	22,3	27,3	2,3	0,08
143	Val5	CCA	25	22,3	22,7	0,0	0,00
144	Val6	Creosoto	23	23,6	23,8	0,0	0,00
145	Val7	CCA	12	25,1	25,1	2,5	0,10
146	Val8	CCA	12	20,7	25,6	0,0	0,00
147	Val9	Creosoto	14	25,1	25,9	0,0	0,00
148	Val10	CCA	26	21,6	27,0	3,8	0,14
149	Val12	CCA	12	20,1	36,3	1,1	0,03

A Tabela 11.3, mostra a estatística descritiva da idade e diâmetro do poste.

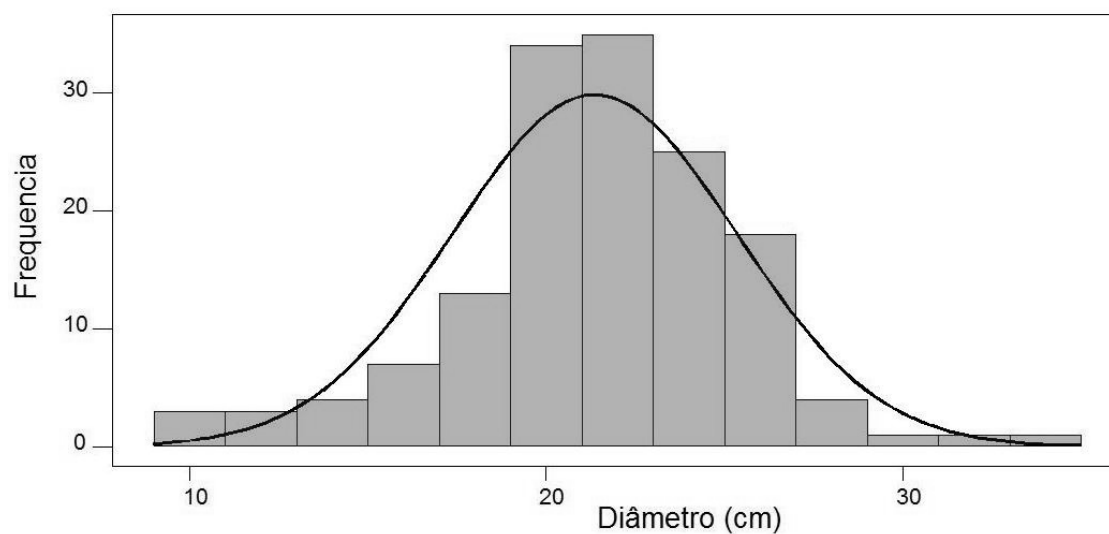
**TABELA 11.3 – Estatística descritiva dos postes inspecionados**

Estatística	Diâmetro (cm)	Idade (anos)
Média	21,4	16,7
Desvio padrão amostral	4,0	6,4
Mínimo	10,2	3,0
Máximo	33,1	32,0
Amplitude	22,9	29,0

As Figuras 11.1 e 11.2 mostram a distribuição de frequência absoluta para os valores de diâmetro e idade dos postes.



**FIGURA 11.1 – Histograma de frequência absoluta das idades**



**FIGURA 11.2 – Histograma de frequência absoluta dos diâmetros**

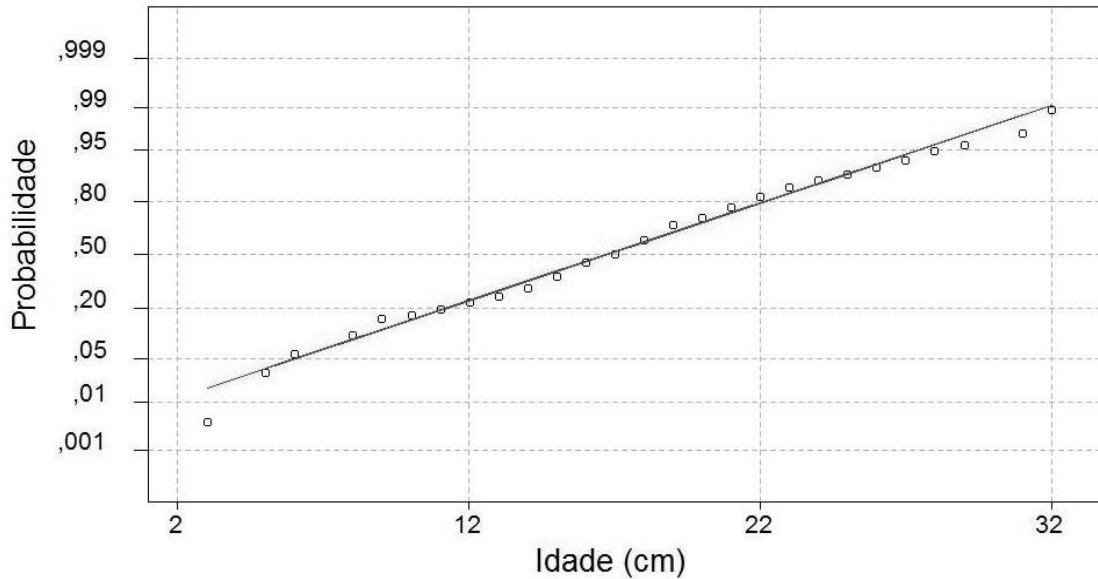
A Tabela 11.4 mostra o teste de normalidade para os valores de idade e diâmetro postes inspecionados, adotando-se  $\alpha = 0,01$ .

**TABELA 11.4 – Teste de normalidade dos valores de idade e diâmetro dos postes inspecionados**

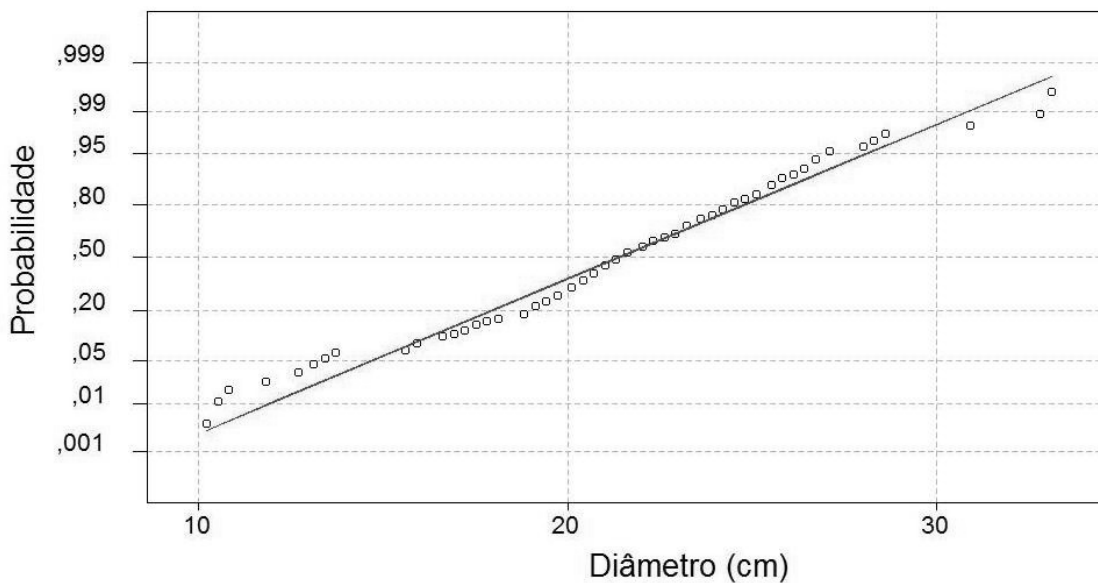
Item	n	$d_{crit}$	d	Conclusão $H_0$
Idade	149	0,134	0,045	Não Rejeitar
Diâmetro	149	0,134	0,079	Não Rejeitar

Pode-se observar que a hipótese  $H_0$  de que os dados provém de uma distribuição normal, não deve ser rejeitada para a idade e diâmetro dos postes.

As Figuras 11.3 e 11.4 mostram a dispersão dos dados em torno da curva normal acumulada, para os dados testados.



**FIGURA 11.3 – Teste de normalidade para as idades dos postes**



**FIGURA 11.4 – Teste de normalidade para os diâmetros dos postes**

A Tabela 11.5 mostra a distribuição absoluta e relativa dos preservativos presentes nos postes inspecionados.

