

Recebido em 7 de Janeiro de 1986

Actuação de três basidiomicetas sobre a
madeira de
Eucalyptus globulus Labill.

por

TERESA CABRAL

Estação Florestal Nacional e Centro de Estudos Florestais

RAÚL A. SARDINHA

Instituto Superior de Agronomia e Centro de Estudos Florestais

e

MARIA DA GRAÇA PIMENTEL†

RESUMO

Analisou-se o modo de actuação de três dos Basidiomicetos decompositores da madeira do *E. globulus* (*Coriolus versicolor*, *Stereum hirsutum* e *Daedalea quercina*) mais frequentes nas toiças provenientes da exploração daquela essência em talhadia. Tinhamos com este estudo o fim de seleccionar os fungos que poderiam vir a ser futuramente utilizados em inoculações artificiais daquela biomassa para acelerar o processo de degradação das mesmas. Pretendia-se, assim, apresentar uma alternativa à prática habitual de remoção das toiças no final da exploração.

A comparação da actividade dos fungos na madeira de *E. globulus* (borne e cerne) foi feita através de inoculação laboratorial de provetes durante 21, 42, 63 e 84 dias e os resultados daquela actividade foram avaliados pela perda de peso dos provetes e pelas suas variações nos teores em azoto, celulose, lenhina, pentosanas e substâncias solúveis.

A apreciação dos resultados obtidos permite-nos indicar o *C. versicolor*

como o fungo mais adequado para o fim em vista, por ter sido aquele que originou maior perda de peso na madeira (borne-42% e cerne-27,5%) ao fim de 84 dias e o que se revelou capaz de despolimerizar a celulose e a lenhina no borne e no cerne.

O *S. hirsutum* mostrou fraca actividade decompositora e esta bastante restrita ao borne. *D. quercina* originou um tipo de decomposição desfavorável do ponto de vista ecológico visto atacar sobretudo a celulose, com a consequente acumulação de lenhina, que é mais dificilmente degradável.

SYNOPSIS

The role of the three most frequent basidiomycetes (*Coriolus versicolor*, *Stereum hirsutum* and *Daedalea quercina*) in the decay of *Eucalyptus globulus* wood and stumps (coppice) was analysed.

With this study we intended to select the possible fungi to be tried in artificial inoculations of this biomass in order to accelerate its degradation and thus present an alternative to the usual extraction of the stumps after the clear cutting.

The activity of the basidiomycetes in *E. globulus* wood (sapwood and heartwood) was evaluated through the analysis of weight loss rate and N, cellulose, lignin, hemicellulose contents and solubility in NaOH, of test specimens infected in the laboratory for 21, 42, 63 and 84 days.

The results obtained enable us to consider the *C. versicolor* as the most suitable one for this purpose because the weight loss originated by its activity amounted to 42% in the sapwood and 27,5% in the heartwood after 84 days and the cellulose and lignin were depolymerised in both zones of the wood.

S. hirsutum revealed poor activity in this wood and its activity was mainly restricted to sapwood. *D. quercina* as a brown rot fungus decayed only cellulose with accumulation of lignin, which is ecologically inconvenient due to the resistance of this compound to further decay.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem-se vindo a dar ênfase crescente ao papel da madeira em decomposição nos ecossistemas florestais. HENDRICKSON & ROBINSON (1982) referem a "capacidade de retenção para a água da madeira apodrecida o que a torna importante como reservatório da actividade biológica nos meses secos de Verão". É assim que a madeira em decomposição tem sido considerada por aqueles autores como um substracto importante "para a manutenção das ectomicorrizas" cujo papel nos ecossistemas florestais é por demais conhecido. A madeira em decomposição é ainda para LARSEN *et al.* (1979) um local importante para a fixação biológica do azoto atmosférico. No entanto, são ainda poucos os trabalhos referentes à análise dos aspectos ecológicos da decomposição da madeira nos ecossistemas florestais. O relativo atraso que este estudo tem em relação à decomposição da folhada deve-se segundo TRISTKA & CROMACK (1980) por um lado ao longo período de tempo necessário para se estudar a biodegradação da madeira sendo difícil estudar o ciclo dos nutrientes envolvido neste processo e a fauna e microflora associadas ao mesmo; por outro lado os desperdícios de material lenhoso provenientes da exploração dos povoamentos florestais têm vindo a ser progressivamente usados na Indústria e o seu papel ecológico tem interessado menos os investigadores do que o respectivo aproveitamento tecnológico.

A gestão mais racional das biomassas residuais da floresta de que a madeira é um dos principais componentes é hoje uma das preocupações dos técnicos ligados ao sector florestal. Assim, a determinação dos quantitativos de madeira que podem ser removidos para posterior utilização sem causar a degradação do local é um dos objectivos da Silvicultura moderna. Aliás já em 1979 num simpósio internacional sobre "Environmental consequences of timber harvesting" se analisaram as consequências biológicas de vários níveis de utilização dos resíduos e as alternativas de tratamentos após os cortes finais. O problema foi equacionado de seguinte modo por BARGER (1979): "os resíduos podem contribuir para a reserva de nutrientes na floresta, para reduzir a erosão, para proteger as plantas jovens e incrementar a vida silvestre. Nas quantidades em que habitualmente ocorrem provocam no entanto risco de fogo, inibem a regeneração, diminuem o valor estético e

representam uma perda de um recurso escasso que é a fibra”.

Face a esta problemática pareceu-nos ser do maior interesse estudar o processo de degradação da madeira de *Eucalyptus globulus* provocada por três dos Basidiomicetas mais frequentes neste ecossistema. Com efeito, o tipo de exploração que se pratica em Portugal na cultura do *E. globulus* dá origem a que se constituam biomassas residuais avultadas (CABRAL, 1983) e a gestão racional destes resíduos só é possível se se conhecer o modo como actuam os decompositores mais eficazes e qual o seu papel no ecossistema.

No presente trabalho apenas se analisou o modo como actuam três dos decompositores da madeira mais frequentes nas toiças provenientes da exploração em talhadia.

Pensamos que este estudo poderá contribuir para a futura degradação controlada das biomassas constituídas pelas toiças no final da exploração (após cerca de 4 rotações). Com efeito, o processo actual de remoção das toiças origina um consumo energético avultado e é uma operação extremamente dispendiosa e com custos ambientais elevados. Encaramos a possibilidade de favorecer a sua decomposição por via biológica inoculando-as após o corte final com os decompositores mais apropriados e, para isso, é fundamental conhecer o seu modo de actuação nesta madeira. Assim nesta nota pretendemos abordar a acção dos três Basidiomicetas mais comuns nas toiças: *Stereum hirsutum* (Fr.) Fr., *Coriolus versicolor* (Fr.) Qué. (agentes de podridão branca) e *Daedalea quercina* (L.) Fr. (agente de podridão castanha). Este trabalho poderá servir de base à selecção de espécies a ensaiar futuramente com o fim de acelerar o processo de biodegradação das toiças no final da exploração.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A preparação de provetes para este estudo consistiu nas seguintes operações. Num eucaliptal de 10 anos na região do Oeste (Cercal) pertencente a uma propriedade denominada Qt^a Santo António, foram abatidas 5 árvores ao acaso. Colheu-se o primeiro troço de 0,5 m acima do corte que foi transportado para o laboratório. Esses troços foram secos na estufa a 40-50°C até atin-

girem cerca de 12% de humidade. Foram então cortadas pranchas de 15 mm de espessura, separadamente na zona do borne e na do cerne. Nessas pranchas foram cortados blocos com 25x25x15 mm, de modo que os anéis de crescimento formassem um ângulo de $45^\circ \pm 15^\circ$ com a aresta de 25 mm. As secções transversais apresentavam uma aresta viva. Reuniram-se todos os blocos de borne e todos os blocos de cerne assim cortados, provenientes das cinco árvores, e depois foram tirados ao acaso aqueles que iriam ser inoculados. Estes foram numerados de modo a permitir a sua identificação durante o ensaio e depois secos na estufa a 100°C até atingirem peso constante.

