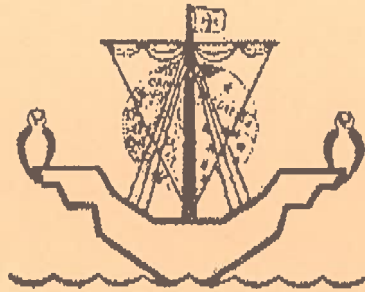


PO ISSN 0034-7736

REVISTA DE BIOLOGIA



EDITOR

MUSEU, LABORATÓRIO E JARDIM BOTÂNICO

VOL. 19

2001

N.^{os} 1-4

LISBOA

REVISTA DE BIOLOGIA

VOL. 19

2001

N.^{OS} 1-4

Publicação do
Museu, Laboratório e Jardim Botânico
Museu Nacional de História Natural
Universidade de Lisboa
Rua da Escola Politécnica 58, 1250-102 Lisboa (Portugal)

REDACTORES

F. M. CATARINO • IRENEIA MELO • A. B. MACHADO • M. A. MARTINS-LOUÇÃO

Título para citações bibliográficas: *Revista Biol. (Lisboa)*

LISBOA

5º ENCONTRO NACIONAL DE ECOLOGIA

1º CONGRESSO IBÉRICO DE ECOLOGIA

*Promovido pela
SPECO - Sociedade Portuguesa de Ecologia
e pela
Asociación Española de Ecología Terrestre*

Santiago de Compostela (Espanha), 2000

Publicação financiada pela

FCT **Fundação para a Ciência e a Tecnologia**

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E DA TECNOLOGIA

PREFÁCIO

O 5º Encontro Nacional de Ecologia/ 1º Congresso Ibérico de Ecologia, realizado em Santiago de Compostela, Espanha, em Setembro de 2000, representa a primeira iniciativa conjunta da Sociedade Portuguesa de Ecologia - SPECO - e da Associação Espanhola de Ecologia Terrestre - AEET -, resultante de contactos que tiveram lugar ao longo dos últimos 3 anos.

O presente volume da Revista de Biologia reúne alguns dos trabalhos que foram apresentados no âmbito do 5ºENE/1ºCIE por investigadores portugueses. Os artigos deste número são contribuições de todos os que, tendo apresentado comunicação sob a forma oral ou de painel, manifestaram interesse em ver publicado o seu trabalho. À semelhança dos anos anteriores, os trabalhos submetidos foram objecto de críticas e sugestões de investigadores que procederam à sua revisão, valorizando esta publicação que tem distribuição nacional e internacional.

Incluímos, ainda, neste número, a palestra convidada, proferida em espanhol pelo Prof. Ramón Margalef, que gentilmente aceitou a enviar-nos o texto, e a quem estamos gratos pelo interesse manifestado pelas actividades da SPECO e pelo incentivo que dele recebemos no sentido de continuarmos a divulgar a ciência ecológica com qualidade e rigor.

A SPECO agradece o interesse de todos os que contribuíram com os seus trabalhos, aos que se disponibilizaram a rever e a sugerir alterações aos manuscritos, aos responsáveis pela edição da Revista de Biologia, Dr.ª Ireneia de Melo e Sr. José Cardoso, e às entidades que nos apoiaram e assim tornaram possível esta publicação.

*A Direcção da SPECO
Sociedade Portuguesa de Ecologia*

Revisores do presente volume:

- F. Alcântara *U. Aveiro*
F. Álvares
V. Brotas *FCUL*
L. Caixinhas *ISA - UTL*
F. Catarino *FCUL*
A. Clemente *FCUL*
A. I. Correia *FCUL*
O. Correia *FCUL*
F. Fonseca *FCUL*
H. Freitas *U. Coimbra*
M. Gama *U. Coimbra*
G. Martinho *FCTUNL*
H. Moreira *U. Aveiro*
M. Paíño *ISEGIUNL*
J.A. Quartau *FCUL*
P. Rodrigues *FCUL*
M. Sprung *U. Algarve*

ÍNDICE

Palestra convidada

- Margalef, R. - Eco-evo, el espacio donde se encuentran la ecología y la evolución, o la dinámica sucesional del ecosistema como matriz de la evolución 7

Comunicações

- Rego, F. C., Gonçalves, P. C. C., Silveira, S. C. - Modelação da sequência sucessional das comunidades vegetais da Reserva Natural da Serra da Malcata. 21
- Batista-Marques, M. I., Carvalho, J. A., Gouveia, L., Ferreira, S. G., Dragovic, M. J. & Pestana, M. - Germinação, crescimento e sobrevivência de *Isoplexis sceptrum* (L.f.) Loud., uma espécie endémica da ilha da Madeira- Portugal. 37
- Bacelar-Nicolau, P., Marques, J. C., Morgado, F., Pastorinho, R., Nicolau, L. B. and Azeiteiro, U. M. - Tide-induced variations in the bacterial community, and in the physical and chemical properties of the water column of the Mondego estuary. 51
- Fernandes, S. & Sobral, P. - Efeito do aumento da velocidade da corrente na taxa de filtração e eficiência de absorção de alimento em *Cerastoderma edule*. Resultados preliminares. 63
- Santos, H., Branco, M., Moura, E. & Paiva, M. R. - Comparação da biodiversidade de Himenópteros em dois povoamentos de *Pinus pinaster* Ait. na Península de Setúbal. 71
- Branco, M. R., Moura, E. B., Santos, H. M. & Paiva, M. R. - Seasonal distribution of insects in a stand of *Pinus pinaster* Ait. 87
- Marques, G., Mota, S., Pereira, L. & Lourenço, J. - Using GIS for monitorisation and ecological studies of edible macrofungi in Parque Natural do Alvão. 99
- Caeiro, Sandra, Carapeto, Cristina & Azeiteiro, Ulisses - O ensino a distância da ecologia e da educação ambiental. 107
- Costa A. L., Barata M., Caçador I. & Carolino M. - Quantificação e diversidade micológica associada a sedimentos de um sapal do estuário do Tejo. 115

ECO-EVO, EL ESPACIO DONDE SE ENCUENTRAN LA ECOLOGIA Y LA EVOLUCION, O LA DINAMICA SUCESIONAL DEL ECOSISTEMA COMO MATRIZ DE LA EVOLUCION

Ramón Margalef
Universidad de Barcelona

Agradezco la invitación a participar en este congreso y dudo de si debo empezar disculpándome por retornar a algunas de mis preocupaciones sobre el tiempo y la vida, que venían principalmente de mi escaso dominio de la matemática y de la física, pero que no naufragaran del todo gracias a mi interés persistente de naturalista. Espero merecer alguna indulgencia también en atención a mi admiración creciente por VOLTERRA, cuyos últimos trabajos (1937), que inexplicablemente han sido casi totalmente ignorados por los ecólogos, me parecen muy sugerentes, principalmente por su convergencia con otros tipos de problemas que han preocupado paralelamente a los físicos y que, por lo tanto, ofrecen rasgos comunes en su perspectiva común dentro de la ciencia.

Empezando con una conclusión, debo decir que intuyo que la especie de trayectoria propuesta por Volterra guarda estrecha relación con la que Feynman denomina entropía de camino, como interpretación variacional de cualquier trayectoria, en relación con el principio general de mínima acción. Vale la pena meditar por unos momentos sobre la consiguiente relación entre tiempo y vida, que puede imaginarse reflejada en la siguiente tablilla, que ha de verse ahora como simple propuesta de experimento mental, para ayudar a entender como se integra la acumulación continua de información potencial, que jamás podrá desmontarse ordenadamente:

Tiempos	"camino" recorrido	"información" acumulada
1	1	1
2	4	1!
3	9	3!
4	16	4!
n	n ²	n!

La información se puede acumular aceleradamente y un sistema material vivo tiene una capacidad fabulosa de almacenarla, a las escalas pequeñas o menores — las nuestras — que consiente la estructura de este Universo. Algo muy relacionado con esta forma de aprovechar el tiempo ofreció la oportunidad de “jugar a la vida” que ha llevado al éxito final (que, por supuesto, no incluye el escribir libros). Los organismos no pueden guardar a la vez un registro completo de su propia historia y menos *aún deshacerla* (desvivirla) ordenadamente. La falta de respaldo informático duplicado o suplementario hace que la solución más simple y, por supuesto, obligada, es la muerte de las entidades que temporalmente disfrutaron del privilegio, que comporta algunos desasosiegos, aunque también indudables gratificaciones. Así de simple, lo cual puede ser una conclusión consoladora y es una certidumbre empírica válida, muy coherente con cualquier interpretación de nuestro mundo. Tal irreversibilidad, junto con la selección natural, explican, a la vez, el éxito de la vida — con todas las complicaciones anexas — y la necesidad cierta de la muerte.

La generación y la fácil producción de réplicas de portadores de información a todos los niveles, dejan camino libre a la elección o selección natural, que distingue a algunas entidades con el premio de la supervivencia, privilegio que no puede extenderse a todas. Así se genera la historia, que a la vez expresa, mide y registra el paso del tiempo, y uno de cuyos resultados más interesantes es, por supuesto, la evolución biológica.

Me parece que esta forma de concebir la irreversibilidad, situándola en un marco ahorrativo, casi de mínimo esfuerzo, para generar una historia que prosigue indefinidamente, entra dentro del concepto de entropía de camino a que se refiere Feynman. Entrar en su análisis, escapa a mis alcances. Pero acepto la necesidad de la muerte por la imposibilidad de desmontar un almacén de información por el inimaginable procedimiento de extraer los *bits* de información precisamente en el orden inverso de como entraron, como si fuera un jersey de punto que se desteje o desmalla (MARGALEF, 1997). Y es, precisamente, la ineludibilidad de la muerte lo que hace posible la evolución.

La vida entra en un juego tan penetrante que llega a saturar todas las oportunidades asequibles y disponibles, en el espacio y en el tiempo. Y lo que no puede conseguirse en extensión (biomasa) se consigue en intensidad o altura (organización). He aquí, pues, inspiración suficiente para iniciar otras consideraciones, que pueden servir de introducción a temas tan genuinamente biológicos, como son el ver la sucesión biológica como soporte o matriz de la evolución y, a la vez, contemplar como la misma vida ha encontrado algunos caminos excepcionalmente rápidos para la evolución. Todo lo cual genera regularidades que despiertan el interés y causan la admiración del ecólogo y del estudioso de la evolución.

A todas las escalas se manifiesta la irreversibilidad práctica del cambio natural, porque no es posible desarmar correctamente a la inversa ningún depósito de información viva. La replicación de las organizaciones vivientes es tan barata, en

términos termodinámicos, que pretender la inmortalidad sería un mal negocio, al promover una estabilidad excesiva en un universo que, si tiene alguna propiedad muy general, es precisamente la tendencia de todas sus partes al cambio incesante. Si lo probado siempre pasara delante de lo por probar sería el fin de la evolución.

Se supone que en ecología elegimos las unidades de estudio: biocenosis, ecosistemas o como queramos llamarlas, de escalas apropiadas para ofrecer una percepción mínimamente adecuada y correcta de la acción de los factores físicos (y químicos) del entorno, de las respuestas de los propios organismos y del significado de las presiones selectivas que introducen el cambio y motivan la evolución. Es decir, se supone una dimensión, en el sentido de tamaño, suficiente del escenario, cuyas fronteras jamás podrán considerarse rígidas. Nuestras hipótesis pensadas para el presente pueden ser comparadas con los vestigios que dejaron los cambios que ocurrieron en el pasado, documentados en registros fiables, a condición de que su interpretación sea correcta.

Muchas generalizaciones son posibles y útiles, como que en las perturbaciones importantes, que proceden del exterior, como en las erupciones volcánicas, terremotos, o las mismas explosiones de rayos gamma en el cosmos, la energía implicada en cada episodio muestra una relación inversa con la densidad de los acontecimientos en su clase, a lo que probablemente se debería añadir: "contemplados y evaluados desde un punto determinado" (en nuestro caso la Tierra, aquí y ahora). Esta relación probablemente no puede compararse del todo con la relación inversa que suele existir entre el tamaño y la numerosidad de los individuos de una especie, dentro del marco total de un ecosistema. Cualquier aceleración en las tasas de cambio en el entorno físico comporta una disminución en la variedad de organismos (decrecimiento de la biodiversidad), en el tamaño medio de los mismos, y también en la duración de sus respectivas vidas individuales.

Hacer lento el cambio, en nuestro mundo, favorece especialmente a los árboles y a otros organismos "modulares", y, en general, a los que han desarrollado e incluyen funcionalmente dentro — o en la periferia — de lo que consideramos "su cuerpo", estructuras totalmente o en parte exosomáticas, metabólica y relativamente inertes, como pueden ser la madera, los grandes edificios de los termiteros y los artefactos de nuestra civilización, desde cacharros y herramientas, hasta instrumentos musicales, libros, vehículos, ordenadores y ciudades.

Los datos proporcionados por la paleontología llevaron a reconocer cambios ecológicos y evolutivos en el pasado prehumano que permiten descubrir analogías o semejanzas en las trayectorias evolutivas de distintas estirpes. Los intentos de interpretación, a la luz de principios generales o comunes, han producido obras con títulos tan expresivos como el de "Tempo and Mode in Evolution" (GEORGE G. SIMPSON, 1944). Hace pocos años (en 1995) el mismo tema encontró eco en otro libro, de autoría colectiva y editada por FITCH

& AYALA. Y recordemos la combinación de Desarrollo y Evolución en el concepto EvoDevo propuesto por von DASSOW & E. MUNRO (1999). Es cierto que persiste el interés en las regularidades indiscutibles y de expresión temporal que se repiten en diversas líneas evolutivas. Ecología y evolución son inseparables.

Consideraré varios ejemplos de regularidades asociadas con esta relación: 1. La evolución según una vía rápida, por duplicación del número de células, fenómeno quizá más frecuente de lo que se pudiera esperar a priori y que debe atribuirse a los manejos de genes con amplio poderes organizativos (como los *homeobox*). Tales fenómenos ocurren entre las volvocales (*Gonium*, *Pandorina*, *Volvox*, etc.) y otras clorofíceas (*Pediastrum*, *Coelastrum*, *Scenedesmus*, etc.), en las que la eficacia y el valor competitivo de las distintas formas puede y suele estar en relación con el número de células (siempre 2ⁿ) en cada unidad funcional vegetativa de tipo cenobial.

Esta variación celular según 2ⁿ resulta más admirable cuando se observa en algunos animales, aunque en ellos puede ser facultativa (en las *Daphnia* ocurre como en las algas verdes, puede ir más o menos lejos; véase también HELCROW, 1978) o bien adquirida de manera ya invariable por la especie, como en la mayor parte de los artrópodos. Es relativamente fácil contar las células en las alas de los dípteros y no cuesta reconocer series de especies, dentro de cada grupo, que difieren por el número de duplicaciones celulares que han operado en su ontogenia. Lo mismo ocurre en otros grupos, por lo menos entre los artrópodos. Son asequibles muchos atlas, principalmente relativos a lepidópteros, con las especies representadas a tamaño natural o a escala, y, por lo que se refiere a los ropalóceros es fácil darse cuenta que las longitudes del borde anterior de las alas anteriores se acumulan alrededor de valores aproximables por una serie geométrica: alrededor de 10, 14, 20, 28, 40, 57, 80 mm. Esta regularidad fué reconocida de antiguo (1890, "regla de Dyar"), y se ha hecho referencia a ella también como proporciones de Dyar-Brooks, entre 1,25 y 1,46, y en la práctica resulta aplicable a juguetes, recipientes de cocina, etc. Posiblemente su supuesto papel como facilitadora de una segregación competitiva, que permite la coexistencia de especies filogenéticamente vecinas, es tan solo secundaria a la causa puramente de mecánica celular (duplicación del número de células). Estas y otras relaciones funciones resultan generalizables.

Las polémicas entre Hutchinson y sus críticos, alrededor de su artículo titulado "Hommage to Santa Rosalia" no hicieran más que mostrar el importante significado del tema, alrededor de un núcleo fáctico firme.

Resulta especialmente demostrativo cuando la duplicación celular es facultativa y con algunas de sus manifestaciones de expresión alométrica. No hay indicios de que el tamaño pueda disminuir, es decir, dar marcha atrás al proceso, si no es por neotenia, o cuando se pretende justificar (verbalmente) situaciones irregulares hablando de "formas degeneradas".

Se han publicado una infinidad de trabajos que comentan regularidades

morfológicas y fisiológicas en series, supuestas evolutivas, de casi todos los grupos de organismos. Parece ser común que la existencia de organismos relativamente grandes en relación con lo que es normal, para el grupo taxonómico al que pertenecen, implique la existencia de toda una serie otros más chicos.

El desarrollo de la genética conduce a sospechar que la evolución hubiera podido ir mucho más rápida de lo que, en general, ha solido ir y que ello se debe a la propia organización de los ecosistemas que ha refrenado la dinámica de la evolución, por ejemplo, por el sencillo procedimiento de la duplicación celular o añadiendo más mudas o etapas los artrópodos. En todo caso, tanto el número de especies, como el grado de continuidad, o relativa estabilidad, de las relaciones numéricas que comporta, tiende a aumentar en el curso de lo que ya podemos llamar la sucesión ecológica, cuyo remate o etapa final resulta menos variable en el tiempo, lo cual se interprete como resultado ya muy avanzado o conseguido del equilibrio dentro de las condiciones de entorno locales. En tales etapas finales se imagina, o supone, que la velocidad de evolución de cada una de las especies está siendo mantenida en raya por el gran número de relaciones o ligazones interspecíficas que se han formado y subsisten en el seno de los mismos ecosistemas.

Las biocenosis o ecosistemas son los talleres donde se genera la evolución "normal", en contraste con los ambientes experimentalmente forzados de nuestros laboratorios. La naturaleza ha dispuesto del tiempo suficiente para crear el mundo presente, con la flor que se abre, el niño que nos sonrío y el biólogo que cavila, sin perder del todo su perplejidad, dentro de los límites de la unidad funcional del individuo pensante. El tiempo es cosa muy relativa y quiero creer que uno de los frutos de la evolución ha de ser permitir que la naturaleza continúe su autoexamen, haciéndose consciente de la ruta que ha seguido, reflejada en tantos cabos que andan sueltos par ahí.

Hay regularidades notables, locales y próximas al mundo de nuestro discurso presente: por ejemplo, el notable parecido entre los resultados de las influencias, numerosas y variables, que operan sobre la evolución en el seno de ecosistemas muy diversos, un tema que me sedujo muy tempranamente y de cuya realidad sigo convencido. Lo expuse en una breve contribución enviada al *XVth International Congress of Zoology*, de Londres, en Julio de 1958, en la que sustancialmente relacionaba cada etapa de una sucesión ecológica con la amplitud y prospectiva del abanico de oportunidades que ofrecía para la evolución.

Dichas oportunidades dependerían: (1) De las fluctuaciones del entorno físico, cuya amplitud suele disminuir a medida que se atenúan las consecuencias de alguna perturbación inicial y, de ordinario, disminuye la reserva de recursos disponibles. (2) De la dispersabilidad, que en general resulta más fácil para los organismos propios de las primeras etapas de la sucesión, — los primeros invasores — . (3) De la duración total de la vida individual activa, que suele ser

más breve, o más subdividida en períodos discontinuos, en los organismos propios de las etapas iniciales de la sucesión. Y (4) de las formas de ejercerse la competición, relativamente brutal en las primeras etapas sucesionales, en comparación con la sutileza que puede reconocerse en las interacciones que ocurren en ecosistemas más "maduros".

Estos ecosistemas calificables de maduros son, también, los más complicados, en parte porque han tenido tiempo para asimilar un mayor número de especies de los numerosos inmigrantes en potencia que existen en todas partes. Este juntarse de muchas especies, incluyendo competidores potenciales, se da preferentemente en entornos poco fluctuantes.

Siempre se propone como ejemplo de dicha situación a la Amazonia, aunque hay otras áreas tropicales en tierra, más los arrecifes coralinos, así como las grandes profundidades marinas, que son igualmente muy ricos en especies, manteniéndose sus respectivos entornos con las mismas características relativamente constantes en el tiempo. Si la relativa constancia en las condiciones del entorno físico se refleja también en la segregación complementaria de actividades entre las especies, permite coexistir a competidores en potencia, muchos de los cuales hubieran quedado excluidos en los ecosistemas menos diferenciados en el tiempo o en el espacio. Hay una influencia mutua entre: (1) la dinámica interior de los ecosistemas o su propensión a variar y (2) sus efectos de guía o canalización y variaciones en la velocidad de evolución que inducen o toleran en las especies componentes.

La naturaleza dispone casi siempre, allí mismo o en la vecindad de cualquier punto que consideremos, de un número elevadísimo de gérmenes genéticamente distintos y es dudoso que, en la superficie del planeta, y aun por bastantes metros debajo de ella, se configuren ambiente que encuentren inquilinos dispuestos a ocuparlos relativamente pronto.

Mi punto de vista es que existe una enorme reserva genética en la naturaleza (la sacrosanta biodiversidad) que va siendo utilizada en diferentes combinaciones, expresadas en la diversidad o ecodiversidad de cada lugar, que bailan al ritmo que les tocan. Si no hay muchas desviaciones en las características ambientales casi siempre hay lugar para que se junte un número considerable de especies y la riqueza del conjunto suele aumentar a medida que la sucesión ecológica avanza en el tiempo. En tanto que los organismos sigan vivos, están sujetos a la selección natural y experimentan cambios genéticos que podrían estar en la base de una ulterior y posible evolución.

Esta manera de ver puede tener el interés suplementario de ayudar a distinguir entre una *biodiversidad* genética, referible a la riqueza total de genes utilizables en organismos viables, y una diversidad ecológica que consiste en los organismos realizados que encuentran oportunidades para vivir plena y realmente y, mientras ello dure, tal vez para evolucionar.

Puede proponerse como típica, por estar relativamente bien estudiada, la historia de la estacionalidad del plancton, con la alternancia entre períodos de

mezcla vertical del agua (rápida y brusca) y otras de estratificación térmica y química (situación que se adquiere de manera más gradual). Esta manera de ver se presta a relacionar la termodinámica del medio, a través de la distribución y cambio en la turbulencia del agua, con la sucesión de las poblaciones. La persistencia de poblaciones relativamente uniformes o con cambios pausados, queda alterada por discontinuidades aleatorias menores, de las que apenas se puede decir nada más allá de que ordinariamente existe una relación inversa entre la frecuencia y la intensidad de cada tipo de perturbación.

Una regularidad comparable se observa en la distribución de acontecimientos de tipo muy diverso en nuestro planeta (terremotos, erupciones volcánicas) y en el resto del universo (explosiones de rayos gamma). Creo que la mayoría estaríamos dispuestos a aceptar que la misma regularidad rige nuestra vida individual (pequeñas molestias repetidas, dolencias graves menos frecuentes, hasta la que asesta el golpe final). Un libro de GOLDSTEIN (1988) trae muchos datos concernientes a la distribución, sobre el tiempo, de la prosperidad y de las guerras entre los humanos. Creo que también circulan datos del mismo estilo relativos a la economía.

Puede ser fácil reconocer y discriminar entre aquellas características de las especies que las hacen aptas para sobrevivir mejor en las etapas iniciales de las sucesiones o bien anticipar si adquirirán mayor representación y influencia en momentos posteriores de la sucesión, con mayor estabilidad con una mayor representación de especies más longevas y, de entre ellas, las que construyen estructuras durables (madera, hormigueros, ciudades). Esto ha sido un resultado de la evolución pasada y condiciona la evolución futura.

La humanidad ha inventado el dinero, como indicador aceptado de poder, que corresponde y prolonga, en cierto modo, el instinto de propiedad o la defensa de un territorio, tal como se manifiesta en muchos animales — de las hormigas (colectivistas) a las grandes fieras (más individualistas) — y, luego, en nuestros antepasados. La hipertrofia de este “instinto”, en la humanidad actual, con el refuerzo del dinero, podría rayar ya en lo patológico y lo ineficaz.

Observaciones interesantes se pueden hacer en relación con el desarrollo de la vida en materiales o substratos que permite sucesiones locales de duración forzosamente limitada, como ocurren en boñigas de ganado, cadáveres pequeños o grandes, charquitos de agua de lluvia retenidas en las hojas de *Dipsacus*, y en los jarritos de *Nepenthes* y *Sarracenia*, o en las matas de bromeliáceas aéreas. Son sucesiones muy instructivas, por estar relativamente comprimidas en el tiempo.

La dinámica de los meandros de las rias y las formas de ocupación de los mismos por la vida (SALO & COLABS, 1986) proporciona un ejemplo insuperable de dinámica. Es un mecanismo que sigue afortunadamente activo, aunque rápidamente en regresión, víctima de nuestra civilización, y se puede observar todavía bien, principalmente en grandes ríos sudamericanos, aunque ha sido o está siendo inutilizado en gran parte del mundo. Como respuesta a las

fuerzas mecánicas generadas en relación con la evolución de la curvatura de los cauces, se erosiona preferentemente una de las orillas limitantes del cauce (la cóncava, vista desde el río) que retrocede hacia tierra firme, destruyendo la vegetación terrestre y abre allí un espacio inundable donde se inicia la colonización por parte de plantas acuáticas, que se desarrollan sucesivamente en forma de bandas paralelas a la nueva orilla. Mientras tanto, en la orilla opuesta, la deposición de sedimento eleva el fondo y permite la acumulación de suelo emergente y su invasión por la vegetación terrestre.

El mismo modelo vale para describir situaciones que ocurren en ocasión de reconstrucciones de ciudades, cuando se "regeneran" barrios viejos enteros, sustituyéndolos por estructuras nuevas, que suelen surgir con orientaciones (concernientes a calles y vías de más tráfico) casi perpendiculares a las antiguas.

Me gusta identificar entre sí estos mecanismos periódicos de renovación y interpretarlos sobre la base del gráfico chino del Yin y del Yang. Y no hace falta añadir — sabiduría china del esquemita — que el "espíritu femenino" es más "ecológico", se manifiesta preferentemente en la conservación y mejora gradual, con aumento de la diversidad de la vida según se va haciendo en el tiempo, y que el "espíritu masculino" siempre tiende a cortar más por lo "sano", tiene menos reparas en conservar las viejas estructuras, y cree que domina suficientemente la técnica del "empezar de nuevo".

Todo esto y aun más implica y contiene la *sucesión ecológica*. De ordinario se la simplifica e idealiza, se la hace unidireccional, se supone que va acompañada de un aumento de biomasa y de diversidad y que comporta un retardo gradual en la tasa de renovación. Suele ser cierto que a medida que pasa el tiempo, tiende a albergar una mayor proporción de "entidades" vivas de mayor tamaño "individual" (contando a los árboles como "individuos") y menor tasa de renovación. La menor tasa de renovación es general en organismos que se hallan hacia el final de las redes tróficas.

Respecto a los árboles hay que añadir que la acumulación de madera guarda relación positiva con la luz recibida, pero negativa con la disponibilidad de fósforo en el suelo. La síntesis de madera ayuda a situar el dosel a mayor altura sobre el suelo y también permite raíces más profundas, dos características que facilitan competir por el fósforo que, como elemento limitante, resulta ser un (yo diría "el") factor fundamental en el control y en la evolución de las plantas vasculares, y, con ellas, también de los ecosistemas terrestres y marinos en general.

Las sucesiones planctónicas pueden verse como ejemplos típicos y relativamente sencillos. La producción primaria se acelera después de que el agua se haya mezclado verticalmente, enriqueciendo las capas superiores iluminadas con los elementos nutritivos que ordinariamente son limitantes — básicamente P, N — y que habían quedado concentrados en aguas relativamente profundas, al final de cadenas tróficas que operan como cintas transportadoras de arriba abajo. En primer lugar se desarrollan organismos vegetales pequeños. A

continuación aumenta la fracción de especies de mayor tamaño celular medio, que tienen menos probabilidad de ser ingeridas por el zooplancton que está aumentando rápidamente, tanto en masa total como en tamaño individual. El ecosistema sigue complicándose, aparecen animales cada vez más variados y de tamaño medio mayor y una gran variedad de organismos intervienen en el reciclado material en los diversos niveles. Se van perdiendo elementos esenciales, principalmente fósforo, por sedimentación de organismos a de otras partículas sólidas que lo contienen: parte de este material se incorporará de manera persistente a los sedimentos, hurtándose a los ciclos sucesivos. La circulación vertical del agua, típicamente limitada a unas semanas cada año, no solo conduce nutrimento a la luz, sino que la turbulencia generada tiene otras consecuencias importantes, marcadas con signo positivo, en la dinámica sucesional.