**TABELA 11.5 – Distribuição absoluta e relativa do tipo de preservativo presente nos postes inspecionados**

Preservativo	Distribuição	
	Absoluta	Relativa
CCA	86	67%
CCB	26	20%
CREOSOTO	17	13%
<b>Total</b>	129	-

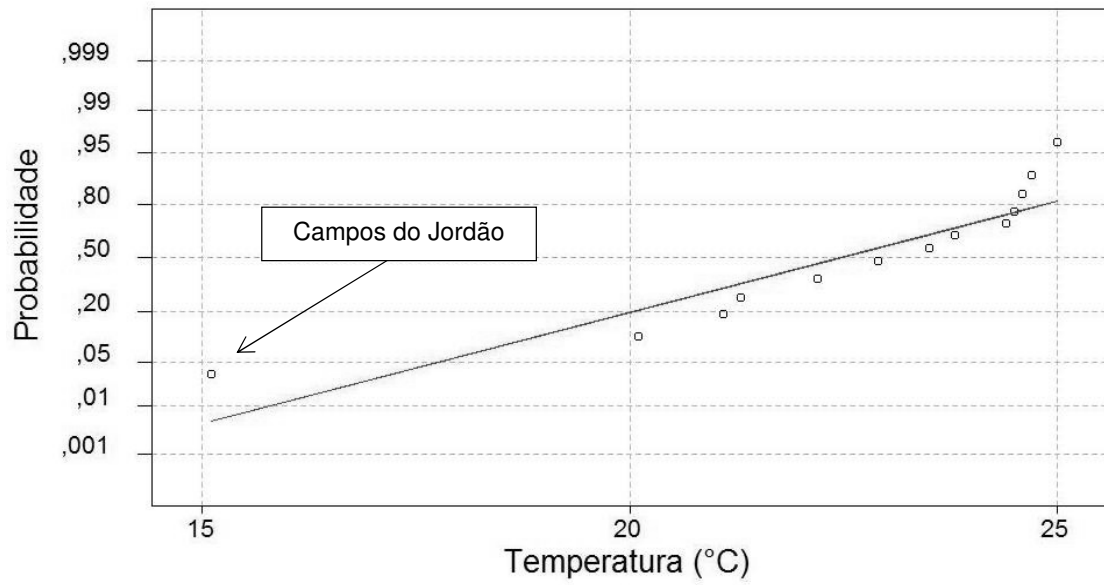
A Tabela 11.6 mostra os valores obtidos no teste de normalidade para os valores de temperatura, precipitação, meses secos,  $I_{ig}$  e  $I_{ig:simplificado}$ , adotando-se  $\alpha = 0,01$ .

**TABELA 11.6 – Teste de normalidade dos dados climáticos**

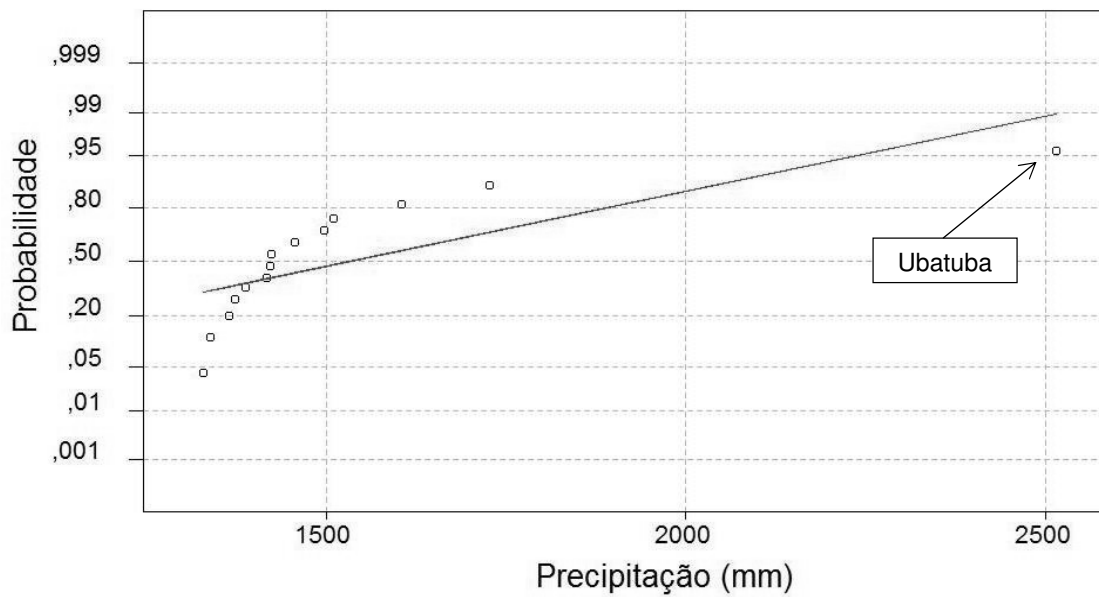
Item	n	$d_{crit}$	d	Conclusão $H_0$
Temperatura	149	0,134	0,123	Não Rejeitar
Precipitação	149	0,134	0,283	Rejeitar
Meses Secos	149	0,134	0,080	Não Rejeitar
$I_{ig}$	149	0,134	0,168	Rejeitar
$I_{ig:simplificado}$	149	0,134	0,165	Rejeitar

Segundo os testes realizados, apenas os dados de temperatura e meses secos podem ser considerados pertencentes a uma distribuição normal.

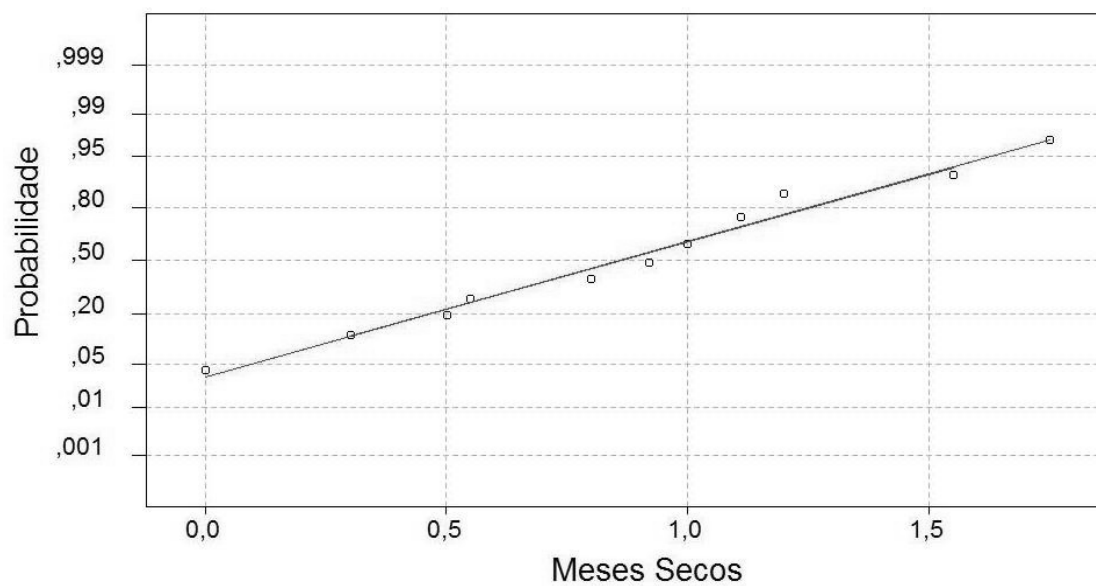
As Figuras 11.5 à 11.9, mostram as respectivas distribuições dos dados em torno da curva normal acumulada.



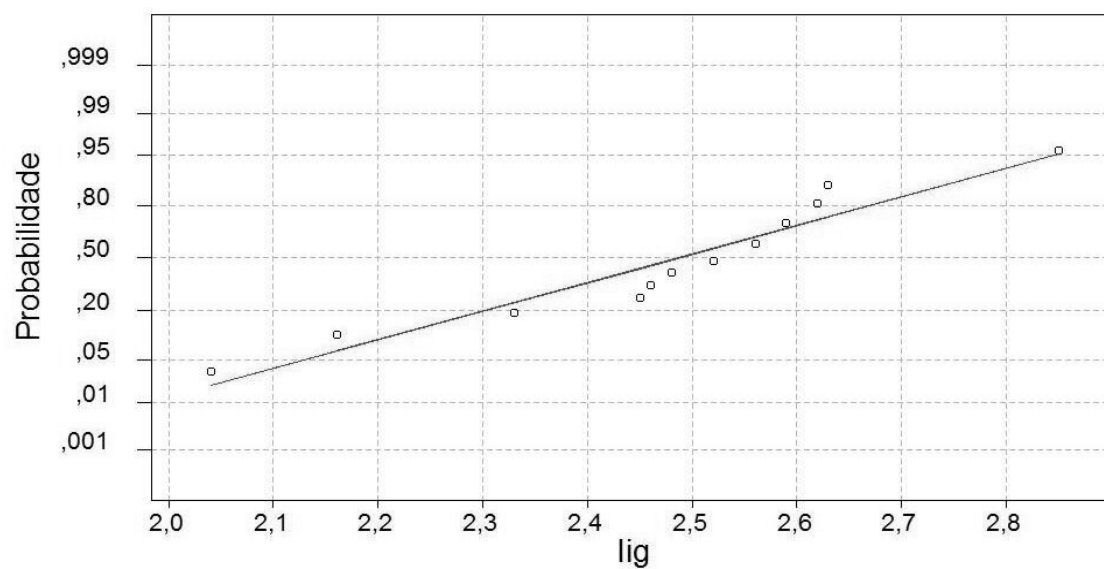
**FIGURA 11.5 – Teste de normalidade para as temperaturas dos postes**