A inoculação de blocos de borne e cerne foi feita após 24 horas de imersão em água esterilizada seguindo a norma americana ASSI/ASTM 02017-71 reaprovada em 1978. Esta norma consiste na inoculação dos provetes para os ensaios sobre "blocos de alimentação", previamente infectados, os quais, no nosso caso, eram constituídos por madeira de *E. globulus* com cerca de 4 a 5 cm de diâmetro. Os "blocos de ensaio" foram introduzidos sobre os "blocos de alimentação", orientados de modo que o corte no sentido radial ficasse em contacto com este.

Para cada fungo e cada tempo fizeram-se 10 repetições com um bloco cada e igual número de testemunhas. O número de blocos de borne e cerne foram os mesmos num total de 40 blocos para cada um. A duração da infecção foi de 21, 42, 63 e 84 dias para todos os fungos e para cada uma das camadas que, como dissemos, foram estudadas em ensaios diferentes. A testemunha foi tratada de modo idêntico ao usado para os fungos mas os blocos de alimentação utilizados neste caso não tinham sofrido inoculação.

Ao fim de cada um dos períodos os blocos eram retirados da cultura e removia-se-lhes imediatamente o micélio de modo a ficar a face da madeira completamente limpa. Eram depois secos na estufa a 100°C até atingirem peso constante para se calcular a perda de peso sofrido.

Os blocos foram depois moídos num moínho de martelos e separadas as fracções correspondentes aos crivos de malha 40-60, 60-80 e 80-100 mesh.

Fez-se a análise da madeira moída em relação aos seguintes componentes: N, substâncias solúveis na soda a 1%, celulose, lenhina e pentosanas.

Usou-se para o N o método analítico "Microkjeldahl" e para os

restantes componentes as determinações foram feitas segundo as seguintes normas da Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPY): substâncias solúveis na soda a 1% - T212 os-76; celulose - mistura de ácido cítrico e acético*; lenhina - T222 os-74; pentosanas - T223 os-71.

3. RESULTADOS

Os resultados da decomposição da madeira de *E. globulus* após infecção com os três Basidiomicetas ensaiados durante os vários períodos encontram-se no Quadro I. Neste quadro os valores apresentados reportam-se a: peso em cada tempo em % do peso seco inicial, azoto, celulose, lenhina, pentosanas, solubilidade na NaOH a 1%. No Quadro II os valores dos teores naqueles constituintes foram convertidos para cada tempo considerando a composição inicial (madeira sã), como 100% no tempo 0.

Os modelos descritivos das variações do peso da madeira (borne e cerne) em função do tempo sintetizam-se no Quadro III e a sua representação na Figura 1.

Do mesmo modo reunimos no Quadro IV os modelos descritivos da variação dos teores em azoto em função do tempo de infecção com os três Basidiomicetas representando-se na Figura 2 esta variação.

No Quadro V e na Figura 3 indicam-se os modelos descritivos da variação da celulose com o tempo de infecção e a variação que lhes está associada.

O Quadro VI e a Figura 4 sintetizam os valores da variação da lenhina através dos modelos descritivos e da sua representação gráfica.

Para a variação dos teores em pentosanas obtivemos os modelos indicados no Quadro VII e representados na Figura 5 e para a solubilidade na NaOH a 1% os modelos descritivos da variação estão sintetizados no Quadro VIII e na Figura 6.

*1g de serradura é tratada com 25 ml de uma solução de 90 ml de HNO₃ mais 732 ml de CH₃COOH em 1 l de água durante 25 m. O resíduo é determinado gravimetricamente após lavagem e secagem.

QUADRO I

Peso em % inicial e composição da madeira (borne e cerne) após infecção com os três *Basidiomicetas* ensaiados.

Basidiomicetas	Localização no bloco	Duração da Infecção dias	Peso % Peso inicial	N %	Celulose %	Lenhina %	Pentosanas %	Solubilidade em NaOH a 1%
<i>C. versicolor</i>	cerne	0	100,0	0,042	54,0	19,3	22,6	11,9
		21	94,2	0,074	53,2	22,3	21,3	20,6
		42	86,2	0,114	49,4	21,1	19,7	15,3
		63	80,8	0,115	45,7	15,0	17,1	15,8
		84	72,5	0,151	37,9	14,6	16,5	18,5
<i>C. versicolor</i>	borne	0	100,0	0,060	56,1	18,0	17,3	11,5
		21	92,5	0,103	56,7	15,0	16,4	16,7
		42	83,5	0,115	51,1	13,6	14,4	15,5
		63	72,1	0,119	43,5	12,0	12,3	13,8
		84	58,0	0,121	33,9	10,7	9,6	11,8
<i>S. hirsutum</i>	cerne	0	100,0	0,042	54,0	19,3	22,6	11,9
		21	99,5	0,063	53,2	19,6	18,6	17,1
		42	97,2	0,074	51,2	20,0	17,5	19,5
		63	95,3	0,062	51,5	19,9	15,7	16,9
		84	88,9	0,083	58,3	20,8	14,2	22,0
<i>S. hirsutum</i>	borne	0	100,0	0,060	56,1	17,6	14,6	11,5
		21	98,0	0,128	53,0	16,2	14,0	15,5
		42	92,8	0,099	49,9	14,9	14,2	17,7
		63	88,5	0,085	49,2	12,7	14,3	21,5
		84	80,8	0,051	48,5	12,0	13,7	21,5
<i>D. quercina</i>	cerne	0	100,0	0,042	54,0	19,3	22,6	11,9
		21	99,6	0,047	51,2	18,4	16,0	16,9
		42	99,1	0,054	53,6	22,3	16,8	16,2
		63	92,8	0,102	46,4	21,0	14,3	24,8
		84	92,5	0,116	47,3	18,3	13,4	29,0
<i>D. quercina</i>	borne	0	100,0	0,060	62,0	18,0	14,6	11,5
		21	99,8	0,069	56,1	17,7	13,5	12,0
		42	96,5	0,106	55,1	19,5	12,6	27,8
		63	86,0	0,109	49,2	18,2	12,9	32,3
		84	68,9	0,110	51,6	19,9	12,2	31,2

QUADRO II

Composição da madeira (borne e cerne) em % da composição inicial após infecção com os três Basidiomicetas ensaiados.

Basidiomicetas	Localização no bloco	Duração da Infecção dias	N	Celulose	Lenhina	Pentosanas	Solubilidade de NaOH a 1%
<i>C. versicolor</i>	cerne	0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
		21	176,0	99,0	116,0	94,0	173,0
		42	271,0	92,0	109,0	87,0	129,0
		63	274,0	85,0	78,0	76,0	133,0
		84	359,5	69,7	75,6	73,0	155,5
	borne	0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
		21	172,0	101,1	83,3	94,8	145,0
		42	191,6	91,1	75,6	83,2	135,0
		63	198,0	77,5	66,7	71,4	120,0
		84	202,0	60,4	59,4	55,5	103,0
<i>S. hirsutum</i>	cerne	0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
		21	150,0	98,5	101,6	84,5	144,0
		42	176,0	94,8	103,6	79,5	164,0
		63	148,0	95,4	103,1	71,4	142,0
		84	197,0	98,7	107,8	64,5	184,9
	borne	0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
		21	213,3	94,5	92,0	95,9	134,8
		42	165,0	88,1	84,7	97,3	135,9
		63	141,7	87,7	72,2	97,9	187,0
		84	85,0	86,0	67,0	93,8	187,0
<i>D. quercina</i>	cerne	0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
		21	112,0	95,0	95,0	71,0	142,0
		42	129,0	99,0	116,0	74,0	136,0
		63	243,0	86,0	109,0	63,0	208,0
		84	276,2	87,6	94,8	59,3	243,7
	borne	0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
		21	115,0	90,5	98,3	92,5	104,3
		42	176,7	89,2	108,3	86,3	241,7
		63	181,7	79,4	101,1	88,4	280,9
		84	183,3	83,2	110,6	83,6	271,3

QUADRO III — Modelos descritivos da variação de peso (Peso em % peso inicial) da madeira (cerne e borne) de *E. globulus* infectada com três Basidiomicetas.

