

Dinâmica da decomposição e da libertação de nutrientes da folhada de *Cistus salvifolius* L. e *Cistus ladanifer* L.

Decomposition dynamics and nutrient release of *Cistus salvifolius* L. and *Cistus ladanifer* L. leaf litter

M. P. Simões¹, M. Madeira² & L. Gazarini¹

¹Dep. Biologia, Univ. de Évora, Apartado 94, 7002-554 Évora, e-mail: mps@uevora.pt

²Dep. Ciências do Ambiente, Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa

RESUMO

Estudou-se a dinâmica da decomposição e da libertação de N, P, K, Ca e Mg da folhada de *Cistus salvifolius* e de *Cistus ladanifer*, durante pouco mais de 4 anos, numa comunidade arbustiva, característica de montados do Alentejo. Respectivamente para *C. salvifolius* e *C. ladanifer*, a média anual da massa de folhada foi de 356,6 e 451,3 g m⁻² ano⁻¹. O retorno anual médio de N, P, K, Ca e Mg para o solo foi respectivamente de 2,29, 0,21, 1,54, 4,98 e 0,92 g m⁻² ano⁻¹, para o *C. salvifolius* e de 1,72, 0,41, 1,55, 4,64 e 0,95 g m⁻² ano⁻¹, para o *C. ladanifer*. A taxa de decomposição *k*, após o primeiro ano, foi de -0,65 ano⁻¹ para o *C. salvifolius* e de -0,51 ano⁻¹ para o *C. ladanifer*. Após este período, os valores de *k* aumentaram para a primeira espécie e diminuíram para a segunda, tendo-se determinado valores, respectivamente, de -0,78 ano⁻¹ e de -0,41 ano⁻¹, no final do período de estudo. A libertação de N, das folhas em decomposição, foi mais rápida para o *C. salvifolius* do que para o *C. ladanifer*, tendo as proporções remanescentes ao fim de 1538 dias sido respectivamente de 8 e 58%. A proporção residual de P foi de 6% para o *C. salvifolius* e de 15% para o *C. ladanifer*, apesar de a libertação inicial ter

sido mais rápida na segunda espécie (68% após 65 dias) do que na primeira (21% após 246 dias). A libertação de K foi muito rápida, tendo o remanescente sido, respectivamente para o *C. salvifolius* e para o *C. ladanifer*, de 37 e 24% do inicial, após 65 dias, e 2 e 12%, no final. Respectivamente para a primeira e a segunda espécies, as proporções residuais finais foram de 3 e 25%, para o Ca, e de 4 e 38%, para o Mg. A composição química da folhada influenciou as taxas de decomposição e o padrão de libertação dos nutrientes, tendo-se determinado influência particularmente acentuada da concentração inicial de N e das razões C:N e lenhina:N iniciais.

ABSTRACT

The dynamics of decomposition and nutrient (N, P, K, Ca and Mg) release from leaf litter of *Cistus salvifolius* and *Cistus ladanifer* was studied, over a four-year period, in a Mediterranean shrubland of Alentejo, Southern Portugal. Mean annual amount of litterfall was 356.6 g m⁻² yr⁻¹ for *C. salvifolius* and 451.3 g m⁻² yr⁻¹ for *C. ladanifer*. Mean annual return of N, P, K, Ca and Mg to the soil was respectively 2.29, 0.21, 1.54, 4.98 and 0.92 g m⁻² yr⁻¹,

for the former and 1.72, 0.41, 1.55, 4.64 and 0.95 g m⁻² yr⁻¹, for the latter. Rate constants (*k*) for annual leaf mass loss were -0.65 yr⁻¹ for *C. salvifolius* and -0.51 yr⁻¹ for *C. ladanifer*, after the first year. After this period, decomposition rates increased for the first species and decreased for the second, having been determined values of -0.78 yr⁻¹ and -0.41 yr⁻¹, respectively, at the end of the studied period. Nitrogen release from decomposing leaf litter was faster for *C. salvifolius* than for *C. ladanifer*, the remaining proportions after 1538 days being 8 e 58% of the initial, respectively. The remaining proportions of P were 6% for *C. salvifolius* and 15% for *C. ladanifer*, in spite of the faster initial release for the former (68% after 65 days) than for the latter (21% after 246 days). The release of K was fast, the remaining proportions having been 37% of the initial for *C. salvifolius* and 24% for *C. ladanifer*, after 65 days, and 2 and 12%, after 1538 days. At the end of the study, the remaining proportions of Ca were 3 e 25%, and those of Mg were 4 and 38%, respectively. Decomposition rates and nutrient release patterns were influenced by litter quality, specially in what concerns initial N concentration and initial C:N and lignin:N.

INTRODUÇÃO

O processo de decomposição, através do qual são disponibilizados os elementos minerais essenciais para o desenvolvimento das plantas, exerce forte influência nos ecossistemas terrestres no respeitante, quer aos aspectos estruturais, quer aos funcionais. A distribuição e mineralização da matéria orgânica, bem como o fluxo dos nutrientes contidos na folhada constituem aspectos importantes do ciclo de nutrientes e da dinâmica dos ecossistemas. O controlo dos

padrões de decomposição da folhada, e subsequente libertação dos nutrientes desempenham, assim, um papel essencial no funcionamento dos ecossistemas.