La pérdida o inmovilización de fósforo en el sedimento va frenando la producción primaria y es particularmente efectiva en las aguas marinas, por el elevado contenido en flúor de sus aguas, que facilita la formación de compuestos (apatitos) muy poco solubles, en las que se retiene buena proporción de fósforo. Esto contribuye a estabilizar la productividad y la biomasa de los sistemas acuáticos, especialmente de los marinos, pero también de los terrestres, y, por supuesto, de los lacustres, hacia niveles relativamente bajos. Los fosfatos que se acumulan en los fondos marinos situados debajo de las zonas de afloramiento, se convertirán en yacimientos explotables en un mañana más o menos lejano. Todo esto no deja de modificar los climas y modula las fluctuaciones de la biosfera entera.

La sucesión en los ecosistemas terrestres tiene características propias por el significado y la importancia que alcanza la madera en la vegetación, especialmente de la arbórea. La madera contiene poca cantidad de elementos esencialmente limitantes (P, N), y tiene más bien el sentido de una estructura exosomática, o semiexosomática, que facilita a la planta vascular el competir por la luz, en altura, y por el agua, dentro del suelo. Como se puede suponer, la fracción de madera aumenta con el avance de la sucesión y el ahuecado del ecosistema terrestre facilita un enriquecimiento general de estructura.

Ocurren muchas sucesiones secundarias y locales, de duración relativamente breve, en la madera muerta, en el suelo (hongos), y en excrementos y cadáveres. La dinámica sucesional es tan inevitable como el paso del tiempo, pero las circunstancias locales la pueden hacer más o menos notoria y aparente. En su conjunto, la amplitud de las fluctuaciones subordinadas decrece a medida que avanza la sucesión terrestre, y disminuye la dispersabilidad media de las especies presentes, aunque el número de especies puede ir aumentando gradualmente de manera prácticamente indefinida. No haría falta mencionar una vez más, como ejemplo, la Amazonia y las selvas tropicales en general (algo menos las africanas, quizá porque éstas dispusieron relativamente de más fósforo).

Repetiré que la sucesión ecológica me ha interesado desde siempre

(MARGALEF, 1958, 1991), en lo que concierne a las características y extensión de su posible papel como marca de la evolución. El aumento de la organización y de la diversidad es obligadamente lento, pero su disminución suele ser forzada y regularmente es más brusca.

Creo que hay que ver la evolución de las especies, como muy canalizada o dirigida por las rutas o trayectorias normales que se crean, se conservan o se repiten en los ecosistemas, gracias a la sucesión ecológica (MARGALEF, 1997). Soy consciente que el mismo concepto de sucesión — que confluye con el de historia —, ha suscitado críticas, algunas desafortunadas (DRURY & NISBET, 1973), pero la vida no puede prescindir de capacidades generadas en el curso de su propio pasado y de su historia actual, que continua regida por la selección natural. Esta misma selección se comprueba en el desarrollo de tantos artefactos exosomáticos por la humanidad, desde herramientas y casas a vehículos, ordenadores y satélites. Por lo que se ha escrito antes, se puede reconocer en todo esto la misma capacidad de mejorar ciertas condiciones de supervivencia. Biológica, evolutivamente y, en fin, culturalmente, se pueden comparar núclagos, maderas, terpenos, los grandes termiteros y los artefactos de nuestra civilización.

Esta es solo la mitad de la historia y quizá la menos interesante. Debe suponerse que las sucesiones ecológicas ejercen de manera sistemática una presión selectiva sobre las poblaciones atrapadas en ellas, selección que tendrá connotaciones comunes. Es una coerción real que se puede definir como una *vis a tergo*, o fuerza que empuja desde atrás, como para hacer algún embutido, y valga esta expresión vulgar, pero con referencia a los mecanismos eficaces que fuerzan al conjunto de organismos cohabitantes o funcionando colectivamente como ecosistemas, a una dinámica paralela que conduce a nuevas situaciones, solo en parte previsibles. Esto comporta continuar o modificar influencias mutuas y coherentes, con efectos comunes de aumentar la “madurez” o sea, la adaptación creciente a aquellas características del entorno — biótico y abiótico — que suelen salir reforzadas en el curso histórico de toda sucesión ecológica, algunas de cuyas connotaciones biológicas y evolutivas se han señalado.

Lo significativo es que el cambio en un sentido (precisamente en el de la sucesión ecológica “normal”) sin duda se ha de considerar como constructivo, porque corresponde a la situación de “mañana”, mientras que el cambio en el sentido inverso suele ser catastrófico, irregular o menos previsible, inducido por entradas extraordinarias de energía que actúan más bien como desorganizadoras. Las especies que tienen más probabilidad de persistir *in situ* son las que estaban mejor adaptadas al probable mañana que al ayer.

Me gusta imaginar la sucesión como un mecanismo omnipresente de modelado, que empieza con la aceptación de los materiales genéticos a disposición y, si faltan, las mismas presiones selectivas contribuyen a la selección de genotipos más adecuados a lo requerido por el conjunto de presiones selectivas, originadas en parte por otros organismos. Imagino que el

sistema de presiones de selección dentro del ecosistema procedería como un alfarero trabajando con su torno y agregando pellas de barro a un conjunto que va adquiriendo forma armónica en su aproximación a un ideal — también artístico ¿por qué no? — que nunca se alcanza de manera totalmente satisfactoria, muchas veces porque el ideal se modifica con el paso del tiempo. Estas trayectorias, reales o, por desgracia, demasiado frecuentemente intuidas o imaginadas y en la realidad truncadas, se podrían llevar a un gráfico sinóptico que combine la biodiversidad (“subterránea” o potencial) con la diversidad expresada. La dinámica del conjunto, que nunca da el proceso por acabado, es lo que comparo con el trabajo del artista.

Esta imagen del alfarero me sedujo porque las modificaciones armoniosas que introduce deben afectar al conjunto del ánfora que está modelando, no una parte tras otra. Es lo que requiere nuestro modelo de sucesión que no tolera “arreglar” la población de una especie tras la de otra. El ecosistema cambia en su conjunto de manera armónica y cambiará inexorablemente hasta el final de sus tiempos. Como todo lo que es vivo.

Esta es mi idea cuando hablo de un “*vis a tergo*” que imagino en su operación sistemática sobre todas y cada una de las estirpes implicadas en un proceso de sucesión. Es natural que las presiones selectivas sean diversas, pero el conjunto del sistema — nuestra ánfora — ha de mantenerse armónica y funcional, por consiguiente bella.

Este modelo verbal me parece un punto de partida satisfactorio, compatible con el modelo matemático propuesto por VOLTERRA (1937) y no reñido con el concepto de entropía de camino de Feynman.

Intentando una mayor aproximación al mecanismo de la evolución en la sucesión, el modelo descriptivo, presentado a grandes rasgos, debe comportar análisis más finos, partiendo, como ejemplo, del modelo original de Lotka y Volterra, del depredador y de la presa, sean el gato y el ratón o cualquier otro equivalente. Se trata de entidades discontinuas, que tienen masa y, cosa muy importante, porque está en el meollo de la adquisición de información, son capaces de aprender.

En mis cursos tuve ocasión de discutir algunos aspectos de los problemas que se suscitaban. Nada de curvas cerradas, sino que las trayectorias espirales son más realistas. Por esta razón rebautizamos el modelo con el nombre de Tom y Jerry, como referencia y homenaje a dos personajes que siempre sabían encontrar algún nuevo truco para corresponder al invento o a la malicia del otro. Esto ilumina la mente, contribuye a explicar la evolución y ayuda a entender los procesos implicados.

Otra restricción muy importante aparece cuando aumentamos el número de especies interactuantes. Entonces se presentan otros efectos y lo mejor es aceptar ciertas formas de realimentación o feed-back entre poblaciones de muchas especies. La situación es más inestable cuando hay pocas especies.

El triángulo, como saben los novelistas o sus lectores, y otros que no lo son, es

de lo más inestable: dos retroalimentaciones positivas en paralelo con el tercer elemento común, generan una retroalimentación negativa violenta, y el tratar de analizar un ecosistema en estos términos resulta poco agradecido, a menos que los efectos se diluyan mucho por recursos diversos. Este tema se relaciona con el "dilema del prisionero" al que se hace referencia a menudo a propósito de explicar la organización de circuitos de realimentación en sistemas ecológicos.

Todo esto y creo que mucho más está implícito en una expresión propuesta por VOLTERRA (1937):

$$A = \int_0^t \left[\sum_{i=1}^n (a_i \cdot N_i \cdot \log N_i) \right] dt$$

Seguramente no soy capaz de comprender razonablemente toda la belleza matemática de esta expresión, pero intuitivamente la considero aceptable desde el punto de vista de tratar de entender el regular acontecer ecológico y estoy convencido que su aplicación a los ecosistemas es válida y ha de ser provechosa. La imagen presentada antes, del alfarero que modela su ánfora, se hace expresable así de manera más realista.

Las entradas, extinciones y cambios en la abundancia de diversas especies deberían ser coordinables dentro de un proceso razonable y lógico — diversamente definible según las circunstancias del problema — para dar un trayecto ideal que optimizaría cierta función. Quizá hay que buscar o proponer los valores apropiados que, en las situaciones existentes, alcanzan lo más pronto posible y con el menor esfuerzo — mínima entropía de camino — a componer un ecosistema que, supongo, debe cumplir, además, diversos requerimientos que los ecólogos habrán podido o intentado especificar, tal vez quizá a través de otros razonamientos.

Supongo que se trata de aplicar un principio variacional, o bien calcular una entropía de camino en el sentido de Feynman. La única diferencia con otras aproximaciones podría ser la recomendación de introducir la información de manera más general — tal vez cortando sobre los límites entre las especies, o reconociendo que deberán incluirse algunas restricciones oportunas — o postulando que mantenga cierta regularidad superhistórica. Por supuesto es imposible desandar caninos, que la muerte sigue sin tener remedio y que su utilidad o necesidad es proporcional a la eficacia de los que continúan vivos.

La necesidad de incorporar la muerte en todos los sistemas que viven la información, que son información, es un importante factor limitante, que no resulta enojoso, porque la creación sigue teniendo un número ilimitado de posibilidades. Tan difícil sería retardar la muerte como invertir el proceso evolutivo.

BIBLIOGRAFIA

- BAK, P. 1997. *How Nature Works. The science of Self-organized Criticality*. Oxford Univ. Press, Oxford, Melbourne, Tokyo, 205 pp.
- BROOKS, J. L., & DODSON, S.I. 1965. Predation, bodysize, and composition of plankton. *Science*, 150: 28-35.
- CONRAD, M. 1983. Adaptability. *The significance of variability from Molecule to Environment*. Plenum Press, New York and London.
- CONRAD, M. 1989. *Force, Measurement, and Life*. In Casti & al. *Newton to Aristotle. Towards a Theory of Models for Living Systems*. Birkäuser, Boston, Basel, Berlin, pp 120-200.
- DRAKE, J. A., ZIMMERMANN, C. R., RURUCKER, T., & ROJO, C. 1998. *On the nature of the assembly trajectory*. In E. Weiher & Keddy, P. *Ecological assembly rules, advances, retreats*. Cambridge Univ. Press, pp. 233-250.
- DRURY, W. H. & NISBET, J. C. I. 1973. Succession. *J. Arnold Arboretum*, 54: 331-368.
- DYAR, H. G. 1890. The number of molts of lepidopterous larvae. *Psyche*, 5: 420-422.
- FEYNMAN, R. P. 1985. *The Strange Theory of Light and Matter*. Princeton Univ. Press. Princeton, N. J., 158 pp.
- FEYNMAN, R. P. 1995. *Six Easy Pieces*. Helix Books, Addison-Wesley publ. Co., Reading, Mass.
- FITCH, W. M. & AYALA, F. J. (eds.) 1995. *Tempo and Mode in Evolution Genetics and Paleontology 50 years after Simpson*. National Acad. Sci. Press, Washington, 325 pp.
- GOLDSTEIN, J. S. 1988. *Long Cycles. Prosperity and War in the Modern age*. Yale Univ. Press, New Haven and London, 433 pp.
- LANCZOS, C. 1970. *The Variational Principles of Mechanics*. Dover Publ., New York, 418 pp.
- MARGALEF, R. 1959. *Mode of evolution of species in relation to their places in ecological succession*. XU Inter. Congr. Zool. London, Linn. Soc. London, 787-789.
- MARGALEF, R. 1993. *Teoría dellos Sistemas Ecológicos*. Universidad de Barcelona, 290 pp.
- MARGALEF, R. 1997. *Our Biosphere. Excellence in Ecology*. Ecology Institute, Oldendorf/Luhe, 176 pp.
- MARGALEF, R. 2000. Organització de la biosfera i reflexions sobre el present i el futur de la nostra espècie i de la ciència ecològica. *Treb. S. Cat. Biol.*, 50: 47-59.
- SALO, J., R. KALLIOLA, I. HÄKKINEN, Y. MÄRINEN, P. NIEMELÄ, M. PUHAKKA, & P. D. COLEY. 1986. River dynamics and the diversity of Amazon lowland forest. *Nature*, 322: 254-258.
- SCHETZEN, M. 1983. *The Volterra and Wiener Theories of Nonlinear Systems*. John Wiley & Sons, New York, etc.,
- SCHMALHAUSEN, I. I. 1949. *Factors of Evolution*. The Blakisto Co., Philadelphia.
- SIMPSON, S. S. 1944. *Tempo and Mode in Evolution*. Columbia Univ. Press, New York.
- VOLTERRA, V. 1937. Principes de biologie mathématique. *Acta Biother.*, 3: 1-36.
- WEBER, B. H., D. J. DEOEWE, & J. D. SMITH, ed. 1988. *Entropy, Information and Evolucion. New Perspectives of Physical and Biological Evolution*. MIT Press, Cambridge, Mass., and London, 376 pp.
- WHITEHEAD, A. N. 1925. *Science and the Modern World*. MacMillan, New York.
- VON DASSOW, G., & E. MUNRO. 1999. Modularity in Animal Development and Evolution: Elements of a Conceptual Framework for EcoDevo. *J. Exper. Zool. (Mol Dev Evol)* 285: 307-325.

MODELAÇÃO DA SEQUÊNCIA SUCESSIONAL DAS COMUNIDADES VEGETAIS DA RESERVA NATURAL DA SERRA DA MALCATA

F. Castro Rego¹, P. C. Cardoso Gonçalves² & S. Castelbranco da Silveira³

¹Centro de Ecologia Aplicada "Professor Baeta Neves",
Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1349 Lisboa

²Reserva Natural da Serra da Malcata,
Rua dos Bombeiros Voluntários, Apartado 38, 6090 Penamacor

³Parque Natural do Tejo Internacional,
Rua Senhora da Piedade, Lote 4-A, Escritório 3, 6000 Castelo Branco

Rego, F. C., Gonçalves, P. C. C., Silveira, S. C. (2001).
Modelação da sequência sucessional das comunidades
vegetais da Reserva Natural da Serra da Malcata. *Revista
Biol.(Lisboa)* 19: 21-36.

O projecto experimental denominado "Dinâmica Natural da
Vegetação", instalado em 1991 na Reserva Natural da Serra
da Malcata, tem como objectivo estudar a sucessão nas
diferentes comunidades arbustivas e arbóreas, por forma a
delinear linhas directrizes capazes de contribuir para uma
melhor conservação do património florístico e faunístico em
presença.

Utilizando os dados recolhidos nos últimos dez anos no
âmbito deste estudo, o presente trabalho procura modelar,
com o auxílio de matrizes de transição, a sequência
sucessional para os diferentes tipos de vegetação, bem como
determinar a estabilidade de cada comunidade.

Com esta análise espera obter-se informação sobre alguns
princípios que regem a evolução das várias comunidades,
fundamental para o maneio dos diversos *habitats* existentes e
para o ordenamento e gestão da fauna.

Os resultados obtidos permitem confirmar que os estádios
intermédios da sucessão - as formações arbustivas -
apresentam, no geral, comportamentos mais dinâmicos - e
consequentemente menor estabilidade - que as comunidades
características das fases finais, concretamente as florestas de
Quercus rotundifolia e *Quercus pyrenaica* e os bosques de
Quercus pyrenaica, *Quercus rotundifolia* e *Arbutus unedo*.

Palavras Chave: Sucessão, matriz de transição, estabilidade da comunidade, Malcata

Rego, F. C., Gonçalves, P. C. C., Silveira, S. C. (2001). Modelling plant community succession at Serra da Malcata Nature Reserve. *Revista Biol.(Lisboa)* 19: 21-36.

The experimental project "Natural Vegetation Dynamics", installed in 1991 at Serra da Malcata Nature Reserve, aims to study succession in the different shrub and arboreal communities in order to contribute towards outlining ground rules capable of enhancing conservation of the floristic and faunistic heritage found in this Protected Area.

By using the data collected over the last ten years under the above-mentioned project, this paper proposes to model succession of the different vegetation types with transition matrices, as well as to assess the stability of each community. With these analyses some of the principles underlying the dynamics of the various communities will be revealed - important information for habitats and wildlife management. The results confirm that intermediate stages of succession - the shrublands - have greater dynamism - and are consequently less stable - than the communities characteristic of the final phases, namely *Quercus rotundifolia* and *Quercus pyrenaica* forests and *Quercus pyrenaica*, *Quercus rotundifolia* and *Arbutus unedo* woodlands.

Keywords: succession, transition matrix, stability of the community, Malcata

INTRODUÇÃO

A Reserva Natural da Serra da Malcata, criada pelo Decreto-Lei 294/81, de 16 de Outubro, apresenta uma elevada diversidade biológica donde se destacam diversos *taxa* do Anexo II da Directiva *Habitats* (Directiva nº 92/43/CEE) e algumas espécies do Anexo I da Directiva Aves (Directiva nº 79/409/CEE).

Observam-se igualmente alguns *habitats* naturais de interesse comunitário listados no Anexo I da primeira Directiva mencionada, salientando-se entre estes as florestas esclerófilas mediterrânicas de *Quercus rotundifolia* e os carvalhais galaico-portugueses de *Quercus pyrenaica*.

A necessidade de contribuir para a conservação deste património florístico e faunístico, resultou na instalação, em 1991, do projecto experimental "Dinâmica Natural da Vegetação" que visa acompanhar a sucessão nas principais comunidades arbustivas e arbóreas da Área Protegida (REGO *et al.*, 1994).

Utilizando os dados recolhidos nos últimos dez anos no âmbito deste ensaio, o presente trabalho procura modelar, com o auxílio de matrizes de transição, a sequência sucessional para os diferentes tipos de vegetação, bem como determinar a estabilidade de cada comunidade.

Com esta análise, cujo conhecimento e compreensão é fundamental para a gestão da flora e vegetação e para o ordenamento da fauna (MILES, 1979), espera obter-se informação sobre alguns princípios que regem a evolução das várias comunidades em presença que permitam delinear linhas directrizes capazes de contribuir para a recuperação e/ou manutenção dos valores naturais em presença.

ÁREA EM ESTUDO

A Reserva Natural da Serra da Malcata, situada entre os 40° 11' 13" e 40° 19' 40" de latitude Norte e 6° 54' 10" e 7° 09' 14" de longitude Oeste (GONÇALVES, 1991), encontra-se delimitada pelo Rio Côa a Norte, a fronteira com Espanha a Este, a linha de cumeada Marvana-Marvaninha a Sul e as aldeias de Meimoa, Meimão e Malcata a Oeste.

Classificada como Reserva Biogenética em 1987, apresenta como cotas máxima e mínima 1078 e 425 metros, respectivamente, próximo do marco geodésico da Machoca e no rio Bazágueda no seu limite Sul.

A rede abundante de linhas de água distribui-se pelas principais bacias hidrográficas portuguesas, concretamente Rios Tejo e Douro, apresentando a área inserida na primeira bacia variações de altitude mais acentuadas e declives superiores que a segunda (GONÇALVES, *op. cit.*).

Segundo a CARTA DOS SOLOS DE PORTUGAL (1964, 1996a, 1996b, 1999a, 1999b) os solos, derivados de xistos ou grauvaques, são na zona Sul incipientes, no Centro pouco evoluídos com horizonte A com elevada percentagem de matéria orgânica (CARDOSO, 1965) e a Norte em geral mais evoluídos.

O clima é de natureza mediterrânica com influência continental, oscilando o bioclima entre o mesomediterrâneo das vertentes meridionais do município de Penamacor e o supramediterrâneo das cotas mais elevadas da metade Norte da Reserva (SILVEIRA, 1990; MEIRELES, 1999).

A vegetação natural desta Área Protegida resulta do cruzamento dos diversos factores físicos com a acção secular humana, sendo cerca de 50% do coberto vegetal composto por comunidades arbustivas, 40% por povoamentos florestais de espécies não autóctones e os restantes 10% repartidos por bosques autóctones e sistemas agrícolas e agroflorestais (CALDEIRA *et al.*, 1998).

MATERIAL E MÉTODOS

• MATERIAL

Com o objectivo de estudar a dinâmica da vegetação através das variáveis área de cobertura e densidade, instalaram-se transectos permanentes com 0,5m x 20m ou 1m x 10m nas principais comunidades arbustivas e arbóreas da Reserva Natural da Serra da Malcata (REGO *et al.*, 1994).

Os diferentes tipos de vegetação a acompanhar foram seleccionados através de estudos anteriormente efectuados por LOUSÃ *et al.* (1988a, 1988b, 1992),

SILVEIRA (1990) e GONÇALVES (1991).

Efectuaram-se, sempre que possível, três transectos por comunidade localizadas o mais longe possível umas das outras e posicionadas, na sua maior parte, perpendicularmente às curvas de nível.

A recolha de dados consiste: na caracterização ecológica do local; no registo fotográfico do transecto; no micro-mapeamento (cartografia exacta da distribuição das espécies na parcela (KNAPP, 1974)) dos estratos arbustivo e arbóreo e no registo, para cada área cartografada, do nome científico, número de indivíduos, altura, grau de utilização pela fauna e fenologia.

O levantamento do estrato herbáceo efectua-se recorrendo à divisão da parcela em 40 quadrados de 0,5m de lado registando-se em cada um e por espécie o grau de abundância-dominância segundo a escala de BRAUN-BLANQUET (1932), altura média, grau de utilização pela fauna e fenologia.

Grande parte dos transectos foram inventariados nos primeiros três anos de ensaio, tendo a quarta amostragem sido efectuada seis e sete anos depois, respectivamente, para os instalados em comunidades arbustivas e arbóreas.

Os dados, recolhidos desde 1991, são armazenados em formato digital no programa "Transecto" desenvolvido por Duncan Heathfield em 1996 no âmbito do projecto "ModMED - Modelling Vegetation Dynamics and Degradation in Mediterranean Ecosystems" (REGO *et. al.*, sem data).

O presente trabalho utiliza os dados dos estratos arbustivo e arbóreo do primeiro e último levantamentos efectuados em 15 parcelas permanentes instaladas em:

- A) comunidades arbustivas dominadas por uma espécie: *Cistus ladanifer* (1 transecto); *Erica umbellata* (3 transectos); *Chamaespartium tridentatum* (1 transecto); *Erica australis* (2 transectos); *Cytisus multiflorus* (1 transecto); *Cytisus striatus* (1 transecto);
- B) comunidades arbustivas com duas espécies em codominância: *Chamaespartium tridentatum* e *Halimium alyssoides* (1 transecto); *Erica australis* e *Cistus ladanifer* (1 transecto);
- C) comunidades arbóreas com dominância de: *Quercus rotundifolia* (1 transecto); *Quercus pyrenaica*, *Quercus rotundifolia* e *Arbutus unedo* (1 transecto); *Quercus pyrenaica* (2 transectos).

Os primeiro e último levantamentos das fitocenoses arbustivas e arbóreas em estudo distam entre si, respectivamente, oito e nove anos com excepção do transecto instalado na comunidade de *Cytisus striatus*. Neste caso, e como consequência do transecto não ter sido encontrado no segundo e terceiro anos, medeiam quatro anos entre as amostragens atrás mencionadas.

• MÉTODOS

I) Modelos de Markov

Os Modelos de Markov baseiam-se no pressuposto que, se a sucessão é um processo ordenado, então as probabilidades de transição entre estados podem ser

estimadas considerando que são constantes ao longo do tempo e independentes da situação anterior (REGO *et al.*, 1993).

Segundo USHER (1981) a aplicação deste modelo requer:

- 1) a divisão da sequência sucessional numa série de estádios S_1, S_2, \dots, S_k , aos quais chama fâcies ou estádios de vegetação, neste trabalho representados pela primeira e última inventariações efectuadas para cada transecto;
- 2) o cálculo das probabilidades de transição, P_{ij} , que representam a probabilidade do estado i passar a j em determinado período de tempo. Este processo faz-se através da identificação, em cada estádio, dos diferentes "estados de vegetação" (para o presente estudo identificaram-se, sempre que possível, como "Estados" "Solo", "Primeira Espécie Dominante", "Segunda Espécie Dominante", "Primeira Espécie Dominante + Outras Espécies", "Segunda Espécie Dominante + Outras Espécies" e "Outras Espécies", agrupando este último "estado" taxa de fraca expressão) e posterior quantificação da variação apresentada por cada um destes estados entre as inventariações consideradas.

A matriz de transição P , cujos elementos são os valores P_{ij} , ($i, j = 1, \dots, k$), condensa então toda a informação necessária para se poder avaliar o tipo de evolução operada, em determinada comunidade, entre duas diferentes datas (FERNANDES, 1988).

O modelo utiliza ainda um vector V_t onde cada elemento V_{it} representa a proporção do estado de vegetação i no tempo t . A multiplicação deste pela matriz P gera um novo vector V_{t+1} que representa a subsequente composição da vegetação, ou seja:

$$P \times V_t = V_{t+1} \text{ (REGO } et al., op. cit.).$$

	Estados Iniciais		Vector Inicial		Vector Final
Estados Finais	$\begin{matrix} P_{11} & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & P_{ij} & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & P_{kk} \end{matrix}$	X	$\begin{matrix} V_{1t} \\ \cdot \\ V_{jt} \\ \cdot \\ V_{kt} \end{matrix}$	=	$\begin{matrix} V_{1(t+1)} \\ \cdot \\ V_{j(t+1)} \\ \cdot \\ V_{k(t+1)} \end{matrix}$

Como a primeira e última inventariações dos transectos em estudo distam entre si entre quatro, oito ou nove anos, decidiu-se ajustar as matrizes de transição desse período p para um período fixo de dez anos por forma a padronizar os dados das diversas fitocenoses em estudo.

Este processo efectua-se da seguinte forma:

- 1) nas matrizes de transição os elementos da diagonal, vulgarmente representados por P_{ii} , exprimem a probabilidade de um indivíduo da

classe i se manter nessa mesma classe após um período p (geralmente em anos). Assim, dentro do pressuposto Markoviano, pode-se calcular os elementos diagonais de uma matriz de transição padronizada para 10 anos, de acordo com a fórmula:

$$P^*_{ii} = P_{ii}^{10/p}$$

em que P^*_{ii} são os valores padronizados
e P_{ii} são as probabilidades que resultam de duas observações que distam no tempo p anos

- 2) sabendo que os valores de P_{ij} representam as probabilidades de um elemento da classe i transitar para a classe j e que a soma, para cada classe i destas probabilidades é a unidade, pode-se repartir para cada classe i um valor total de $1 - P^*_{ii}$ (uma vez que os elementos da diagonal já foram calculados) a distribuir pelos elementos de fora da diagonal de modo proporcional aos valores de P_{ij} .

Assim para $i \neq j$:

$$P^*_{ij} = (1 - P^*_{ii})(P_{ij}) / (1 - P_{ii})$$

Este procedimento só é adequado para ajustes em que o valor de p (período observado) não seja de grandeza muito diferente do período para que se pretende padronizar a matriz. Por outro lado, a aproximação é tanto mais razoável quanto maiores forem os valores de probabilidade da diagonal da matriz original (P_{ii}).

Para as comunidades com mais de um transecto, calculou-se a matriz de transição média, correspondendo a simulação apresentada para as diferentes comunidades apenas às previsões para os cinco anos subsequentes a 2000, período para o qual se admite a validade da matriz de transição calculada.

II) Quociente de Estabilidade

A matriz das frequências de transição, que condensa a informação referente às transições numéricas entre "estados", foi utilizada na determinação da estabilidade das formações vegetais em análise. Este parâmetro foi calculado através do quociente entre o traço - soma dos elementos situados na diagonal principal da matriz - e o somatório total das frequências de transição.

Como os elementos situados na diagonal principal, P_{ii} , traduzem as probabilidades de manutenção no estado i dos diversos "estados de vegetação" considerados, o nível de estabilidade é tanto maior quanto mais próximo da unidade (REGO *et al.*, *op. cit.*).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As matrizes de transição e a quantificação da estabilidade das comunidades em estudo encontram-se, respectivamente, nas tabelas I e II. Tendo-se observado elevada similitude na modelação do comportamento de algumas das formações vegetais em análise, decidiu reduzir-se o número de figuras por forma a tornar a avaliação e comparação dos resultados mais perceptível.