Basidiomicetas	Localização da madeira	Modelos	R ²	F
<i>C.</i> <i>versicolor</i>	cerne	$y = 1,00147E + 02 - (3,16950E - 01)x + (4,04924E - 04)x^2 - (6,29882E - 06)x^3$	0,997	103,00***
	borne	$y = 9,99914E + 01 - (3,25850E - 01)x - (1,16618E - 03)x^2 - (1,07980E - 05)x^3$	1,000	71792,13***
<i>S.</i> <i>hirautum</i>	cerne	$y = 1,00101E + 02 - (6,27551E - 02)x + (1,21477E - 03)x^2 - (2,42954E - 06)x^3$	0,991	36,89**
	borne	$y = 1,00120E + 02 - (9,20635E - 02)x - (1,47392E - 03)x^2 - (1,79966E - 06)x^3$	0,996	78,48***
<i>D.</i> <i>quercina</i>	cerne	$y = 9,97500E + 01 + (1,80556E - 01)x - (7,82313E - 03)x^2 + (5,48807E - 05)x^3$	0,924	4,08 N.S.
	borne	$y = 9,99329E + 01 + (7,64739E - 02)x - (2,67260E - 03)x^2 - (3,14941E - 05)x^3$	0,999	738,23***

QUADRO IV — Modelos descritivos da variação do teor em azoto na madeira (cerne e borne) de *E. globulus* infectada com três Basidiomicetas.

Basidiomicetas	Localização da madeira	Modelos	R ²	F
<i>C.</i> <i>versicolor</i>	cerne	$y = 4,29714E - 02 + (1,65510E - 03)x - (5,02100E - 06)x^2$	0,960	24,03**
	borne	$y = 6,31429E - 02 + (1,88163E - 03)x - (1,46773E - 05)x^2$	0,966	28,14**
<i>S.</i> <i>hirautum</i>	cerne	$y = 4,10143E - 02 + (2,16610E - 03)x - (5,24781E - 06)x^2 + (3,86927E - 07)x^3$	0,928	4,31 N.S.
	borne	$y = 6,21000E - 02 + (4,90873E - 03)x - (1,17914E - 04)x^2 + (6,9287E - 07)x^3$	0,919	3,80 N.S.
<i>D.</i> <i>quercina</i>	cerne	$y = 4,00286E - 02 + (1,63946E - 04)x + (9,55620E - 06)x^2$	0,933	13,86*
	borne	$y = 5,5657E - 02 + (1,34694E - 03)x + (8,09848E - 06)x^2$	0,908	9,89*

FIGURA 1

Evolução da variação do peso da madeira de E. globulus com o tempo de infecção.

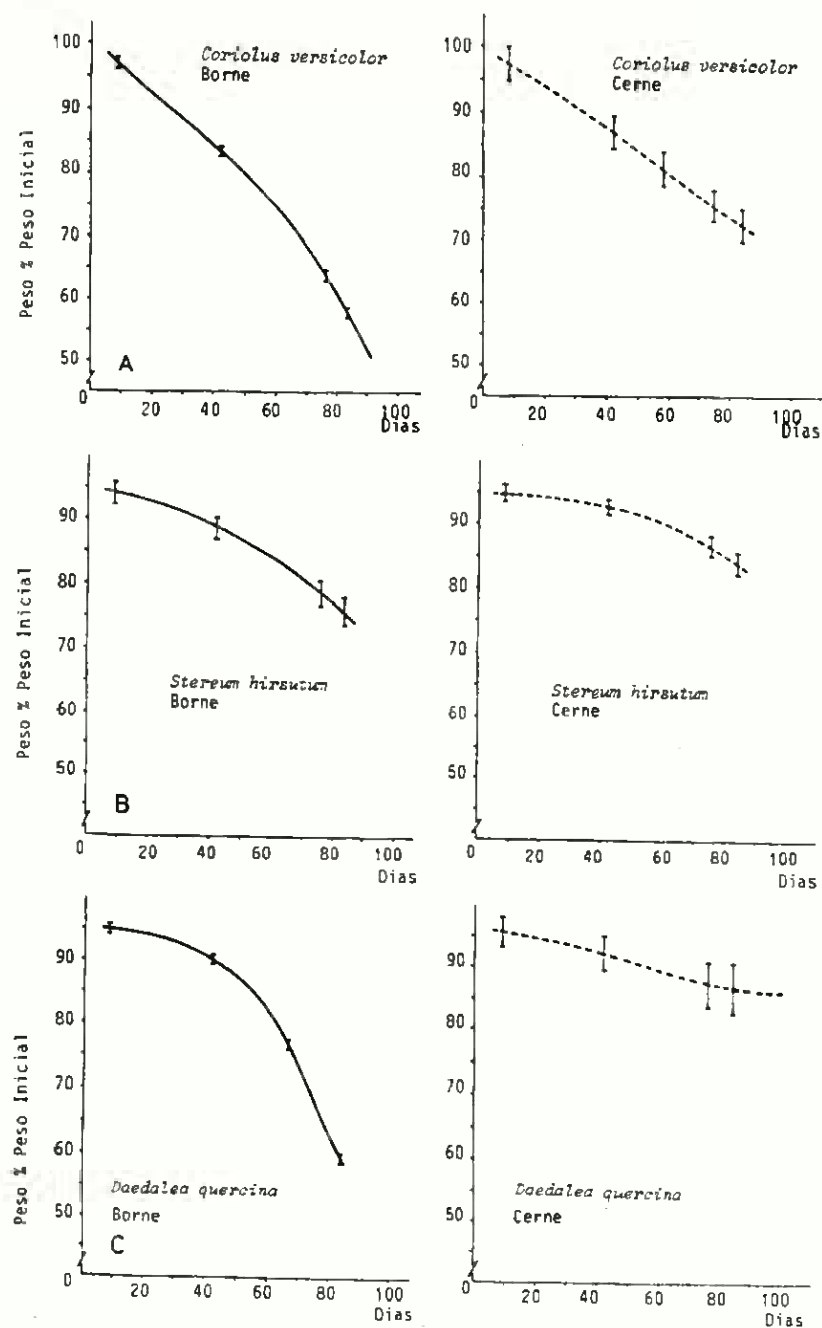
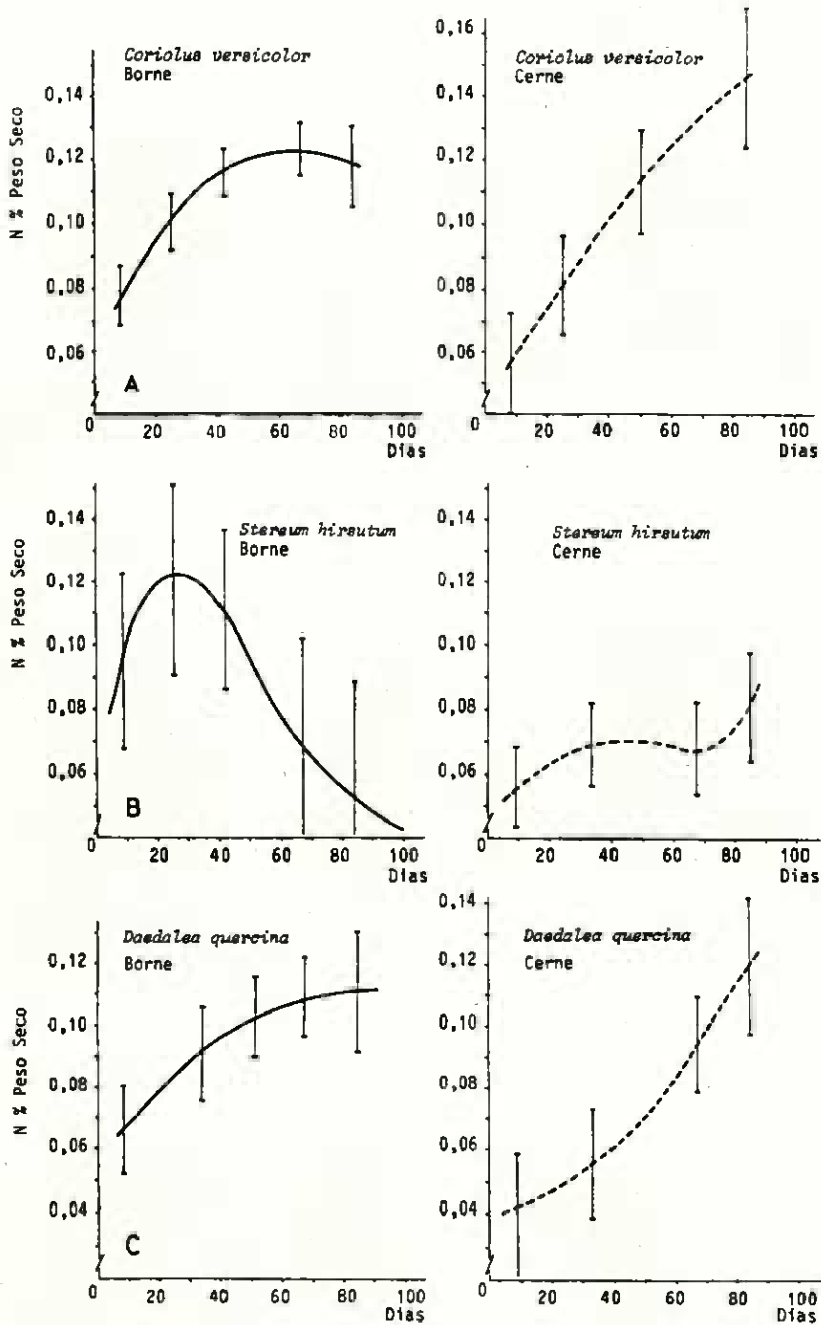