Entre os factores que regulam as taxas de decomposição da folhada e a dinâmica de nutrientes, encontram-se as condições ambientais, a actividade dos organismos do solo e a natureza química da folhada. Contudo, é geralmente aceite que, nas condições climáticas mediterrânicas, a influência da natureza química da folhada é, destes factores, o que prevalece (Cortez *et al.*, 1996). Muitos estudos de decomposição têm tido como objectivo a identificação de factores químicos que sejam bons estimadores das taxas de decomposição da folhada. Estes estudos têm sugerido que as características químicas do substrato afectam, não só a perda de peso da folhada mas, também, os padrões de imobilização ou libertação dos nutrientes. Alguns estudos referem correlações fortes entre a concentração inicial de N ou a razão C:N e a taxa de decomposição (McClaugherty *et al.*, 1985; Taylor *et al.*, 1989; Aber *et al.*, 1990; Aerts & Caluwe, 1997). Outros apontam a concentração inicial de P ou a razão C:P como bons indicadores da taxa de decomposição (Vitousek *et al.*, 1994). Outros casos, ainda, apontam para a forte influência da concentração inicial de lenhina ou das razões lenhina:N e lenhina:P na decomposição da folhada (Melillo *et al.*, 1982; Aerts & Caluwe, 1997; Gallardo & Merino, 1999).

Neste contexto, quantificou-se a produção de folhada e respectivo conteúdo de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) e determinaram-se as taxas de decomposição e os padrões de libertação de nutrientes da folhada de duas espécies de arbustos mediterrânicos do género *Cistus* L., avaliando-se a relação dos padrões observados com a composição química inicial das folhas.

MATERIAL E MÉTODOS

Área experimental

O trabalho experimental decorreu na zona de Évora (38° 32' N; 8° 01' W; 240 m alt.). O clima da região é do tipo mediterrânico, sendo a temperatura anual média de 15,7°C e a precipitação média de 624,8 mm (Normais Climatológicas de 1961-1990). O período seco, durante a estação quente, atinge até 5 meses. A litologia da área corresponde a rochas gnáissóides, com predomínio de Solos Não Húmicos Pouco Saturados Normais de Gnaisses (Aguiar & Grilo, 1975). A vegetação consiste num montado aberto de *Quercus suber* L. e *Q. rotundifolia* Lam., com um sub-bosque de arbustos esclerófilos, que tem como espécies características e dominantes o *Cistus salvifolius* L. e *C. ladanifer* L., acompanhadas principalmente por *C. crispus* L., *Quercus coccifera* L., *Myrtus communis* L. e *Arbutus unedo* L. A parcela experimental foi vedada 2,5 anos antes do início do período de estudo (Julho de 1991), de modo a proteger a vegetação do pastoreio, não tendo, desde então, sido intervençionada.

Com base em parâmetros dendrométricos e valores de biomassa, apresentados por Telhada (1988), Marquez *et al.* (1989) e Nuñez *et al.* (1989) para populações de *C. ladanifer*, com diferentes idades, estimou-se a idade dos indivíduos amostrados no presente estudo entre 12 e 18 anos.

Amostragens e determinações

A quantificação da massa de folhada foi efectuada por um período de 2 anos (Janeiro de 1994 a Dezembro de 1995) e as taxas de decomposição das folhas e a dinâmica de libertação dos nutrientes foram estudadas durante 51 meses (Outubro de 1994 a Dezembro de 1998), através da técnica dos

sacos de decomposição ("litter bags") (Bock & Gilbert, 1957; Bock *et al.*, 1960).

A folhada foi recolhida quizenalmente, em recipientes de rede distribuídos sob a copa de 20 arbustos de cada espécie, escolhidos ao acaso (Lavado *et al.*, 1989; Marquez *et al.*, 1989). As redes de colheita (1,5 mm de malha) foram presas a quatro estacas metálicas e ao caule, de modo a formarem um quadrado de 80 cm de lado, a cerca de 6 cm acima da superfície do solo. As folhas recolhidas no pico de queda de 1994 (Junho e Julho), depois de separadas, secas (40°C) e pesadas, foram misturadas por espécie. Cada mistura foi distribuída por sacos de decomposição de "nylon" (aproximadamente 2,5 g por saco), com 13x13 cm e 1 mm de malha, fechados e identificados com etiqueta plástica, num total de 320 sacos. Aliquotas das mesmas misturas foram utilizadas para determinação do peso seco (80°C) e teor de cinza, bem como para análise do conteúdo de N, P, K, Ca, Mg, lenhina, celulose e hemicelulose, depois de moídas num moinho centrífugo com um crivo de malha de 1 mm.

No início de Outubro de 1994, os sacos de decomposição foram colocados à superfície do solo, sob a copa de arbustos da espécie de origem da folhada, escolhidos ao acaso. A sua amostragem foi efectuada com intervalos de 2 a 4 meses, nos 2 primeiros anos, e de cerca de 6 meses, no período restante. Os resíduos orgânicos foram secos (80°C) e pesados e, depois de misturados em amostras compostas, foram moídos, num moinho centrífugo, para determinação do teor da cinza e análise química.

Os dados meteorológicos utilizados foram medidos na Estação Meteorológica da Mitra, sob a responsabilidade do Centro de Geofísica de Évora (CGE), em colaboração com o Instituto de Ciências Agrárias Meditêrrâneas (ICAM). Devido a algumas falhas de amostragem, nos períodos estudados,

utilizaram-se os valores medidos na Estação Meteorológica de Currais (38° 31' N; 7° 47' W; 230 m alt.), ou na Estação Meteorológica de Évora, do Instituto de Meteorologia.

Métodos analíticos

O N foi determinado por intermédio de um sistema de destilação *Kjeltec Auto 1030 Analyser*, baseado no método Kjeldahl (Bremner & Mulvaney, 1982).