A análise dos resultados permite salientar:

- A) para as comunidades arbustivas dominadas por uma espécie (figuras 1 e 2, tabelas I e II):
- grande semelhança no comportamento das comunidades com dominância de *Cistus ladanifer*, *Chamaespartium tridentatum* e *Cytisus multiflorus* onde se observa ligeira diminuição do “Solo” e da “Segunda Espécie Dominante” à custa, essencialmente, do crescimento da “Primeira Espécie Dominante” e/ou das “Outras Espécies”;
 - as comunidades de *Erica umbellata*, *Erica australis* e *Cytisus striatus* caracterizam-se, no geral, pelo aumento da “Primeira” e “Segunda Espécie Dominante” e pela diminuição do “Solo” e das “Outras Espécies”;
 - valores muito diferentes para o quociente de estabilidade, variando este entre 0,20 para a comunidade de *Cytisus striatus* e 0,49 para a de *Cistus ladanifer*. São, essencialmente, os matos altos, dominados por espécies do género *Cytisus* e característicos da zona Norte da Reserva Natural, os que apresentam menor estabilidade.
- B) para as comunidades arbustivas com duas espécies em codominância (figura 3, tabelas I e II):
- diminuição negligenciável do coberto vegetal e da área ocupada pela “Segunda Espécie Dominante” nas comunidades em estudo;
 - ligeira diminuição e aumento da “Primeira Espécie Dominante” e “Outras Espécies” na comunidade de *Chamaespartium tridentatum* e *Halimium alyssoides*, observando-se comportamentos opostos nos matos de *Erica australis* e *Cistus ladanifer*;
 - menor estabilidade na comunidade pioneira de *Chamaespartium tridentatum* e *Halimium alyssoides*, sendo o valor deste parâmetro calculado para a formação arbustiva codominada por *Erica australis* e *Cistus ladanifer* semelhante aos obtidos para as comunidades monoespecíficas de *Cistus ladanifer* e *Erica australis*.
- C) para as comunidades arbóreas (figura 4, tabelas I e II):
- elevada constância nos “estados de vegetação” das florestas autóctones de *Quercus rotundifolia* e *Quercus pyrenaica*, devendo este

comportamento monótono estar associado ao equilíbrio dinâmico que caracteriza as comunidades clímax;

- maior dinâmica observada na comunidade codominada por *Quercus pyrenaica*, *Quercus rotundifolia* e *Arbutus unedo*, observando-se aumento do "Solo" e de *Arbutus unedo* – a segunda espécie dominante – e diminuição de *Quercus pyrenaica* – a primeira espécie dominante – e as "Outras Espécies";
- quocientes de estabilidade de 0,65, 0,70 e 0,82, respectivamente, para os bosques de *Quercus pyrenaica*, *Quercus rotundifolia* e *Arbutus unedo*, *Quercus rotundifolia* e *Quercus pyrenaica*, o que revela que o primeiro ainda não atingiu a maturidade dos outros dois.

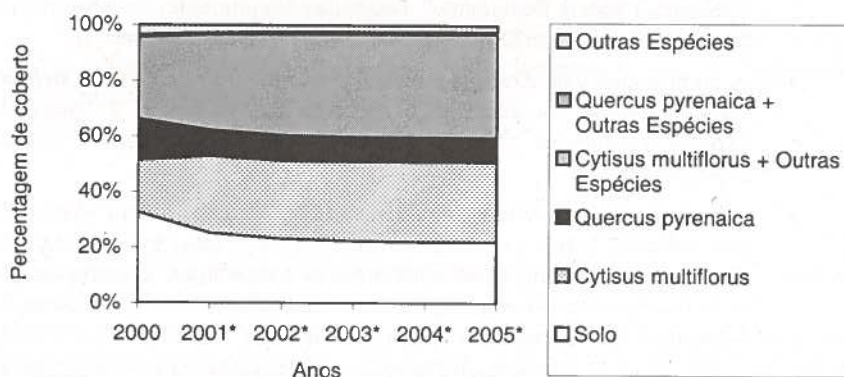


Figura 1 – Dinâmica da comunidade de *Cytisus multiflorus* até 2005.

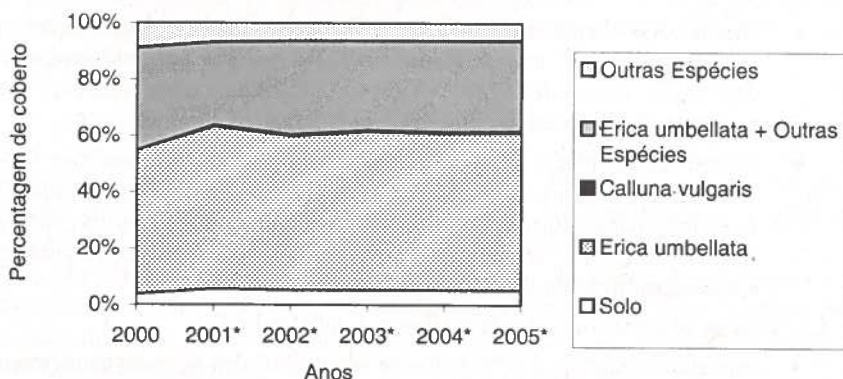


Figura 2 – Dinâmica da comunidade de *Erica umbellata* até 2005.

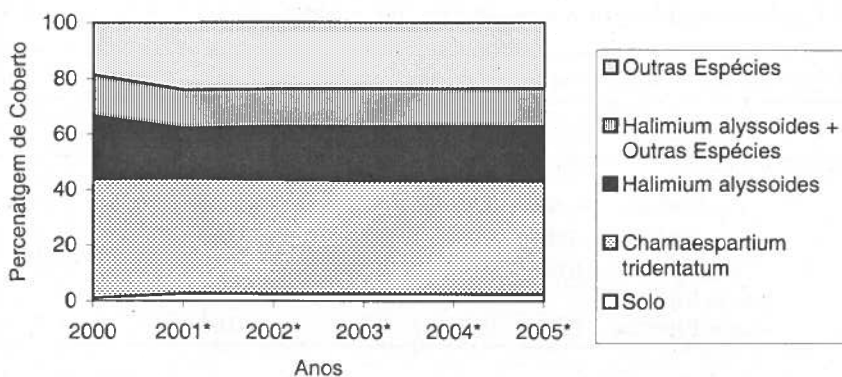


Figura 3 – Dinâmica da comunidade de *Chamaespartium tridentatum* e *Halimium alyssoides* até 2005.

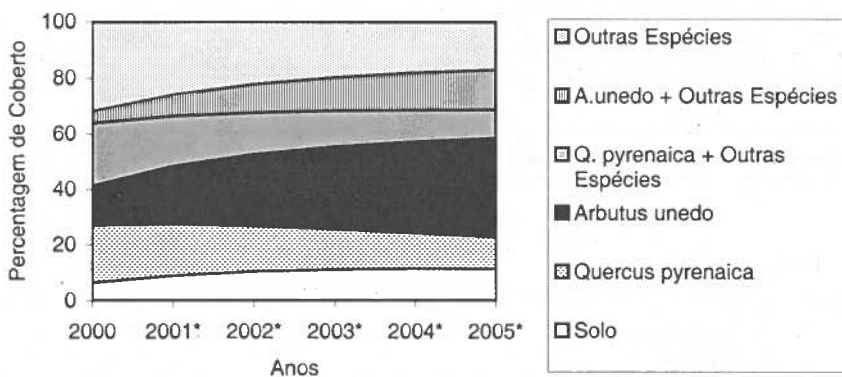


Figura 4 – Dinâmica da comunidade de *Quercus pyrenaica*, *Quercus rotundifolia* e *Arbutus unedo* até 2005.

Tabela I – Matrizes de transição.

A) Comunidades arbustivas dominadas por uma espécie:

Comunidade com dominância de <i>Cistus ladanifer</i>						
De:		Solo	<i>Cistus ladanifer</i>	<i>Erica australis</i>	<i>C. ladanifer</i> + Outras Espécies	Outras Espécies
Para:	Solo	0,31	0,17	0,26	0,01	0,02
	<i>Cistus ladanifer</i>	0,60	0,76	0,18	0,99	0,21
	<i>Erica australis</i>	0,02	0,03	0,31	0,00	0,00
	<i>C. ladanifer</i> + Outras Espécies	0,04	0,03	0,23	0,00	0,00
	Outras Espécies	0,03	0,02	0,01	0,00	0,77

Comunidade com dominância de <i>Erica umbellata</i>						
De:		Solo	<i>Erica umbellata</i>	<i>Calluna vulgaris</i>	<i>E. umbellata</i> + Outras Espécies	Outras Espécies
Para:	Solo	0,01	0,04	0,00	0,09	0,05
	<i>Erica umbellata</i>	0,15	0,48	0,00	0,82	0,29
	<i>Calluna vulgaris</i>	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
	<i>E. umbellata</i> + Outras Espécies	0,79	0,42	0,93	0,05	0,36
	Outras Espécies	0,04	0,05	0,06	0,04	0,29

Comunidade com dominância de <i>Chamaespartium tridentatum</i>						
De:		Solo	<i>Chamaespartium tridentatum</i>	<i>Halimium alyssoides</i>	<i>C. tridentatum</i> + Outras Espécies	Outras Espécies
Para:	Solo	0,19	0,06	0,22	0,00	0,00
	<i>Chamaespartium tridentatum</i>	0,33	0,83	0,72	0,96	0,01
	<i>Halimium alyssoides</i>	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00
	<i>C. tridentatum</i> + Outras Espécies	0,08	0,09	0,04	0,04	0,56
	Outras Espécies	0,14	0,02	0,02	0,00	0,43

Tabela I – Matrizes de transição (cont.).

A) Comunidades arbustivas dominadas por uma espécie:

Comunidade com dominância de <i>Erica australis</i>							
De:	Solo	<i>Erica australis</i>	<i>Erica umbellata</i>	<i>E. australis</i> + Outras Espécies	<i>E. umbellata</i> + Outras Espécies	Outras Espécies	
Para: Solo	0,16	0,03	0,03	0,05	0,03	0,11	
<i>Erica australis</i>	0,26	0,65	0,04	0,71	0,06	0,18	
<i>Erica umbellata</i>	0,11	0,04	0,36	0,06	0,10	0,17	
<i>E. australis</i> + Outras Espécies	0,21	0,24	0,20	0,14	0,46	0,15	
<i>E. umbellata</i> + Outras Espécies	0,11	0,00	0,27	0,04	0,07	0,19	
Outras Espécies	0,15	0,04	0,10	0,00	0,28	0,20	

Comunidade com dominância de <i>Cytisus multiflorus</i>							
De:	Solo	<i>Cytisus multiflorus</i>	<i>Quercus pyrenaica</i>	<i>C.</i> <i>multiflorus</i> + Outras Espécies	<i>Q.</i> <i>pyrenaica</i> + Outras Espécies	Outras Espécies	
Para: Solo	0,38	0,30	0,34	0,04	0,00	0,28	
<i>Cytisus multiflorus</i>	0,14	0,20	0,38	0,42	0,00	0,37	
<i>Quercus pyrenaica</i>	0,19	0,15	0,00	0,00	0,25	0,03	
<i>C. multiflorus</i> + Outras Espécies	0,22	0,30	0,28	0,54	0,74	0,29	
<i>Q. pyrenaica</i> + Outras Espécies	0,01	0,03	0,00	0,00	0,01	0,00	
Outras Espécies	0,06	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05	

Tabela I – Matrizes de transição (cont.).

A) Comunidades arbustivas dominadas por uma espécie:

Comunidade com dominância de <i>Cytisus striatus</i>							
De:	Solo	<i>Cytisus striatus</i>	<i>Erica australis</i>	<i>C. striatus</i> + Outras Espécies	<i>E. australis</i> + Outras Espécies	Outras Espécies	
Para: Solo	0,25	0,45	0,06	0,56	0,22		0,52
<i>Cytisus striatus</i>	0,52	0,20	0,00	0,29	0,78		0,22
<i>Erica australis</i>	0,07	0,08	0,89	0,00	0,00		0,05
<i>C. striatus</i> + Outras Espécies	0,03	0,15	0,00	0,00	0,00		0,00
<i>E. australis</i> + Outras Espécies	0,02	0,06	0,05	0,00	0,00		0,13
Outras Espécies	0,11	0,06	0,00	0,15	0,00		0,08

B) Comunidades arbustivas com duas espécies em codominância:

Comunidade com dominância de <i>Chamaespartium tridentatum</i> e <i>Halimium alyssoides</i>						
De:	Solo	<i>Halimium alyssoides</i>	<i>Chamaespartium Tridentatum</i>	<i>H. alyssoides</i> + Outras Espécies	Outras Espécies	
Para: Solo	0,01	0,05	0,03	0,00		0,02
<i>Halimium alyssoides</i>	0,34	0,33	0,05	0,01		0,44
<i>Chamaespartium tridentatum</i>	0,42	0,21	0,47	0,79		0,23
<i>H. alyssoides</i> + Outras Espécies	0,00	0,25	0,10	0,04		0,17
Outras Espécies	0,23	0,16	0,35	0,16		0,14

Comunidade com dominância de *Erica australis* e *Cistus ladanifer*

De:	Solo	<i>Cistus ladanifer</i>	<i>Erica australis</i>	<i>C. ladanifer</i> + Outras Espécies	<i>E. australis</i> + Outras Espécies	Outras Espécies
Para: Solo	0,07	0,07	0,03	0,04	0,64	0,20
<i>Cistus ladanifer</i>	0,44	0,42	0,08	0,04	0,00	0,29
<i>Erica australis</i>	0,31	0,20	0,59	0,57	0,36	0,00
<i>C. ladanifer</i> + Outras Espécies	0,18	0,28	0,30	0,25	0,00	0,27
<i>E. australis</i> + Outras Espécies	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,10
Outras Espécies	0,00	0,03	0,00	0,07	0,00	0,15

Tabela I – Matrizes de transição (cont.).

C) Comunidades arbóreas

Comunidade com dominância de <i>Quercus rotundifolia</i>						
De:		<i>Quercus rotundifolia</i> + <i>Arbutus unedo</i>		<i>Q. rotundifolia</i> + <i>A. unedo</i> + Outras Espécies		
Para:	<i>Quercus rotundifolia</i> + <i>Arbutus unedo</i>		0,80			0,20
	<i>Q. rotundifolia</i> + <i>A. unedo</i> +		0,68			0,32
	Outras Espécies					

Comunidade com dominância de <i>Quercus pyrenaica</i> , <i>Quercus rotundifolia</i> e <i>Arbutus unedo</i>							
De:		Solo	<i>Quercus pyrenaica</i>	<i>Arbutus unedo</i>	<i>Q. pyrenaica</i> + Outras Espécies	<i>A. unedo</i> + Outras Espécies	Outras Espécies
Para:	Solo	0,79	0,05	0,01	0,05	0,00	0,05
	<i>Quercus pyrenaica</i>	0,05	0,67	0,00	0,15	0,00	0,03
	<i>Arbutus unedo</i>	0,00	0,00	0,97	0,30	0,00	0,01
	<i>Q. pyrenaica</i> + Outras Espécies	0,03	0,27	0,00	0,40	0,00	0,10
	<i>A. unedo</i> + Outras Espécies	0,00	0,00	0,00	0,05	0,93	0,08
	Outras Espécies	0,13	0,01	0,02	0,05	0,07	0,73

Comunidade com dominância de <i>Quercus pyrenaica</i>				
De:		Solo	<i>Quercus pyrenaica</i>	<i>Q. pyrenaica</i> + Outras Espécies
Para:	Solo	0,00	0,00	0,00
	<i>Quercus pyrenaica</i>	0,74	0,92	0,98
	<i>Q. pyrenaica</i> + Outras Espécies	0,26	0,08	0,02

Tabela II – Quantificação da estabilidade das comunidades em estudo.

A) Comunidades arbustivas com uma espécie em dominância	Valor do Quociente
<i>Cistus ladanifer</i>	0,49
<i>Erica umbellata</i>	0,24
<i>Chamaespartium tridentatum</i>	0,40
<i>Erica australis</i>	0,42
<i>Cytisus multiflorus</i>	0,32
<i>Cytisus striatus</i>	0,20
B) Comunidades arbustivas com duas espécies em codominância	
<i>Chamaespartium tridentatum</i> e <i>Halimium alyssoides</i>	0,23
<i>Erica australis</i> e <i>Cistus ladanifer</i>	0,40
C) Comunidades arbóreas	
<i>Quercus rotundifolia</i>	0,70
<i>Quercus pyrenaica</i> , <i>Quercus rotundifolia</i> e <i>Arbutus unedo</i>	0,65
<i>Quercus pyrenaica</i>	0,82

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de USHER (1981) sugerir que o pressuposto em que se baseia os Modelos de Markov, designadamente a constância das probabilidades de transição, ser a excepção e não a regra nos processos ecológicos, MORGAN & NEUENSCHWANDER (1985) referem que no caso de fitocenoses instaladas a sua dinâmica pode ser representada por modelos determinísticos que traduzam os diferentes mecanismos de crescimento e de interacção entre espécies.

Considerando que:

- a) os transectos foram instalados em comunidades naturais sem indicação de qualquer tipo de perturbação em anos anteriores, estando, conseqüentemente, a composição florística das inventariações efectuadas menos dependente da vegetação antes da intervenção, das condições ambientais e do acaso (EGLER, 1954; MORGAN & NEUENSCHWANDER, *op. cit.*), ou seja, a sucessão é mais estável e predizível nesta fase,
- b) os Modelos de Markov permitem uma boa aproximação à quantificação deste processo neste período como exemplificado por diversos trabalhos (REGO *et al.*, 1993, 1994),

utilizou-se esta metodologia na modelação da sequência sucessional nas principais comunidades arbustivas e arbóreas da Reserva Natural da Serra da Malcata entre 2000 e 2005, admitindo-se para este período a validade da matriz de transição calculada.

De facto, a projecção efectuada para as formações arbustivas permitem salientar três comportamentos distintos:

- aumento do coberto vegetal à custa da ocupação gradual do “Solo” em cinco das oito fitocenoses em estudo, observando-se nas restantes três uma diminuição negligenciável deste parâmetro;
- a manutenção da dominância da “Primeira Espécie Dominante” nos matos monoespecíficos e deste “estado de vegetação”, bem como da “Segunda Espécie Dominante” nas comunidades arbustivas com duas espécies em codominância;
- a presença de outros *taxa* em percentagens que variam entre os 10,83 e 45,18, devendo alguns destes corresponder a espécies das etapas mais avançadas da sucessão.

Por outro lado, as comunidades arbóreas podem caracterizar-se:

- pela baixa percentagem de “Solo” e pequena variabilidade temporal da abundância relativa deste “estado” e das espécies dos estratos arbustivo e arbóreo que as constituem.

Conforme referido por REGO *et al.* (1994) para a vegetação ripícola da Reserva Natural da Serra da Malcata, os resultados obtidos confirmam que os estádios intermédios da sucessão, concretamente as comunidades arbustivas em estudo, apresentam, no geral, comportamentos mais dinâmicos - e consequentemente menor estabilidade - que as comunidades características das fases finais, concretamente os bosques de *Quercus rotundifolia* e *Quercus pyrenaica* e as florestas de *Quercus pyrenaica*, *Quercus rotundifolia* e *Arbutus unedo*.

AGRADECIMENTOS

Trabalho parcialmente financiado pelo Programa PAMAF-IED no âmbito do projecto nº 8178 “O Pastoreio e o Mel das Serras da Estrela e da Malcata. Bases Ecológicas para a Valorização Integrada e Sustentada dos Recursos da Beira Interior”.

BIBLIOGRAFIA

- BRAUN-BLANQUET, J., 1932 - *Plant Sociology*. Translated. Revised and Edited by G. D. Fuller and H. S. Conrad. Ed. 1, Impr. 2, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York and London.
- CALDEIRA, R., GONÇALVES, P., SILVEIRA, S., PINTO GOMES, C., FERNANDES, P., DRAPPER, D., ROSSELLÓ, A., GOMES, C., FREITAS, H. & PAIVA, J., 1998 - Análise da Estrutura da Paisagem da Reserva Natural da Serra da Malcata. 3º Encontro Nacional de Ecologia, Faro. (abstract).
- CARDOSO, J., 1965 - *Os Solos de Portugal: sua Classificação, Caracterização e Génese. 1 - A Sul do Rio Tejo*. Secretaria de Estado da Agricultura, Direcção-Geral dos Serviços Agrícolas, Lisboa.
- CARTA DOS SOLOS DE PORTUGAL nºs 248, 227, 238, 226, 237 (cartas complementares), 1964, 1996a, 1996b, 1999a, 1999b. Divisão dos Solos do Instituto de Hidráulica, Engenharia Rural e Ambiente, Lisboa.

- EGLER, F. E., 1954. Vegetation Science Concepts: I. Initial Floristic Composition, a Factor in Old-Field Vegetation Development. *Vegetatio*, 4 : 412-417
- FERNANDES, A., 1988. Evolução das Formas de Ocupação do Território no Parque Natural do Alvão (1947-1984). Serviço Nacional de Parques, Reservas e Conservação da Natureza, Lisboa.
- GONÇALVES, P., 1991. *Contribuição para a Caracterização e Estabelecimento da Vegetação Natural Potencial da Reserva Natural da Serra da Malcata*. Relatório de Trabalho, Penamacor.
- KNAPP, R., 1974. Vegetation Dynamics. *Handbook of Vegetation Science*. Part VIII. Dr. W. Junk b.v. Publishers, The Hague.
- LOUSÃ, M. F., ROSA, M. L. & LUZ, J. P., 1988a. Serra da Malcata - Vegetação e Cartografia. (2º Relatório de Progresso). Departamento de Botânica do I.S.A. e E.S.A.C.B., Lisboa (Ciclost.).
- LOUSÃ, M. F., ROSA, M. L. & LUZ, J. P., 1988b. Serra da Malcata - Vegetação e Cartografia. (Relatório do 1º Ano de Actividades). Departamento de Botânica do I.S.A. e E.S.A.C.B., Lisboa (Ciclost.).
- LOUSÃ, M. F., ESPÍRITO SANTO, M. D., ROSA, M. L. & LUZ, J. P., 1992. Serra da Malcata - Vegetação e Cartografia. (Relatório Final). Departamento de Botânica do I.S.A. e E.S.A.C.B., Lisboa (Ciclost.).
- MEIRELES, C., 1999. Reserva Natural da Serra da Malcata: Contribuição para o Estudo da Regeneração Natural de *Quercus suber*, *Quercus rotundifolia* e *Quercus pyrenaica* nas Principais Comunidades Vegetais. Relatório de Fim de Curso (Biologia), Universidade de Évora, Évora.
- MILES, J., 1979. *Vegetation Dynamics*. Outline Studies in Ecology. Chapman and Hall, New York.
- MORGAN, P. & NEUENSCHWANDER, L. F., 1985. Modeling Shrub Succession following Clearcutting and Broadcast Burning. In: Fire's Effects on Wildlife Habitat. Symp. Proc. U.S.D.A.-F.S. Gen. Tech. Rep. INT-186: 83-90.
- REGO, F., PEREIRA, J. & TRABAUD, L., 1993. Modelling Community Dynamics of a *Quercus coccifera* L. Garrigue in Relation to Fire Using Markov Chains. *Ecological Modelling*, 66 : 251-260
- REGO, F., GONÇALVES, P. & SILVEIRA, S., 1994. Estudo da Dinâmica da Vegetação Através de Transectos Permanentes. *Anais do Instituto Superior de Agronomia*, XLIV (2): 531-547
- REGO, F., SILVEIRA, S., GONÇALVES, P., HEATHFIELD, D., HEATHFIELD, M., BELLELLI, M., PIGNATTELLI, S. & MAZZOLENI, S., (sem data). Description of Canopy Structure. In: ModMED: Modelling Vegetation Dynamics and Degradation in Mediterranean Ecosystems. Final Report. (eds. S. Mazzoleni, C. Legg, S. Strumia & A. Migliozzi).
- SILVEIRA, S., 1990. *Análise Ecológica das Comunidades Vegetais da Reserva Natural da Serra da Malcata*. Relatório de Estágio Curso de Engenheiro Agrónomo, I.S.A., Lisboa.
- USHER, M. B., 1981. Modelling Ecological Succession, with Particular Reference to Markovian Models. *Vegetatio*, 46 : 11-18

**GERMINAÇÃO, CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE
ISOPLEXIS SCEPTRUM (L. F.) LOUD., UMA ESPÉCIE
ENDÊMICA DA ILHA DA MADEIRA- PORTUGAL.**

**M. I. Batista-Marques^{1,5}, J. A. Carvalho^{2,5}, L. Gouveia^{3,5}, S.G. Ferreira^{4,5},
M. J. Dragovic⁴ & M. Pestana⁴**

¹ Secretaria Regional de Educação, ESAAS, Caminho do Comboio, 9050 Funchal,
Portugal / E-mail: batistamarques@net.sapo.pt

² Jardim Botânico da Madeira, Caminho do Meio, Bom Sucesso, 9050 Funchal, Portugal /
E-mail: carvalho@uma.pt

³ Direcção Regional de Florestas, Caminho do Meio, Bom Sucesso, 9050 Funchal,
Portugal / E-mail: luisagouveia@hotmail.com

⁴ Laboratório de Propagação de Plantas da Divisão de Floricultura, Dir. Reg. Agric.,
Lugar de Baixo, 9360 Ponta do Sol, Portugal / E-mail: floriculturasubtrop@
mail.telepac.pt

⁵ Centro de Ciências Biológicas e Geológicas- UMA, Edifício da Penteada, 9000-399
Funchal, Portugal

Batista-Marques, M. I., Carvalho, J. A., Gouveia, L.,
Ferreira, S. G., Dragovic, M. J. & Pestana, M. (2001).
Germinação, crescimento e sobrevivência de *Isoplexis
sceptum* (L.f.) Loud., uma espécie endêmica da ilha da
Madeira- Portugal. *Revista Biol.(Lisboa)* **19**: 37-49.

Isoplexis sceptum (L.f.) Loud. (*Scrophulariaceae*) é uma
espécie endêmica da Madeira. Na natureza, plântulas desta
espécie ocorrem naturalmente em áreas de canópis aberta na
floresta laurissilva, uma indicação de que possivelmente a luz
é um factor importante na germinação de sementes e na
posterior emergência e estabelecimento das plântulas. Tem
sido referido que a germinação de sementes de espécies
pertencentes a *Scrophulariaceae* é induzida pela luz.

Nesté trabalho foi estudado o efeito da luz na germinação de
sementes de *I. sceptum*, bem como o efeito do microhabitat
na sobrevivência e crescimento de plântulas obtidas de
semente.

Em condições controladas, as sementes foram sujeitas a 2
regimes, T1 - Escuro; e T2 - Regime de fotoperíodo de 12h
(com luz branca, 560 lux)/ 12h (escuro). A percentagem total
de germinação das sementes submetidas às duas condições
foi idêntica (93%); este valor aproximou-se da percentagem
de viabilidade (90%). No entanto, o regime de fotoperíodo
originou um tempo médio de germinação inferior ao do
escuro (11,2 e 14,1 dias respectivamente).

O trabalho *in situ* foi levado a cabo na Levada do Norte, onde predominam espécies de laurissilva. Colocaram-se plântulas desta espécie em 3 locais distintos, MH 1- locais de canópis aberta; MH2 - locais de canópis fechada; MH3- locais de canópis aberta, junto a levadas (cursos de água). A sobrevivência das plântulas ao fim de 5 meses, foi significativamente inferior em MH2 (22,5%), relativamente a MH1 (31,3%). O desenvolvimento foliar foi significativamente superior em MH1 e MH3 (3,8 e 4,1 folhas/ plântula, respectivamente) relativamente a MH2 (2,8 folhas/ plântula). Estes resultados indicam que, numa fase inicial, a luz favorece a germinação, bem como o crescimento e sobrevivência das plântulas de *I. sceptrum*.

Palavras-chave: endémicas, germinação, estabelecimento, sobrevivência, plântulas, dinâmica de ecossistemas, *in situ*, *in vitro*, tetrazolium, *Isoplexis sceptrum*.

Batista-Marques, M. I., Carvalho, J. A., Gouveia, L., Ferreira, S. G., Dragovic, M. J. & Pestana, M. (2001). Germination, growth and survivorship of *Isoplexis sceptrum* (L.f.) Loud., an endemic species of Madeira Island- Portugal. *Revista Biol.(Lisboa)* 19: 37-49.

Isoplexis sceptrum (L.f.) Loud. (*Scrophulariaceae*) is an endemic species of Madeira Island. In nature, seedlings of *I. sceptrum* occur in open canopy of laurel forest, an indication that light might be an important factor in germination of seeds of species belonging to *Scrophulariaceae* is induced by light.

In this work, the effect of light on the germination of seeds of *I. sceptrum*, as well as the impact of microhabitat on germination, growth and survival of seedlings was studied.