FIGURA 2

Evolução do teor em azoto na madeira de *E. globulus* com o tempo de infecção.



QUADRO V — Modelos descritivos da variação do teor em celulose na madeira (cerne e borne) de *E. globulus* infectada com três Basidiomicetas.

Basidio- micetas	Localização da madeira	Modelos	R ²	F
C. versicolor	cerne	$y = 5,41043E + 01 - (5,74717E - 02)x - (1,00421E - 03)x^2 - (9,89814E - 06)x^3$	0,996	75,11***
	borne	$y = 5,61600E + 01 + (1,79810E - 01)x - (8,39002E - 03)x^2 + (9,77929E - 05)x^3$	0,999	488,80***
S. hirsutum	cerne	$y = 5,39900E + 01 + (5,75397E - 02)x - (5,89569E - 03)x^2 + (6,92870E - 05)x^3$	0,999	1650,73***
	borne	$y = 5,61686E + 01 - (1,88435E - 01)x + (1,16618E - 03)x^2 + (3,84726E - 13)x^3$	0,991	40,31**
D. quercina	cerne	$y = 5,38257E + 01 - (5,67347E - 02)x - (3,56333E - 04)x^2$	0,677	2,10 N.S.
	borne	$y = 6,20114E + 01 - (2,91088E - 01)x + (1,89504E - 03)x^2$	0,908	9,93*

QUADRO VI — Modelos descritivos da variação do teor em lenhina na madeira (cerne e borne) de *E. globulus* infectada com três Basidiomicetas.

Basidio- micetas	Localização da madeira	Modelos	R ²	F
C. versicolor	cerne	$y = 2,55500E + 01 - (6,25000E - 10).1/x - (1,39048E - 01)x$	0,863	7,53*
	borne	$y = 1,64500E + 01 - (1,55000E - 10).1/x - (6,90476E - 02)x$	0,999	2129,13***
S. hirsutum	cerne	$y = 1,92000E + 01 - (1,00000E - 11).1/x + (1,6667E - 02)x$	0,862	6,25 N.S.
	borne	$y = 1,76500E + 01 - (5,00000E - 12).1/x - (7,04762E - 02)x$	0,983	57,17**
D. quercina	cerne	$y = 1,91029E + 01 - (8,90023E - 02)x + (5,60416E - 03)x^2 - (5,57895E - 05)x^3$	0,776	1,15 N.S.
	borne	$y = 2,87959E + 00 + (1,08835E - 03)x$	0,484	2,82 N.S.

FIGURA 3

Variação do teor em celulose na madeira de *E. globulus* com o tempo de infecção.