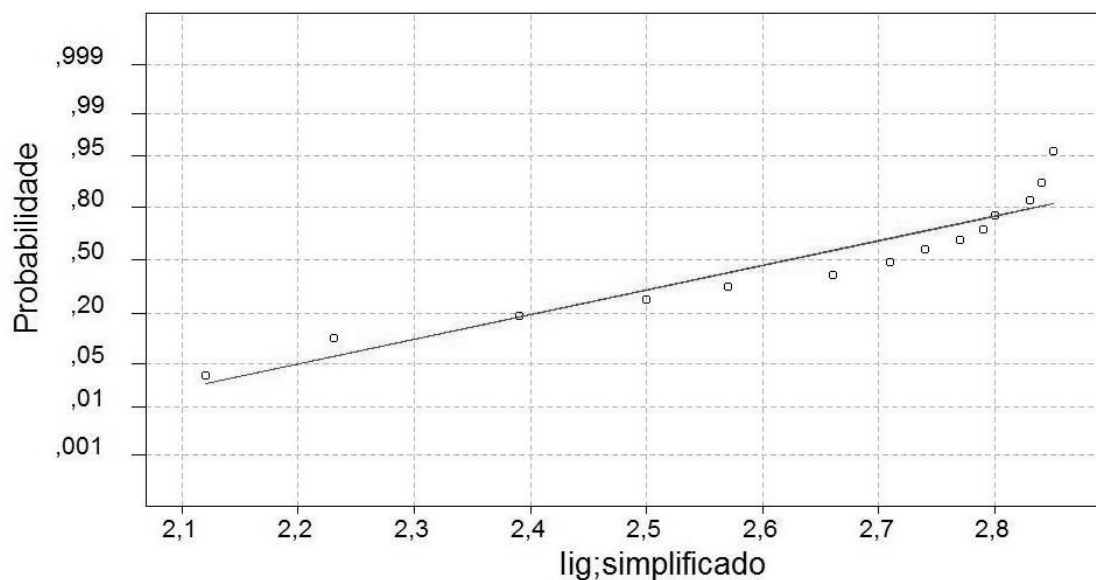
**FIGURA 11.6 – Teste de normalidade para as precipitações dos postes**



**FIGURA 11.7 – Teste de normalidade para os meses secos dos postes**



**FIGURA 11.8 – Teste de normalidade para o  $l_{ig}$  dos postes**



**FIGURA 11.9 – Teste de normalidade  
para o  $l_{ig,simplificado}$  dos postes**

## 11.2 Identificação de populações

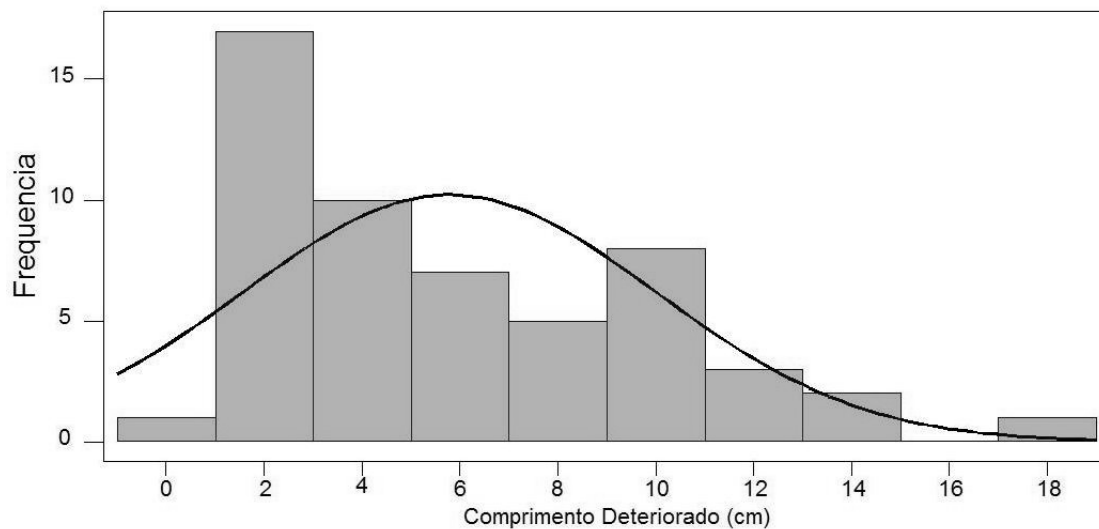
A Tabela 11.7 mostra a estatística descritiva para o comprimento deteriorado para os postes em que foram identificados apodrecimento. A Figura 11.16 mostra o histograma de frequência absoluta para os valores de comprimento deteriorado.

**TABELA 11.7 – Estatística descritiva do comprimento deteriorado**

<b>Estatística</b>	<b>Comprimento deteriorado (cm)</b>
n	54
Média	5,8
Mínimo	0,7
Máximo	18,9
Amplitude	13,1

Pela Figura 11.10 verifica-se a máxima frequência dos dados ocorre no valor de 2 cm de comprimento, apresentando redução gradual da frequência com o aumento do valor.



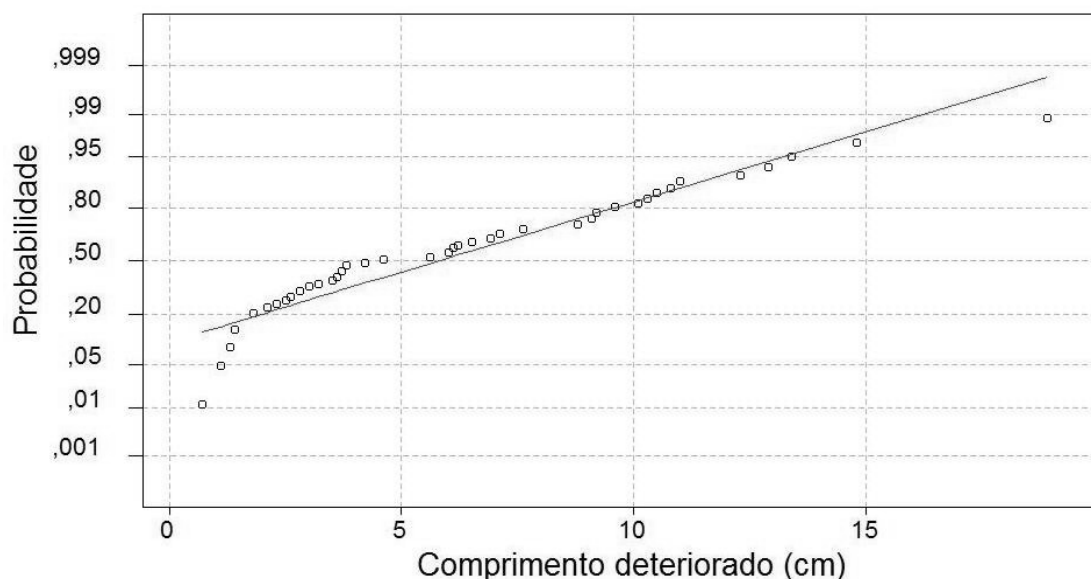


**FIGURA 11.10 – Histograma de frequência absoluta dos comprimento deteriorado**

Entretanto, apesar do histograma não possuir a aparência de uma distribuição normal, os valores do teste de normalidade, não permitem rejeitar a hipótese  $H_0$  de normalidade dos dados, Tabela 11.8 e Figura 11.11.

**TABELA 11.8 – Teste de normalidade dos valores de comprimento deteriorado**

Item	n	$d_{crit}$	d	Conclusão $H_0$
Comprimento deteriorado	54	0,222	0,163	Não Rejeitar



**FIGURA 11.11 – Teste de normalidade para o comprimento deteriorado dos postes**

Para a realização da análise de populações, os postes inspecionados foram divididos em duas populações, os SÃOS e os DETERIORADOS.

A população dos postes SÃOS é aquela em que estes não apresentaram deterioração ao longo do perfil de perfuração, constando na Tabela 11.2 o valor “0,00 cm” de comprimento deteriorado.

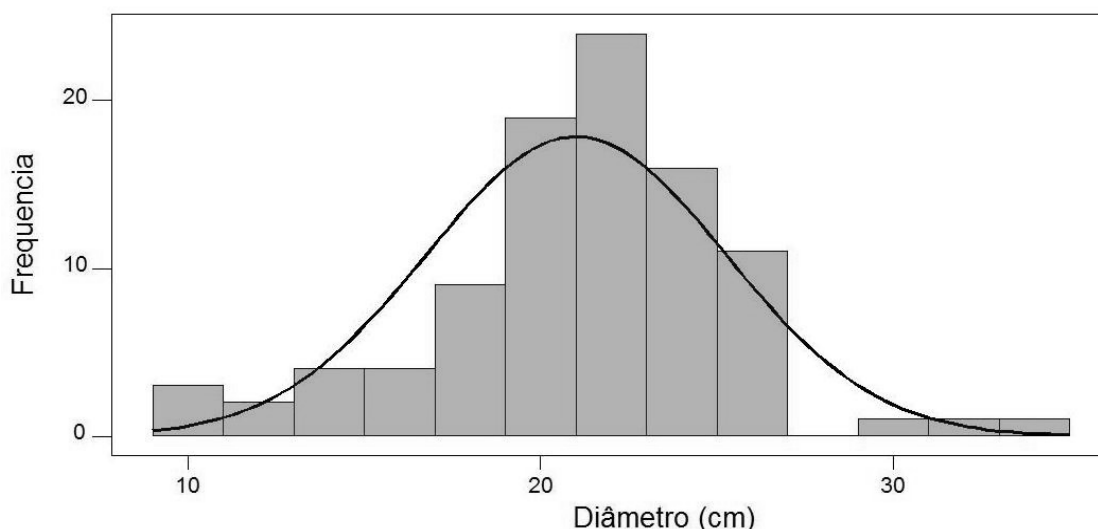
A população dos postes DETERIORADOS é aquela em que os postes apresentam um comprimento de deterioração ao longo do perfil de perfuração, não se fazendo distinção dos valores de deterioração.