In controlled conditions, seeds were submitted to 2 treatments, T1 - dark; and T2 - a photoperiod regime of 12h (white light, 560 lux)/ 12h (dark). The total percentage of germination on both treatments was identical (93%); this figure being very close to the viability percentage (90%). However, T2 reduced the average time of germination related to the one presented in T1 (11.2 and 14.1 days, respectively).

The site chosen for the field work was Levada do Norte, an area where the dominant flora is the one characteristic of laurel forest. The treatments were MH1 - open canopy (gaps); MH2 - closed canopy; MH3 - open canopy, near 'levadas' (water streams). After 5 months, the survival of seedlings was significantly lower in MH2 (22.5%) relative to MH1 (31.3%). The leaf development was significantly greater in MH1 and MH3 (3.8 and 4.1 leaves/ seedling, respectively) when compared to MH2 (2.8 leaves/ seedling). These results

showed that light favours the germination of seeds, as well as the growth and survival of the seedlings of *I. sceptrum*.

Keywords: endemics, germination, establishment, seedlings, survival, ecosystem dynamics, *in situ*, *in vitro*, tetrazolium, *Isoplexis sceptrum*.

INTRODUÇÃO

A biodiversidade na Macaronésia tem sofrido um declínio qualitativo e quantitativo ao nível do ecossistema, do habitat, da espécie, da população e dos genes, o que origina um grande número de espécies vegetais ameaçadas (FRANKEL & BURDON, 1995). Este trabalho faz parte de um estudo mais vasto de espécies em perigo na natureza, e/ou espécies-chave para o funcionamento dos ecossistemas, cujos objectivos incluem um melhor conhecimento ecológico e ecofisiológico de algumas destas espécies, para uma melhor conservação das mesmas, e estudar a estrutura e a dinâmica de comunidades naturais. A monitorização de algumas espécies está a ser efectuada de forma a determinar a sua regeneração natural e a sua capacidade e estratégia reprodutiva, e iniciar estudos de demografia populacional. Outro tipo de estudos incluem testes de germinação em condições controladas de sementes de várias espécies que se encontram ameaçadas na natureza, mas também estudos *in situ* em que se estudam parâmetros de crescimento e sobrevivência de plântulas destas espécies (BATISTA-MARQUES *et al.*, 2001); em alguns casos, considera-se a possibilidade de estudar a germinação das sementes em substrato natural. A maior parte das espécies apresenta interesse ornamental.

Para muitas espécies, o impacto de vários microhabitats em parâmetros como são o estabelecimento, crescimento e sobrevivência tem sido estudado por vários autores (HARPER, 1977; BATISTA-MARQUES, 1997; BATTAGLIA *et al.*, 2000). Até à data, não têm sido efectuados estudos *in situ* em que se teste o impacto do microhabitat, ou de factores bióticos e abióticos na autecologia de espécies endémicas da Madeira, sendo este o primeiro trabalho efectuado em *Isoplexis sceptrum*.

I. sceptrum (L f.) Loud. (Fig. 1) é uma espécie semi-lenhosa, pertencente à família *Schrophulariaceae*, e endémica da Madeira. O seu tamanho varia entre 0,5-2(4)m. É



Figura 1. Inflorescência de *Isoplexis sceptrum* (Foto de José Augusto Carvalho).

uma espécie de dedaleira gigante (MENEZES, 1914). Possui folhas grandes no alto dos ramos (MENEZES, 1914) e ainda grandes hastes florais (VIEIRA, 1992), de Junho a Agosto (MENEZES, 1914; VIEIRA, 1992). É característica da floresta laurissilva e ocorre na comunidade *Clethro-Laurion* (SJÖGREN, 1972).

A distribuição desta espécie surge esquematizada na Fig. 2. CARVALHO (1998) considerou-a como vulnerável (V) por ser específica de um habitat, e devido ao pequeno número e tamanho das suas populações, contrariamente a PRESS & SHORT (1994) que a classificaram como rara.

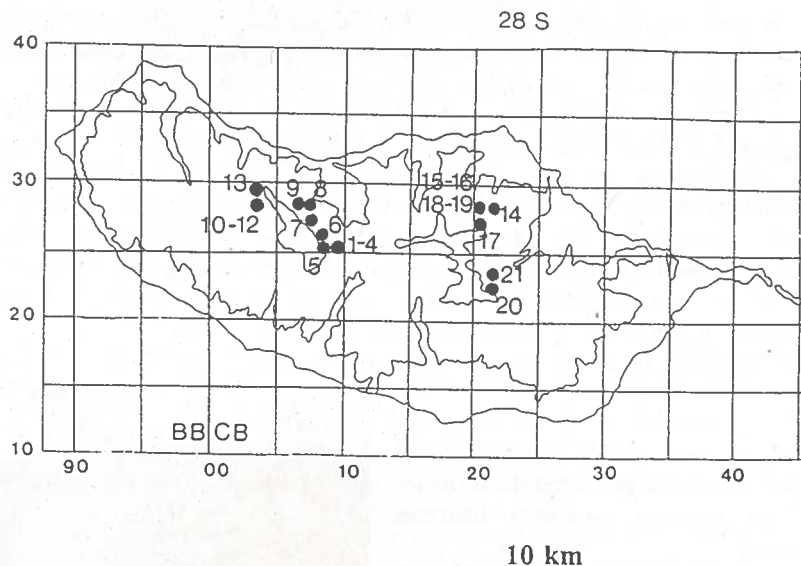


Figura 2. Distribuição de populações de *I. sceptrum* na Madeira (retirado de Carvalho & Culham, 1998).

Em comunidades florestais, os padrões de vegetação são afectados por muitos factores mas primariamente pelos gradientes de humidade do solo e gradientes de disponibilidade de luz (JONES & SHARITZ, 1989; STRENG *et al.*, 1989; HALL & HARCROMBE, 1998) que por sua vez afectam padrões de recrutamento (JONES & SHARITZ, 1989; BATISTA-MARQUES, 1997; BATTAGLIA, 1998). Na floresta laurissilva, *I. sceptrum* ocorre em áreas de canóia aberta. Desta observação, tantas vezes repetida nas nossas saídas de campo, surgiu a hipótese de que a luz poderia ser um factor determinante para a sua ocorrência, e poderia influenciar a germinação de sementes e possivelmente o posterior estabelecimento das plântulas.

Sabe-se também que algumas populações naturais estão restritas principalmente a zonas de elevada humidade (CARVALHO, 1998), em que as observações de regeneração de populações naturais de *I. sceptrum* em locais de canópia aberta junto a cursos de água são relativamente comuns. Em trabalhos posteriores, pretende-se testar a hipótese de que a humidade possa ser um factor importante na regeneração das populações, de uma forma isolada, ou em conjugação com outros factores, inclusive, a luz.

ELLIS *et al.* (1985) referem que as pequenas sementes de *Scrophulariaceae* possuem um tegumento fino e frágil que apenas é permeável ao oxigénio na presença de luz.

O presente trabalho teve por objectivo avaliar o efeito da luz na germinação das sementes em condições controladas bem como o efeito do microhabitat no crescimento e na sobrevivência das plântulas de *I. sceptrum*.

MATERIAL E MÉTODOS

Recolha e armazenamento das sementes

Sementes de *I. sceptrum* foram colhidas em Dezembro de 1999, de plantas-mãe cultivadas no Ribeiro Frio, Ilha da Madeira, as quais foram mantidas num exsiccador à temperatura ambiente (HARTMANN *et al.*, 1997), até serem utilizadas.

Viabilidade das sementes

Para avaliar a viabilidade das sementes, uma amostra de 61 foi submetida ao teste de tetrazolium. Após testes preliminares baseados nas técnicas referidas por MOORE (1985) e ELLIS *et al.* (1985) para a família *Scrophulariaceae* definiram-se as melhores condições para o teste de tetrazolium do *I. sceptrum*, que se resumiram às seguintes etapas: 1. Humidificação por imersão das sementes em água destilada à temperatura ambiente, durante 24 horas; 2. Remoção da extremidade distal da semente, cerca de 1/5 do comprimento, incluindo um fragmento do tecido nutritivo; 3. Coloração dos tecidos por imersão numa solução tamponada de tetrazolium a 1%, a 35°C, ao escuro, durante 48 horas; 4. Lavagem dos tecidos com água destilada fria; 5. Exposição do embrião e dos tecidos nutritivos adjacentes, por corte longitudinal da semente; 6. Avaliação do embrião e endosperma em termos de coloração, turgidez, aspecto geral dos tecidos, fracturas, danos provocados por insectos, segmentos de tecido em falta, anormalidades e outros factores que possam influenciar a viabilidade.

Na avaliação (etapa 6), as sementes submetidas a este teste foram classificadas em 3 tipos: C - embrião e endosperma totalmente corados de cor de cereja brilhante, e tecidos túrgidos; NC - embrião e endosperma corados de branco e/ou rosa, e tecidos túrgidos ou não; SEE - sementes sem embrião e sem endosperma.

Em conformidade com o descrito por MOORE (1985), as sementes do tipo C foram consideradas viáveis; %VTz representa a percentagem de viabilidade do lote.

Efeito da luz na germinação

De forma a testar o efeito da luz na germinação, efectuou-se um conjunto de ensaios em que as sementes foram desinfectadas com hipoclorito de sódio preparado por diluição a 15% de uma lixívia vulgar com 4,5% em hipoclorito de sódio, à qual foi adicionado o detergente orgânico Triton (16 gotas/ l) (15 min.). Subsequentemente, as sementes foram lavadas por três vezes com água destilada esterilizada, e colocadas em placas de Petri esterilizadas (10/ placa), sobre pontes de papel de filtro Whatman n.º 541 (11 cm diâm.). As placas foram seladas com parafilme e colocadas numa incubadora a 16° C.

As placas foram submetidas a 2 regimes: T1 - Escuro; T2 - Fotoperíodo de 12 horas de luz branca neutra (cerca de 560 lux). Fizeram-se registos durante um período de 25 dias em intervalos regulares (3-4 dias) do n.º de sementes germinadas (GT) e contaminadas (Ct). Consideraram-se germinadas as sementes com 1mm de radícula emergido ou com os cotilédones verdes expandidos. As sementes contaminadas foram imediatamente removidas da placa.

Foram quantificados: percentagem de germinação (% GT), percentagem de contaminação (% Ct), tempo médio de germinação (TMG, calculado pela expressão $\sum(N_i \times T_i) / \sum N_i$, em que N_i representa o número de germinações no tempo T_i), e tempo de latência (Z, dias desde o início do ensaio até às primeiras sementes germinadas).

O efeito dos tratamentos nestes parâmetros foi determinado pela ANOVA, utilizando o programa Statistica.

Efeito do microhabitat na sobrevivência e crescimento das plântulas

Para testar o efeito do microhabitat na sobrevivência e crescimento das plântulas de *I. sceptrum* foram escolhidas áreas de laurissilva não perturbada, na Levada do Norte. Foi feita a caracterização da comunidade vegetal. Entre as espécies encontradas, podemos referir, *Isoplexis sceptrum*, *Geranium palmatum*, *Ranunculus* sp., *Clethra arborea*, *Sonchus fruticosus*, *Erica scoparia*, *Phyllis nobla*, *Euphorbia mellifera*, *Dactylorhiza foliosa*, *Sambucus lanceolata*, *Oenanthe divaricata*, *Vaccinium padifolium*, *Bystropogon* sp., *Ocotea foetens*, *Aichryson divaricatum*, e *Pteridium aquilinum*.

Em Abril de 2000, foram colocadas sementes pré-germinadas de *I. sceptrum* com 2 mm de radícula nas referidas áreas de estudo. Estas foram obtidas por sementeira, em substrato natural, em tabuleiros de esferovite. Foram colocadas em 3 locais (microhabitats) distintos: MH1 - Canópia aberta; MH2 - Canópia fechada; MH3 - Canópia aberta, junto a um curso de água (levada). Em cada microhabitat, foram colocadas 4 sementes pré-germinadas, em 8 quadrados pequenos, de cerca de 15 x 15cm, de forma aleatória. Num mesmo microhabitat,

a distância entre os quadrados ('repetições') varia entre 0,5-1,5m, pois foram dispostos aleatoriamente no local.

A sobrevivência (%) e crescimento (número de folhas/ plântula) das plântulas foram registradas 5 meses após o início da experiência; a experiência continua, no entanto, a ser monitorizada.

Foi feita uma análise de variância (ANOVA) para testar as diferenças de sobrevivência e crescimento entre microhabitats. De seguida, foi utilizado o teste de Tukey ao nível de significância $p < 0,05$.

RESULTADOS

Viabilidade das sementes

A percentagem de sementes totalmente coradas de cereja brilhante, túrgidas, e sem qualquer dano ou necrose, foi de 90,2% (Tabela 1) pelo que, de acordo com o descrito por MOORE (1985) para sementes da família *Scrophulariaceae*, pode-se concluir que a percentagem de viabilidade do referido lote (%VTz) foi de cerca 90%.

Tabela 1. Teste de tetrazolium aplicado a um lote de 61 sementes de *Isoplexis sceptrum*.

	C	NC	SEE	Total
Número	55	4	2	61
Percentagem	90,2	6,5	3,3	100

C - embrião e endosperma totalmente corados de cereja brilhante, e tecidos túrgidos.

NC - embrião e endosperma corados de branco e/ou rosa, e tecidos túrgidos ou não.

SEE - sementes sem embrião e sem endosperma.

Efeito da luz na germinação

O número de dias desde o início do ensaio até às primeiras sementes germinadas, tempo de latência (Z) (9 dias), e a percentagem total de germinação (93 %) foi semelhante em ambos os regimes (Tabela 2); no entanto, o tempo médio de germinação (TMG) foi inferior no caso das sementes sujeitas a um regime de fotoperíodo (11,2 dias) ($F = 6,23$, $p = 0,022$) (Tabela 2). As curvas de germinação estão representadas na figura 3. O regime de fotoperíodo acelera a germinação ainda que não se verifiquem diferenças na percentagem total de germinação. A percentagem total de germinação (Fig. 3) aproxima-se da percentagem de viabilidade das sementes (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito da luz na germinação (GT), tempo médio de germinação (TMG) e período prévio à germinação (Z) de sementes de *Isoplexis sceptrum* semeadas sobre papel de filtro, em placas de Petri colocadas a 16°C. Ct (%) - Percentagem de contaminação.

Tratamento	Ct (%)	GT±SE (%)	TMG±SE (dias)	Z±SE (dias)
T1 - Escuro	1,0	93,0±4,0 ^a	14,1±0,6 ^a	9,1±0,5 ^a
T2 - Fotoperíodo de 12 horas luz (± 560 lux)	0	93,0±4,2 ^a	11,2±0,9 ^b	9,2±0,6 ^a

¹ 10 repetições /tratamento e 10 sementes/ replicação.

² Letras diferentes indicam diferenças significativas entre tratamentos (ANOVA).

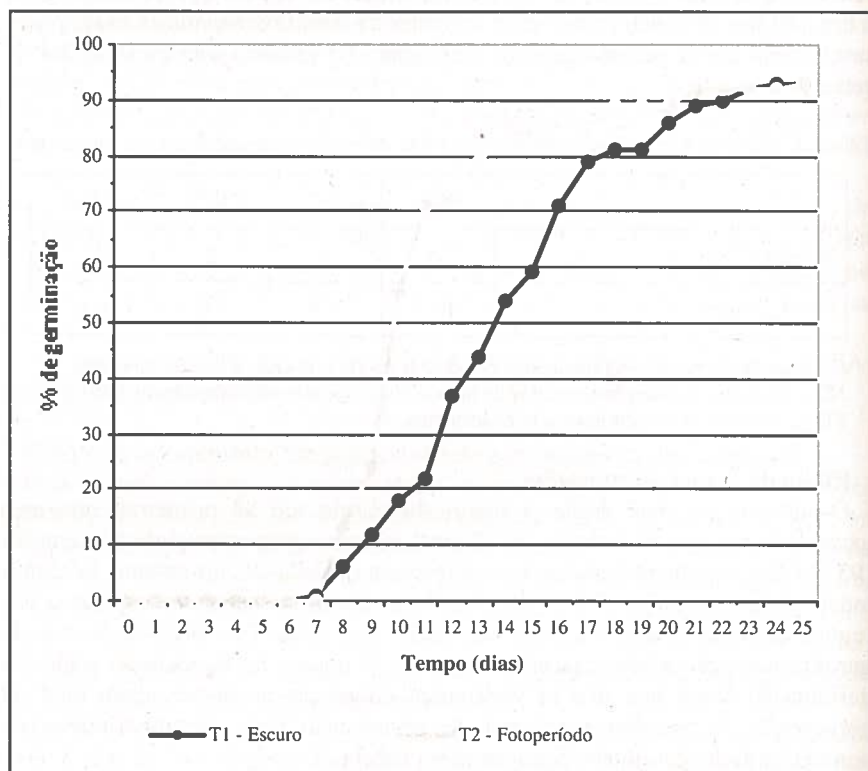


Figura 3. Curva de germinação de sementes de *I. sceptrum* submetidas a 2 regimes de luz (T1 - Escuro; e T2 - Fotoperíodo de 12 horas luz (cerca de 560 lux).

Efeito do microhabitat na sobrevivência e crescimento das plântulas

A percentagem de sobrevivência observada no local de canópis fechada, MH2 ($22,5 \pm 7,8\%$) foi significativamente inferior ao observado no local de canópis aberta longe de cursos de água, MH1 ($31,25 \pm 8,6\%$) ($F= 9,23$, $p=0,012$) (Fig. 4a). Por outro lado, o desenvolvimento foliar também foi significativamente inferior no caso do local de canópis fechada, MH2 ($2,8 \pm 0,4$ folhas/ plântula) ($F= 6,71$, $p=0,021$) relativamente ao verificado nos dois locais de canópis aberta (MH1: $3,8 \pm 0,3$ e MH3: $4,1 \pm 0,8$ folhas/ plântula) (Fig. 4b).

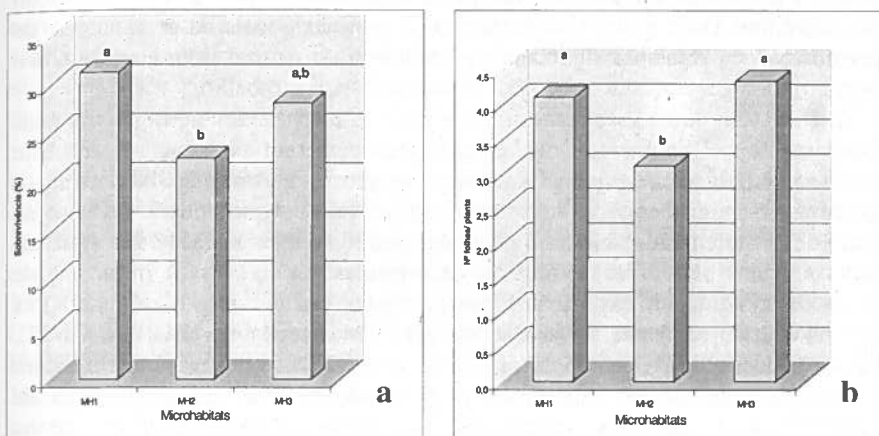


Figura 4. a. Sobrevivência de plântulas de *I. sceptorum* *in situ*. b. Número de folhas / plântula sobrevivente. (MH1- Canópis aberta; MH2- Canópis fechada; MH3- Canópis aberta, junto a um curso de água, vulgo levada). Os valores apresentados são médias de 8 repetições. As letras diferentes indicam diferenças significativas entre tratamentos, teste de Tukey, $p < 0,01$.

Na Figura 5, podemos observar o aspecto das plantas de *I. sceptorum*, após 5 meses de observação, as quais aparentam estar estabelecidas.



Figura 5. Plântulas de *I. sceptorum* após 5 meses de desenvolvimento *in situ*.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

De todas as etapas que determinam o sucesso ao nível vegetativo e reprodutivo desta espécie, a germinação das sementes não parece ser o factor condicionante, ou limitante para a regeneração desta espécie em diferentes regimes luminosos. De facto foi obtida uma percentagem de germinação elevada, e idêntica para ambas as condições de luz testadas (93%), valor este que se aproximou da percentagem de viabilidade do lote de sementes calculado após a utilização do tetrazolium (90%). No entanto, este é um resultado obtido em laboratório, que na natureza pode ser diferente, pois outros factores podem influenciar a germinação das sementes. Dada a dificuldade inerente à análise rigorosa da percentagem de germinação de sementes directamente em substrato natural, esta etapa e o seu impacto na regeneração natural não foi analisada neste trabalho.

Verificou-se que as sementes submetidas a fotoperíodo germinaram mais rapidamente relativamente àquelas que permaneceram na obscuridade. Este resultado é indicador de que a luz deverá favorecer a germinação. No entanto, a germinação na ausência de luz também foi elevada, o que poderá dever-se ao facto destas terem sido sujeitas a pequenos períodos de exposição à luz aquando das contagens periódicas do número de sementes germinadas. A influência de períodos reduzidos de exposição à luz (por vezes, por períodos de segundos) na germinação de sementes foi já referida para várias espécies (HARPER, 1977). Estão já delineadas novas experiências a serem efectuadas em condições controladas por forma a comparar a percentagem final de germinação de sementes de *I. sceptrum* permanecidas no escuro e observadas sempre na presença de luz verde relativamente a outras sujeitas a fotoperíodo e a luz contínua, e desta forma concluir da real importância da luz na germinação das sementes desta espécie.

Os estudos efectuados *in situ* destinaram-se a estudar o impacto do microhabitat no crescimento e na sobrevivência de plântulas de *I. sceptrum*, uma vez que os estudos que se debruçam sobre a demografia inicial das populações apresentam um potencial maior para a compreensão do(s) mecanismo(s) que controlam a estrutura das comunidades (DIRZO, 1984; FENNER, 1987; MEINERS & HANDEL, 2000). Após 5 meses de colocação de sementes pré-germinadas no solo, verificou-se que no local de canópia fechada (MH2), a percentagem de sobrevivência das plântulas foi inferior à observada no local de canópia aberta longe de cursos de água (MH1). Verificou-se também que o número de folhas por plântula nos locais de canópia fechada era inferior ao observado nos 2 locais de canópia aberta. Estes resultados indicam que, numa fase inicial, é o MH1 que favorece o estabelecimento e a sobrevivência das plântulas em comunidades naturais não perturbadas como é a floresta laurissilva. Por outro lado, a sobrevivência no local de canópia aberta, junto a cursos de água (MH3) foi inferior à do local de canópia aberta, longe de cursos de água (MH1). O crescimento das plântulas em ambos os locais foi semelhante, o que está em concordância com as observações de regeneração natural já referidas. A

experiência *in situ* mantém-se em curso e a ser monitorizada por forma a avaliar o efeito do microhabitat na sobrevivência e crescimento das plantas a médio e longo prazo. Em trabalhos futuros, pretende-se testar a hipótese de que a humidade possa ser um factor importante na regeneração das populações, de uma forma isolada, ou em conjugação com outros factores, inclusive, a luz.

O estabelecimento e sobrevivência de *I. szeptum* determinam a composição específica da própria floresta laurissilva, determinando em última instância a estrutura e a composição deste ecossistema em particular. É reconhecido que são vários os factores ou variáveis edafo-climáticas que estabelecem a diferença entre os microhabitats estudados, como sejam a humidade, a concentração de nutrientes, e muitos outros. Os resultados que foram obtidos até agora justificam que se avance para experiências subsequentes, com vista a determinar quais destas variáveis poderão determinar um maior sucesso dos indivíduos de *I. szeptum* neste ecossistema, e avaliar os mecanismos que justificam a presença ou ausência de populações naturais desta espécie numa comunidade vegetal. Sabe-se também que os factores bióticos afectam o estabelecimento de espécies lenhosas, afectando a estrutura e a composição de comunidades florestais. Estes compreendem predação de sementes (DE STEVEN, 1991a; GILL & MARKS, 1991; MANSON & STILES, 1998), predação de plântulas (OSTFELD & CANHAM, 1993), herbivoria (MYSTER & MCCARTHY, 1989; MEINERS & HANDEL, 2000) e competição (DE STEVEN, 1991b; BURTON & BAZZAZ, 1995; HILL *et al.*, 1995; BUCKLEY *et al.*, 1998). Neste trabalho, não se estabeleceu como objectivo o controlo destes factores bióticos; por isso, nada podemos dizer sobre o seu efeito na dinâmica de populações de *I. szeptum*.

AGRADECIMENTOS

Ao CITMA- Madeira, pelo apoio financeiro à participação no I Congresso Ibérico de Ecologia.

A todos os Serviços pertencentes ao Governo Regional participantes neste projecto por disponibilizarem recursos, para que esta cooperação seja possível, bem como ao financiamento plurianual disponibilizado pela FCT através do CCBG à unidade de investigação responsável pelo projecto.

Ao Parque Natural da Madeira na pessoa do Eng.º Henrique Costa Neves por disponibilizar recursos humanos para a execução deste trabalho.

A Dra. Margarida Costa Neves (Laboratório de Propagação de Plantas da Divisão de Floricultura) pelo apoio ao estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA-MARQUES, M.I. 1997. The impact of vesicular-arbuscular (VA) mycorrhizal fungi upon ruderals ('non-hosts') species. *Ph.D. thesis*. The University of Sheffield, Sheffield, United Kingdom.
- BATISTA-MARQUES, M.I., GOUVEIA, L., CARVALHO, J.A., FONTINHA, S., FERREIRA, S.G. & M. J. DRAGOVIC. 2001. Estudos de ecologia e de propagação em condições controladas e *in situ* de espécies endémicas da Macaronésia. *Actas das II Jornadas Florestais Insulares*, Funchal (6-9/ Setembro/ 00) (accepte).

- BATTAGLIA, L.L. 1998., citado em BATTAGLIA *et al.* 2000.
- BATTAGLIA, L.L., FORÉ, S.A., SHARITZ, R.R. 2000. Seedling emergence, survival and size in relation to light and water availability in two bottomland hardwood species. *J. Ecology* 88: 1041-1050.
- BUCKLEY, D.S., SHARIK, T.L. & ISEBRANDS, J.G. 1998. Regeneration of northern red oak: positive and negative effects of competitor removal. *Ecology* 79: 65-78.
- BURTON, P.J. & BAZZAZ, F.A. 1995. Ecophysiological responses of tree seedlings invading different patches of old-field vegetation. *J. Ecology* 83: 99-112.
- CARVALHO, J. A. 1998. Systematic studies of the genera *Digitalis* L. and *Isoplexis* (Lindl.) Loud. (Scrophulariaceae: Digitaleae) and conservation of *Isoplexis* species. *Ph.D. thesis*. The University of Reading, Reading, United Kingdom.
- CARVALHO, J. A. & CULHAM, A. 1998. Conservation status and preliminary results on the phylogenetics of *Isoplexis* (L.f.) Loud. (Scrophulariaceae): An Endemic Macaronesian genus. *Bol. do Museu Municipal do Funchal* sup. n.º 5: 109-127.
- DE STEVEN, D. 1991a. Experiments on mechanisms of tree establishment in old-field succession: seedling emergence. *Ecology* 72: 1066-1075.
- DE STEVEN, D. 1991b. Experiments on mechanisms of tree establishment in old-field succession: seedling survival and growth. *Ecology* 72: 1076-1088.
- DIRZO, R. 1984. Herbivory: a phytocentric view. In R. Dirzo & J. Sarukhán (Eds.). Perspectives on plant population ecology, 141-165. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA.
- ELLIS, R.H., HONG, T.D. & ROBERTS, E.H. 1985. *Handbook of Seed Technology for Genebanks. Vol. II. Compendium of Specific Germination Information and Test Recommendations*. International Board for Plant Genetic Resources, Rome.
- FENNER, M. 1987. Seedlings. *Canadian Journal of Botany* 106: 35-47.
- FRANKEL, O.H. & BURDON, J.J. 1995. *The Conservation of Plant Biodiversity*. Cambridge University Press, Cambridge.
- GILL, D.S. & MARKS, P.L. 1991. Tree and shrub seedling colonization of old fields in central New York. *Ecological Monographs* 61: 183-205.
- HALL, R.B.W. & HARCROMBE, P.A. 1998. Flooding alters apparent position of floodplain saplings on a light gradient. *Ecology* 79: 847-855.
- HARPER, J.L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press, London.
- HARTMANN, H.T., KESTER, D.E., DAVIES, F.T. & GENEVE, R.L. 1997. *Plant Propagation: Principles and Practices* (6th edition). Prentice-Hall International, Inc., London.
- HILL, J.D., CANHAM, C.D. & WOOD, D.M. 1995. Patterns and causes of resistance to tree invasion in rights-of-way. *Ecological Applications* 5: 459-470.
- JONES, R.H. & SHARITZ, R.R. 1989. Potential advantages and disadvantages of germinating early for trees in floodplain forests. *Oecologia* 81: 443-449.
- MANSON, R.H. & STILES, E.W. 1998. Links between microhabitat preferences and seed predation by small mammals in old fields. *Oikos* 82: 37-50.
- MEINERS, S.J. & HANDEL, S.N. 2000. Additive and nonadditive effects of herbivory and competition on tree seedling mortality, growth and allocation. *Amer. J. Bot.* 87(12): 1821-1826.
- MENEZES, C. A. 1914. *Flora do Archipelago da Madeira (Phanerogamicas e Cryptogamicas Vasculares)*. Junta Agrícola da Madeira, Funchal.
- MOORE, R.P. 1985. *Handbook on Tetrazolium Testing*. The International Seed Testing Association, Zurich.