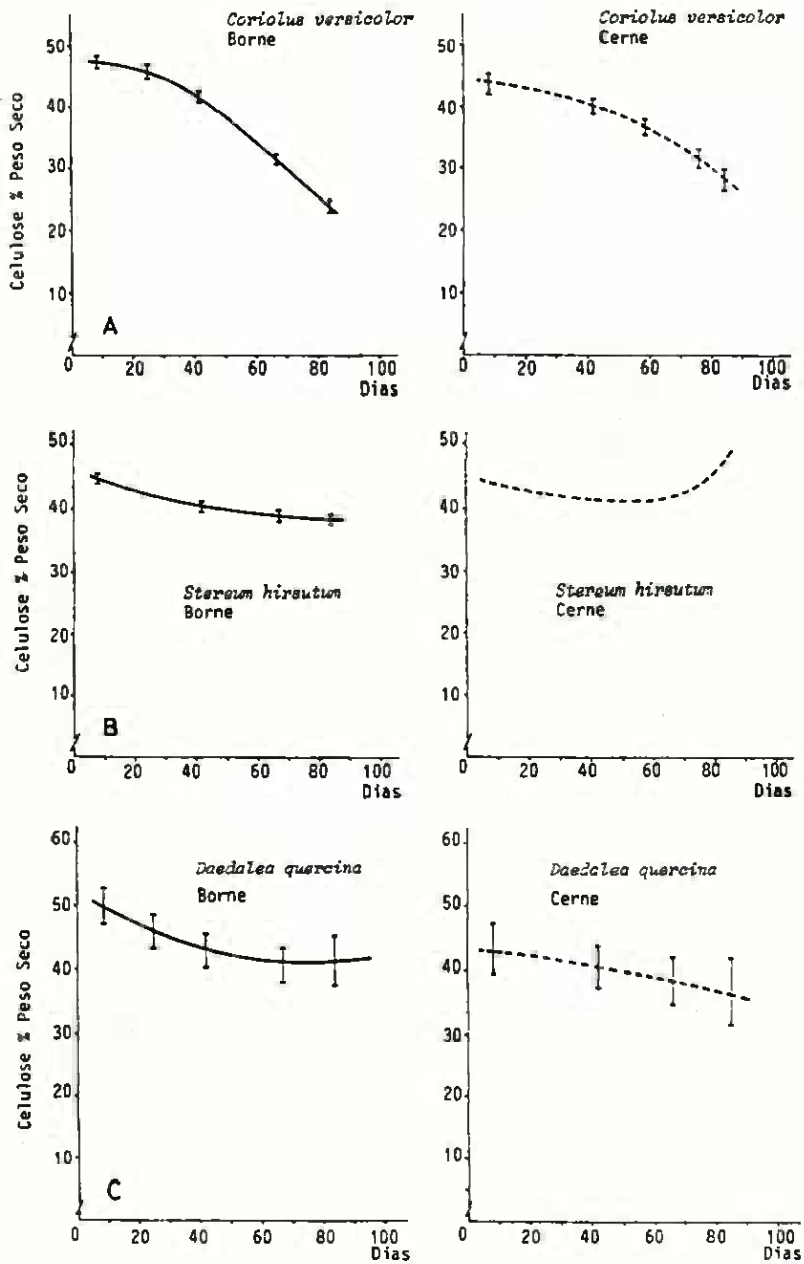
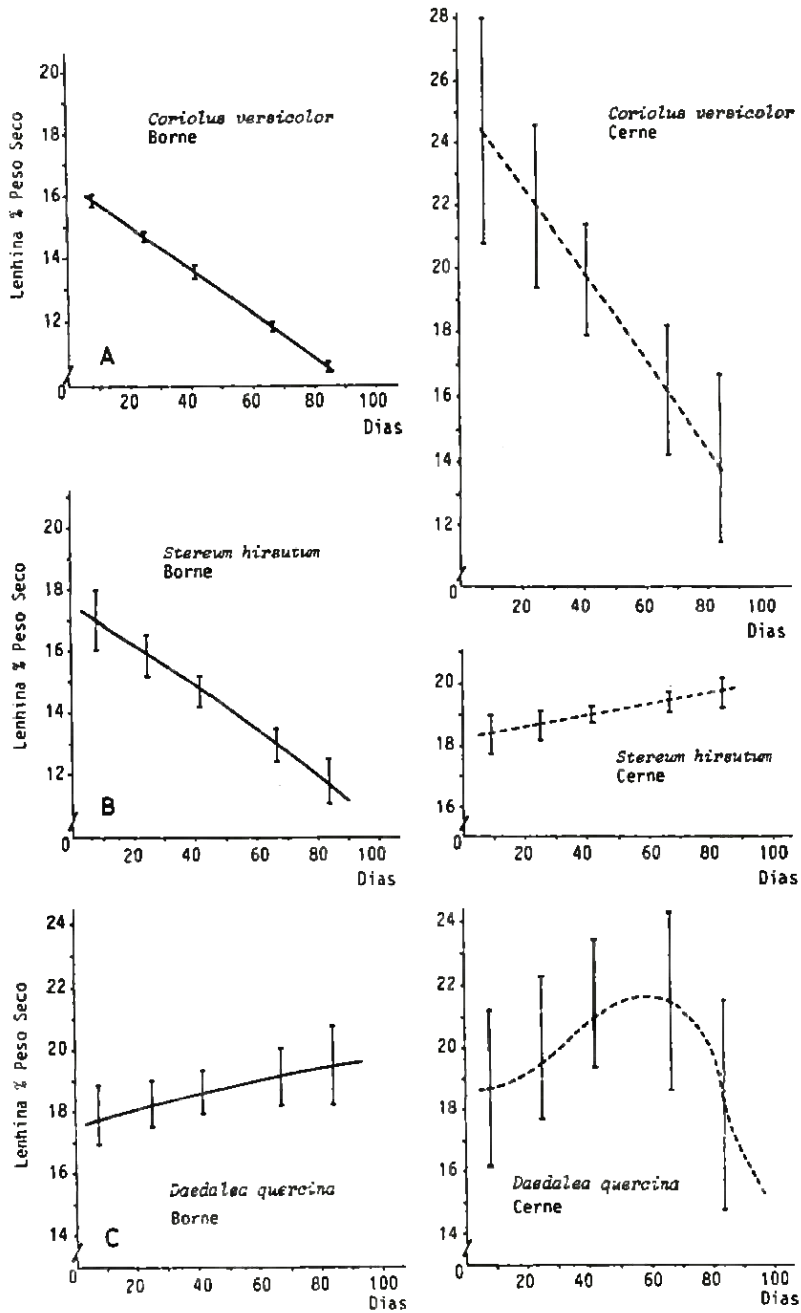


FIGURA 4

Varição do teor de lenhina na madeira de *E. globulus* com o tempo de infecção.



QUADRO VII — Modelos descritivos da variação do teor em pentosanas na madeira (cerne e borne) de *E. globulus* infectada com três Basidiomicetas.

Basidiomicetas	Localização da madeira	Modelos	R ²	F
C.	cerne	$y = 2,25471E + 01 - (5,04535E - 03)x - (2,54292E - 03)x^2 + (2,06961E - 05)x^3$	0,993	46,76**
	borne	$y = 1,73214E + 01 - (2,54535E - 02)x - (1,16018E - 03)x^2 + (4,49915E - 06)x^3$	0,999	404,73***
S.	cerne	$y = 2,19429E + 01 - (1,98526E - 01)x + (2,76968E - 03)x^2 - (1,79966E - 05)x^3$	0,994	51,50**
	borne	$y = 1,46957E + 01 - (5,69728E - 02)x + (1,68448E - 03)x^2 - (1,34975E - 05)x^3$	0,997	116,85***
D.	cerne	$y = 1,77000E + 01 + (4,90000E - 10).1/x - (4,90476E - 02)x$	0,963	26,00**
	borne	$y = 1,37000E + 01 + (9,00000E - 11).1/x - (1,71429E - 02)x$	0,928	12,86*

QUADRO VIII — Modelos descritivos da variação do teor em substâncias solúveis no NaOH 1% na madeira (cerne e borne) de *E. globulus* infectada com três Basidiomicetas.

Basidiomicetas	Localização da madeira	Modelos	R ²	F
C.	cerne	$\log y = 2,80291E + 00 + (1,39663E - 02)\log x$	0,647	6,50 N.S.
	borne	$y = 1,85500E + 01 - (7,05000E - 10).1/x - (7,80952E - 02)x$	0,992	125,99***
S.	cerne	$y = 1,16871E + 01 + (5,24320E - 01)x - (1,27470E - 02)x^2 + (9,44822E - 06)x^3$	0,943	5,57 N.S.
	borne	$y = 1,14257E + 01 + (2,10884E - 01)x - (1,03661E - 03)x^2$	0,979	46,82**
D.	cerne	$y = 1,24400E + 01 + (9,57143E - 02)x + (1,24717E - 03)x^2$	0,938	15,20*
	borne	$y = 8,94867E + 00 + (4,81565E - 01)x - (2,34856E - 03)x^2$	0,864	6,34*

FIGURA 5

Variação do teor em pentosanas na madeira de *E. globulus* com o tempo de infecção.