A Tabela 11.9 mostra os valores de estatística descritiva para as populações de postes SÃOS e DETERIORADOS.

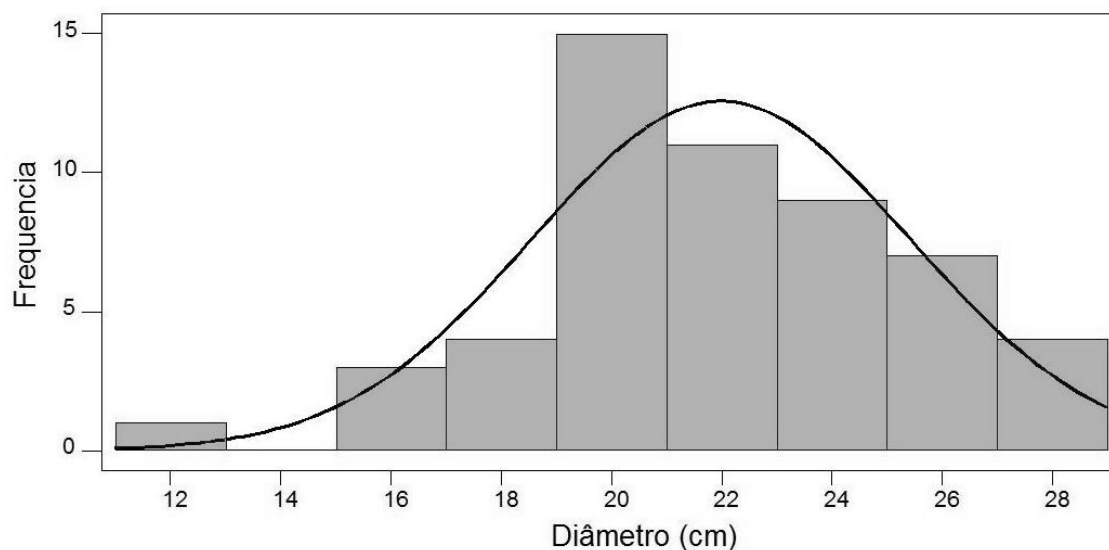
**TABELA 11.9 – Estatística descritiva dos diâmetros dos postes SÃOS e DETERIORADOS**

<b>Estatística</b>	<b>SÃOS</b>	<b>DETERIORADOS</b>
n	95	54
Média	21,0	22,0
Desvio padrão amostral	4,2	3,4
Mínimo	10,2	12,5
Máximo	33,1	28,7
Amplitude	22,9	16,2

As Figuras 11.12 e 11.13 mostram a distribuição de frequência absoluta para a população de postes SÃOS e DETERIORADOS.



**FIGURA 11.12 – Histograma de frequência absoluta dos diâmetros dos postes SÃOS**



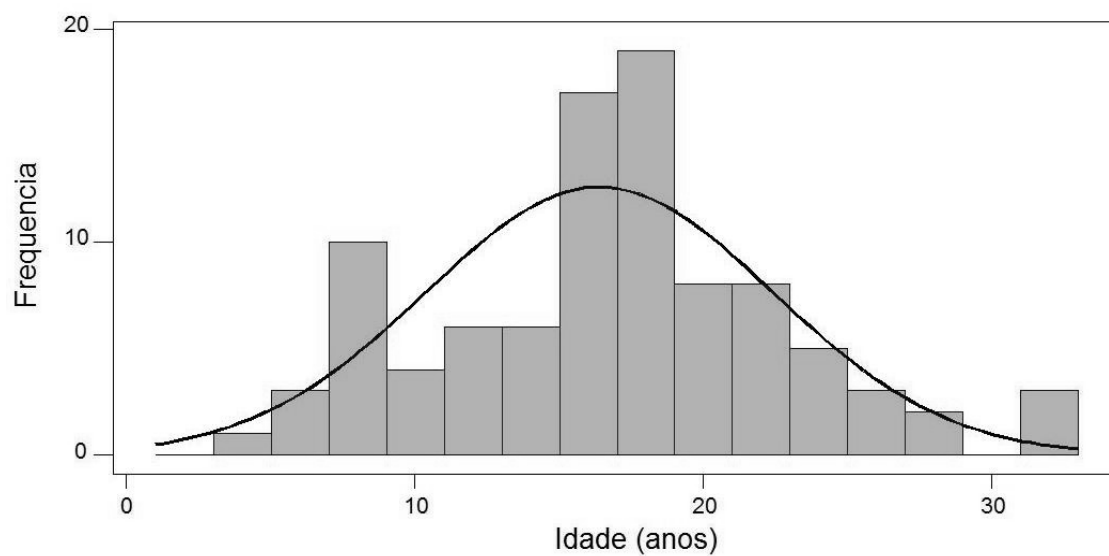
**FIGURA 11.13 – Histograma de frequência absoluta dos diâmetros dos postes DETERIORADOS**

Comparandos os histogramas dos diâmetros, percebe-se que os postes DETERIORADOS apresentam uma maior frequência acima dos valores de 20 cm.

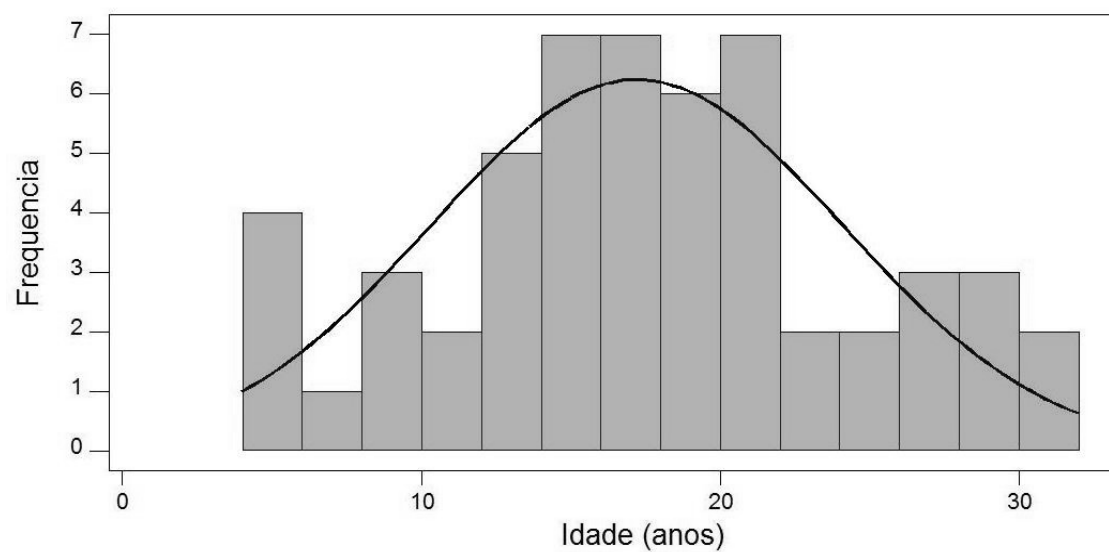
**TABELA 11.10 – Estatística descritiva das idades dos postes SÃOS e DETERIORADOS**

<b>Estatística</b>	<b>Postes SÃOS</b>	<b>Postes DETERIORADOS</b>
N	95	54
Média	16,4	17,2
Desvio padrão amostral	6,0	6,9
Mínimo	3	5
Máximo	32	31
Amplitude	29	26

As Figuras 11.14 e 11.15 mostram a distribuição de frequência absoluta para a população de postes SÃOS e DETERIORADOS.



**FIGURA 11.14 – Histograma de frequência absoluta das idades dos postes SÃOS**



**FIGURA 11.15 – Histograma de frequência absoluta das idades dos postes DETERIORADOS**

### 11.3 Testes de Hipótese para os postes (*Teste-F*)

Para identificar se as populações dos postes SÃOS e DETERIORADOS são diferentes, com relação à idade e diâmetro, realiza-se o *teste-F* para  $\alpha = 0,05$ .

- **Teste-F para o diâmetro dos postes**

$H_0$ : a variância dos diâmetros dos postes para os postes SÃOS e DETERIORADOS são iguais;

$H_1$ : a variância dos diâmetros dos postes para os postes SÃOS e DETERIORADOS não são iguais;

$F_{obtido}$ : 1,535

$F_{crítico}$ : 1,515

Valor P: 0,045

Conclusão: rejeitar  $H_0$

A Figura 11.16 compara a população dos postes SÃOS e DETERIORADOS, sendo possível notar que a dispersão das idades dos postes SÃOS é maior que a dos postes DETERIORADOS, corroborando com os valores do *teste-F* acima.