- MYSTER, R.W. & MCCARTHY, B.C. 1989. Effects of herbivory and competition on survival of *Carya tomentosa* (Juglandaceae) seedlings. *Oikos* 56: 145-148.
- OSTFELD, R. S. & CANHAM, C.D. 1993. Effects of meadow vole population density on tree seedling survival in old fields. *Ecology* 74: 1792-1801.
- PRESS, J. R. & SHORT, M. J. 1994. *Flora of Madeira*. HMSO/ London.
- SJÖGREN, E. 1972. Vascular plant communities of Madeira. *Bol. Museu Mun. Funchal* 16 (114): 45-125.
- STRENG, D.R., GLITZENSTEIN, J.S. & HARCROMBE, P.A. 1989. Woody seedling dynamics in an east Texas floodplain forest. *Ecological Monographs* 59: 177-204.
- VIEIRA, R. 1992. *Flora da Madeira - O interesse das Plantas Endêmicas Macaronésicas*. Coleção Natureza e Paisagem, vol.11.

TIDE-INDUCED VARIATIONS IN THE BACTERIAL COMMUNITY, AND IN THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE WATER COLUMN OF THE MONDEGO ESTUARY

P. Bacelar-Nicolau^{1,3}, J.C. Marques³, F. Morgado², R. Pastorinho², L.B. Nicolau⁴ and U.M. Azeiteiro^{1,3}

¹IMAR, Universidade de Coimbra, 3004-517 Coimbra

²Universidade de Aveiro, Departamento de Biologia, 3800 Aveiro

³Universidade Aberta, Rua do Ameal 752, 4200-055 Porto

⁴DataScience Consultores Lda., Rua Tomás Ribeiro 10-R/C D, 1050-229 Lisboa

Corresponding author: pnicolau@univ-ab.pt

Bacelar-Nicolau, P., Marques, J. C. Morgado, F., Pastorinho, R., Nicolau, L. B. and Azeiteiro, U. M. (2001). Variações induzidas pela maré na comunidade bacteriana, e nas propriedades físicas e químicas da coluna de água do estuário de Mondego. *Revista Biol. (Lisboa)* **19**: 51-62.

O bacterioplâncton é um componente chave da estrutura e função dos ecossistemas aquáticos. No entanto, o actual conhecimento dos controlos sobre a abundância e a actividade microbiana apenas evidenciam a sua complexidade. Nos estuários, a complexidade aumenta pelo facto de os parâmetros ambientais (salinidade, temperatura, pH, matéria orgânica e outros factores) serem extremamente variáveis.

O presente estudo investiga a dinâmica de três grupos de bactérias planctónicas envolvidos no ciclo de carbono (bactérias heterotróficas aeróbias, bactérias sulfato-redutoras e bactérias nitrato-redutoras) durante um ciclo de maré no estuário do Mondego.

Foi investigada a associação de diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos na composição da comunidade bacteriana, utilizando métodos de análise multivariada, com o intuito de identificar as fontes de variabilidade na composição e dinâmica mareal da comunidade bacteriana no estuário do Mondego. A análise de componentes principais (ACP) permitiu identificar como fontes desta variabilidade, por um lado, as diferentes dinâmicas nos dois locais em estudo (Foz e Pranto), e por outro lado, os fluxos de maré de enchente e de vazante, pelos seus reflexos nos parâmetros ambientais.

Palavras-chave: bacterioplâncton, ecologia estuarina, distribuição mareal.

Bacelar-Nicolau, P., Marques, J. C. Morgado, F., Pastorinho, R., Nicolau, L. B. and Azeiteiro, U. M. (2001). Tide-induced variations in the bacterial community, and in the physical and chemical properties of the water column of the Mondego estuary. *Revista Biol. (Lisboa)* **19**: 51-62.

The bacterioplankton is a key component of the structure and function of aquatic ecosystems. Yet, present understanding of the controls on microbial abundance and activity only highlights their complexity. In estuaries, the problem is further complicated by the high variability of environmental properties (salinity, temperature, pH, organic loading and other factors).

The present study investigates the dynamics of three main metabolic groups of planktonic bacteria involved in the cycling of organic matter (aerobic heterotrophic bacteria, sulphate-reducing bacteria, and nitrate-reducing bacteria), over one tidal cycle in the estuary of the Mondego.

The association of various physical, chemical and biological parameters with the composition of the bacterial community was assessed by multivariate analysis in order to identify key factors controlling the composition and tidal dynamics of the bacterial communities in the Mondego estuary. Principal component analysis (PCA) identified the sources of variability for the bacterial communities in the estuary, as being, on one hand, the different dynamics in the two stations under study (Foz and Pranto) and, on the other hand, the flood and ebb tide fluxes, by their effects in the environmental parameters.

Keywords: bacterioplankton, estuarine ecology, tidal variation.

INTRODUCTION

The estuary of the Mondego has been extensively studied in the aspects of nutrient dynamics (MARQUES *et al.*, 1997; PARDAL, 1998; AZEITEIRO, 1999; AZEITEIRO and MARQUES, 2000) and of the composition of the communities of estuarine invertebrates (PARDAL, 1998; AZEITEIRO and MARQUES, 1999; AZEITEIRO *et al.*, 1999 a, b). The bacterial community, vital in the various biogeochemical cycles (VALIELA, 1995) received, however, little attention. The present study emerged, therefore, from the need to analyse the environmental properties involved in the determination of the composition and dynamics of the bacterial community. It aimed also to the quantification of

different metabolic profiles relevant in the overall ecology of the estuary of the Mondego.

The Mondego estuary is an area under investigation as an eutrophication problem area (MARQUES *et al.*, 1997; PARDAL, 1998; AZEITEIRO, 1999). Human impact on this estuary is essentially related to harbour activities, salt-works, aquaculture, and discharge of nutrients and chemicals from agricultural areas in the lower Mondego valley. Due to the extended residence time, the persistence of nutrients in the water column is relatively long, conducting to the eutrophication process taking place in the southern arm of the estuary (MARQUES *et al.*, 1997; PARDAL, 1998; AZEITEIRO, 1999). It is, therefore, essential to monitor the physical and chemical conditions, and biological communities in order to have a clear perception of the potential modifications in the structure and function of the ecosystem, and to assess the reversibility of the ongoing environmental changes.

Bacteria have a very important role in planktonic marine microbial foodwebs (VALIELA, 1995). Bacteria comprise an important share of plankton biomass and their activities have a large impact on ecosystem metabolism and function (GASOL and DUARTE, 2000). The determination of the composition of bacterial populations, abundance of each metabolic group, and the discrimination of the different activities are essential in the understanding of pelagic ecology. Because of their ubiquity, diverse metabolic capabilities, and high enzymatic activity rates, bacterial communities play major biogeochemical roles, namely in carbon (VALIELA, 1995), sulphur (FAUQUE, 1995), iron (TORDELL *et al.*, 1999) and nitrogen cycling (HERBERT, 1999).

The present and novel study investigates the dynamics of three main metabolic groups of bacteria, involved in the cycling of organic matter (aerobic heterotrophic bacteria, sulphate-reducing bacteria and nitrate-reducing bacteria), during a tidal cycle in the estuary of the river Mondego.

MATERIALS AND METHODS

Study site - The Mondego river, on the Western coast of Portugal, drains a hydrological basin of approximately 6.670 km² and its estuary (40°08' N 8°50' W; Figure 1) has an area of 3.3 km² and a water volume of 0.0075 km³. Upstream, at about 5.5 km from the sea, the estuary is divided in two arms which converge near the mouth. The estuary is characterised by a tidal range of 0.35 to 3.3 m, average freshwater discharge of 8.5 x 10⁹ m³s⁻¹, and average residence time of 2 d in the northern arm and 9 d in the southern arm (AZEITEIRO, 1999; AZEITEIRO and MARQUES, 2000). The south arm is almost totally silted in upstream areas, and consequently the water circulation depends on tides and, to a much smaller extent, on the freshwater discharge from a tributary - the Pranto River - which is controlled by a sluice located 3 Km from the confluence with the Mondego. Two sampling stations were located along the southern arm of the estuary: station 1 (S1) close to the mouth and station 2 (S2) near the Pranto.

Sampling program - Water samples (1 L) were collected at about 3 hour intervals over a tidal cycle that began at 9:15 and ended at 18:10, on the 15th of June 2000. Samples were collected at the water subsurface (*ca.* 0.3 m depth) and near-sediment surface at both stations (5 to 8 m and 0.5 to 2 m depth, respectively for S1 and S2).

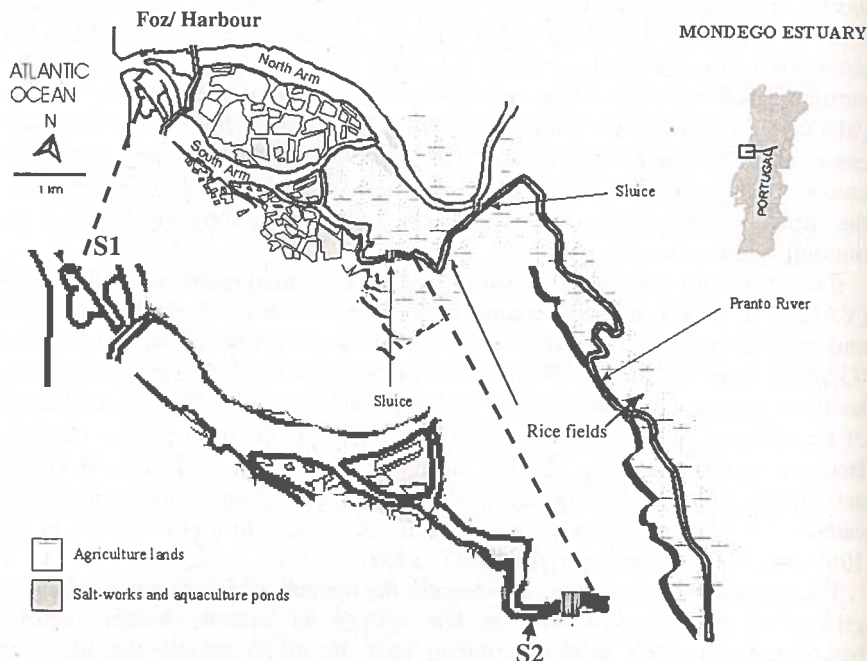


Figure 1. Map of the estuary of the Mondego river, showing the location of the sampling stations (S1, station 1; S2, station 2).

Determination of physical and chemical parameters - All samples were analysed *in situ* for salinity, temperature, dissolved oxygen, pH, E_h and conductivity. Samples were also analysed in the laboratory for their content in particulate organic matter, nitrate, nitrite, sulphate, phosphate and chlorophyll *a* (STRICKLAND and PARSONS, 1972).

Sampling of bacteria - Water samples (1 L) were collected into sterile glass flasks, filled to capacity, sealed with gas-tight rubber stoppers and immediately placed on ice until arriving at the laboratory (12-24 h later). These samples were obtained in parallel to those subjected to physical and chemical analysis.

Enumeration of viable bacteria - Numbers of viable aerobic chemoorganotrophic bacteria, sulphate-reducing bacteria, nitrate-reducing

bacteria, and iron-reducing bacteria were estimated through the Most Probable Number (MPN) method. Three or five replicates of series of 10-fold water dilutions, in appropriate selective liquid media (see below), were prepared in multiwell plates. Cultures were incubated at 37 °C, in the dark, for 3 weeks (aerobes) or 6 weeks (anaerobes). The presence of bacteria was scored positive on the basis of turbidity or colour development in the case of iron sulphide precipitates, and confirmed by microscopic observation. The presence of nitrate-reducing bacteria was also confirmed by the production of nitrite or N_2 . Growth of sulphate-, nitrate- and iron-reducing bacteria required strict anaerobic procedures that were used at all times (WIDDEL and BAK, 1992).

Growth media - The concentration of NaCl was adjusted to the average salinity of the estuary (20 g/L), and the pH was adjusted to 7 prior to autoclaving.

Media for aerobic heterotrophic bacteria: Two variants of the YPG medium were previously tested for growth of aerobic heterotrophic bacteria.: YPG containing yeast extract (2 g/L), bacto peptone (1 g/L) and glucose (2 g/L), and a 10 fold dilution of the YPG medium. The latter medium was intended for growth of oligotrophic bacteria. Undiluted YPG supported higher counts of aerobic bacteria and was adopted in this study.

Medium for sulphate-reducing bacteria (SRB): Three media were previously tested for growth of sulphate-reducing bacteria - a natural medium, a semi-defined medium VMN (BEECH and VITALIS, *unpublished*), and the saltwater WIDDEL and BAK multipurpose medium with trace elements and a vitamin mixture (WIDDEL and BAK, 1992). The natural medium was made up of water from the sampling site, which was filter-sterilised (0.22 μ m pore diameter). Lactate (20 mM) was used as electron donor and carbon source, and sulphate (Na_2SO_4 , 20 mM) as the terminal electron acceptor. Higher counts of SRB were obtained with VMN media, which was adopted for this work.

Medium for nitrate-reducing bacteria (NRB): The saltwater Widdel and Bak multipurpose medium was used adding nitrate ($NaNO_3$, 10 mM), instead of sulphate, as the terminal electron acceptor. Lactate was also added (20 mM).

Medium for iron-reducing bacteria (IRB): The FWA medium (LOVLEY and PHILLIPS, 1986) was tested for the growth of iron-reducing bacteria. Fe (III) was added at a final concentration of 10 mM.

Statistical analysis - Principal component analysis (PCA; SPAD 3.5, Cisia-Ceresta) was applied in order to identify the sources of variability for the bacterial communities under study, as well as the physical and the chemical parameters observed during the tidal cycle.

RESULTS

The patterns of variation of the measured environmental parameters, at each station and depth, are presented in figure 2. Salinity and conductivity values

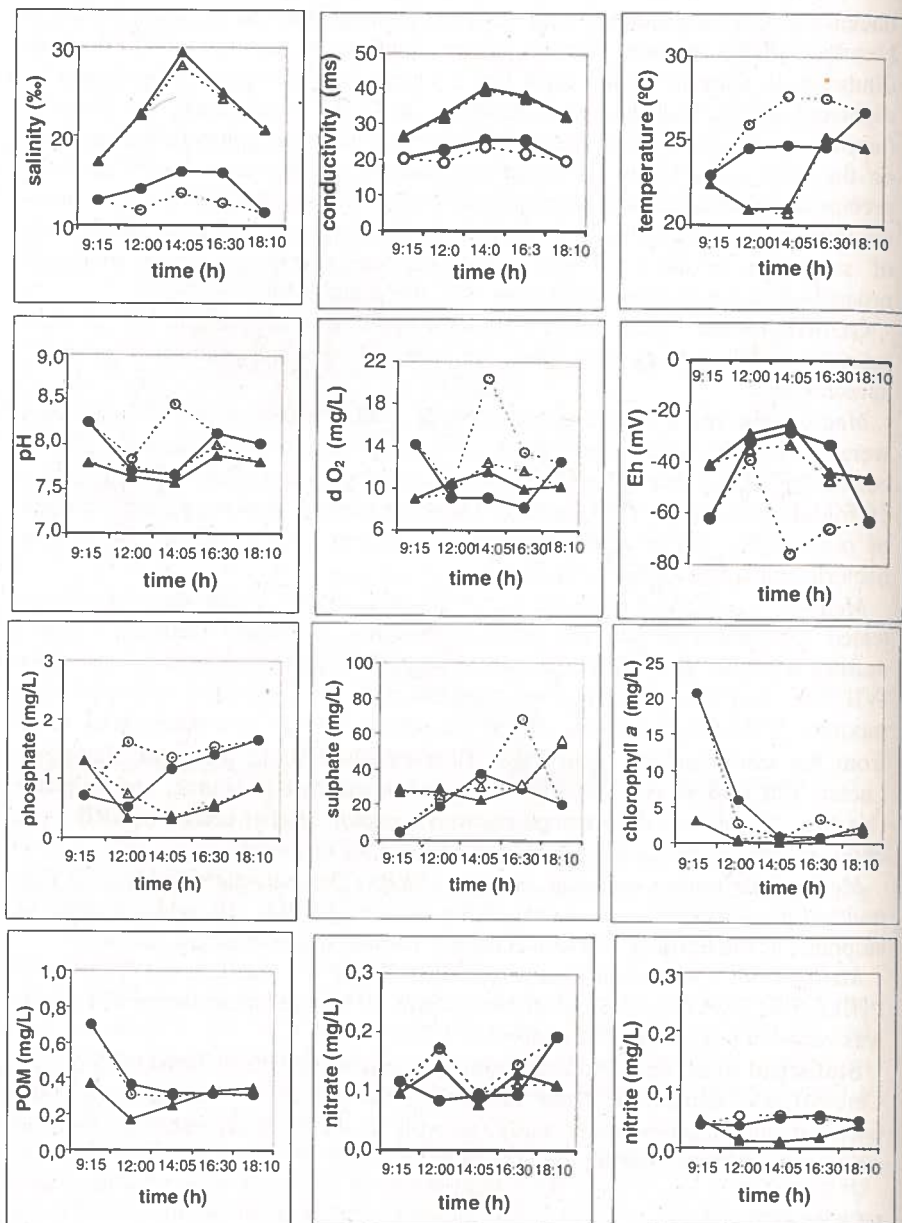


Figure 2. Changes in water physical, chemical and biological parameters at station 1 and station 2 during one tidal cycle. High tide was at 14h:05min. Legend: (Δ) station 1, subsurface water; (\blacktriangle) station 1, near-sediment water; (\circ) station 2, subsurface water; (\bullet) station 2, near-sediment water.

increased with flood tide and decreased with ebb tide over the tidal cycle, and were both greater at station 1 than at station 2. Both variables generally showed higher values near the sediment than in subsurface water. The temperature patterns at the two stations differed throughout the tidal cycle, even though their initial values at 9:15 were similar. At station 1, the temperature decreased during flood tide (9:15 - 14:05) and increased at ebb tide (14:05 - 16:30), stabilising afterwards. The reverse pattern was observed in station 2, which showed a steady temperature rise, more pronounced at the subsurface water than near the sediment. Redox potential (E_h) also increased during the flood tide and decreased at ebb tide, except for station 2, at subsurface where a steep decrease in E_h values was registered from 12:00 till 14:05, followed by a slow rise of E_h values until 18:10. The concentration of dissolved oxygen at station 1 and in subsurface water of station 2 increased with the influx of saline water and decreased with outflow; however, near the interface with the sediment of station 2 the reverse was observed. pH values decreased during flooding (9:15 - 14:05) and increased during ebb tide, except for subsurface water of station 2; here, a strong increase of pH was observed at high tide (14:05) followed by a steady decrease in ebbing water.

Phosphate levels were generally greater at station 2. The inflow of saline water at station 1 and near the sediment at station 2, decreased phosphate concentration. However, the subsurface water of station 2 showed an increase in phosphate levels at 12:00. Nitrate concentration increased from 9:15 till 12:00 and decreased to a minimum at 14:05 (high tide), except in subsurface water of station 2. At ebb tide, nitrate concentration at station 2, while it levelled out or slightly decreased at station 1. Nitrite exhibited a different variation pattern in station 1 and station 2. At station 1, nitrite concentration decreased during flooding (9:15 - 14:05) and increased afterwards till 18:10. The reverse was observed at station 2, where nitrite levels increased slightly until 14:05 and decreased at 18:10. Sulphate concentration was almost constant from 9:15 till 16:30 at station 1, increasing afterwards with ebb tide. At station 2, sulphate levels nearly mirrored the tidal cycle, increasing with the inflow and decreasing with the outflow (even though with a 3 hours delay at the subsurface water). POM concentration in the water column decreased in both sites from 9:15 till 12:00 (flood tide), and increased slightly (near-sediment water at station 1) or stabilised (station 2, both depths) thereafter. As with the physical and chemical parameters, the pattern of variation in abundance of chlorophyll *a*, appeared to be affected by the tidal cycle, showing a decrease with influx of saline water and a slight increase during flushing.

Aerobic chemoorganotrophic bacteria, nitrate-reducing bacteria (NRB) and sulphate-reducing bacteria (SRB) were detected in the estuary of the Mondego, but not iron-reducing bacteria.

Bacterial dynamics during the tidal cycle, at the two sampling stations, is shown in figure 3. The numbers of aerobic chemoorganotrophic bacteria, at

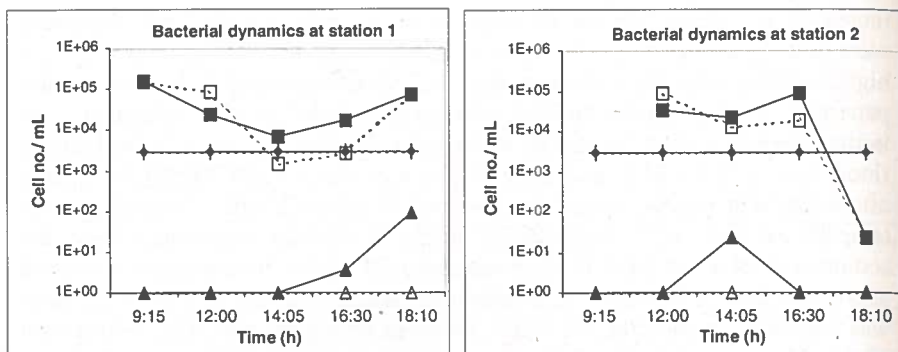


Figure 3. Changes in bacterial numbers at station 1 and station 2 during the tidal cycle. High tide was at 14h:05min. Legend: (■) aerobic heterotrophic bacteria, near sediment; (□) aerobic heterotrophic bacteria, subsurface, (▲) SRB, near sediment; (△) SRB, subsurface (◆) NRB (note: this is a reference number as the number of NRB was determined to be always greater than 2.4×10^3 cells/mL).

station 1, decreased (20 to 100 fold) during the inflow of saline water, to a minimum at high tide (14:05), and subsequently increased with flushing. At station 2, results also indicate a slight decrease in bacterial numbers with water inflow, followed by a steep decrease (up to 10^4 fold) from 16:30 till 18:10. SRB were only detected in deep water (interface with sediment) in station 1 (flushing period) and in station 2 (at high tide; Fig. 3). Our results, although still preliminary, determined that the number of NRB was greater than 2.4×10^3 cells/mL at all studied sites, throughout the tidal cycle.

PCA of physical, chemical and biological factors *versus* samples matrix, taking into account the space of the first two axes of variability (65.9 %), showed a clear opposition along the first axis (45.3 %) between the two sampling stations (irrespective of depth). Samples characterised by higher temperature, pH, E_h , phosphate and nitrite levels corresponded largely to those taken from station 2, and samples mainly characterised by higher salinity and conductivity, corresponded to samples collected from station 1. Therefore, the variability along the first axis includes a very pronounced spatial gradient (Fig. 4).

Along the second axis of variability (20.6 %), it is possible to recognise a distinction between samples collected during the flood tide, which are characterised by higher aerobic heterotrophic bacterial counts, chlorophyll *a* and POM levels, and samples collected during high tide and ebb tide, which are characterised by higher levels of dO_2 . Therefore the variability along the second axis corresponds primarily to a spatio-temporal (tidal) gradient (Fig. 4).

As a whole, the sample projection in the space of the first two axes of variability made it possible to determine a spatial gradient that separates the two stations, and a temporal gradient that recognises the tidal cycle in both stations.

The third principal factor (12.4 %) recognised an opposition between sites with high levels of nitrate and sites with high levels of sulphate (not shown).

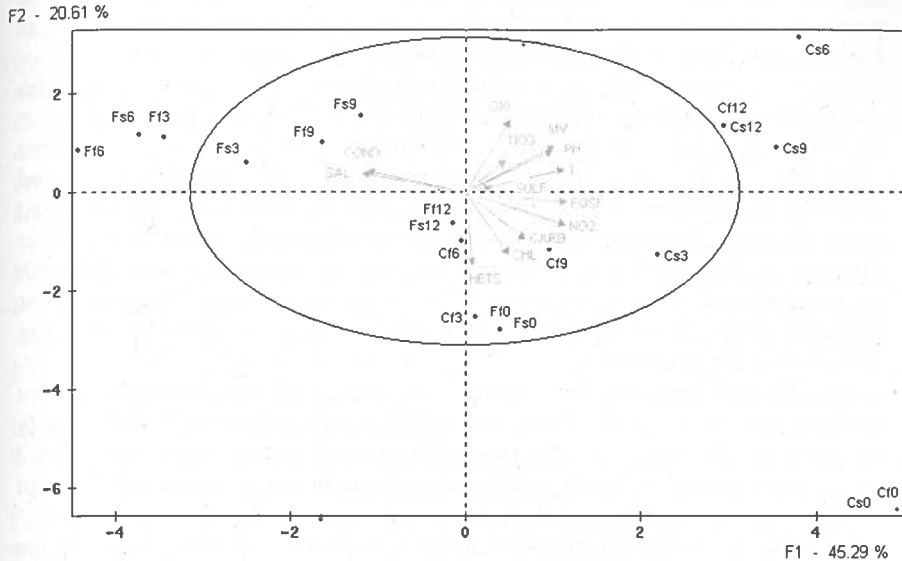


Figure 4 - Projection of the principal components 1 and 2 (F1 and F2) for the PCA of physical, chemical and biological factors *versus* samples matrix during the tidal cycle on the 15th June 1999 (SPAD 3.5, Cisia-Ceresta).

Descriptors: salinity (SAL), conductivity (COND), temperature (T), pH (PH), E_h (MV), dissolved oxygen (OXI), particulate organic matter (CARB), nitrate (NO₃), nitrite (NO₂), sulphate (SULF), phosphate (FOSF) and chlorophyll *a* (CHL), MPN of heterotrophic bacteria (HETS). Ff - station 1 (F=Foz) near sediment (f=bottom); Fs - station 1 (F=Foz) subsurface (s=subsurface); Cf - station 2 (C=Pranto) near sediment (f=bottom); Cs - station 2 (C=Pranto) subsurface (s=subsurface); numbers 0, 3, 6, 9, 12 correspond to sampling times 9:15, 12:00, 14:05, 16:30 and 18:10.

DISCUSSION

The present study showed that bacterial dynamics in the estuary of the Mondego, as well as the environmental physical and chemical parameters, are dominated by the spatial structure of the estuary and, to a less extent, by the tidal pattern, during a tidal cycle (from the multivariate analysis). Similar distribution patterns were found in annual cycle studies in the same estuary with physical, chemical parameters and biological parameters (AZEITEIRO, 1999; AZEITEIRO and MARQUES, 2000), namely zooplankton (AZEITEIRO and MARQUES, 1999; AZEITEIRO *et al.*, 2000).

Station 1, near the mouth of the estuary, showed the effects of saline intrusion in the fluctuation of salinity, redox potential, conductivity and dissolved oxygen.

It also showed a dilution pattern in pH, temperature, phosphate, nitrite, POM, chlorophyll *a*, and number of heterotrophic bacteria. The different patterns of sulphate, pH and redox potential, between the near-sediment and subsurface water, suggest that the inflow of saline water at the mouth of the estuary is wedged, which agrees with reports by GONÇALVES (1992).

Station 2 showed effects of tidal intrusion in the values of salinity, conductivity, sulphate and phosphate levels, while it exhibited a dilution effect on POM, chlorophyll *a* and number of heterotrophic bacteria (only between 12:00 and 14:05). The different variation patterns of pH, redox potential and dissolved oxygen observed in subsurface and near-sediment water may be related to the chemical environment at station 2: this is subjected to inputs of freshwater (through leakage over the sluice) which leaches highly fertilised, iron-rich agricultural fields, facts that may affect the phosphate and ionic dynamics of the receiving stream, in station 2 (PEREIRA, 1999). This aspect needs to be further addressed at in the laboratory.

The observed intrusion *versus* dilution effect of saline water was also evident from the observation of the multivariate analysis plot (namely PC2). PC3 clearly separated samples collected from subsurface and near-sediment water at station 2 (not represented in the plot), which were characterised, respectively, by high nitrate levels and high sulphate levels.