A solubilização dos elementos minerais (K, Mg, Ca e P) obteve-se por digestão destes num digestor *CEM Microwave Digestion System Model MDS-81 D (CEM Corporation, Matthews, N.C.)*. Para o efeito colocou-se 0,5 g de material orgânico em tubos LDV (Line Digestion Vessel), o qual foi posto em contacto com 10 ml de HNO₃ concentrado a 65 %. A solução resultante da digestão foi evaporada em copos de "Foumeau", tendo o respectivo resíduo sido solubilizado em banho de areia, pela adição de 10 ml de HCl 3M e filtrado para balões volumétricos de 250 ml. A partir da solução filtrada e por intermédio de espectrofotometria de absorção atómica (EAA) foram determinadas as concentrações de K, Mg e Ca. O P foi determinado por colorimetria, usando-se para o desenvolvimento da cor uma solução de molibdato de amónio, tartarato de potássio e antimónio e ácido sulfúrico. A quantificação foi efectuada num espectrofotómetro de U.V./Visível, no comprimento de onda de 882 nm, segundo o método de Murphy & Riley (1962) adaptado por Watanabe & Olsen (1965).

O conteúdo de lenhina, celulose e hemicelulose do substrato inicial foi determinado pelo método dos detergentes (Goering & Van Soest, 1970; Van Soest & Robertson, 1985). A celulose foi calculada como a diferença entre os teores de ADF ("acid detergent fiber") e ADL ("acid detergent lignin") e a hemicelulose como a diferença entre os teores de NDF ("neutral de-

tergent fiber") e ADF.

Métodos estatísticos

A taxa anual de decomposição k calculou-se através da equação $\ln(x/x_0) = -kt$ (Olson, 1963).

A existência de diferenças significativas entre as duas espécies, no que se refere à proporção residual da matéria orgânica, nas folhas em decomposição, foi determinada por meio de testes t de Student ou, sempre que não se observou homogeneidade de variâncias, através do teste não paramétrico U de Mann-Whitney. A existência de correlações entre a matéria orgânica remanescente e a concentração de N no material residual, foi determinada através de regressões lineares. Para testar a existência ou não de homogeneidade de variâncias entre as médias, utilizou-se o programa *Homov, Version 2.1, Applied Biostatistics*, após o que, quando necessário, se procedeu a transformações de Box-Cox (Sokal & Rohlf, 1995). Os testes restantes foram efectuados através do programa *Statgraphics Plus, Version 7*, da *Statistical Graphics Corporation*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Queda de folhada e fluxo de nutrientes

A média anual da massa de folhada foi de 356,6 g m⁻² (sendo 68% de folhas), para o *C. salvifolius* e 451,3 g m⁻² (86% de folhas), para o *C. ladanifer*. As folhas apresentaram um padrão de queda sazonal que se ajustou ao ciclo de queda do total da folhada, com um pico acentuado na primavera e início do verão (70 a 80% do total), provavelmente associado à senescência natural induzida pelo stress hídrico e/ou térmico, e uma acentuada redução nos meses de outono e inverno (Figuras 1 e 2).

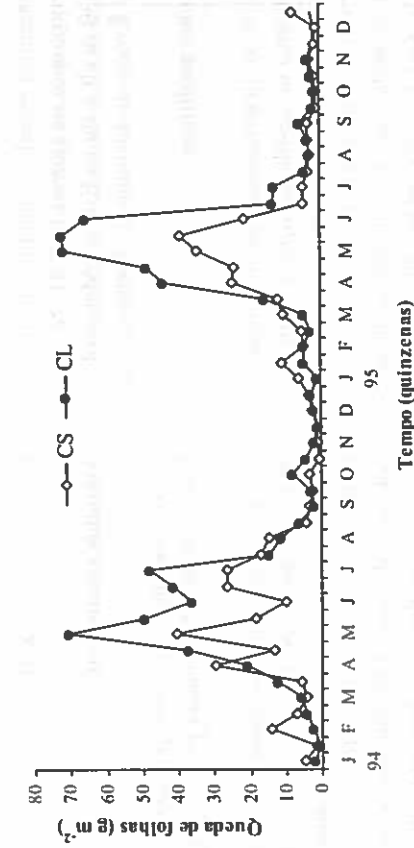


Figura 1 - Variação quinzenal da massa de folhas da folhada (g m^{-2}) recolhida no *C. salvifolius* (CS) e no *C. ladanifer* (CL), de Janeiro-1994 a Dezembro-1995

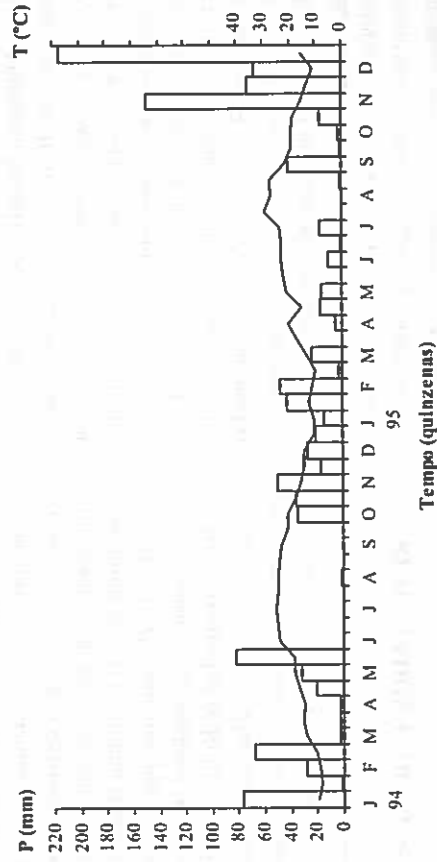


Figura 2 - Variação quinzenal da precipitação e da temperatura média do ar, durante o período de recolha da folhada

O fluxo anual médio de N, P, K, Ca e Mg para o solo, através da folhada, foi respectivamente de 2,29, 0,21, 1,54, 4,98 e $0,92 \text{ g m}^{-2}$, para a primeira espécie e de 1,72, 0,41, 1,55, 4,64 e $0,95 \text{ g m}^{-2}$, para a segunda. As folhas foram o componente responsável pelo retorno dos maiores porções de todos os nutrientes (54 a 95% do total). Estes valores são da mesma or-

dem de grandeza que os indicados por Cole & Rapp (1980), para ecossistemas florestais e por Gray & Schlesinger (1981), para comunidades arbustivas.