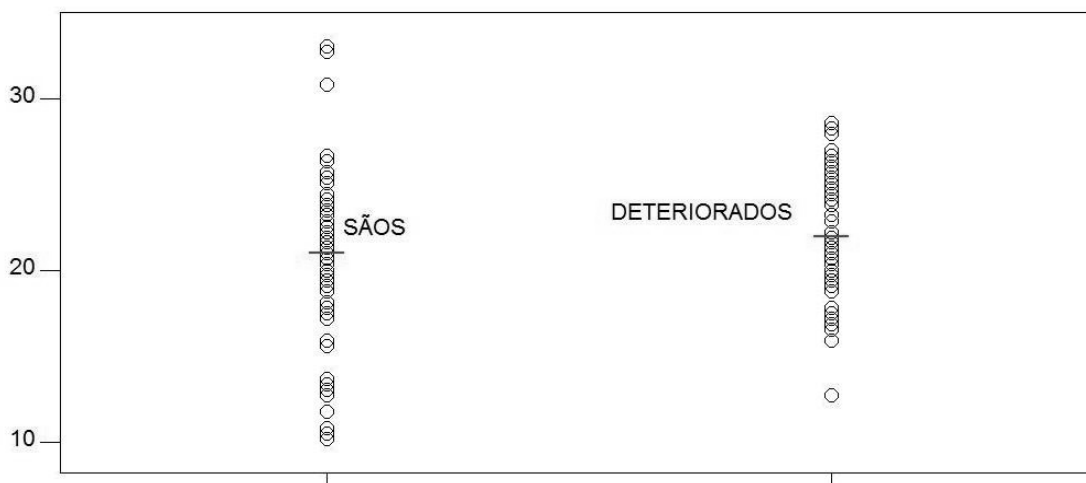


FIGURA 11.16 – Populações dos diâmetros dos postes SÃOS e DETERIORADOS

- **Teste-F para a idade dos postes**

$H_0$ : a variância das idades dos postes para os postes SÃOS e DETERIORADOS são iguais;

$H_1$ : a variância das idades dos postes para os postes SÃOS e DETERIORADOS não são iguais;

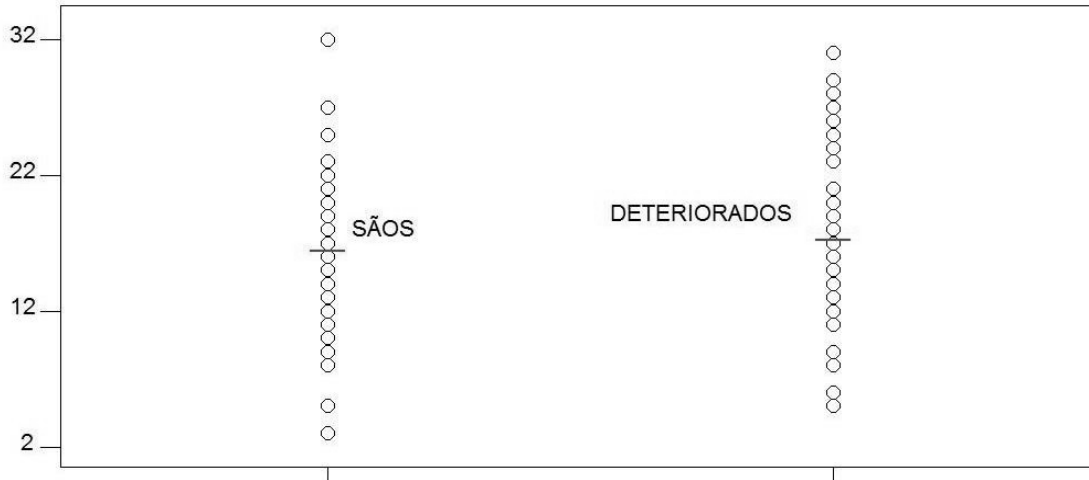
$$F_{obtido}: 1,310$$

$$F_{critico}: 1,476$$

$$Valor P: 0,126$$

Conclusão: não rejeitar  $H_0$

A Figura 11.17 compara a população dos postes SÃOS e DETERIORADOS. A dispersão das populações dos valores de diâmetro dos postes SÃOS e DETERIORADOS, e muito próxima, confirmando o teste- $F$  realizado para estes dados.



**FIGURA 11.17 – Populações das idades dos poste SÃOS e DETERIORADOS**

Pode-se observar que existe evidências estatísticas que as populações dos diâmetros dos postes SÃOS e DETERIORADOS, são diferentes entre si. Entretanto, o mesmo não pode ser dito com relação a estas populações para as idades dos postes.

#### 11.4 Análise dos tratamentos preservativos

Em virtude dos tratamentos preservativos serem analisados através de variáveis qualitativas (CCA, CCB, Creosoto), o método de análise para estas é o Teste de Independência pelo  $\chi^2$  (Qui-quadrado)<sup>1</sup>.

Para a realização do teste, monta-se a tabela de contingência, Tabela 11.11., estando em colunas as variáveis SÃOS e DETERIORADOS, e nas linhas as variáveis CCA, CCB e Creosoto.

<sup>1</sup> Ver Anexo I;

TABELA 11.11 – Frequência observada dos tratamentos

Tratamento	SÃOS	DETERIORADOS	Total
CCA	70	38	108
CCB	14	11	25
Creosoto	11	5	16
Total	95	54	149

Através das frequências observadas nos tratamentos, obtem-se as frequências esperadas, Tabela 11.12.

TABELA 11.12 – Frequências esperadas para os tratamentos

Tratamento	SÃOS	DETERIORADOS
CCA	68,86	39,14
CCB	15,94	9,06
Creosoto	10,20	5,80

Sendo a hipótese  $H_0$ :

- $H_0$ : existe independência da deterioração dos postes com o produto preservativo utilizado;
- $H_1$ : existe dependência da deterioração dos postes com o produto preservativo utilizado;

Para<sup>2</sup>

$\nu = 2$                        $\alpha = 0,05$                        $\chi^2_{\text{crítico}} = 5,991$                        $\chi^2_{\text{obtido}} = 0,876$                       Valor P = 0,645  
(graus de liberdade)

Sendo o valor de  $\chi^2_{\text{obtido}}$  menor que  $\chi^2_{\text{crítico}}$ , deve-se aceitar a hipótese  $H_0$ .

Conclui-se que não foram encontradas evidências significativas de dependência entre os tratamentos dados à madeira e a ocorrência de postes deteriorados.

## 11.5 Testes de Hipótese (ANOVA)

O teste-F realizado anteriormente teve por finalidade identificar se as populações de valores são iguais.

<sup>2</sup> Valor de  $\chi^2_{\text{crítico}}$  obtido pela tabela da página 248 de Costa Neto (2002);

Já o teste de hipótese realizado por ANOVA, tem como finalidade verificar se a média das populações são iguais. Assim para  $\alpha = 0,05$ , tem-se:

- **ANOVA para o diâmetro dos postes**

$H_0$ : a média das diâmetro dos postes para os postes SÃOS e DETERIORADOS são iguais;

$H_1$ : a média dos diâmetro dos postes SÃOS e DETERIORADOS não são iguais;

$F_{obtido}$ : 2,059

$F_{crítico}$ : 3,905

Valor P: 0,153

Conclusão: não rejeitar  $H_0$

- **ANOVA para a idade dos postes**

$H_0$ : a média das idades dos postes para os postes SÃOS e DETERIORADOS são iguais;

$H_1$ : a média das idades dos postes SÃOS e DETERIORADOS não são iguais;

$F_{obtido}$ : 0,575

$F_{crítico}$ : 3,905

Valor P: 0,449

Conclusão: não rejeitar  $H_0$

Apesar de haver evidências de que as populações de postes SÃOS e DETERIORADOS são diferentes em relação aos diâmetros, o teste por ANOVA não dá evidências que as média são diferentes, pois não se pode rejeitar a hipótese  $H_0$  de igualdade das médias.

Porém o teste por ANOVA corrobora com o teste- $F$ , para as idades dos postes SÃOS e DETERIORADOS. Já que as populações são iguais, espera-se que a as médias também sejam.

A seguir são mostrados os testes ANOVA para os dados climáticos temperatura, precipitação, meses secos,  $I_{ig}$  e  $I_{ig; simplificado}$ .

A escolha para este caso do teste ANOVA e não do teste- $F$ , deu-se pois entende-se que estes valores não constituem populações no sentido real do termo estatístico. Entende-se que estes são “repetições” de valores, visto que há vários postes SÃOS bem como DETERIORADOS apresentando os mesmos valores, algo que é claro devido terem sido inspecionados vários postes em uma mesma cidade, e sendo cada cidade representado por um valor de temperatura, precipitação, meses secos,  $I_{ig}$  e  $I_{ig; simplificado}$ .