The different environmental characteristics of the two stations determined the distinct patterns observed for the bacterioplankton. PC2 indicated a close relationship between the abundance of aerobic chemoorganotrophic bacteria, chlorophyll *a* and POM (corroborated by positive correlation between them), and opposed the latter three variables to dO_2 (negatively correlated with those variables). A close relationship between bacterial and phytoplankton (represented by chlorophyll *a*) compartments is often reported in aquatic systems, less clearly in estuaries where the allochthonous supply of organic matter is appreciable (DUCKLOW, 1999; CHATILA *et al.*, 1999; JUGNIA *et al.*, 1999). The opposition to variable dO_2 suggests that more oxygen was being used than produced in the system. A possible explanation to this would be an increase of microbial activity by heterotrophs, consuming carbon resources and oxygen, and/or using carbon resources under low dO_2 conditions (as supported by PC2).

The results of PCA suggest that NRB activity may be of great relevance in the cycling of carbon in the estuary of Mondego, particularly in station 2 (supported both by PC1 and PC3, and levels of nitrite), even though their abundance was only determined to be "greater than 2.4×10^3 cells/mL" in all sites. Although NRB are mainly active under anaerobic conditions, they can also be active under aerobiosis (ZUMFT, 1997), and this might have caused some overlapping of NRB with MPN counts of aerobic heterotrophic bacteria. This is supported by the fact that MPN counts of aerobic heterotrophs were positively correlated with nitrite levels.

SRB were detected in very low numbers during the tidal cycle, their presence being closely related with the increase of sulphate concentration (and supported by PC3). The fluctuation of SRB and sulphate concentration in the water column appeared to result from sediment resuspension induced by the water influx and outflow during the tidal cycle, as they coincided with high tide at station 2, and ebb tide at station 1 (N. DUARTE, *pers. com.*). The opposition revealed by PC3 (see Results), suggested a possible competition between SRB and NRB for carbon sources in the estuary. This may, however, be limited to the water interface with the sediment and the sediment itself where both groups of bacteria are most active (TESKE *et al.*, 1998; HERBERT, 1999; VALIELA, 1995).

The present study indicates that the three groups of heterotrophic bacteria investigated, particularly the NRB and the aerobic heterotrophs, were involved in the cycling of carbon in the water column of estuary of the Mondego, their specific relevance to this cycle being dependent on the particular physicochemical and biological environment.

Principal components PC4 and PC5 (not shown) were not strongly explained by any of the biological or physicochemical variables measured in the present study. Future studies will look at these unanswered questions.

In situ dynamics of the various bacterial groups remains mostly unknown. Further studies using molecular biology methods (DGGE of 16S rDNA sequences) will help elucidating the diversity of phylogenetic groups and which represent the allochthonous and autochthonous populations in the estuarine transition environments.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Professor H. Bacelar-Nicolau for support in multivariate data analysis, and Dr. A.R. Lino for the laboratory facilities for the microbiological work. We also thank the referees for their helpful comments and suggestions.

BIBLIOGRAPHY

- AZEITEIRO, U. M. M. 1999. *Ecologia Pelágica do Braço Sul do Estuário do Mondego*, Tese de Doutoramento. FCT. Universidade de Coimbra.
- AZEITEIRO, U.M.M. & MARQUES, J.C. 1999. Temporal and spatial structure in the suprabenthic community of a shallow estuary (Western Portugal: Mondego estuary). *Acta Oecologica* 20: 333-342.
- AZEITEIRO, U. M. M. & MARQUES, J. C. 2000. Variação espaço-temporal dos parâmetros ambientais (condições físico-químicas da água e nutrientes) no estuário do Mondego (Costa Ocidental de Portugal). In A. da Costa Duarte, C.Vale and R. Prego (eds.), pp. 301-316. *Estudos de Biogeoquímica na Zona Costeira Ibérica*. Publicações da Universidade de Aveiro.
- AZEITEIRO, U. M. M., MARQUES, J. C. & RÉ, P. 1999a. Zooplankton annual cycle in the Mondego estuary (Portugal). *Arquivos do Museu Bocage (Nova Série)* 3: 239-263.
- AZEITEIRO, U. M. M., JESUS, L. & MARQUES, J. C. 1999b. Distribution, population dynamics and production of the suprabenthic mysid *Mesopodopsis slabberi* Van

- Beneden in the Mondego estuary (Western coast of Portugal). *J. Crust. Biol.* **19**: 498-509.
- AZEITEIRO, U. M. M., MARQUES, J. C. & RÉ, P. 2000. Zooplankton assemblages in a shallow, seasonally tidal estuary in temperate Atlantic Ocean (Western Portugal: Mondego estuary). *Arquivos do Museu Bocage* (Nova Série) **3** (12): 357-376.
- CHATILA, K., DEMERS, S., MOSTAJIR, B., CHANUT, J.-P. & MONFORT, P. 1999. An endogenous periodicity exhibited in the activity of a natural bacterioplankton community isolated in mesocosms. *Can. J. Microbiol.* **45**: 555-564.
- DUCKLOW, H.W. 1999. The bacterial component of the oceanic euphotic zone, *FEMS Microbiol. Ecol.* **30**: 1-10.
- FAUQUE, G.D. 1995. Ecology of sulfate-reducing bacteria. In L.L. Barton (ed.), pp. 217-241. *Sulfate-reducing bacteria*. Plenum Press, New York.
- GASOL, J. M. & DUARTE, C. M. 2000. Comparative analyses in aquatic microbial ecology: How far do they go? *FEMS Microbiol. Ecol.* **31**:99-106.
- GONÇALVES, F. J. M. 1992. *Zooplâncton e ecologia larvar de crustáceos decápodes no estuário do rio Mondego*. Tese de doutoramento, FCT. Universidade de Coimbra.
- HERBERT, R.A. 1999. Nitrogen cycling in coastal marine ecosystems. *FEMS Microbiol. Ecol.* **23**: 563-590.
- JUGNIA, L.B., TADONLÉKÉ, R.D., SIIME-NGANDO, T., DEVAUX, J. & ANDRIVON, C. 1999. Bacterial population dynamics, production, and heterotrophic activity in a recently formed reservoir. *Can. J. Microbiol.*, **45**: 747-753.
- LOVLEY, D.R. & PHILLIPS, E.P.J. 1986. Organic matter mineralisation with reduction of ferric iron in anaerobic sediments. *Appl. Environ. Microbiol.* **51**: 683-689.
- MARQUES, J.C., PARDAL, M.A., NIELSEN, S.N., & JORGENSEN, S.E. 1997. Analysis of the properties of exergy and biodiversity along an estuarine gradient of eutrophication. *Ecological Modelling* **102**:155-167.
- PARDAL, M.A.C. 1998. *Impacto da Eutrofização nas Comunidades Macrobentónicas do Braço Sul do Estuário do Mondego (Portugal)*. Tese de doutoramento. FCT. Universidade de Coimbra.
- PEREIRA, M.J. 1999. *Utilização de algas na avaliação de contaminação de águas doces por metais*. Tese de doutoramento. Universidade de Aveiro.
- STRICKLAND, J.D. & PARSONS, T.R. 1972. A practical hand-book of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada* **167**: 1-311.
- TESKE, A., RAMSING, N.B., HABITCH, K., FUKUI, M., KUYER, J., JØRGENSEN, B.B. & COHEN, Y. 1998. Sulfate-reducing bacteria and their activities in cyanobacterial mats of Solar lake (Sinai, Egypt). *Appl. Environ. Microbiol.* **64**: 2943-2951.
- TORDELL, P.D., MALDONADO, M.T., GRANGER, J. & PRICE, N.M. 1999. Marine bacteria and biogeochemical cycling of iron in the oceans. *FEMS Microbiol. Ecol.* **29**: 1-11.
- VALIELA, I. 1995. *Marine Ecological Processes*. 2nd ed. Springer, N.Y.
- WIDDEL, F. & BAK, F. 1992. Gram-negative mesophilic sulfate-reducing bacteria. In A. Balows, H.G. Truper, M. Dworkin, W. Harder & K.-H. Schleider (ed.) *The Prokaryotes*. vol. 4, pp. 3352-3378. Springer, N.Y.
- ZUMFT, W.G. 1997. Cell biology and molecular basis of denitrification. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* **61**: 533-616.

EFEITO DO AUMENTO DA VELOCIDADE DA CORRENTE NA TAXA DE FILTRAÇÃO E EFICIÊNCIA DE ABSORÇÃO DE ALIMENTO EM *CERASTODERMA EDULE*. RESULTADOS PRELIMINARES

S. Fernandes¹ & P. Sobral

IMAR – Instituto do Mar. Dep. de Ciências e Engenharia do Ambiente,
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

Campus da FCT. 2825-114 CAPARICA, Portugal

¹scf@fct.unl.pt

Fernandes, S. & Sobral, P. (2001). Efeito do aumento da velocidade da corrente na taxa de filtração e eficiência de absorção de alimento em *Cerastoderma edule*. Resultados preliminares. *Revista Biol. (Lisboa)* **19**: 63-70.

Sabe-se que a velocidade da corrente influencia a taxa de filtração de alguns bivalves e condiciona a sua performance. Neste trabalho, pretendem-se avaliar o efeito do aumento da velocidade na taxa de filtração e eficiência de absorção de *Cerastoderma edule*, para o qual foi utilizado um canal anular com 15 cm de largura (com diâmetro externo de 60 cm) e 40 cm de altura, que pode gerar velocidades até 18 cm s⁻¹. Os berbigões, *C. edule*, foram estabelecidos no laboratório, onde permaneceram em condições de aclimação num reservatório com sistema de fluxo contínuo e temperatura e salinidade controlada (15 ± 1°C, 35 psu) e foram alimentados com uma cultura de *Phaeodactylum tricornutum* (95,97 % MO). Foram seleccionadas as velocidades >0, 4,8, 11,2 e 17,5 cm s⁻¹ e, para cada velocidade foram utilizados três grupos de 10 a 15 indivíduos (comp. médio = 31,5 ± 1,4 mm ± desvio padrão (DP), p. seco = 0,26 ± 0,05 g ± DP, n=34). No início do teste, introduziu-se a microalga de cultura *P. tricornutum*, de modo a obter uma concentração de cerca de 17000 cel ml⁻¹. As amostras foram colhidas em 5 níveis (2, 7, 12, 17 e 22 cm) da coluna de água. A taxa de filtração de *C. edule* variou entre 1,95 e 2,64 Lh⁻¹. Verificou-se que a taxa de filtração aumentou com a velocidade da corrente, na gama das velocidades ensaiadas, tendo-se observado o valor mais baixo na velocidade 4,8 cm s⁻¹ e os valores mais elevados na velocidade máxima a que decorreram os testes (17,5 cm s⁻¹). Inversamente, a eficiência de absorção diminuiu com o aumento da velocidade, tendo o valor mínimo de 91%. Foi ainda observado um padrão de depleção de células aos 12 cm da coluna de água. Embora as diferenças observadas não sejam apreciáveis, estes resultados preliminares indicam que

C. edule se encontra bem adaptada a esta gama de velocidades.

Palavras-chave: *Cerastoderma edule*, velocidade de corrente, taxa de filtração, eficiência de absorção.

Fernandes, S. & Sobral, P. (2001). The effect of increasing current velocities on clearance rates and absorption efficiency of food of *Cerastoderma edule*. Preliminary results. *Revista Biol. (Lisboa)* 19: 63-70.

It is well known that current velocity influences the filtration rate of some bivalves and therefore affects their performance. The aim of this work was to evaluate the effect of increasing water velocities on the filtration rate and absorption efficiency of the cockle *Cerastoderma edule*. Experiments were performed in an annular flume (15 cm width and 40 cm height, external diameter 60 cm), generating velocities up to 18 cm s⁻¹. The cockles, *C. edule*, were maintained in the laboratory in an aerated circulating flow, under controlled conditions (15 ± 1°C and 35 psu), and were fed on a culture of *Phaeodactylum tricorutum* (95.97 % OM). The tests were run at > 0, 4.8, 11.2 e 17.5 cm s⁻¹ and for each velocity three groups of 10 to 15 individuals (mean length = 31.5 ± 1.4 mm, mean dry weight = 0.26 ± 0.05 g, n=34) were tested. In the beginning of each test, *P. tricorutum* was added to the water in order to obtain a concentration of about 17000 cel ml⁻¹ in the circular channel. Samples were collected at five levels (2, 7, 12, 17 e 22 cm) in the water column. Filtration rates of *C. edule* varied between 1.95 and 2.64 Lh⁻¹, increasing with increasing velocities, with the lowest value at 4.8 cm s⁻¹ and highest one at the maximum velocity tested. A cell depletion level was found at 12 cm of the water column, resulting from the jetting out of particle algal cells depleted water by the exhalant siphon. Inversely, absorption efficiency decreased with increasing velocity to a minimum value of 88%. *C. edule* is therefore well adapted to the range of velocities tested in this preliminary work.

Key-words: *Cerastoderma edule*, current velocities, clearance rate, absorption efficiency

INTRODUÇÃO

Embora a resposta da taxa de filtração dos bivalves à velocidade da corrente seja geralmente unimodal, o intervalo de tolerância que permite às diferentes espécies manterem uma performance sustentável é variável. Existem já alguns trabalhos sobre a variação da taxa de filtração em função da velocidade da corrente em diversos bivalves (GRIZZLE *et al.*, 1992), na ameijoia *Ruditapes*

decussatus (SOBRAL & WIDDOWS, 2000), nos mexilhões de água doce *Dreissena polymorpha* e *D. bugensis* (ACKERMAN, 1999) e nos bivalves *Placopecten magellanicus* e *Mytilus edulis* (WILDISH & MIYARES, 1990, PILDITCH & GRANT, 1999). NAVARRO e WIDDOWS (1997) estudaram a variação das taxas de filtração e de absorção de alimento em *Cerastoderma edule*, mas não avaliaram a influência da velocidade da corrente nesses processos.

Os canais circulares, pela sua geometria constante e fluxo de comprimento infinito, permitem o desenvolvimento de uma camada limite estável. Podendo o seu volume ser inteiramente contido sobre uma camada de sedimento coesivo e/ou organismos, são um importante instrumento para avaliar as respostas do biota às velocidades de corrente e a influência dos factores físicos e biológicos na estabilidade/erodibilidade de sedimentos coesivos e não coesivos (WIDDOWS *et al.*, 1998). O objectivo deste trabalho foi o de realizar um ensaio preliminar para testar os efeitos do aumento da velocidade da corrente na taxa de filtração e eficiência de absorção de alimento no berbigão *Cerastoderma edule*.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio decorreu num canal circular com 15 cm de largura (diâmetro externo de 60 cm) e 40 cm de altura, com a capacidade de cerca de 60 L de água (coluna de água 30 cm) e que pode gerar velocidades de corrente até 18 cm s^{-1} (Fig.1). Os canais e a sua utilização encontram-se descritos em NOWELL & JUMARS (1987) e WIDDOWS *et al.*, (1998).

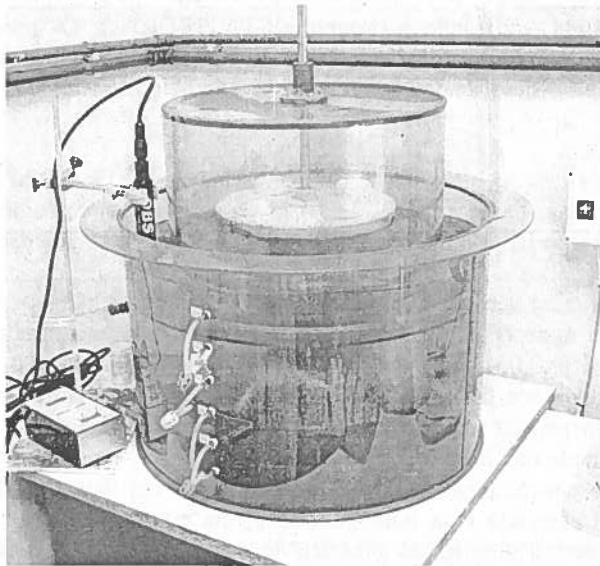


Figura 1 - Canal circular utilizado

No canal foi colocada uma camada de 8 cm de altura de sedimento com diâmetro médio de 375 μm (89%), recolhido na Costa da Caparica. Os berbigões *C. edule*, foram recolhidos em Olhão em Março de 2000 e aclimatados às condições laboratoriais, num sistema de fluxo contínuo de água do mar com salinidade e temperatura controlada (35 psu, $15 \pm 1^\circ\text{C}$), e alimentados com uma cultura de *Phaeodactylum tricornutum* (96% matéria orgânica, MO).

No ensaio para a determinação da taxa de filtração em função da velocidade, foram seleccionadas quatro velocidades ($>0, 4,8, 11,2$ e $17,5 \text{ cm s}^{-1}$). Para cada velocidade foram utilizados três grupos de 10 a 15 indivíduos (compr. médio = $31,5 \pm 1,4 \text{ mm}$, peso seco = $0,26 \pm 0,05 \text{ g}$, $n=34$) e uma concentração de alimento de cerca de $17000 \text{ cel mL}^{-1}$. Colheram-se amostras de água simultaneamente em 5 níveis (2, 7, 12, 17 e 22 cm) em 5 ocasiões com intervalos de 20 min (T0, T1, T2, T3 e T4). Este procedimento repetiu-se para as 4 velocidades seleccionadas e para os 3 grupos de indivíduos. A taxa de filtração foi determinada pelo declínio do número de células ao longo do tempo, por contagem num Coulter Counter® Mod2. O efeito do aumento da velocidade da corrente na eficiência de absorção foi avaliado através da relação da matéria orgânica no alimento e nas fezes (CONOVER, 1966), em apenas um grupo de organismos. As fezes foram recolhidas por pipetagem e posteriormente filtradas com 30 ml de Formiato de Amónio em filtros Wattman GF/C calcinados e pré pesados. A matéria orgânica foi determinada por secagem na estufa a 90°C (48h) e por ignição a 450°C durante 1h.

A comparação estatística dos resultados foi feita através de uma ANOVA bifactorial multivariada com testes de probabilidade post-hoc através do teste LSD (Zar, 1984) utilizando o programa STATISTICA®. Os pressupostos de independência entre amostras foi assegurado através do desenho experimental e o teste de homogeneidade de variância foi testado pelo método de Levene's.

RESULTADOS

A taxa de filtração média de *C. edule* variou de 2, $13 \pm 0,57 \text{ Lh}^{-1}$, para a velocidade mais baixa, a $2,77 \pm 0,75 \text{ Lh}^{-1}$ para a velocidade máxima, verificando-se portanto um aumento com a velocidade, na gama das velocidades ensaiadas (Fig. 2).

Por amostragem vertical foram ainda verificados os padrões de estratificação na coluna de água (Fig. 3). Apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$), verificou-se um declínio de células entre os 2 e 7 cm de altura na velocidade de corrente de 0 cm s^{-1} onde a concentração máxima de células em suspensão se encontrava aos 12 cm de altura. A partir dos 4 cm s^{-1} (até à velocidade máxima) foi observada uma depleção de células aos 12 cm de altura e uma concentração máxima entre os 2 e 7 cm de altura. No final dos ensaios foi observada uma homogeneização na coluna de água, parcialmente relacionada com a diminuição genérica do número de células. Foi escolhido o

intervalo T2 (Fig. 3) para ilustrar os perfis de distribuição, por ser o que melhor representa a estratificação observada.

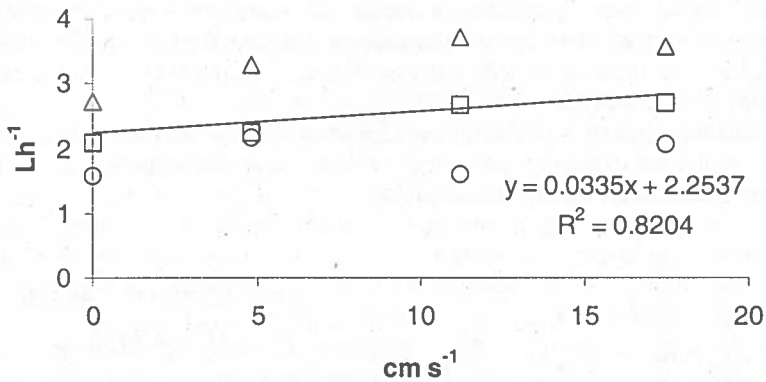


Figura 2 - Efeito do aumento da velocidade de corrente (cm s⁻¹) na taxa de filtração (Lh⁻¹ ind⁻¹) de *C. edule* (n=36) onde se apresentam os valores médios para cada grupo: Grupo 1 (Δ), Grupo 2 (□) e Grupo 3 (○). É apresentada a recta de regressão linear calculada a partir das taxas médias dos grupos.

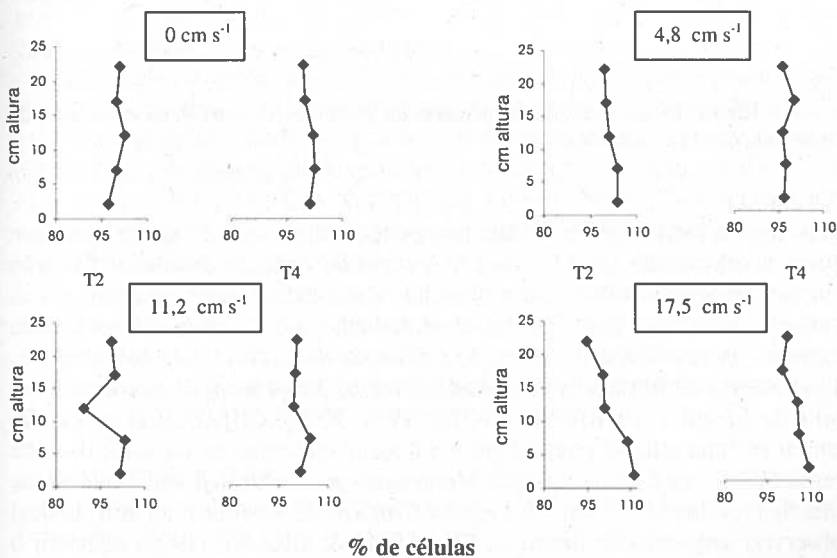


Figura 3 - Perfil de concentração de células (%) em tempos de amostragem intermédios- T2- entre os 15 e 30 min; e finais - T4 - entre os 45 e 60 min, nas diferentes velocidades de corrente (cm s⁻¹)

Inversamente aos resultados encontrados nas taxas de filtração, a eficiência de absorção embora, sempre elevada, diminuiu com o aumento da velocidade, tendo sido o valor máximo de 96% e o mínimo de 91% (Fig. 4). Os valores médios entre grupos foram ajustados a rectas de regressão com coeficientes de correlação (R) de 0,91 na relação entre a taxa de filtração e velocidade da corrente e de 0,50 na relação entre a eficiência de absorção e velocidade da corrente (Fig. 2 e Fig. 4).

A análise estatística dos resultados mostrou que as relações entre a taxa de filtração e a velocidade de corrente e a eficiência de absorção e a velocidade de corrente não foram significativas ($p < 0,05$).

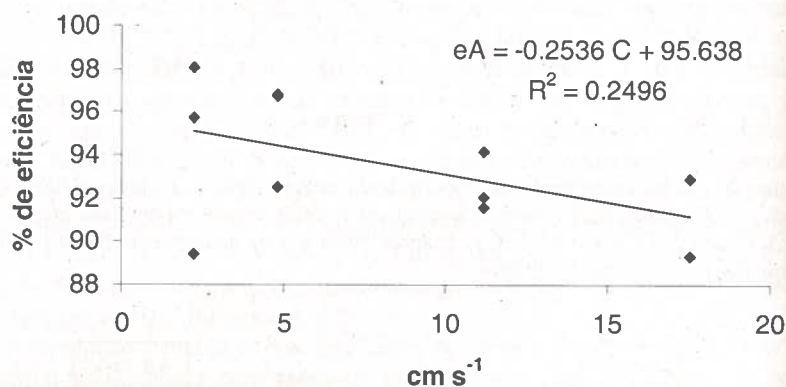


Figura 4 - Efeito do aumento da velocidade da corrente (C, cm s^{-1}) na eficiência de absorção (eA, %) de *C. edule* (n=14).

DISCUSSÃO

Pelos resultados preliminares obtidos, pode-se dizer que *C. edule* está bem adaptada a velocidades até $17,5 \text{ cm s}^{-1}$. A curva de variação da taxa de filtração mostra uma relação positiva com o aumento da velocidade, apesar das diferenças de variação não serem significativas. Num trabalho sobre o efeito da velocidade da corrente na actividade filtradora de *Ruditapes decussatus*, foi observado um declínio na taxa de filtração a velocidades entre os 3 e os 8 cm s^{-1} , acentuando-se a partir de 17 cm s^{-1} (SOBRAL e WIDDOWS, 2000). GRIZZLE *et al.* (1992) encontraram uma relação positiva entre a taxa de crescimento e a velocidade da corrente (até 8 cm s^{-1}) na amêijoia *Mercenaria mercenaria*, e uma velocidade óptima de crescimento (1 cm s^{-1}) na ostra *Crassostrea virginica*, a partir da qual se observou uma relação negativa. PILDITCH & GRANT (1999) testaram o efeito do aumento (de 5 a 15 cm s^{-1}) e da diminuição (de 15 a 5 cm s^{-1}) da velocidade de corrente na taxa de filtração de *Placopecten magellanicus*, tendo observado variações entre 6 a $3,6 \text{ Lh}^{-1}$ e 7,5 a $8,4 \text{ Lh}^{-1}$, respectivamente, com

uma taxa mínima de $0,6 \text{ Lh}^{-1}$ para a velocidade de 25 cm s^{-1} . Numa mesma gama de valores de velocidade, podem encontrar-se respostas diferentes de diferentes espécies, já que factores como a presença ou ausência de sífões, fenómenos de orientação da posição relativamente à corrente, tamanho das partículas presentes na água e, em geral, a adaptação ao meio onde vivem condicionam a tomada de alimento.

Em dietas de conteúdo orgânico inferior (12 a 24%), NAVARRO *et al.* (1992) encontraram valores de absorção mais baixos (17 a 52%) do que os obtidos neste trabalho. Considerando que a concentração de alimento utilizada nesta experiência fica aquém do limiar de produção de pseudofeces, assumindo-se portanto que todo o alimento filtrado é ingerido, a relação negativa entre a eficiência de absorção e o aumento da velocidade encontrada neste trabalho, pode ser comparada com a relação entre a diminuição da eficiência de absorção de *C. edule* e o aumento da taxa de ingestão, observada por IBARROLLA *et al.* (2000). Apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas no perfil vertical de células, foram verificados níveis de depleção de células em suspensão que variaram com o efeito da corrente. A 0 cm s^{-1} foi observada uma maior depleção entre os 2 e 7 cm da coluna de água enquanto que nas velocidades superiores a $4,8 \text{ cm s}^{-1}$ os níveis de depleção foram encontrados aos 12 cm de altura. SOBRAL & WIDDOWS (2000) encontraram uma estratificação semelhante num estudo com a amêijoia *Ruditapes decussatus*, onde foram encontrados níveis de depleção de células aos 10 cm de altura. A depleção é provocada pela corrente do sífão exalante que expulsa a água filtrada e consequentemente com um menor número de células ao nível dos 12 cm.