Taxa de decomposição das folhas

A decomposição das folhas foi rápida para ambas as espécies, tendo as perdas de

peso mais acentuadas coincidido com os períodos de precipitação mais elevada (Figuras 3 e 4).

A matéria orgânica (MO) remanescente foi, respectivamente para o *C. salvifolius* e para o *C. ladanifer*, de 47 e 65% do inicial, após 1,2 anos, diminuindo para 3 e 17%, no final do período de estudo (1538 dias). A taxa de decomposição k , após o primeiro ano, foi

ladanifer mais baixas e menos variáveis ao longo do tempo, o material remanescente após a fase de lixiviação inicial, será nesta espécie mais recalcitrante ao processo de decomposição do que no *C. salvifolius*. Este facto ter-se-á devido, provavelmente, ao mais elevado teor inicial de N, no *C. salvifolius* (Taylor *et al.*, 1989; Jamahudheen & Kumar, 1999), bem como às mais

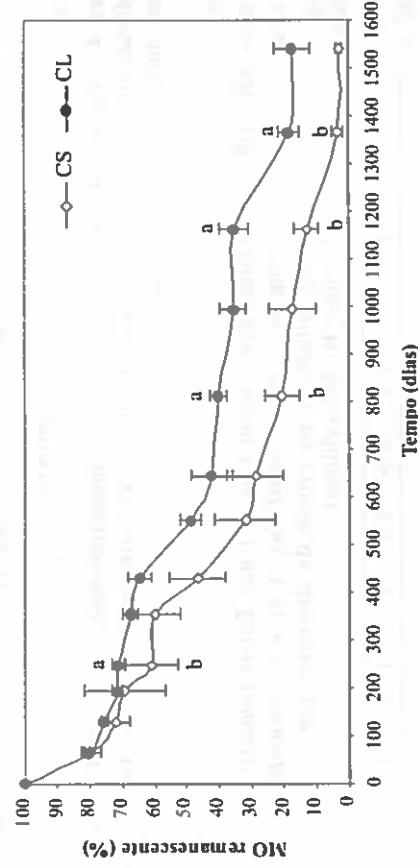


Figura 3 - Evolução da proporção residual (%) de matéria orgânica (MO) das folhas de *C. salvifolius* (CS) e *C. ladanifer* (CL), desde o início (Outubro-94) até ao termo (Dezembro-98) do período experimental. As barras representam o intervalo de confiança de 95%. As letras (a e b) indicam valores significativamente diferentes ($p < 0,05$), após 246, 810, 1161 e 1365 dias

de $-0,65 \text{ ano}^{-1}$ ($r^2=0,95$; $P < 0,001$), para o *C. salvifolius*, e de $-0,51 \text{ ano}^{-1}$ ($r^2=0,92$; $P < 0,001$), para o *C. ladanifer*. Após este período, os valores de k aumentaram para a primeira espécie e diminuíram para a segunda, tendo-se determinado valores, respectivamente, de $-0,78 \text{ ano}^{-1}$ ($r^2=0,98$; $P < 0,001$) e de $-0,41 \text{ ano}^{-1}$ ($r^2=0,98$; $P < 0,001$), no final do período de estudo.

Sendo as taxas de decomposição do *C.*

elevadas razões C:N e lenhina:N iniciais, no *C. ladanifer* (Melillo *et al.*, 1982; Hartemink & O'Sullivan, 2001) (Quadro 1). Foram determinadas correlações negativas entre esta última razão e a taxa de decomposição (Cornelissen, 1996), especialmente na fase de lixiviação (Gallardo & Merino, 1993) e durante o primeiro ano do processo de decomposição (Blair, 1988), em particular em espécies com elevado teor de lenhina.

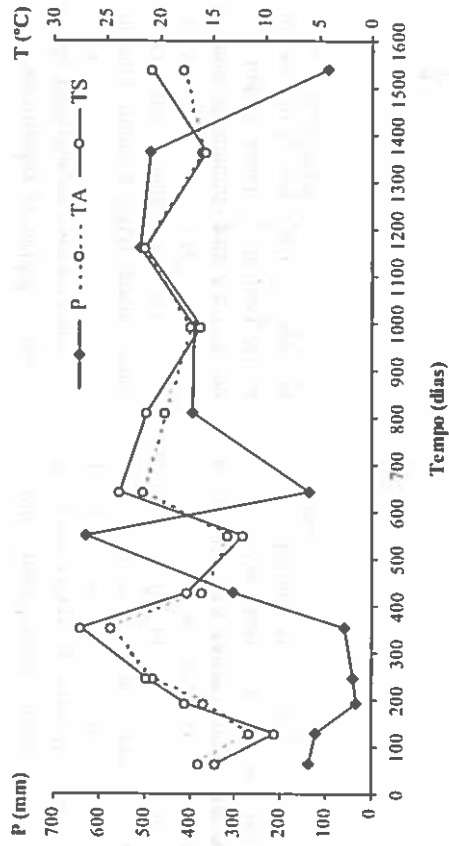


Figura 4 - Variação da precipitação (P) e da temperatura média do ar (TA) e nos 10 cm superficiais do solo (TS), para os intervalos de tempo, correspondentes aos períodos de amostragem, durante o processo de decomposição