Neste caso, o rigor estatístico é deixado de lado pois as repetições de valores de temperatura, precipitação,  $I_{ig}$  e  $I_{ig; simplificado}$  não apresentam normalidade. O teste ANOVA é realizado com o total conhecimento que a teoria exige que exista normalidade entre este valores.

O que aqui é proposto é um “teste de balança”, isto é, identificar se a repetição dos valores de temperatura, precipitação, meses secos,  $I_{ig}$  e  $I_{ig; simplificado}$  “pesa” mais para um lado



ou para o outro da balança, postes SÃOS e DETERIORADOS, respectivamente. Quer se identificar se existe diferença de peso nesta balança, mesmo não atendendo o rigor estatístico.

Assim para  $\alpha = 0,05$ , tem-se:

- **ANOVA para temperatura**

$H_0$ : a média das temperaturas para os postes SÃOS e DETERIORADOS são iguais;

$H_1$ : a média das temperaturas para os postes SÃOS e DETERIORADOS não são iguais;

$F_{obtido}$ : 0,401

$F_{crítico}$ : 3,905

Valor P: 0,528

Conclusão: não rejeitar  $H_0$

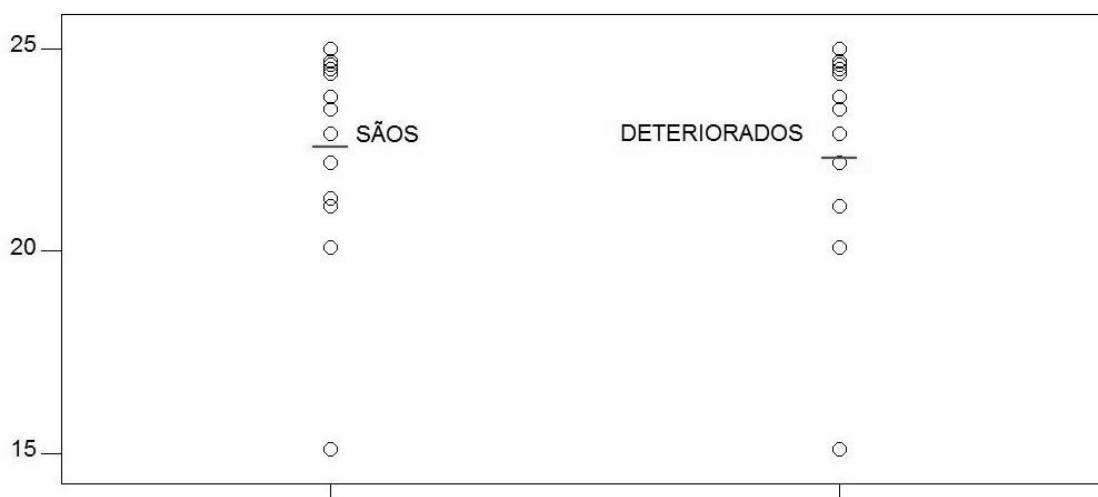


FIGURA 11.18 – Valores de temperatura para postes SÃOS e DETERIORADOS

- **ANOVA para precipitação**

$H_0$ : a média das precipitações para os postes SÃOS e DETERIORADOS são iguais;

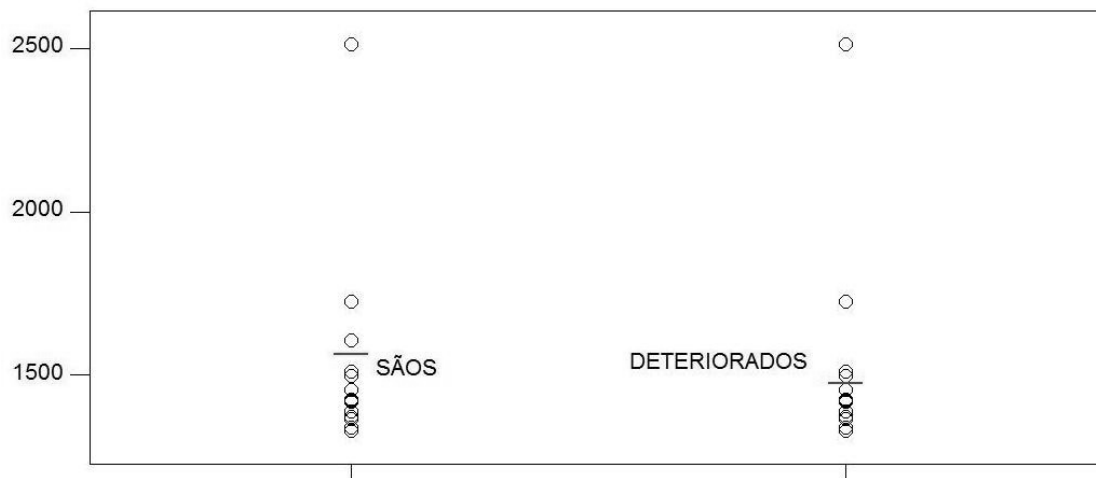
$H_1$ : a média das precipitações para os postes SÃOS e DETERIORADOS não são iguais;

$F_{obtido}$ : 2,872

$F_{crítico}$ : 3,905

Valor P: 0,092

Conclusão: não rejeitar  $H_0$



**FIGURA 11.19 – Valores de precipitação para postes SÃOS e DETERIORADOS**

• **ANOVA para meses secos**

$H_0$ : a média dos meses secos para os postes SÃOS e DETERIORADOS são iguais;

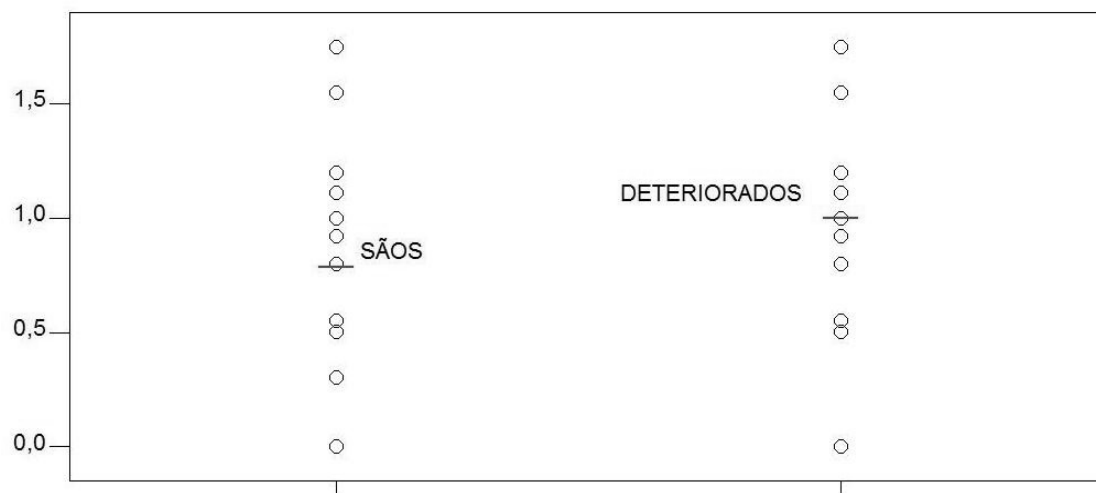
$H_1$ : a média dos meses secos para os postes SÃOS e DETERIORADOS não são iguais;

$F_{obtido}$ : 8,579

$F_{crítico}$ : 3,905

Valor P: 0,004

Conclusão: rejeitar  $H_0$



**FIGURA 11.20 – Valores de meses secos para postes SÃOS e DETERIORADOS**

- **ANOVA para  $I_{ig}$**

$H_0$ : a média dos  $I_{ig}$  para os postes SÃOS e DETERIORADOS são iguais;

$H_1$ : a média dos  $I_{ig}$  para os postes SÃOS e DETERIORADOS não são iguais;

$F_{obtido}$ : 2,328

$F_{crítico}$ : 3,905

Valor P: 0,129

Conclusão: não rejeitar  $H_0$

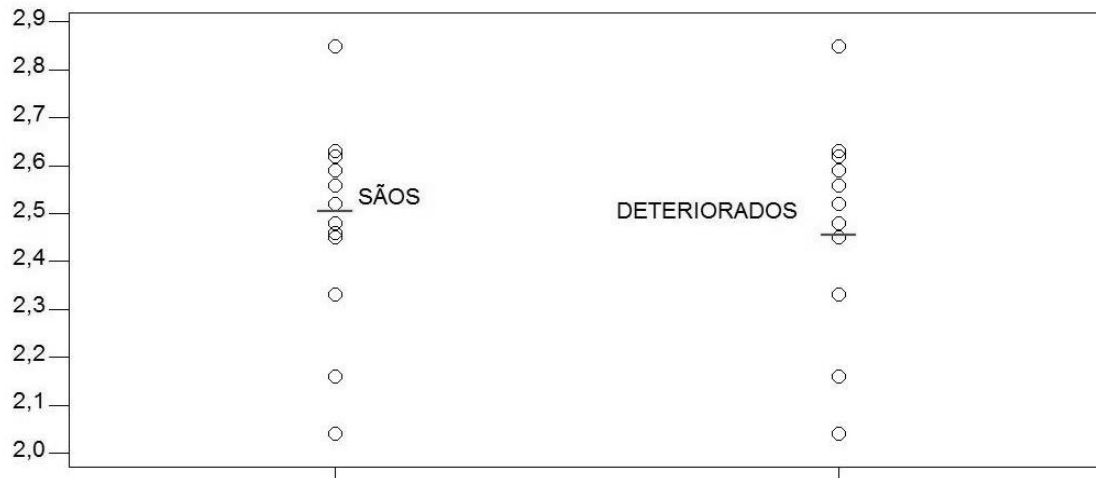


FIGURA 11.21 – Valores de  $I_{ig}$  para postes SÃOS e DETERIORADOS

- **ANOVA para  $I_{ig,simplificado}$**

$H_0$ : a média dos  $I_{ig,simplificados}$  para os postes SÃOS e DETERIORADOS são iguais;