A eficiência de absorção em *C. edule* diminui com o aumento de qualidade de alimento por redução do tempo de passagem no tubo digestivo (IBARROLA *et al.*, 1998), e, de um modo geral, a taxa de filtração decresce com o aumento da concentração de matéria em suspensão, tal como foi observado por IGLESIAS *et al.* (1992) e NAVARRO e WIDDOWS (1997). Neste trabalho, foi sempre utilizado o mesmo tipo de alimento e na mesma concentração. Desta forma, é seguro dizer que a quantidade e a qualidade do alimento foram factores controlados e, neste aspecto, não influenciaram os resultados. Contudo, para podermos ter uma melhor percepção da distribuição unimodal da taxa de filtração em função da velocidade da corrente para esta espécie, é necessário complementar este trabalho com experiências considerando velocidades mais elevadas.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho realizou-se no âmbito da bolsa PRAXIS BTI/17285/98 atribuída a S. Fernandes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKERMAN, J. F. 1999. Effect of velocity on the filter feeding of dreissenid mussels (*Dreissena polymorpha* and *Dreissena bugensis*): implications for trophic dynamics. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **56**: 1551-1561.
- CONOVER, R. J. 1966. Assimilation of organic matter by zooplankton. *Limnol. and Oceanogr.* **11**: 338-345.
- GRIZZLE, R. E., LANGAN, R. & HOWELL, W. HUNTING. 1992. Growth responses of suspension feeding bivalve molluscs to changes in water flow: differences between siphonate and non siphonate taxa. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **162**: 213-228.
- IBARROLA, I., NAVARRO, E. & IGLESIAS, J. I. P. 1998. Short-term adaptation of digestive process in the cockle *Cerastoderma edule* exposed to different food quantity and quality. *J. Comp. Physiology B.* **168**: 32-40.
- IBARROLA, I., NAVARRO, E., IGLESIAS, J. I. P. & URRUTIA, M. B. 2000. Temporal changes of feeding and absorption of biochemical components in *Cerastoderma edule* fed on algal diet. *J. Mar. Biol. Ass. UK.* **80** (1): 119-125.
- IGLESIAS, J. I. P., NAVARRO, E., JORNA, P. ALVAREZ & ARMENTIA, I. 1992. Feeding, particle selection and absorption in cockles *Cerastoderma edule* (L.) exposed to variable conditions of food concentration and quality. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **162**: 177-198
- NAVARRO, E., IGLESIAS, J. I. P., ORTEGA, M. M. 1992. Natural sediment as a food source for the cockle *Cerastoderma edule* (L.): effect of variable particle concentration on feeding, digestion and the scope for growth. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **156**: 69-87
- NAVARRO, J. M. & WIDDOWS, J. 1997. Feeding physiology of *Cerastoderma edule* in response to a wide range of seston concentrations. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **152**: 175-186
- NOWELL, A. R. & JUMARS, P. A. 1987. Flumes: theoretical and experimental considerations for simulation of benthic environments. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* **25**: 91-112
- PILDITCH, C. A. & GRANT, J. 1999. Effects on variations in flow velocity and phytoplankton concentration on sea scallop (*Placopecten magellanicus*) grazing rates. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **240**: 111-136
- SOBRAL, P. & WIDDOWS, J. 2000. Effects of increasing current velocity, turbidity and particle-size selection on the feeding activity and scope for growth of *Ruditapes decussatus* from Ria Formosa, southern Portugal. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **245**: 111-125
- WIDDOWS, J., BRINSLEY, M. D., BOWLEY, N. & BARRET, C. 1998. A benthic annular flume for *in situ* measurement of suspension feeding/biodeposition rates and erosion potential of intertidal cohesive sediments. *Est. Coastal Shelf Sci.* **46**: 27-38
- WILDISH, D. J. & MIYARES, M. P. 1990. Filtration rates of blue mussels as a function of flow velocity: preliminary experiments. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **142**: 213-219
- WONG, W. H. & CHEUNG, S. G. 1999. Feeding behaviour of the green mussel, *Perna viridis* (L.): Responses to variation in seston quantity and quality. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **236**: 191-207
- ZAR, J. H. Biostatistical analysis. 2^a Ed. Prentice Hall Inc. New Jersey 718p.

COMPARAÇÃO DA BIODIVERSIDADE DE HIMENÓPTEROS EM DOIS POVOAMENTOS DE *PINUS PINASTER* AIT. NA PENÍNSULA DE SETÚBAL

H. Santos¹, M. Branco², E. Moura³ & M. R. Paiva⁴

¹Centro de Estudos Florestais, ISA; helenagsantos@clix.pt

²Centro de Estudos Florestais, ISA; mrbranco@isa.utl.pt

³GUECKO/DCEA, FCT, UNL, 2825-114 Campus de Caparica; ebm@mail.fct.unl.pt;
Bolsreira de Doutoramento do Programa Praxis XXI

⁴GUECKO/DCEA, FCT, UNL, 2825-114 Campus de Caparica; mrp@mail.fct.unl.pt

Santos, H., Branco, M., Moura, E. & Paiva, M. R. (2001).
Comparação da Biodiversidade de Himenópteros em dois
Povoamentos de *Pinus pinaster* Ait. na Península de Setúbal.
Revista Biol. (Lisboa) 19: 71-86.

Neste trabalho fez-se uma análise comparativa da biodiversidade das comunidades de himenópteros existente em dois povoamentos de pinheiro bravo (*Pinus pinaster* Ait.) localizados na região da península de Setúbal. Os povoamentos, cujas idades variavam entre os 10 e os 18 anos de idade, tiveram origens diferentes, sendo um deles proveniente de regeneração natural após incêndio e outro resultante de plantação.

Os insectos foram capturados com armadilhas do tipo "Malaise". No total recolheram-se 24 amostras, correspondendo a seis datas de amostragens semanais com duas repetições por cada povoamento. Os himenópteros presentes nas amostras foram identificados até à família. Para as famílias Braconidae e Ichneumonidae os exemplares foram ainda identificados até à subfamília e género, e separados por unidades morfológicamente diferentes.

Os dados foram comparados por amostras emparelhadas segundo a data, e analisados pelo teste de "Wilcoxon signed ranks". Os resultados revelaram que, ao nível das famílias, tanto a riqueza, medida em número de espécies, como a diversidade, expressa pelos índices de Simpson e Shannon-Wiener, são significativamente diferentes entre povoamentos ($p < 0,05$). O mesmo aconteceu com a superfamília Ichneumonoidea, onde se registaram, para a abundância, riqueza e índice de Simpson, diferenças significativas entre o local 2 da Herdade da Ferrara e o local 2 da Herdade da Apostiça.

Verificou-se ainda que, nas datas observadas, a riqueza e a

diversidade (índice de Shannon) de himenópteros estiveram positivamente correlacionadas com a temperatura média do ar ($p < 0,05$). Por outro lado, a riqueza e diversidade não se correlacionaram de forma significativa com a humidade relativa do ar, embora a abundância de insectos seja afectada negativamente por esta variável. O número de espécies presentes no subcoberto e em floração apresentaram correlações positivas significativas com a abundância e riqueza. Ao nível da superfamília Ichneumonoidea, apenas a humidade relativa, o número de espécies presentes no subcoberto e o número de espécies em floração apresentaram correlações significativas com a abundância, riqueza e equitabilidade.

Palavras-chave: Biodiversidade, Hymenoptera, Pinhal.

Santos, H., Branco, M., Moura, E. & Paiva, M. R. (2001). A Comparison of the Hymenoptera Diversity in two *Pinus pinaster* Ait. Stands in Setúbal peninsula. *Revista Biol. (Lisboa)* 19: 71-86.

A comparison of the Hymenoptera biodiversity in two *Pinus pinaster* stands located in Peninsula of Setúbal (Portugal) was conducted. One of the stands was planted about 10 years ago, and the other one is a natural regeneration after a fire that occurred 18 years ago. The samples were obtained with two "Malaise" traps, installed in each stand. The collected Hymenoptera were identified up to the family level. In the superfamily Ichneumonoidea the insects were identified up to the subfamily and different species were separated. Data were compared and analysed by the Wilcoxon signed ranks test. Results indicate that at the family level, the abundance, richness and diversity (equitability and dominance) were significantly different between stands. The same results were obtained with Ichneumonoidea. It was also observed that in the present study, abundance, richness and equitability are positively correlated with the air temperature ($p < 0,05$). Air humidity correlates negatively with abundance. The number of species present in the shrub layer and the number of flowering species correlate positively with abundance and richness. In Ichneumonoidea, only the air humidity, the number of species in the shrubs and the number of flowering species correlate with abundance, richness and equitability.

Key-words: biodiversity, Hymenoptera, pine stands.

INTRODUÇÃO

Os himenópteros são um dos mais vastos e diversos grupos de insectos conhecidos, sendo portanto crucial a preservação da sua biodiversidade.

Dividem-se em 73 famílias, existindo mais de 115 000 espécies descritas (LASALLE, 1993) e estimando-se o total de espécies existente em cerca de 150 000 (DALY *et al.*, 1998). A ordem Hymenoptera contém mais espécies benéficas que qualquer outra ordem de insectos. Têm importância económica directa no controlo biológico de pragas agrícolas e florestais, na polinização de plantas e na produção de bens comercializáveis como o mel e a cera. Mas talvez mais importante que o seu valor económico seja o seu valor ambiental, pois os himenópteros, como a maioria dos insectos, são uma componente vital de todos os ecossistemas terrestres. Dentro da ordem Hymenoptera, destaca-se a superfamília Ichneumonoidea, que, para além de ser uma das mais numerosas desta ordem (DALY *et al.*, 1998), possui espécies parasitóides muito importantes para a regulação das populações dos insectos fitófagos que causam danos graves e prejuízos económicos em povoamentos de pinheiro.

Para análise da biodiversidade foram utilizados dois índices, o de Shannon-Wiener e o de Simpson (MAGURRAN, 1991), tendo por objectivo a caracterização da equitabilidade e dominância de cada uma das comunidades estudadas.

Neste trabalho fez-se uma análise comparativa da biodiversidade da comunidade de himenópteros em dois povoamentos de pinheiro bravo. Em cada um dos povoamentos colocaram-se armadilhas do tipo "Malaise", em locais que apresentavam diferenças ao nível da paisagem e da composição relativa de espécies arbustivas e subarbustivas, procurando-se com este trabalho relacionar as características dos povoamentos com as comunidades de himenópteros neles presentes.

MATERIAL E MÉTODOS

1. Caracterização dos locais de estudo

Os locais de estudo utilizados encontram-se sumariamente caracterizados na tabela seguinte.

É de notar que a armadilha instalada no local 1 da Herdade da Ferraria se encontrava numa zona central do povoamento, enquanto que a segunda armadilha se encontrava próximo da bordadura do mesmo, perto de uma zona agrícola de regadio, rodeada por áreas de sobreiro (*Quercus suber*), e por uma zona de plantação de pinheiro manso (*P. pinea*). O povoamento situa-se a cerca de 5 km da Lagoa de Albufeira.

Na Herdade da Apostiça os dois locais encontravam-se a uma distância de cerca de 4 Km um do outro, havendo diferenças no grau de coberto, superior no local 1, e na distância à Lagoa de Albufeira, estando o local 2 a cerca de 300 metros da Lagoa, e o local 1 a cerca de 4 Km da mesma. O local 2 sofreu ainda um corte do subcoberto arbustivo e um desbaste em cerca de metade do povoamento, junto à armadilha, em Julho de 1999.

Tabela 1- Características gerais dos locais de estudo. Península de Setúbal, 1998/1999.

Locais	Tipo de solo* ¹	Altitude* ² (m)	Idade do povoamento (anos)* ²	Tipo de povoamento* ²	Densidade do povoamento (nº de árvores/ha)* ²
H. Ferraria local 1	Podzóis não hidromórficos sem surraipa, de areias e arenitos	25	10	Plantação	696
H. Ferraria local 2	Podzóis não hidromórficos sem surraipa, de areias e arenitos	25	10	Plantação	696
H. Apostiça local 1	Regossolos psamíticos não húmidos	50	15	Regeneração natural após incêndio	60
H. Apostiça local 2	Regossolos psamíticos não húmidos	30	18	Regeneração natural após incêndio	274

1-Fonte: Carta de Solos de Portugal, nº 38B, Secretaria de Estado da Agricultura, 1969. 2-MOURA, 1999

2. Metodologia

Neste trabalho foram utilizadas armadilhas do tipo "Malaise", por se terem demonstrado colectores eficiente de insectos voadores (BELSHAW, 1993) consistindo simultaneamente um sistema pouco dispendioso, que não requer energia, prático e que apresenta a vantagem de funcionar continuamente. Este tipo de armadilha foi originalmente concebido para a captura de Ichneumonidae, em que revelou sucesso, tendo-se mostrado também um bom colector de outros tipos de insectos, sobretudo dípteros, himenópteros e lepidópteros (TOWNES, 1962). Utilizou-se o álcool etílico diluído a 70% para matar e preservar os insectos capturados.

Em cada povoamento foram instaladas duas armadilhas, e realizadas seis recolhas (26/11/98, 6/12/98, 9/4/99, 16/4/99, 4/8/99, 23/9/99), cada uma delas relativa a uma semana de amostragem, totalizando vinte e quatro amostras, as quais foram separadas e identificadas até ao nível taxonómico da ordem. Os indivíduos pertencentes à ordem Hymenoptera, objectivo do presente estudo, foram posteriormente identificados até aos níveis da superfamília e família, e no caso da superfamília Ichneumonoidea, identificados até à subfamília, género e ainda separados em unidades morfológicamente diferentes, não identificadas (GOULET *et al.*, 1993).

abordagem tem sido seguida por outros autores mostrando-se eficiente dada a correlação forte entre a riqueza das categorias superiores e das espécies (GASTON & WILLIAMS, 1993, 1994; ANDERSEN, 1995).

Utilizou-se o teste de "Wilcoxon signed ranks" (SIEGEL *et al.*, 1988; SOKAL *et al.* 1995), com o objectivo de averiguar se existiriam, ou não, diferenças significativas entre locais para os índices calculados das várias amostras. Foi também construída uma matriz de correlação, utilizando o coeficiente de correlação de Spearman, calculado entre os parâmetros abundância, riqueza de famílias e de espécies, índice de Shannon-Wiener, e índice de Simpson relativos às amostras, e alguns parâmetros ambientais. Destes, os parâmetros climáticos foram quantificados utilizando valores meteorológicos médios para cada semana de captura; os restantes parâmetros ecológicos referem-se ao número de espécies arbustivas presentes no subcoberto e ao número de espécies em floração.

RESULTADOS

1. Ordem Hymenoptera

A maior abundância de himenópteros (Figura 2) registou-se nas datas de Primavera, tendo-se verificado uma evolução semelhante para os quatro locais ao longo do período de amostragem. No entanto, registaram-se diferenças entre locais. O local Ferraria 2 apresentou uma abundância bastante superior nas três últimas datas, mas os locais Apostiça 1 e Ferraria 1 distinguiram-se dos outros na primeira amostragem, feita em Novembro. A menor abundância registou-se em Dezembro, em todos os locais.

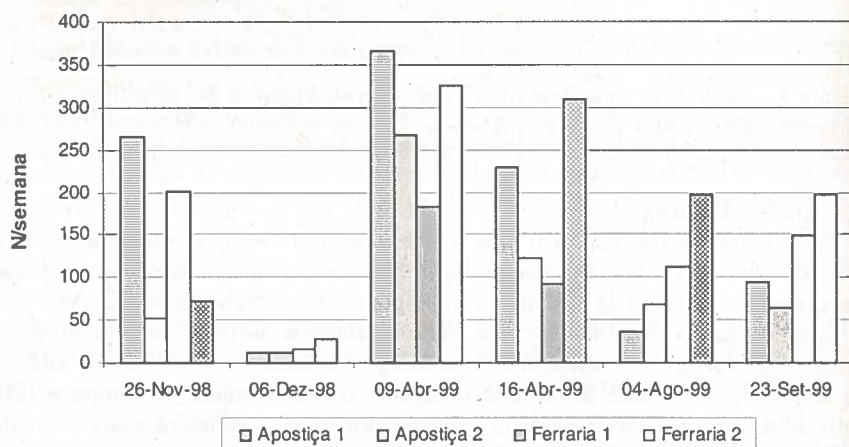


Figura 2 - Abundância de indivíduos da ordem Hymenoptera. Península de Setúbal, 1998/1999.

A maior parte das famílias capturadas, num total de 44 representando 12 superfamílias, pertencem à subordem Apocrita e, destas, as que apresentaram maior representatividade pertencem ao grupo Parasitica, facto explicado por ser este o maior grupo de himenópteros (LASALLE *et al.*, 1993). Na figura 3 apresentam-se as principais famílias de himenópteros capturadas, onde se destacam as superfamílias Chalcidoidea e Ichneumonoidea, às quais pertencem a maioria das espécies de himenópteros conhecidas (GASTON, *In* LASALLE *et al.*, 1993).

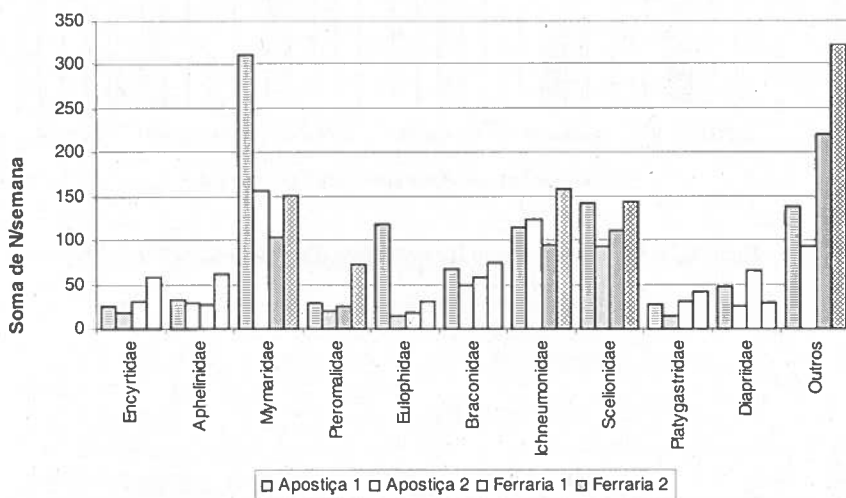


Figura 3 - Principais famílias de himenópteros presentes nas amostras. Península de Setúbal, 1998/1999.

A família Mymaridae (Chalcidoidea) apresentou uma abundância bastante elevada, sobretudo no local 1 da Apostiça, embora as famílias Ichneumonidae (Ichneumonoidea) e Scelionidae (Platygastroidea) fossem também das mais abundantes. O local Ferraria 2 apresentou sempre a maior abundância, excepto para as famílias Mymaridae e Eulophidae (Chalcidoidea), que foram mais abundantes na Apostiça 1, e Diapriidae (Proctotrupeoidea), mais abundante na Ferraria 1.

Na figura 4 indica-se a riqueza de famílias para os diferentes locais e datas.

É de referir que nas datas em que se registou maior abundância, registou-se também a presença de um maior número de famílias. Nos locais Ferraria 1 e 2, em Agosto, foram capturados relativamente poucos indivíduos, e no entanto registaram-se valores elevados de riqueza de famílias, o que deu origem a um valor de diversidade elevado calculado pelo índice de Shannon, como se pode observar no gráfico (Figura 5).

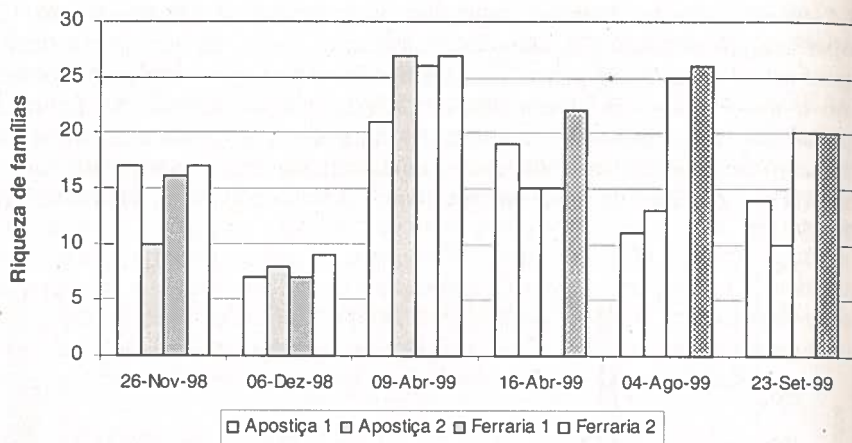


Figura 4 - Riqueza de famílias da ordem Hymenoptera. Península de Setúbal, 1998/1999.

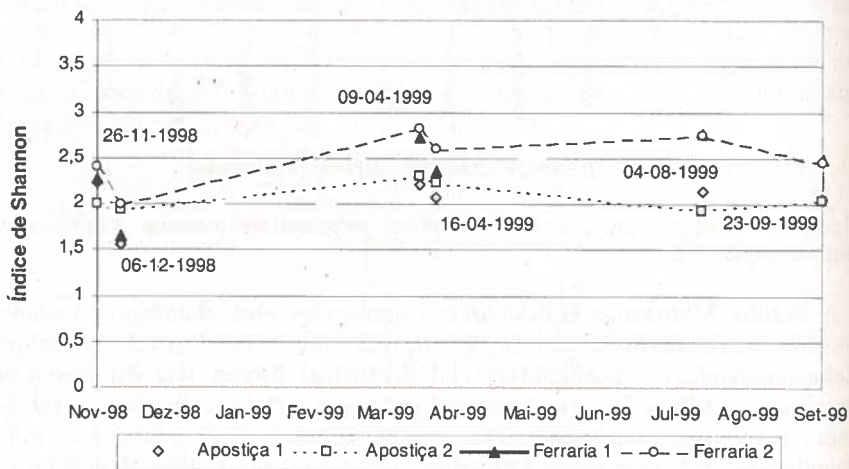


Figura 5 - Índice de Shannon para a ordem Hymenoptera. Península de Setúbal, 1998/1999.

Na Primavera registaram-se os valores mais elevados para a equitabilidade das amostras, embora as variações do índice de Shannon-Wiener ao longo do ano não fossem muito pronunciadas. As amostras de Dezembro foram as que apresentaram valores menores para este índice. É de salientar que o local Ferraria 2 apresentou, ao longo do período de amostragem, valores mais elevados para o índice de Shannon-Wiener.

O índice de Simpson (Figura 6), que atingiu os valores mais elevados em Dezembro, embora as amostras apresentassem baixa abundância e riqueza, reflectiu a dominância da família Mymaridae, apresentada na figura 2.

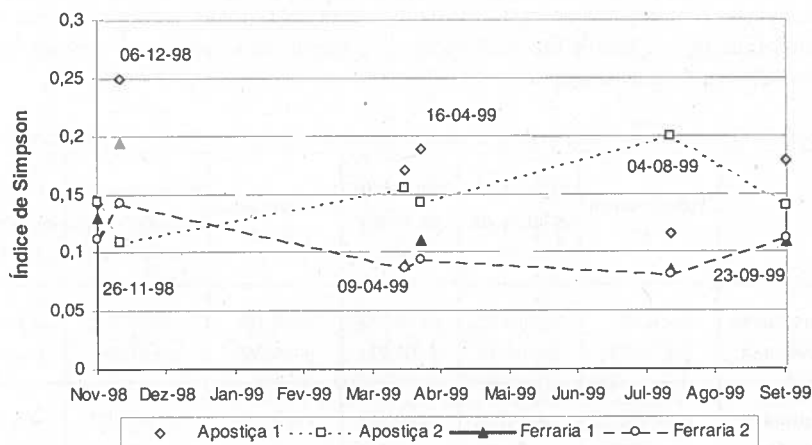


Figura 6 - Índice de Simpson para a ordem Hymenoptera. Península de Setúbal, 1998/1999.

A evolução do índice de Simpson não foi semelhante para os quatro locais durante o período de estudo, sendo no entanto de referir que a Apostiça apresentou sempre os valores mais elevados deste índice, em todas as datas.

Verificaram-se diferenças significativas entre os dois povoamentos estudados, Apostiça e Ferrara, para todos os índices calculados para a ordem Hymenoptera (Tabela 2).

Tabela 2- Quadro-resumo dos testes estatísticos realizados para a ordem Hymenoptera.

Teste "Wilcoxon signed ranks"	Pares que apresentam diferenças ($p < 0,05$)
Abundância (N/semana)	A2-F2 ($p = 0,028$)
Riqueza de famílias (R)	A1-F2 ($p = 0,042$) A2-F2 ($p = 0,042$) F1-F2 ($p = 0,039$)
Índice de Shannon (H')	A1-F1 ($p = 0,028$) A1-F2 ($p = 0,028$) A2-F2 ($p = 0,028$)
Índice de Simpson (D)	A1-F1 ($p = 0,028$) A1-F2 ($p = 0,028$)

A análise da matriz de correlação (tabela 3) revela que o número de plantas do subcoberto e o número de espécies em floração, correlacionaram-se significativamente, e de forma positiva, com a abundância e riqueza de himenópteros, e que o primeiro parâmetro tem ainda influência na equitabilidade. A temperatura média do ar apresentou uma correlação positiva com a riqueza e a equitabilidade, e a humidade relativa do ar correlacionou-se negativamente com a abundância de himenópteros.

Tabela 3- Quadro-resumo da matriz de correlação realizada para a Ordem Hymenoptera.

	Temperatura (° C)	Humidade relativa do ar (%)	Velocidade do vento (Km/h)	Precipitação (mm)	Nº de espécies presentes no sub-coberto	Nº de espécies em floração
Abundância (N/semana)	r = 0,287 p = 0,173	r = -0,432* p = 0,035	r = -0,085 p = 0,694	r = 0,382 p = 0,065	r = 0,730** p = 0,000	r = 0,604** p = 0,002
Riqueza de famílias (R)	r = 0,482* p = 0,017	r = -0,286 p = 0,176	r = -0,058 p = 0,787	r = 0,293 p = 0,165	r = 0,727** p = 0,000	r = 0,598** p = 0,002
Índice de Shannon (H')	r = 0,458* p = 0,024	r = -0,176 p = 0,410	r = 0,028 p = 0,896	r = 0,266 p = 0,209	r = 0,622** p = 0,001	r = 0,389 p = 0,061
Índice de Simpson (D)	r = -0,282 p = 0,182	r = -0,014 p = 0,948	r = -0,046 p = 0,832	r = -0,045 p = 0,835	r = -0,271 p = 0,200	r = -0,082 p = 0,705

N = 24

*- Correlação significativa a um nível de 0,05

**-. Correlação significativa a um nível de 0,01

2. Superfamília Ichneumonoidea

A superfamília Ichneumonoidea é uma das mais numerosas da ordem Hymenoptera, tendo uma distribuição muito vasta, que abrange o mundo inteiro. Trata-se de um grupo muito importante de insectos parasitóides que desempenham um papel considerável na regulação natural de pragas florestais e agrícolas (DALY, 1998).

Esta superfamília é constituída por apenas duas famílias, as famílias Braconidae e Ichneumonidae, de que se conhecem, respectivamente, cerca de 10 000 e 15 000 espécies (LASALLE *et al.*, 1993). A figura 7 apresenta o número de indivíduos capturados, por semana, pertencentes a esta super-família.

Observa-se que o padrão de abundância destas duas famílias ao longo do período de amostragem foi semelhante àquele registado para a ordem Hymenoptera. Na Ferraria 2 registou-se o valor mais elevado para a abundância

em todas as datas, excepto na primeira, onde o maior valor ocorreu na Ferraria 1. A riqueza apresentou também uma evolução semelhante à da ordem Hymenoptera (Figura 8), no entanto nas datas de Verão notou-se uma diminuição maior relativamente às outras datas.

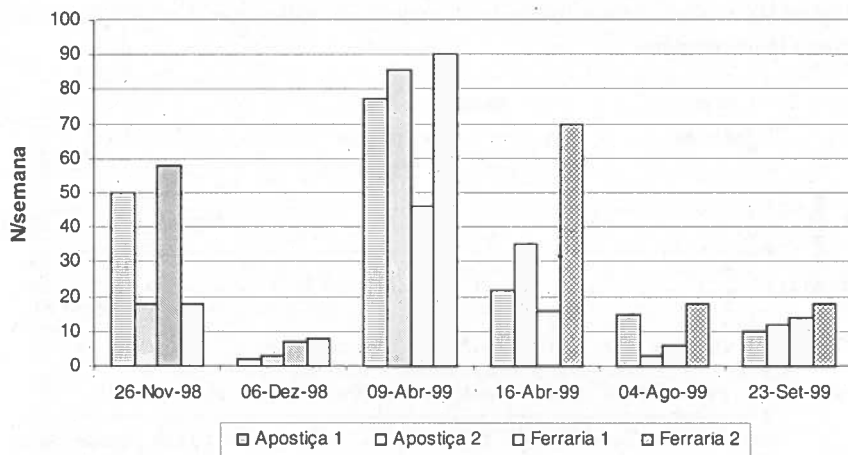


Figura 7 - Abundância da superfamília Ichneumonoidea. Península de Setúbal, 1998/1999.

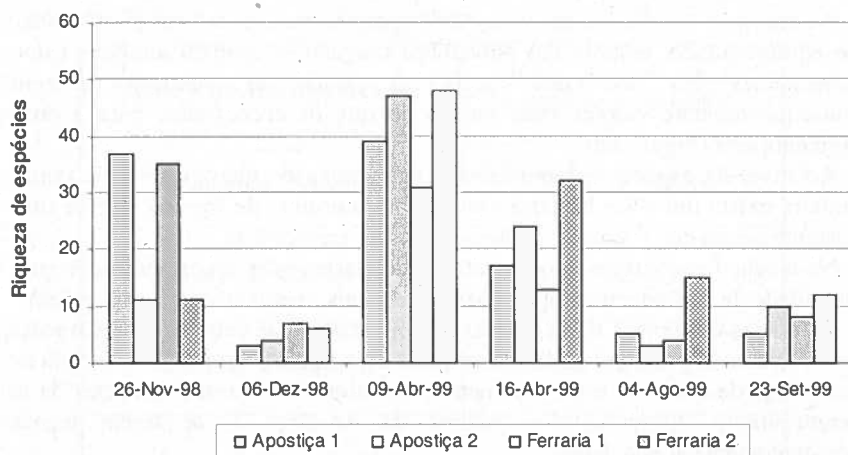


Figura 8 - Riqueza de espécies para a superfamília Ichneumonoidea. Península de Setúbal, 1998/1999.