QUADRO 1 - Composição inicial (mg g⁻¹) das folhas (amostras compostas) de *C. salvifolius* (CS) e *C. ladanifer* (CL), utilizadas no estudo da decomposição (L - lenhina; H - holocelulose)

	N	P	K	Ca	Mg	C:N	C:P	L:N	L:H
CS	5,59	0,51	5,81	24,6	4,37	89	980	20	0,7
CL	3,55	1,12	5,13	12,2	2,20	141	446	27	0,5

Libertação de nutrientes

A libertação de N, das folhas em decomposição, foi significativamente mais rápida ($p < 0,05$) no *C. salvifolius* do que no *C. ladanifer*. Verificou-se, contudo, uma fase inicial de retenção, cuja duração foi de um ano, na primeira espécie (até 118% do inicial), e de três anos, na segunda (até 130% do inicial), após a qual teve início a libertação (Figura 5). As proporções residuais ao fim de 1538 dias foram, respectivamente, de 8 e 58%.

A libertação de P (Figura 6), ao contrário do que se verificou para o N, foi mais rápida no *C. ladanifer* (concentração inicial de 1,12 mg g⁻¹) do que no *C. salvifolius* (concentração inicial de 0,51 mg g⁻¹), tendo-se determinado um decréscimo de 68% após 65 dias, na primeira espécie, enquanto na segunda só ocorreu decréscimo (21%) após 246 dias. Os valores da razão C:P a partir dos quais se iniciou a libertação, respectivamente 446 e 672, foram superiores aos valores críticos referidos por Blair (1988) para espécies florestais (360 a

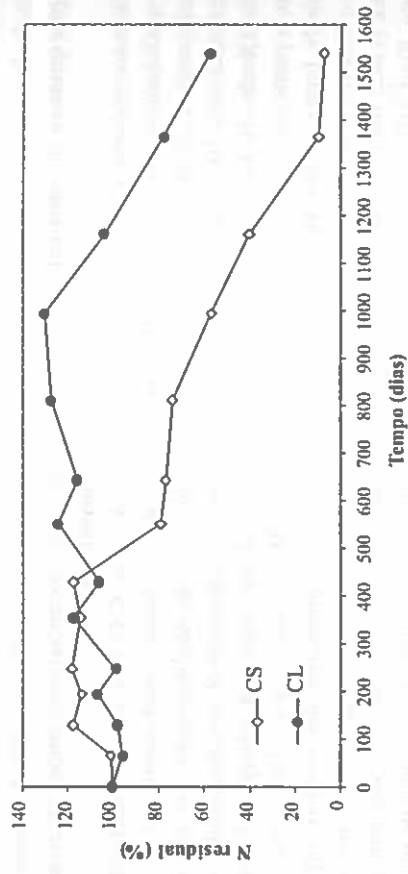


Figura 5 - Evolução da proporção residual (%) de azoto, durante a decomposição das folhas de *C. salvifolius* (CS) e *C. ladanifer* (CL)

480). No final do período estudado, a proporção residual era, contudo, mais elevada no *C. ladanifer* (15%) do que no *C. salvifolius* (6%).

O K foi libertado rapidamente na fase inicial de decomposição (65 dias) restando, respectivamente para o *C. salvifolius* e para o *C. ladanifer*, 37 e 24% do inicial. No final

do período de estudo, as proporções residuais foram de 2 e 12%. A proporção de Ca remanescente também foi mais baixa no *C. salvifolius* (3% no final) do que no *C. ladanifer* (25% no final). Semelhante tendência foi verificada para o Mg: menor retenção no *C. salvifolius* (4% no final) do que no *C. ladanifer* (38% no final).

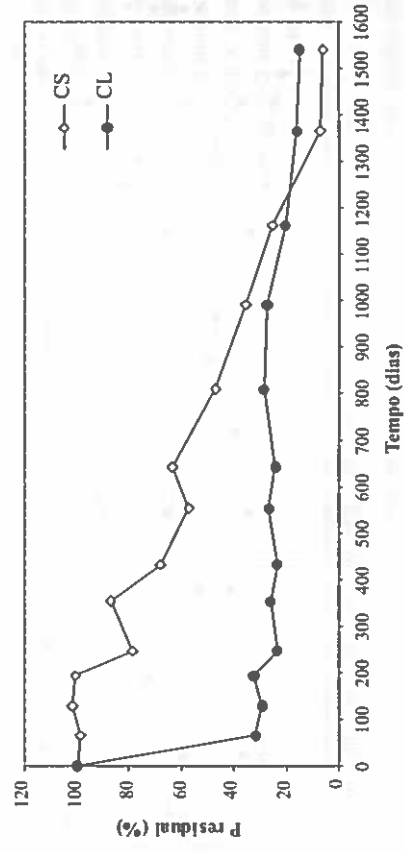


Figura 6 - Evolução da proporção residual (%) de fósforo durante a decomposição das folhas de *C. salvifolius* (CS) e *C. ladanifer* (CL)

A dinâmica da decomposição e a composição química do substrato

O maior período de retenção de N, ocorrido no *C. ladanifer*, poderá ser devido à mais elevada razão C:N inicial (Vitousek, 1982; Berg & Ekbohm, 1983; McClaugherty *et al.*, 1985) (Quadro 1). Os valores críticos desta razão, a partir dos quais se iniciou a libertação de N, foram de 35 e 48, respectivamente para o *C. salvifolius* e para o *C. ladanifer*. Vitousek (1982) refere valores de 12 a 20, enquanto Blair (1988) obteve, para espécies caducifólias, valores de 25 a 34.