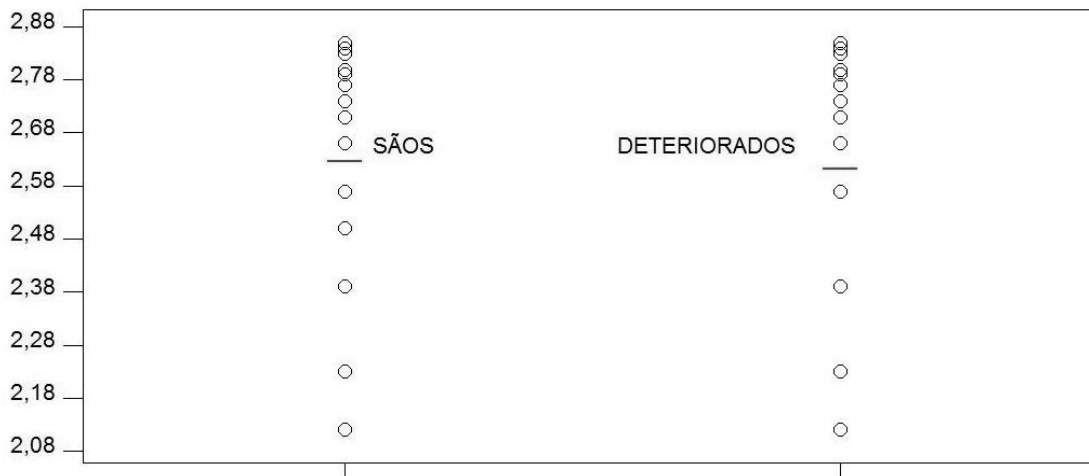
$H_1$ : a média dos  $I_{ig,simplificados}$  para os postes SÃOS e DETERIORADOS não são iguais;

$F_{obtido}$ : 0,103

$F_{crítico}$ : 3,905

Valor P: 0,749

Conclusão: não rejeitar  $H_0$



**FIGURA 11.22 – Valores de  $I_{ig,simplificado}$  para postes SÃOS e DETERIORADOS**

Pelo teste ANOVA, não é possível dizer que as médias são iguais para temperatura e precipitação.

Para  $I_{ig}$  e  $I_{ig,simplificado}$  os valores também não são diferentes, o que condiz o esperado, pois se as variáveis que compõem o modelo de  $I_{ig}$  com maior influência conforme visto no Capítulo 8, não são diferentes para os postes SÃOS e DETERIORADOS, os valores de  $I_{ig}$  também não poderiam. O mesmo é válido para  $I_{ig,simplificado}$ .

Entretanto, as médias dos meses secos apresentam evidências estatísticas que são diferentes. Aqui é possível fazer esta afirmação dentro do rigor estatístico, pois os valores de meses secos apresentam normalidade dos dados.

Realizando o teste- $F$  para os valores de meses secos, e é possível realizar em virtude da normalidade dos dados, para  $\alpha = 0,05$ , tem-se:

- **Teste- $F$  para os meses secos dos postes**

$H_0$ : a variância dos meses secos dos postes SÃOS e DETERIORADOS são iguais;

$H_1$ : a variância dos meses secos dos postes SÃOS e DETERIORADOS não são iguais;

$F_{obtido}$ : 1,515

$F_{crítico}$ : 1,513

Valor  $P$ : 0,051

Conclusão: não rejeitar  $H_0$  (no limiar)

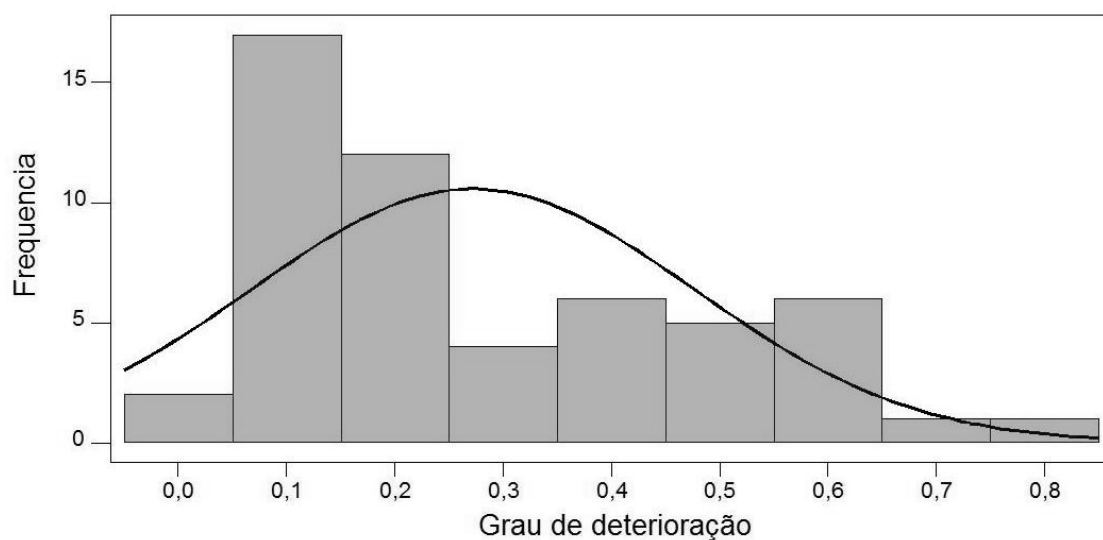
Pelo teste acima, o valor  $F_{obtido}$  está no limiar do valor crítico, quase permitindo uma rejeição da hipótese  $H_0$ .

Assim através dos dois testes realizados para os meses secos, um rejeitando  $H_0$  e outro no limiar da rejeição pode-se dizer que existem singelas evidências que esta variável possui influência no apodrecimento dos postes.

## 11.6 Grau de Deterioração

Para realizar uma análise da deterioração existente nos postes, determina-se o quociente entre o comprimento deteriorado e o diâmetro do poste, obtém um valor adimensional o qual será chamado *Grau de Deterioração*.

A Figura 11.23, mostra a distribuição de frequência absoluta para o *Grau de Deterioração*.



**FIGURA 11.23 – Histograma de frequência absoluta do Grau de Deterioração**

As Tabelas 11.13 e 11.14 mostram a estatística descritiva e os valores obtidos no teste de normalidade dos dados. Os valores do Grau de Deterioração apresentam normalidade.

**TABELA 11.13 – Estatística descritiva do Grau de Deterioração**

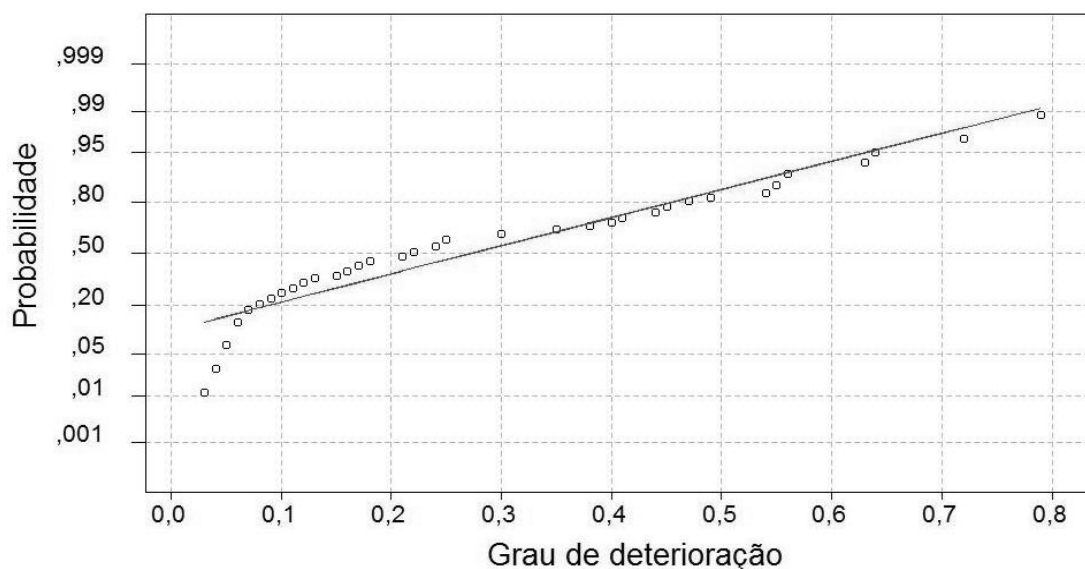
<b>Estatística</b>	<b>Grau de Deterioração</b>
N	54
Média	0,27
Desvio padrão amostral	0,20
Mínimo	0,03
Máximo	0,79
Amplitude	0,76
1° Quartil	0,10
3° Quartil	0,44

Conforme a Tabela 11.13, 25% dos postes DETERIORADOS possuem o Grau de Deterioração maior que 0,44 (3° Quartil), o que representa 9% do total dos poste inspecionados.