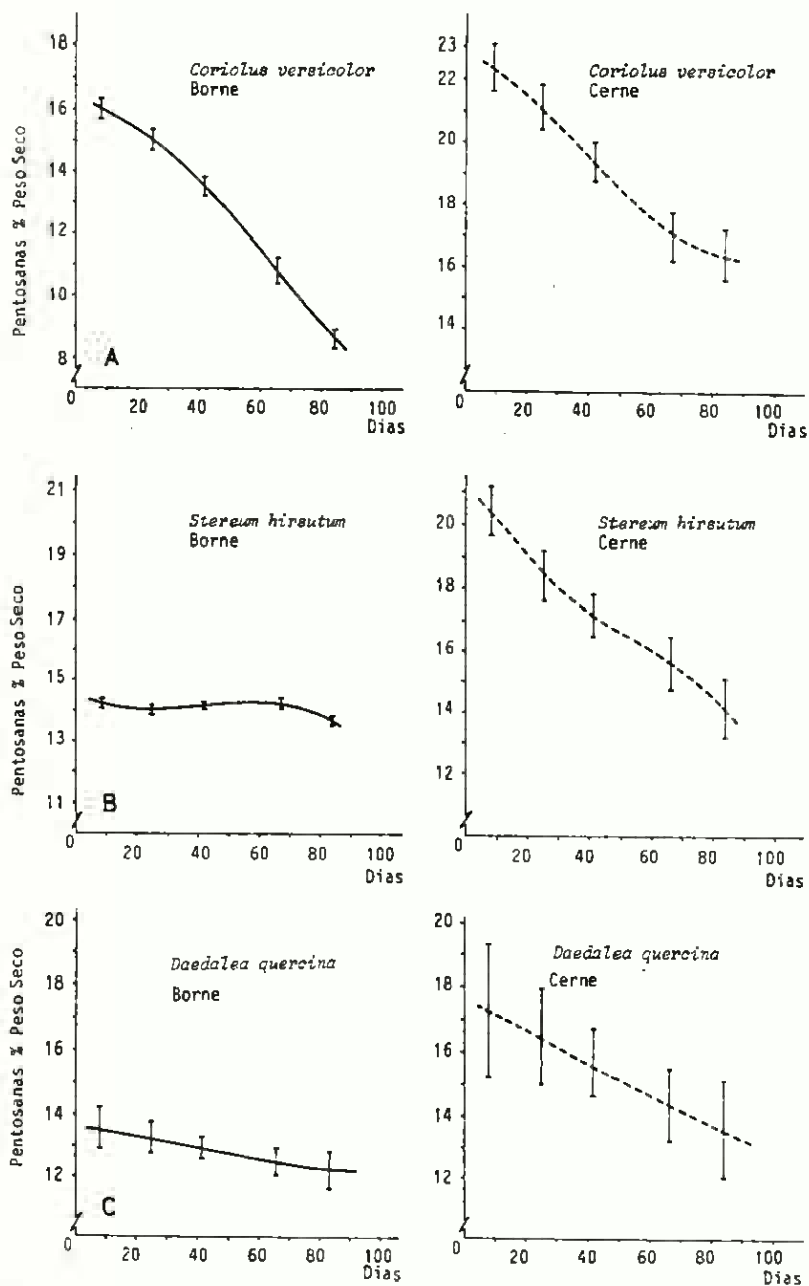
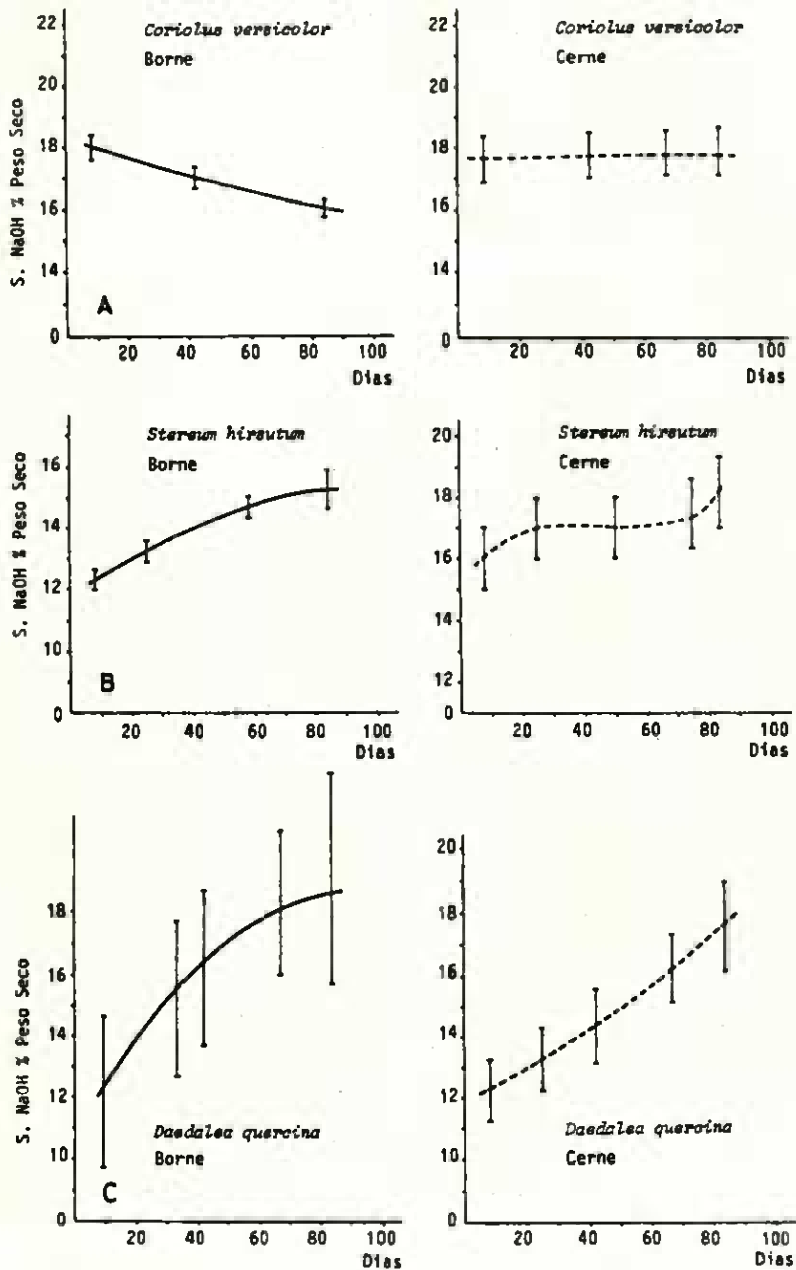


FIGURA 6

Evolução da solubilidade na soda a 1% em percentagem do peso seco da madeira de *E. globulus* com o tempo de infecção.



4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos modelos descritivos da variação do peso com o tempo (expresso em % do peso inicial) revela que independentemente do tipo de podridão existe similitude quanto aos modelos melhor ajustados, todos eles com elevado valor preditivo. Acentua-se, no entanto, quando comparada a taxa da perda de peso, tradutora duma maior taxa de decomposição, que os bornes revelam uma perda de peso muito mais acentuada que tende a acelerar-se principalmente no caso do *C. versicolor* e *D. quercina* a partir dos 60 dias de infecção. É de referir que embora *D. quercina* seja fundamentalmente uma podridão do cerne a sua especificidade de actuação naquela zona do tronco não fica claramente expressa, talvez até porque tratando-se de árvores com 10 anos os anéis não se apresentam claramente diferenciados. Neste contexto parecerá útil a análise química mais minuciosa caracterizando os teores de substâncias fenólicas ocorrendo no cerne da medula para a periferia. Repare-se mesmo que há uma certa tendência para um certo abrandamento da redução da % de peso no cerne do *E. globulus* apesar de se ter determinado uma taxa crescente do teor de azoto, mais provável tradutora da invasão do micélio na madeira do cerne. Naturalmente que seria de esperar, se o ensaio se tivesse prolongado, uma inversão na taxa de decomposição encontrada, em conjugação com a plena colonização da madeira pelo fungo. Comparando ainda a actividade da *D. quercina* no borne (Fig. 1C) através da evolução da perda de peso e do teor em azoto tem-se a percepção das diferenças das taxas de colonização entre o borne e o cerne. É assim que e mau grado se tratar de uma podridão do cerne se verifica, como aliás é lógico, que o borne revelou uma taxa inicial mais rápida de decomposição pelo que se deveria pesquisar a presença de substâncias antagónicas ao desenvolvimento do fungo na zona do cerne. Parece que despolimerizadas ou imobilizadas essas substâncias o fungo cresce rapidamente nesta zona o que se manifesta pelos valores dos teores em azoto que têm tendência para estabilizar a partir dos 70 dias de infecção para o borne e pelo contrário apresentam valores crescentes no cerne em todo o período em que durou o ensaio. É por isso de supor que se tivesse prolongado o tempo de infecção a perda de peso do cerne sofreria igualmente um aumento considerável e a patentear

de forma clara tratar-se de uma podridão de cerne como se ilustra na Fotografia 3.