A concentração de N na MO (Figura 7) aumentou ao longo do tempo: partindo de valores iniciais de 5,59 mg g⁻¹, nas folhas do *C. salvifolius* e de 3,55 mg g⁻¹, nas do *C. ladanifer*, atingiu valores de 15,88 e 11,84 mg g⁻¹, respectivamente, no final do período de estudo. Esta variação deveu-se, não só à imobilização do N, particularmente acentuada no *C. ladanifer*, como também ao decréscimo da MO. Associado ao aumento da concentração de N, ocorreu um decréscimo do valor da razão C:N (Figura 7), o qual

no final do período de estudo representava um terço do inicial, em ambas as espécies consideradas.

A razão C:N tem sido apontada como um dos factores correlacionados, não só com a taxa de decomposição mas, também, com a dinâmica do N, no decurso dos processos de decomposição (Berg & Ekbohm, 1983; McClaugherty *et al.*, 1985). Estes autores verificaram que, nos resíduos orgânicos com razões C:N iniciais mais elevadas, ocorria imobilização de N. Não puderam, contudo, determinar a existência de um valor limite da razão C:N inicial, a partir da qual se verificasse acumulação ou libertação de N.

No presente estudo, verificou-se também uma tendência para o mesmo padrão de comportamento. De facto, enquanto a razão C:N inicial era de 89 (assumindo o conteúdo de carbono como 50% da MO) nas folhas do *C. salvifolius*, nas quais o período de imobilização do N foi de um ano, a mesma razão tomava o valor de 141 nas do *C. ladanifer*, nas quais se observou um período de imobilização de três anos.

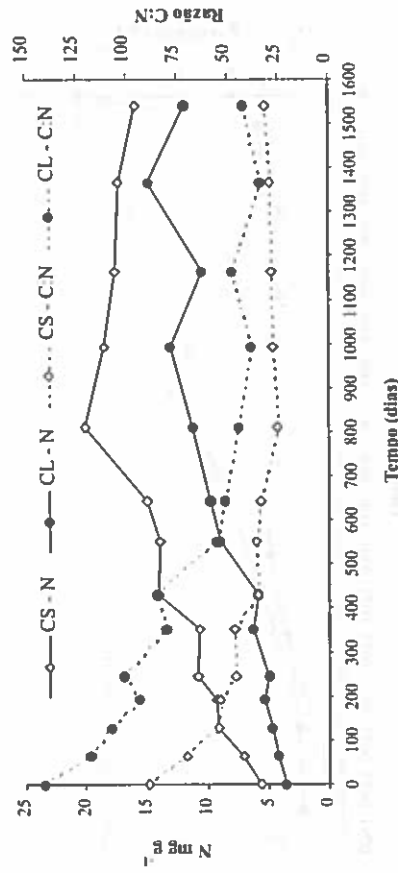


Figura 7 - Evolução da concentração de azoto na matéria orgânica (mg g⁻¹) e da razão C:N, durante a decomposição das folhas de *C. salvifolius* (CS) e *C. ladanifer* (CL)

Aber & Meililo (1982) apresentaram um modelo linear que relaciona a perda de massa e a retenção de N, na folhada. Este modelo, em que a decomposição é descrita através de uma relação linear inversa entre a MO remanescente (%) e a concentração de N no material residual, foi também observado por outros autores (Melillo *et al.*, 1982; McClaugherty

de tempo, a razão C:N atingiu um mínimo de 25, no *C. salvifolius*, e de 34, no *C. ladanifer* (Figura 7).

Exprimindo as proporções remanescentes de MO e de N, em função da concentração de N no material residual, verifica-se que, na relação entre a dinâmica da perda de peso e a dinâmica de N, se dis-

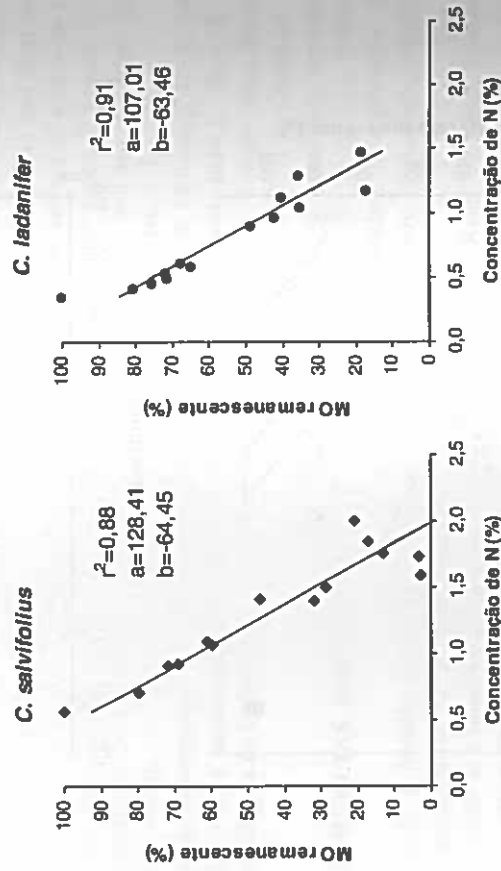


Figura 8 - Regressões entre a matéria orgânica remanescente (%) e a concentração de N (%) no material residual das folhas de *C. salvifolius* e *C. ladanifer*

et al., 1985; Blair, 1988). Também no estudo aqui apresentado, se determinaram, através de regressões lineares, relações significativas ($P<0,001$) entre a proporção residual de MO e a proporção de N (Figura 8). O declive desta relação é uma medida do aumento da concentração de N por unidade de C mineralizado, isto é, por unidade de perda de MO.