**TABELA 11.14 – Teste de normalidade dos valores de comprimento deteriorado**

<b>Item</b>	<b>n</b>	<b>d<sub>crit</sub></b>	<b>d</b>	<b>Conclusão H<sub>0</sub></b>
Grau de Deterioração	54	0,222	0,145	Não Rejeitar

A Figura 11.30 mostra a dispersão dos valores do Grau de Deterioração em torno na curva normal acumulada.

**FIGURA 11.24 – Teste de normalidade para o Grau de Deterioração**

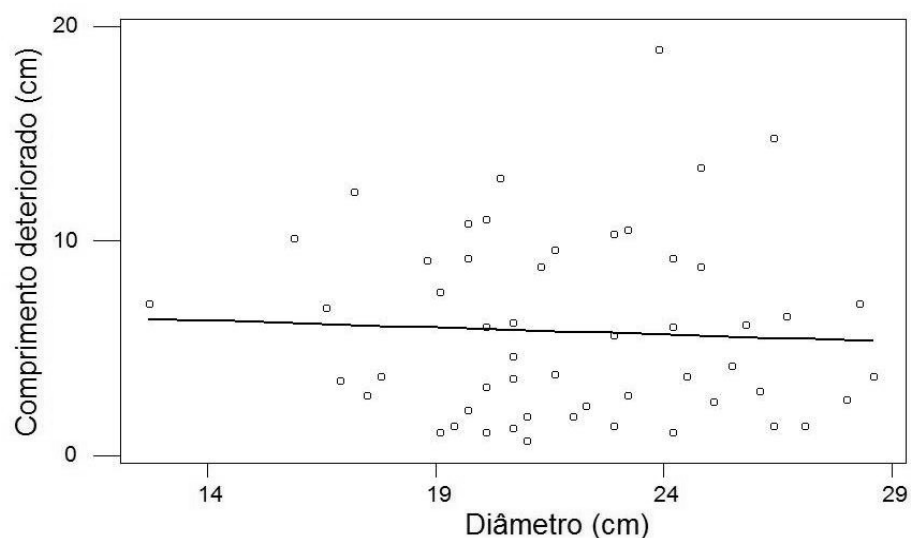
Tomando como base o fator de degradação  $k_d$  dado pela Tabela 4.5 (AS/NZS 4676:2000), de 0,85, já adotado no item 8.7, tem-se uma redução da capacidade resistente de 0,15 ou 15%.

Adotando o valor de 0,15 como valor para o Grau de Deterioração limite, dos 54 postes DETERIORADOS, 37 apresentam um valor acima deste limite.

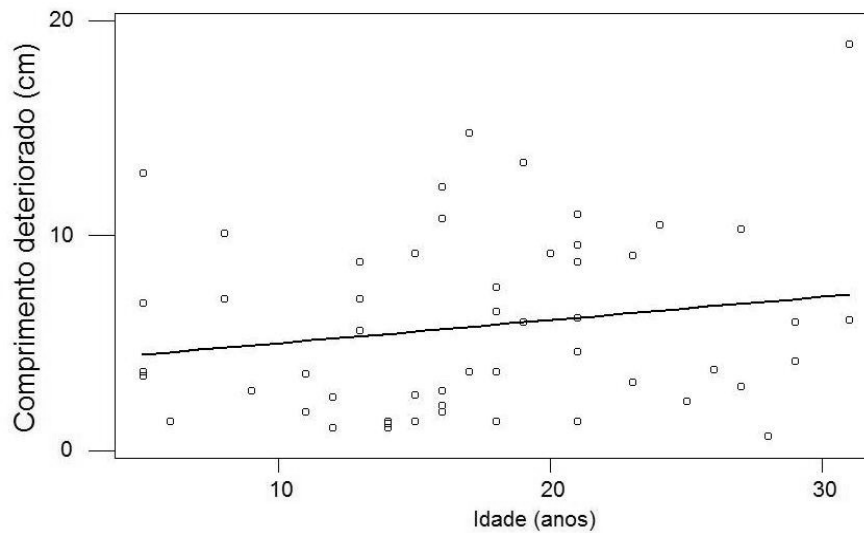
Estes 37 postes acima do limite representam 68% do postes DETERIORADOS e 25% do total de postes inspecionados.

## 11.7 Regressões

Utilizando apenas a população dos postes DETERIORADOS, a seguir são mostradas as regressões para os valores de comprimento deteriorado pelo diâmetro e idade dos postes, respectivamente.



**FIGURA 11.25 – Regressão Comprimento Deteriorado x Diâmetro**

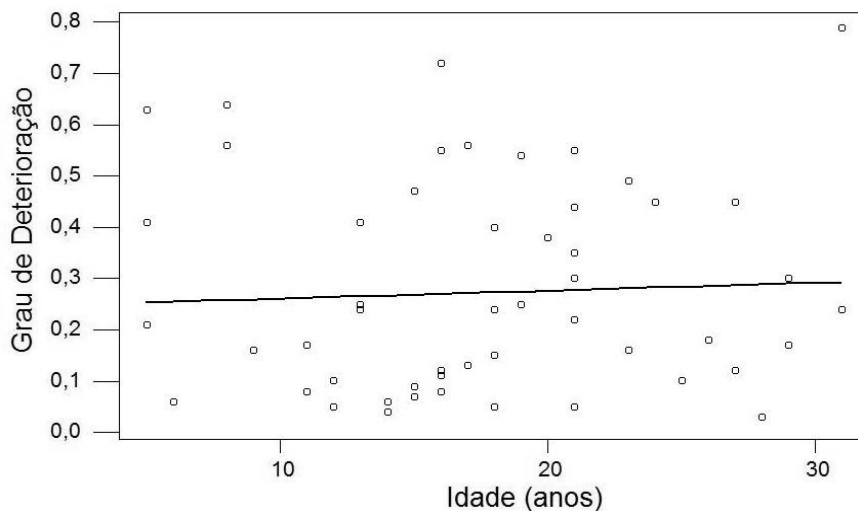


**FIGURA 11.26 – Regressão Comprimento Deteriorado x Idade**

Pelas Figuras 11.25 e 11.26 verifica-se que é inexistente a correlação entre os valores de comprimento deteriorado e o diâmetro,  $r^2 = 0,3\%$ .

Entretanto, é possível identificar uma tendência de aumento do comprimento deteriorado com o aumento da idade do poste, o que é de se esperar, Figura 11.30, apresentando um valor de  $r^2 = 3,1\%$ .

Realizando a regressão entre o Grau de Deterioração e a idade dos postes, não foi apresentada correlação entre os valores, obtendo-se  $r^2 = 0,3\%$ , Figura 11.27. Com os presentes dados, esta é única regressão possível de ser realizar para o Grau de Deterioração.



**FIGURA 11.27 – Regressão Grau de Deterioração x Idade**



## 11.8 Resumo das conclusões da análise de dados

Não foi possível identificar através das variáveis testadas, a existência de um fator que contribua para a deterioração e apodrecimento dos postes.

Apesar da variável  $N_{dm}$  (meses secos) mostrar uma tendência de distinção entre as populações de postes SÃOS e DETERIORADOS, deve-se analisar esta informação com cautela, pois como já dito anteriormente, os dados climáticos não formam uma população no sentido que realmente é tratado, e sim apenas uma repetição de dados.

Através da análise estatística pode-se concluir:

- I. A maior concentração de valores de comprimento deteriorado ocorre em 2 cm, apresentando uma queda gradual da frequência acima deste valor, sendo que esta população de dados possui normalidade;
- II. A população dos valores de diâmetro para os postes SÃOS possui maior dispersão de dados, quando comparada com a população de diâmetros para os postes DETERIORADOS;
- III. Não existem evidências estatísticas que indiquem que as populações de idade dos postes SÃOS e DETERIORADOS sejam diferentes;
- IV. Não existem evidências estatísticas que o tipo de produto preservativo influenciou na deterioração dos postes;
- V. Existem evidências estatísticas que indicam diferença entre as populações e as médias dos meses secos para os postes SÃOS e DETERIORADOS;
- VI. Ao se analisar o Grau de Deterioração, 25% dos postes inspecionados estão acima do valor limite (adotado) de 0,15.
- VII. Para os postes DETERIORADOS não existe correlação entre o comprimento deteriorado e o diâmetro do poste. Entretanto, existe uma pequena tendência de aumento do comprimento deteriorado com o aumento da idade do poste.
- VIII. Não existe correlação entre o Grau de Deterioração e a idade dos postes DETERIORADOS.