Análise idêntica feita para o *C. versicolor* mostra que embora o fungo ataque as duas zonas a sua actividade é mais intensa no borne (Fotografia 1) tendo-se atingido ao fim de 84 dias uma redução do peso de cerca de 45% enquanto que para o mesmo período de tempo o cerne perde apenas 25% do seu peso. Aqui naturalmente também pela presença no cerne de produtos que dificultam a invasão inicial do micélio do fungo, como se evidencia comparando a evolução dos teores em azoto (Fig. 2A).

Em relação ao *S. hirsutum* que é uma podridão típica do borne (Fotografia 2 e Fig. 4A) a interpretação dos fenómenos entre a perda de peso e a invasão do micélio revela-se de mais difícil interpretação. Com efeito, nota-se uma redução acentuada do teor em azoto no borne que não encontra correspondência no abrandamento da taxa de perda de peso, aliás reduzida nas duas zonas da madeira. Dado o rápido decréscimo dos teores de lenhina para o borne julgamos que a correcta interpretação referente à densidade do micélio no lenho – traduzida pelos teores de azoto – deverá ser ainda pesquisada analisando o mecanismo da actividade enzimática do fungo, nomeadamente no que concerne a evolução da concentração em peroxidases (SWIFT, 1982).

Analisando agora o efeito da actividade dos três Basidiomicetas através da evolução dos teores de celulose e lenhina (Fig. 3 e 4) fica claramente patenteado que o *C. versicolor* e o *S. hirsutum* são fundamentalmente causadores de podridão branca e a *D. quercina* agente de uma podridão castanha. Assim, enquanto os dois primeiros revelam taxas de decréscimo no teor em lenhina bastante acentuadas, paralelamente com uma certa estabilização ou mesmo ligeira tendência para o aumento do teor em celulose (Fig. 3B), já a *D. quercina*, fundamentalmente no que respeita ao borne, revela um aumento no teor daquele constituinte a indicar que o metabolismo do fungo actuou sobretudo sobre as celulosas e pentosanas.

É de notar, aliás como indica a literatura, que apesar destes dois fungos originarem podridões brancas há uma certa mobilização e degradação da celulose traduzidas pela diminuição nos seus respectivos teores com o tempo. Os produtos de degradação de celulose são também utilizados, juntamente com a lenhina,

como fontes de C para o metabolismo do fungo. É ainda de assinalar quando se observam simultaneamente as tendências evolutivas nos teores de celulose, pentosanas e lenhina com a perda de peso devido à actividade do *C. versicolor* que o cerne parece ser mais facilmente destruído. Estas tendências parecem estar de acordo com a evolução da taxa de colonização da madeira pelo fungo revelada pela evolução dos teores em azoto.

De reparar ainda que há uma certa discrepância em relação à evolução de teor em lenhina no cerne atacado pela *D. quercina* onde é aparente que após 60 dias de infecção a lenhina começa também a ser fortemente metabolizada pelo fungo e isto apesar das elevadas disponibilidades em celulose e pentosanas (Fig. 5C).

Reportando-nos às Figuras 3B e 4B referentes à actividade do *S. hirsutum* fica bem evidenciado, por comparação da evolução dos teores de lenhina no tempo e para os dois estratos (borne e cerne), que estamos fundamentalmente perante uma podridão do borne. A reduzida actividade do fungo na madeira do cerne parece dever-se fundamentalmente à metabolização das pentosanas mais facilmente hidrolizáveis não tendo chegado a afectar, com significado e para o tempo em que decorreu o estudo, celulosas e lenhinas.

Fez-se ainda uma tentativa de interpretar a actividade dos fungos através de uma determinação da solubilidade na NaOH a 1% que é laboratorialmente fácil de executar no sentido de apreciar a ocorrência de tendências com valor preditivo e que pudessem ser utilizadas em rotina em futuros trabalhos.

A análise dos modelos sintetizados no Quadro VIII e Figura 6 mostram que de um modo geral, excepção feita aos valores da actividade do *C. versicolor* no cerne, os modelos descritivos se apresentam com valor preditivo e consistentes com a análise da evolução dos outros componentes químicos analisados mau grado as diferenças patentes nos modelos que descrevem a solubilidade na NaOH a 1% em função do número de dias de ataque para cada um dos fungos e ainda para o borne e cerne. Estas diferenças serão futuramente analisadas de modo mais intensivo e não justificam que nesta fase se tivesse tentado analisar a exequibilidade do uso dos teores da solubilidade na NaOH como variável preditiva da evolução do teor dos constituintes químicos considerados nesta fase do estudo.