A concentração de N na MO residual (Figura 7) aumentou, no *C. salvifolius*, até aos 810 dias após o início, altura em que atingiu um máximo de cerca de 20 mg g⁻¹ (2% da MO residual) e no *C. ladanifer*, até aos 1365 dias, atingindo, após este período, o valor máximo de cerca de 15 mg g⁻¹ (1,5% da MO residual). Após os mesmos períodos

tinguem duas fases características (Figura 9).

Na primeira fase, em que as curvas são divergentes, a perda de peso é acompanhada por uma forte retenção de N. Nesta fase, a concentração de N na MO remanescente aumentou até 2%, para o *C. salvifolius*, e até 1,5%, para o *C. ladanifer*. Quando estes valores máximos foram atingidos, iniciou-se a segunda fase, na qual passou a existir paralelismo entre as duas curvas, isto é, a perda de peso prosseguiu mas, simultaneamente iniciou-se a libertação de N. Deste modo, torna-se claro que a relação entre a dinâmica da perda de peso e a dinâmica da libertação de N, que se verificou independentemente da perda de peso, ocorreu em duas fases distintas.

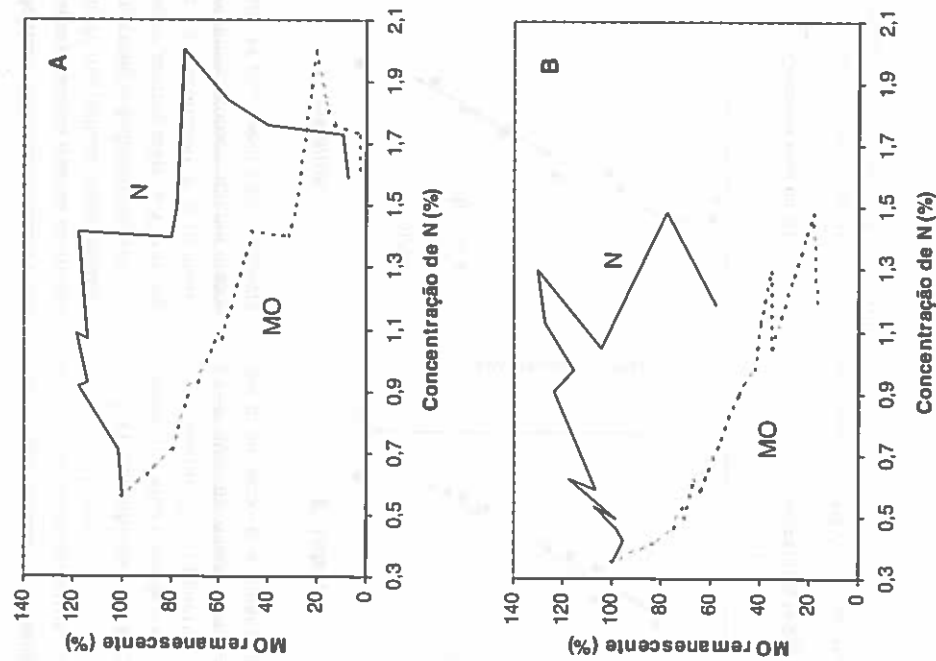


Figura 9 - Necromassa remanescente (linha inferior) e quantidade remanescente de N (linha superior), em função da concentração de N no material residual das folhas de *C. salvifolius* (A) e de *C. latanifer* (B)

CONCLUSÕES

- A massa de folhagem atingiu valores elevados, comparativamente a outras espécies arbustivas ou mesmo arbóreas.
- O retorno de N, P, K, Ca e Mg ao solo, expresso por metro quadrado, é da ordem de grandeza do obtido para ecossistemas florestais.
- A decomposição das folhas de ambas as espécies foi rápida, atingindo valores mais elevados ($-0,78 \text{ ano}^{-1}$) no caso do *C. salvifolius*, do que no do *C. latanifer* ($-0,41 \text{ ano}^{-1}$).
- A libertação do N foi mais rápida no *C. salvifolius*, ao contrário do P, que se libertou mais rapidamente no *C. latanifer*.
- A taxa de decomposição e o padrão de libertação dos nutrientes foram influ-

enciados pela composição química inicial da folhagem, parecendo ter-se relacionado melhor com a concentração inicial de N e as razões iniciais C:N e lenhina:N.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho realizou-se no âmbito dos Projectos PAMAF/8004/95 e PRAXIS 3/3.2/AGR/2187/95. Os autores agradecem aos Profs. Mário de Carvalho e Gottlieb Basch, do Departamento de Fisiologia da Universidade de Évora, a cedência dos dados meteorológicos da Estação Meteorológica de Currais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aber, J. D. & Melillo, J. M. 1982. Nitrogen immobilization in decaying hardwood leaf litter as a function of initial nitrogen and lignin content. *Can. J. Bot.*, **60**: 2263-2269.
- Aber, J. D., Melillo, J. M. & McLaugherty, C. 1990. Predicting long-term patterns of mass loss, nitrogen dynamics, and soil organic matter formation from initial fine litter chemistry in temperate forest ecosystems. *Can. J. Bot.*, **68**: 2201-2208.
- Aerts, R. & Caluwe, H. 1997. Nutritional and plant-mediated controls on leaf litter decomposition of *Carex* species. *Ecology*, **78**: 244-260.
- Aguiar, F. B. & Grilo, J. T. 1975. *Carta de Solos da Herdade da Mitra*. Universidade de Évora, Évora. (Mimeografado).
- Berg, B. & Ekbohm, G. 1983. Nitrogen immobilization in decomposing needle litter at variable carbon:nitrogen ratios. *Ecology*, **64**: 63-67.
- Blair, J. M. 1988. Nitrogen, sulfur and phosphorus dynamics in decomposing deciduous leaf litter in the southern Appalachians. *Soil Biol. Biochem.*, **20**: 693-701.
- Bockock, K. L. & Gilbert, O. J. W. 1957. The disappearance of leaf litter under different woodland conditions. *Plant and Soil*, **9**: 179-185.
- Bockock, K. L., Gilbert, O., Capstick, C. K., Twinn, D. C., Waid, J. S. & Woodman, M. J. 1960. Changes in leaf litter when placed on the surface of soils with contrasting humus types. I. Losses in dry weight of oak and ash leaf litter. *Journal of Soil Science*, **11**: 1-9.
- Bremner, J. M. & Mulvaney, C. S. 1982. Nitrogen - total. In A.L. Page, R. H. Miller & D. R. Keeney (eds) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*, Agronomy Monograph nº 9 (2nd ed.), pp. 595-624. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Cole, D. W. & Rapp, M. 1980. Elemental cycling in forest ecosystems. In D. E. Reichle (ed) *Dynamics Properties of Forest Ecosystems*, pp. 341-409. International Biological Programme. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Cornelissen, J. H. C. 1996. An experimental comparison of leaf decomposition rates in a wide range of temperate plant species and types. *Journal of Ecology*, **84**: 573-582.
- Cortez, J., Demard, J. M., Bottner, P. & Joazeur Monrozier, L. 1996. Decomposition of mediterranean leaf litters: a microcosm experiment investigating relationships between decomposition rates and litter quality. *Soil Biol. Biochem.*, **28**: 443-452.
- Gallardo, A. & Merino, J. 1993. Leaf decomposition in two mediterranean ecosystems of southwest Spain: influence of substrate quality. *Ecology*, **74**: 152-161.

- Gallardo, A. & Merino, J. 1999. Control of leaf litter decomposition rate in a Mediterranean shrubland as indicated by N, P and lignin concentrations. *Pedobiologia*, **43**: 64-72.
- Goering, H. K. & Van Soest, P. J. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications). USDA. *Agriculture Handbook*, **379**: 20 pp.
- Gray, J. T. & Schlesinger, W. H. 1981. Nutrient cycling in Mediterranean type ecosystems. In P. C. Miller (ed) *Resource use by Chaparral and Matorral*. Ecological Studies N° 39, pp. 259-285. Springer-Verlag, New York.
- Hartemink, A. E. & O'Sullivan, J. N. 2001. Leaf litter decomposition of *Piper aduncum*, *Gliricidia sepium* and *Imperata cylindrica* in the humid lowlands of Papua New Guinea. *Plant and Soil*, **230**: 115-124.
- Jamaludheen, V. & Kumar, B. M. 1999. Litter of multipurpose trees in Kerala, India: variations in the amount, quality, decay rates and release of nutrients. *Forest Ecology and Management*, **115**: 1-11.
- Lavado, M., Nuñez, E. & Escudero, J. C. 1989. Variaciones mensuales en el aporte de biomasa al suelo por distintas especies de matorral mediterráneo. *Options Méditerranéennes, Série Seminaires*, **3**: 167-172.
- Marquez, M., Nuñez, E. & Escudero, J. C. 1989. Dinámica del nitrógeno en un gradiente de edad de *Cistus ladanifer* L. *Options Méditerranéennes, Série Seminaires*, **3**: 151-155.
- McClougherty, C. A., Pastor, J., Aber, J. D. & Melillo, J. M. 1985. Forest litter decomposition in relation to soil nitrogen dynamics and litter quality. *Ecology*, **66**: 266-275.
- Melillo, J. M., Aber, J. D. & Muratore, J. F. 1982. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. *Ecology*, **63**: 621-626.
- Marquez, M., Nuñez, E. & Escudero, J. C. 1989. Dinámica del nitrógeno en un gradiente de edad de *Cistus ladanifer* L. *Options Méditerranéennes, Série Seminaires*, **3**: 151-155.
- Murphy, J. & Riley, J. P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, **27**: 31-36.
- Nuñez, E., Cabeza, J. & Escudero, J. C. 1989. Relación entre la biomasa de jarales y su rendimiento energético por pirolosis. *Options Méditerranéennes, Série Seminaires*, **3**: 345-350.
- Olson, J. S. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, **44**: 322-331.
- Sokal, R. R. & Rohlf, F. J. 1995. *Biometry*. 3rd ed. W.H. Freeman and Company, New York.
- Telhada, A. E. L. B. M. 1988. *Estudo da Bio-Ecologia de Cistus ladanifer* L. (es-teva) - sua importância em Portugal. Tese apresentada para concurso à categoria de Investigador Auxiliar. E.F.N. - I.N.I.A, Lisboa. (Mimeografado).
- Taylor, B. R., Parkinson, D. & Parsons, W. F. J. 1989. Nitrogen and lignin content as predictors of litter decay rates: a microcosm test. *Ecology*, **70**: 97-104.
- Van Soest, P. J. & Robertson, J. B. 1985. *Analysis of Forages and Fibrous Foods. A Laboratory Manual for Animal Science*. Cornell University Press, Ithaca.
- Vitousek, P. M., Turner, D. R., Parton, W. P. & Sanford, R. L. 1994. Litter decomposition on the Mauna Loa environmental matrix, Hawaii: patterns, mechanisms, and models. *Ecology*, **75**: 418-429.
- Watanabe, F. S. & Olsen, S. R. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO₃ extracts from soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **29**: 677-678.