FOTOGRAFIA 1

C. versicolor atacando toiça morta
e raízes de *E. globulus*.



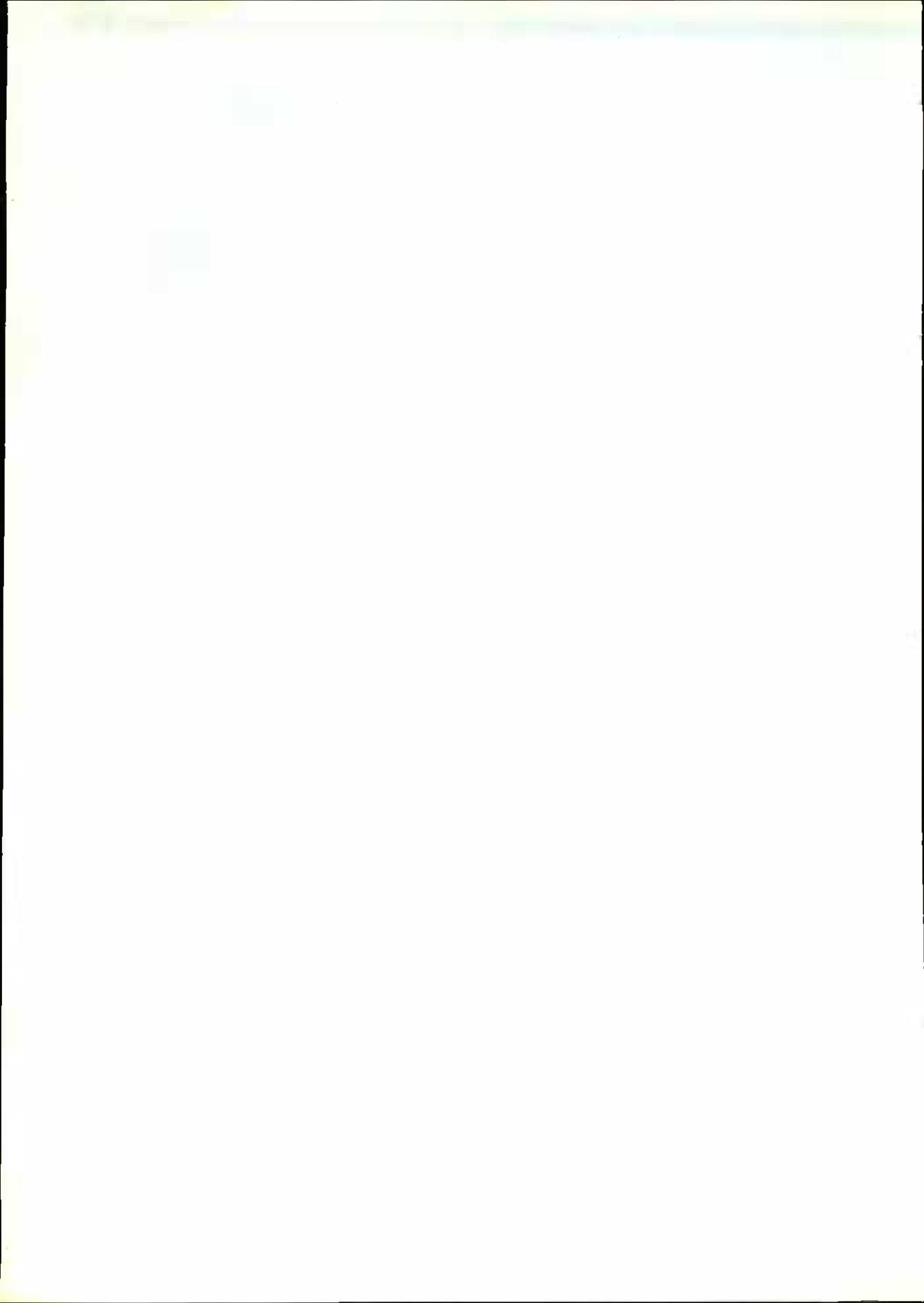
FOTOGRAFIA 2

S. hirsutum atacando toiça morta
de *E. globulus*.



FOTOGRAFIA 3

D. quercina atacando toiça de
E. globulus após o 1º corte.



5. CONCLUSÕES

Como dissemos logo no início do trabalho tínhamos com este o fim de seleccionar entre os fungos decompositores das toijas de *E. globulus* mais frequentes aqueles que poderiam interessar para se fazerem inoculações após o corte final do eucaliptal de modo a evitar os elevados custos de remoção mecânica das toijas.

Os resultados que obtivemos fazendo inoculações laboratoriais nas duas zonas da madeira permitem-nos indicar entre os três Basidiomicetas, o *C. versicolor* como sendo o mais adequado para esse fim. Com efeito, este fungo actua rapidamente tanto no borne como no cerne e consegue atacar a lenhina, composto este muito resistente à decomposição. Existem mesmo muito poucos decompositores equipados com enzimas para a sua rápida despolimerização. Por esta dificuldade é que se costuma considerar o teor em lenhina do material como variável explicativa mais significativa do tempo necessário para a sua degradação (SWIFT *et al.*, 1979; BARRETO, 1981).

Durante o período de ensaio (84 dias) a madeira do borne ficou reduzida a 58% do seu peso inicial e a do cerne a 72,5% ambas com tendência a prosseguir essa taxa de redução de peso. Com nenhum dos outros dois fungos se obteve perda de peso semelhante naquele período a revelar claramente a sua intensa actividade em relação à do *C. versicolor* na madeira do eucalipto.

Quanto à actividade de *S. hirsutum* verificamos que este apenas actuou razoavelmente no borne que na madeira do *E. globulus* segundo CARVALHO (1962) representa uma pequena parte deste, não tendo sido capaz no período de ensaio de atacar a lenhina, nem a celulose do cerne. Os resultados parecem confirmar que apenas actuou sobre as pentosanas e as substâncias solúveis desta zona.

No que concerne à *D. quercina*, agente de podridão castanha, verificamos que ela ataca a celulose deixando a lenhina quase intacta tanto no borne como no cerne. Este fungo actuou ainda sobre as pentosanas do cerne e sobre os compostos solúveis.

Do ponto de vista da decomposição das toijas esta actividade é desfavorável por representar uma acumulação de um composto que como dissemos é dificilmente degradável. Se bem que o comportamento global dos fungos e a evolução da fase de decom-

posição da madeira tenha sido satisfatoriamente coerente com as tendências encontradas, o estudo empreendido parece apontar que a análise dos mecanismos de decomposição e a procura de modelos interpretativos que permitam uma mais sólida intervenção no domínio do seu uso como ferramenta tecnológica devem aferir-se e explorar mais decididamente um conjunto de elementos respeitantes aos enzimas presentes nos blocos em decomposição.

Dentre os numerosos Basidiomicetas que foram identificados em Portugal como atacando as toijas do *E. globulus* (SAMPAIO, 1975; AZEVEDO, 1982) muitos outros se poderiam ter ensaiado; preferimos no entanto começar pelos mais vulgares por supormos que são os que estão mais adaptados a esta madeira e poderão mais facilmente colonizar artificialmente as toijas através da inoculação destas sem causar prejuízos nos eucaliptais da área a tratar. No entanto o *S. hisurtum* é considerado segundo COUTINHO (1945) uma doença da vinha sendo por isso de evitar a sua expansão por zonas onde existam vinhas junto de eucaliptais, como é tão vulgar.

Face a estes condicionalismos pensamos ensaiar futuramente, logo que seja oportuno, o *C. versicolor* no campo para comprovar os resultados que obtivemos em laboratório e apurar a técnica de inoculação aliás já posta em rotina para outras essências (RISHBETH, 1963).

A inoculação das toijas com fungos para acelerar a sua decomposição tem ainda para além das vantagens que apontámos de evitar o arranque mecânico, a de possível enriquecimento em azoto cujos teores na madeira infectada com *C. versicolor* triplicam no cerne e atingem mais ou menos o dobro no borne. Permite assim o aproveitamento de uma biomassa residual cuja utilização tecnológica nem sempre é fácil ou económica e que fica a ocupar o solo durante muitos anos se se deixar decompor naturalmente com a vantagem de enriquecer o solo em azoto e matéria orgânica.

BIBLIOGRAFIA

- AZEVEDO, N. (1982) — Macrofungos das Florestas Portuguesas. (Em publicação).
- BARRETO, L. S. (1981) — Predição da Intensidade de Decomposição em Portugal. Lisboa, Centro de Estudos Florestais. (Rel. cidostilado).
- CABRAL, M. T. (1983) — Contribuição para o estudo da biodegradação das toijas de *Eucalyptus globulus* Labill. Tese de doutoramento apresentada no ISA.
- CARVALHO, A. (1962) — A madeira de Eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.) Lisboa, Dir. Geral Serv. Flor. Aquic. (Estudos e Divulgação Técnica).
- COUTINHO, M. PEREIRA (1945) — Doenças e Pragas da Videira. Lisboa, Sá da Costa. (A Terra e o Homem, nº2).
- HENDRICKSON, O.; ROBINSON, S. B. (1982) — The microbiology of forest soils. A literature review. Petawawa National Forestry Institute. Guelph, Ontario. Information Report PI-x-19.
- LARSEN, L. M.; HARVEY, A. E.; YURGENSEN, M. F. (1979) — Residue decay processes and associated environmental functions in northern rocky mountains forests. Symposium on Environmental consequences of timber harvesting in Rocky Mountain coniferous forests.
- RISHBETH, J. (1963) — Stumps protection against *Fomes annosus*. III - Inoculation with *Peniophora gigantea*. "Ann appl. Biol.", vol. 52, p.63-77.
- SAMPAIO, M. H. (1975) — Doenças dos Eucaliptos em Portugal. "Bol. Inst. Prod. Flor. - Madeira e Derivados", Vol. 7, p.11-20; vol. 8, p.5-19.
- SWIFT, M. S.; HEALY, O. W.; ANDERSON, J. M. (1979) — Decomposition in terrestrial Ecosystems. London, Blackwell Scient. Publ. (Studies in Ecology, vol. 5).
- TRISTKA, F.; CROMACK JR., K. (1980) — The role of wood debris in forests and streams. In: "Forests Fresh Perspectives from Ecosystem Analysis". Proceedings of the 40th Annual Biology Colloquium. Oregon State University Press, p.171-190.