Também neste caso na data com maior abundância se verificou maior riqueza de espécies. O período de Dezembro continua a ser o mais pobre, embora as datas de Verão apresentem também valores muito baixos de riqueza. Os índices calculados para esta superfamília e particularmente o de Shannon-Wiener (Figura 9), variaram num intervalo de amplitude maior que o correspondente à ordem Hymenoptera.

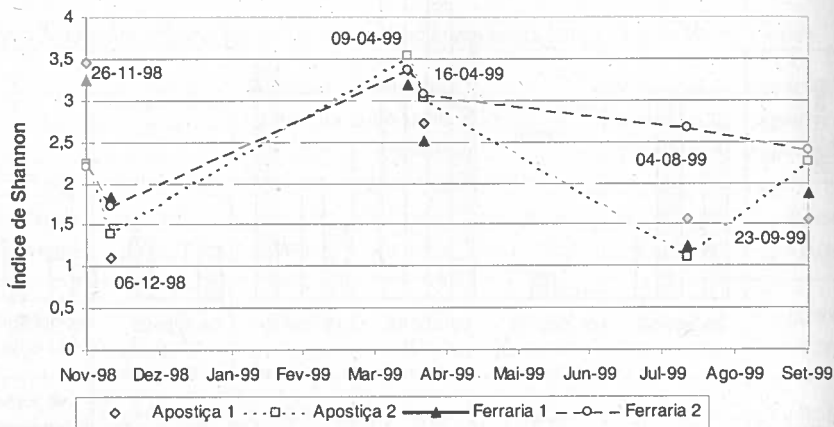


Figura 9 - Índice de Shannon para a superfamília Ichneumonoidea. Península de Setúbal, 1998/1999.

As amostras recolhidas em 9 de Abril apresentaram os valores mais elevados de equitabilidade, embora em Novembro também se tenham atingido valores semelhantes em dois dos locais. O índice de Simpson apresenta, consequentemente valores mais baixos do que os encontrados para a ordem Hymenoptera (Figura 10).

Ao nível da espécie a dominância é mais baixa do que ao nível da família, embora exista um valor bastante elevado nas amostras de Agosto, que se situou bastante acima dos restantes valores obtidos na mesma data.

Na tabela 4 encontram-se os resultados dos testes estatísticos realizados com a finalidade de proceder a comparações entre locais, relativamente a esta ordem.

As únicas diferenças significativas foram encontradas entre os locais Apostiça 2 e Ferraria 2, para a abundância, riqueza e índice de Simpson. Tal explica-se pelo facto de que para estes parâmetros, os valores da Ferraria 2, apesar de não serem muito diferentes dos valores da Apostiça 2, se terem mantido constantemente acima deles.

Da análise das correlações com os dados ambientais (Tabela 5), podemos observar que o número de espécies presentes no subcoberto e o número de espécies em floração correlacionam-se significativamente e de forma positiva

com todos os parâmetros estudados, excepto com o índice de Simpson, acontecendo o mesmo em relação à humidade relativa do ar. A temperatura não parece ter influenciado nenhum dos parâmetros estudados, assim como a precipitação e a velocidade do vento.

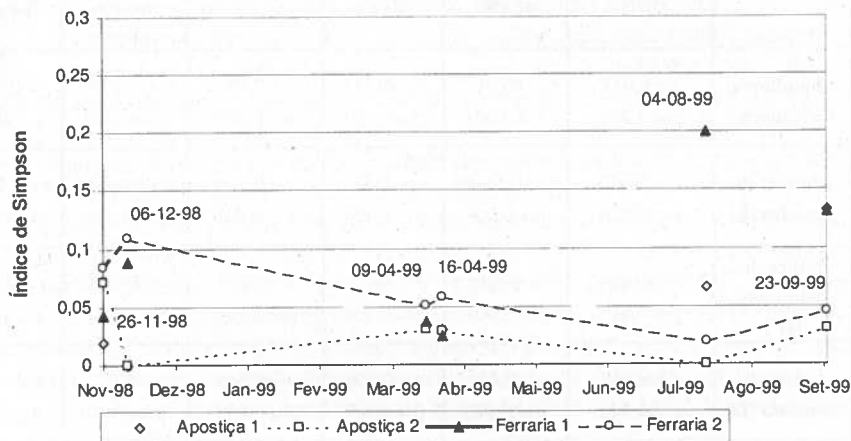


Figura 10 - Índice de Simpson para a superfamília Ichneumonoidea. Península de Setúbal, 1998/1999.

Tabela 4 - Quadro-resumo dos testes estatísticos realizados para a superfamília Ichneumonoidea.

Teste "Wilcoxon signed ranks"	Pares que apresentam diferenças (p<0,05)
Abundância (N/semana)	A2-F2 (p = 0,043)
Riqueza de espécies (S)	A2-F2 (p = 0,042)
Índice de Shannon (H')	"sem diferenças"
Índice de Simpson (D)	A2-F2 (p = 0,028)

Tabela 5 - Quadro-resumo da matriz de correlação realizada para a superfamília Ichneumonoidea.

	Temperatura (° C)	Humidade relativa do ar (%)	Velocidade do vento (Km/h)	Precipitação (mm)	Número de espécies presentes no sub- coberto	Número de espécies em floração
Abundância (N/semana)	r = 0,025 p = 0,909	r = -0,636** p = 0,001	r = -0,341 p = 0,103	r = 0,259 p = 0,222	r = 0,689** p = 0,000	r = 0,564** p = 0,004
Riqueza de espécies (S)	r = -0,055 p = 0,800	r = -0,654** p = 0,001	r = -0,335 p = 0,109	r = 0,270 p = 0,202	r = 0,659** p = 0,000	r = 0,517** p = 0,010
Índice de Shannon (H')	r = -0,051 p = 0,812	r = -0,626** p = 0,001	r = -0,323 p = 0,124	r = 0,273 p = 0,196	r = 0,622** p = 0,001	r = 0,496* p = 0,014
Índice de Simpson (D)	r = 0,187 p = 0,382	r = 0,273 p = 0,196	r = 0,108 p = 0,617	r = 0,088 p = 0,682	r = 0,012 p = 0,957	r = -0,255 p = 0,230

N = 24

*- Correlação significativa a um nível de 0,05

**- Correlação significativa a um nível de 0,01

DISCUSSÃO

É necessário referir que seria importante dispor de um maior número de amostras para que fosse possível retirar conclusões fiáveis sobre a diversidade de himenópteros nestes povoamentos.

Globalmente, para a ordem Hymenoptera a Herdade da Ferraria apresentou valores de abundância total, de riqueza e de equitabilidade superiores aos da Herdade da Apostiça.

Este resultado deveu-se sobretudo ao contributo do local 2 da Ferraria, que apresentou, em geral, maior abundância, riqueza, e equitabilidade do que o local 1, facto explicado pela proximidade da bordadura do povoamento, estando este local sujeito a condicionalismos diferentes ao nível da paisagem, como seja, uma área mais aberta, com espécies vegetais diferentes daquelas que compõem o pinhal. Aqui incluem-se uma área agrícola de regadio, pinhal manso, alguns sobreiros e naturalmente toda uma vegetação herbácea e arbustiva diferente. BROWN & SOUTHWOOD (1983) e WEBB *et al.* (1984), encontraram uma grande influência da estrutura da vegetação na diversidade de insectos (HUTCHESON, 1990). É de salientar ainda que este tipo de armadilha captura insectos em vôo que podem deslocar-se de uma área circundante relativamente

extensa. Deste modo, no local 2 haverá maior probabilidade de capturar insectos de áreas envolventes que no local 1, situado no centro do povoamento.

No caso da Herdade da Apostiça, o local 1 apresenta maior abundância que o local 2, excepto na data de Agosto, resultado que poderá ser explicado pelo maior grau de cobertura arbustiva, e pelo maior desenvolvimento vertical da vegetação na zona abrangida pela armadilha, fracção do habitat necessária aos himenópteros. Nesta Herdade a diversidade paisagística não é tão complexa como na Herdade da Ferraria, pelo que, em geral encontraram-se valores menores de diversidade. Apesar dos dois povoamentos diferirem, quer na forma de regeneração quer na densidade arbórea, pensamos que estes dois factores, nesta situação, não pesaram na diversidade das comunidades de insectos, tendo sido a diversidade paisagística o factor mais importante.

Em relação à superfamília Ichneumonoidea, também se verificaram valores de abundância e riqueza superiores na Herdade da Ferraria. No entanto, nas datas de Novembro e Abril o valor da riqueza de espécies foi superior na Herdade da Apostiça, embora a abundância total continue a ser inferior nesta Herdade. A equitabilidade e a dominância, embora os resultados sejam pouco conclusivos, tendem a ser de modo geral, superiores na Herdade da Ferraria, verificando-se que o local 2 apresenta o maior valor de equitabilidade, e o local 1 apresenta o maior valor de dominância.

Verificou-se, no respeitante aos factores ambientais, que o número de espécies presentes no subcoberto e o número de espécies em floração se correlacionavam significativamente, e de forma positiva, com a abundância total e riqueza, tanto com os himenópteros em geral como com os Ichneumonoidea. O mesmo se passou com a equitabilidade destes últimos. Pelo contrário, a equitabilidade dos himenópteros apenas se correlacionou significativamente com o número de espécies presentes no subcoberto. Estes resultados são de esperar, tendo em conta a fracção do habitat que os insectos desta ordem exploram. A humidade relativa do ar correlacionou-se significativamente, de forma negativa, com a abundância total dos himenópteros. No caso dos Ichneumonoidea essa correlação estendeu-se à riqueza de espécies e equitabilidade. A humidade relativa do ar é, em geral, benéfica para a actividade de vôo dos insectos (COULSON *et al.*, 1984) o que, à partida, entra em contradição com os resultados encontrados neste estudo. Devido ao teste estatístico utilizado, e como se verificou nas datas de menor abundância, maior humidade relativa, e vice-versa, o resultado foi o encontrado, sem que exista uma relação negativa directa entre a humidade relativa do ar e os parâmetros estudados. A temperatura média do ar só se encontrou correlacionada positivamente com a riqueza de famílias e com a equitabilidade dos himenópteros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELSHAW, R. 1993. Malaise Traps and Tachinidae (Diptera): a study of sampling efficiency. *The Entomologist*. 112 (1): 49-54.

- COULSON, R. N.; WITTER, J. A. 1984. *Forest Entomology. Ecology and Management*. Wiley Interscience Publication. New York. 669 p.
- DALY, H. V.; DOYEN, J. T.; PURCELL, A. H. 1998. *Introduction to Insect Biology and Diversity*. Oxford University Press. New York. 680 p.
- GARRIDO, A. M.; NIEVES-ALDREY, J. L. 1992. Structure and dynamics of a taxocenosis of Pteromalidae (Hym., Chalcidoidea) in the median part of the Sierra de la Guadarrama. *Eos*, 68 (1): 29-49
- GOULET, H.; HUBER, J. T. 1993. *Hymenoptera of the World. An identification guide to families*. Research Branch, Agriculture Canada. 668 p.
- HUTCHESON, J. 1990. Characterization of terrestrial insect communities using quantified Malaise-trapped Coleoptera. *Ecological entomology*. 15 (2): 143-151.
- LASALLE, J.; GAULD, I. D. 1991. Parasitic Hymenoptera and the biodiversity crisis. Proceedings. *Redia. Giornale di zoologia. Terza serie*. 74 (3): 315-334.
- LASALLE, J.; GAULD, I. D. 1993. *Hymenoptera and Biodiversity*. CAB International. Wallingford. 348 p.
- MAGURRAN, A. E. 1991. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Croom Elm Limited, London. 179 p.
- MOURA, E. 1999. *Interações Produtividade/Fitófagos para o ecossistema Pinhal*. Relatório dos trabalhos realizados no âmbito do Programa PRAXIS XXI. Monte de Caparica. Trabalho não publicado.
- SIEGEL, S.; CASTELLAN, N. J. 1988. *Nonparametric Statistics for the Behavioural Sciences*. McGraw-Hill International Editions. Singapore. 399 p.
- SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. 1995. *Biometry. The Principles and Practices of Statistics in Biological Research*. H. W. Freeman and Company. 887 p.
- TOWNES, H. 1962. Design for a Malaise trap. *Proc. Ent. Soc. Wash.*, 64 (4): 253-265.

SEASONAL DISTRIBUTION OF INSECTS IN A STAND OF *PINUS PINASTER* AIT.

M. R. Branco¹, E. B. Moura², H. M. Santos³ & M. R. Paiva⁴

¹Centro de Estudos Florestais, ISA; mrbranco@isa.utl.pt

²GUECKO/DCEA, FCT, UNL, 2825-114 Campus de Caparica; ebm@mail.fct.unl.pt;

Bolseira de Doutoramento do Programa Praxis XXI

³Centro de Estudos Florestais, ISA; helenagsantos@clix.pt

⁴GUECKO/DCEA, FCT, UNL, 2825-114 Campus de Caparica; mrp@mail.fct.unl.pt

Branco, M. R., Moura, E. B., Santos, H. M. & Paiva, M. R. (2001). Seasonal Distribution of Insects in a Stand of *Pinus pinaster* Ait. *Revista Biol. (Lisboa)* **19**: 87-98.

The seasonal distribution of the entomofauna in a 9-year-old *Pinus pinaster* Ait. stand was studied, based on material collected weekly in a Malaise trap over a time period of one year. Seasonal changes of the entomofauna composition at order level were analysed; for the Diptera and Hymenoptera the analysis was further extended to family level and the parameters of abundance, richness and evenness estimated.

Diptera and Hymenoptera accounted for about 70 % to 90 % of all individuals collected. Seasonal changes were both qualitatively and quantitatively significant at order and family levels and varied according to the taxonomic group analysed. Diptera families exhibited a lower seasonal variability in richness and evenness than Hymenoptera families, but a higher variability in the abundance of individuals sampled. Hymenoptera were more abundant in the summer and showed higher family richness and evenness indices in this period than Diptera. The abundance of Hymenoptera was mainly related to mean daily air temperatures ($r_s = 0.636$; $p = 0.026$), while the abundance of Diptera were closer related to higher mean air moisture contents ($r_s = 0.559$; $p = 0.059$). The number of plant species of the undergrowth and the number of species bearing flowers was a significant environmental variable associated with Diptera richness and Hymenoptera evenness ($p < 0.05$). Concerning the distribution of Diptera families, a good degree of adjustment to the data was obtained with the log series distribution model ($p = 0.89$), while for the Hymenoptera the truncated lognormal series gave the best fit ($p = 0.59$). These results may be explained by differences in

the type, or fraction, of the habitat occupied by the two orders.

Key-words: diversity, seasonality, family, Diptera, Hymenoptera, pine stand

Branco, M. R., Moura, E. B., Santos, H. M. & Paiva, M. R. (2001). Distribuição sazonal de insectos num povoamento de *Pinus pinaster* Ait. *Revista Biol. (Lisboa)* 19: 87-98.

Neste trabalho estudou-se durante um ano a composição da entomofauna num povoamento de *Pinus pinaster* Ait. de 9 anos de idade, mediante capturas semanais numa armadilha do tipo "Malaise". Ao nível das ordens analisou-se a variação sazonal da composição da entomofauna e, para os dípteros e himenópteros, estendeu-se a análise à composição de famílias e respectiva abundância, riqueza e equitabilidade.

As ordens Diptera e Hymenoptera constituíram cerca de 70 %, no Verão, e mais de 90 %, no Inverno, do total das capturas. As variações sazonais foram importantes, qualitativa e quantitativamente, quer ao nível das ordens quer das famílias, e dependeram do grupo taxonómico em análise. As famílias de dípteros exibiram menor variação sazonal de diversidade que as famílias dos himenópteros, mas maiores variações na sua abundância, que foi, ao longo de todo o ano, sempre significativamente superior à de himenópteros ($p < 0.01$). Os himenópteros foram mais abundantes no Verão, período em que apresentaram também maior riqueza e equitabilidade que os dípteros. Numa análise exploratória de correlação com variáveis ambientais, verificou-se que nos himenópteros a abundância de indivíduos esteve significativamente associada com a temperatura média diária do ar ($r_s = 0.636$; $p = 0.026$), enquanto o número de dípteros esteve mais correlacionado com a humidade atmosférica ($r_s = 0.559$; $p = 0.059$). A riqueza de espécies vegetais no sub-bosque assim como o número de espécies em floração estiveram significativamente correlacionadas com a riqueza de famílias nos dípteros e com a equitabilidade nos himenópteros ($p < 0.05$). Na distribuição de famílias observou-se um bom grau de ajustamento, para os dípteros, com o modelo log-linear ($p = 0.89$), enquanto que para os himenópteros o modelo log-normal truncado permitiu um melhor ajustamento ($p = 0.59$). Estes resultados podem ser explicados pelas diferenças no tipo, ou fracção, do habitat ocupado pelas duas ordens.

Palavras-chave: diversidade, sazonalidade, famílias, dípteros, himenópteros; pinhal

INTRODUCTION

In this work we aimed at analysing the relative composition of the entomofauna in a 9 years old stand of *Pinus pinaster* Ait., using material collected weekly in a Malaise trap, over a period of one year. The relative abundance of each insect order was evaluated throughout the year. For the orders Diptera and Hymenoptera, an analysis of its seasonal dynamics was performed at family level and indices of richness and evenness were calculated.

The concepts of richness and evenness as measured by diversity indices are widely used at species level, yet they are seldom applied at upper hierarchical levels (MAGURRAN, 1991). In fact, due to the huge size of the class Insecta, it is very difficult to apply the diversity indices to species level, especially in the most numerous orders. As a result most of the work produced concerning insect diversity is generally focused at a upper taxonomic level, frequently at family level, which represents a rather minute fraction of the overall insect communities. Such is the case of the works on Collembola by GAMA *et al.* (1998) and on Pteromalidae by GARRIDO & NIEVES-ALDREY (1992), among many others. In this paper we studied and compared the phenology of insect groups at higher taxonomic levels. Diptera and Hymenoptera were chosen considering their potential importance as natural enemies of phytophagous insects. Both orders were strongly represented in the material collected due to the selective characteristics of Malaise traps.

METHODOLOGY

The area studied was a stand of Maritime pine, *Pinus pinaster* Ait., located on the peninsula of Setúbal (38° 32' N; 9°08' W, 25 m above sea level). The stand was even-aged, about 9 years old at the time of sampling, with a mean density of 600 trees ha⁻¹. It is located about 5 km away from a coastal lagoon (Lagoa de Albufeira). The soil consists of non-hydromorphic podzols and the undergrowth shrub and herbaceous layers were dominated by *Cistus* spp. and *Ulex* spp.

The material was collected in a Malaise trap with fine mesh (Townes' model). Insects were killed in the trap with ethanol (70°) and kept in the same liquid. A total of 48 samples were collected on a weekly basis, between May 25th 1997 and May 16th 1998. Yet, to smooth the weekly fluctuations observed, which were due to variations in the insects flight activity, following changes in the meteorological conditions, and in order to emphasise seasonal trends, data was pulled and analysis performed for monthly intervals.

All individuals collected were identified to order and all Diptera and Hymenoptera were identified to family level using the keys of OLDRAID (1970) and GOULET & HUBER (1993).

Calculations were based on the number of specimens (N) and on family richness (F), that is the number of individuals and of families collected monthly respectively. The indices of diversity calculated were the Shannon-Wiener (H'_f) and the reciprocal of Simpson ($1/D_f$), both applied to family level and mainly

translating evenness. The seasonal variation in the number of specimens trapped, family richness and evenness were also related to several environmental variables. These were average daily air temperature ($^{\circ}\text{C}$), mean daily air moisture content (%), total rainfall observed during the period in analysis (mm), mean daily number of hours of clear sky (hr), number of plant species in the undergrowth and number of flowering species. The Spearman coefficient of correlation (r_s) was used to analyse linear relationships between variables. The Wilcoxon Signed Ranks test, statistic Z, (SOKAL & ROHLF, 1995) was used to compare seasonal trends.

RESULTS

1. Orders' composition

The total number of individuals collected weekly varied from 58 (June 1997) to 1500 (January 1998). Thus a greater abundance of individuals was observed during the cold season than in the Spring and Summer. In all samples, about 70% to 90% of all individuals collected were Diptera or Hymenoptera, the Diptera having on average a relative frequency above 60% (Figure 1). The large number of individuals observed in the winter was mainly due to two orders: Diptera and Collembola. In the summer a larger occurrence of Hymenoptera and Lepidoptera was observed. Some orders were relatively frequent during short periods such as Thysanoptera in June/July and Coleoptera in April / May.

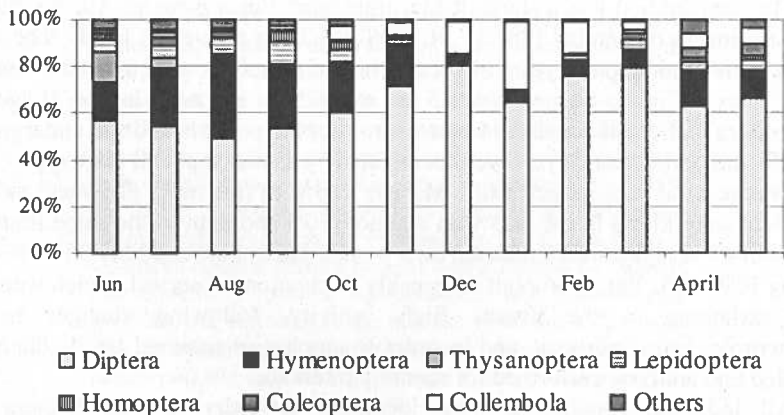


Figure 1 - Relative frequency (%) of the main orders sampled. May 1997-May 1998. Península of Setúbal, Portugal.

2. Diptera and Hymenoptera: abundance and composition

Throughout the year the abundance of dipters was significantly higher than that of hymenopters ($Z = -3.06$, $n = 12$, $p < 0.01$). No correlation was found between the abundance of specimens of the two orders ($r_s = 0.104$, $p = 0.747$). Figure 2 shows seasonal trends of abundance for both orders. Diptera were most abundant between October and March, while Hymenoptera displayed largest numbers towards the end of the summer and beginning of the autumn, and a minor peak in March.

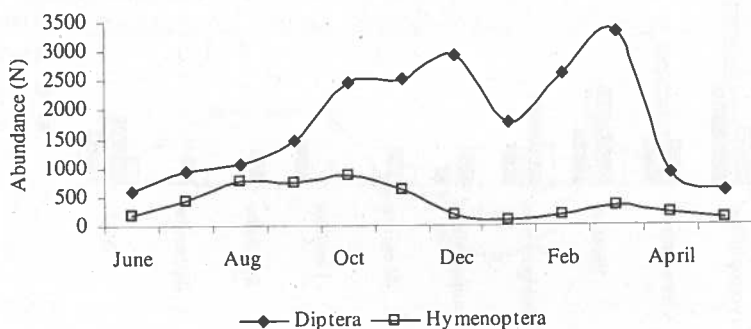


Figure 2 - Abundance of Diptera and Hymenoptera through the year. May 1997-May 1998. Peninsula of Setúbal, Portugal.

Associated to the seasonal differences observed for the numbers of specimens, composition at family level also varied. For the Diptera, the families Chironomidae, Mycetophilidae, Cecidomyidae and Phoridae were the most abundant ones during the winter (Figure 3). These families include insects with a high diversity of feeding habits, but whose larvae mainly feed on decaying organic matter, fungi or plants. Most of these species thus require wet or humid habitats during their larval stage, a characteristic that might explain its occurrence in the winter and spring. On the other hand, dipterous families that are characterised by an entomophagous larval stage (predators or parasitoids), such as Syrphidae, Tachinidae and Calliphoridae, occurred predominantly in the summer and autumn. For the Hymenoptera the group Parasitica, made up by superfamilies Ichneumonoidea, Platygastridae and Chalcidoidea, dominated all year round, and particularly in the summer and autumn (Figure 4).

3. Diptera and Hymenoptera: family diversity

The analysis of the seasonal differences of family richness and evenness (Shannon-Wiener and Simpson indices), showed that seasonal variability was small for the Diptera and higher for the Hymenoptera (Figures 5, 6 and 7). Family richness for the Diptera varied between 17 (January) and 26 (October),

while for the rest of the months the number of families sampled fluctuated between 20 and 24. The lowest family evenness was registered in December ($H'_f = 1.63$) and the highest in June ($H'_f = 2.39$). In contrast, family richness for the Hymenoptera varied largely between 9 (January) and 35 (August). Two distinct peaks were observed: a larger one in the summer and a minor peak in the early spring (March). The Shannon-Wiener index applied to the family diversity of Hymenoptera varied between 1.22 (December) and 2.69 (June).

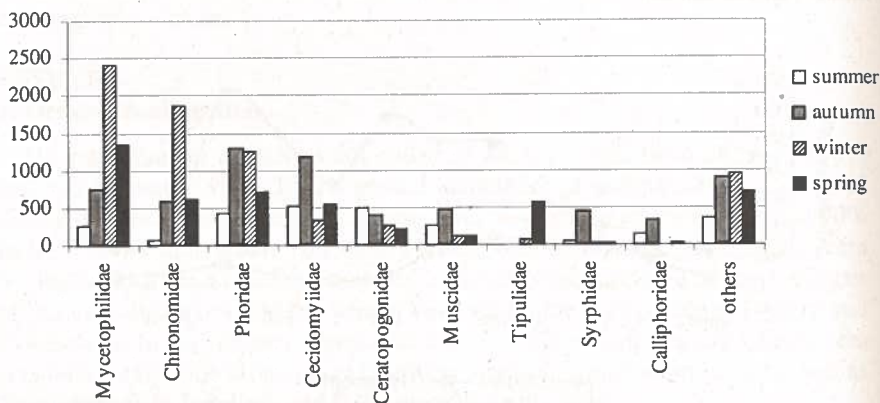


Figure 3 - Abundance of specimens of Diptera families according to season. May 1997-May 1998. Peninsula of Setúbal, Portugal.

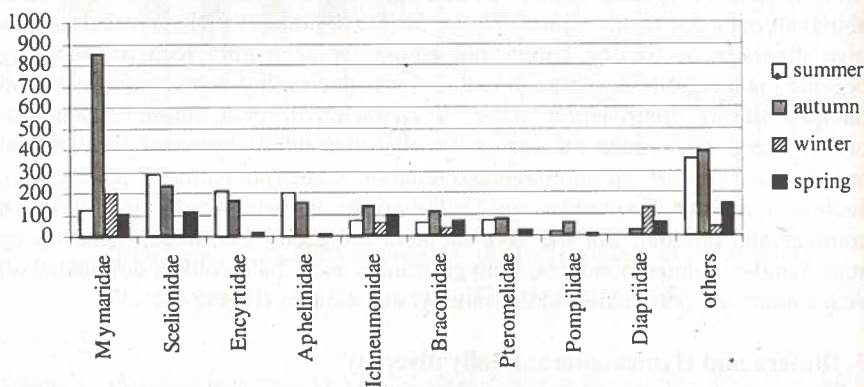


Figure 4 - Abundance of specimens of Hymenoptera families, according to season. May 1997-May 1998. Peninsula of Setúbal, Portugal.

For both taxonomic groups a high correlation was found between the Shannon-Wiener and Simpson indices of diversity ($r_s=0.98$ and $r_s=0.95$, for Diptera and Hymenoptera respectively, $p < 0.001$).

Despite the dissimilarities in the seasonal trends, for both orders the values of family richness and diversity varied across the same mean value, however with larger amplitude for Hymenoptera and to a smaller extent for Diptera (figures 5, 6 and 7).

In contrast to the abundance of specimens, for which no correlation was found between the two orders, a significant correlation was found between the Diptera and Hymenoptera family diversity ($r_s=0.63$, $p=0.030$; $r_s=0.83$, $p=0.001$; $r_s=0.69$, $p=0.012$, respectively for richness, Shannon-Wiener and Simpson indices).

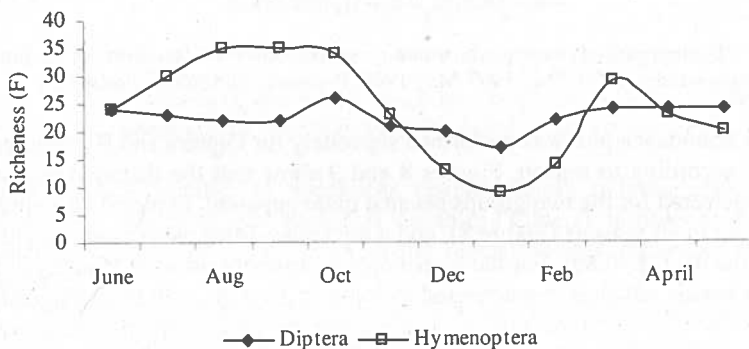


Figure 5 - Diptera and Hymenoptera: monthly values observed for richness at family level (F). May 1997-May 1998. Peninsula of Setúbal, Portugal.

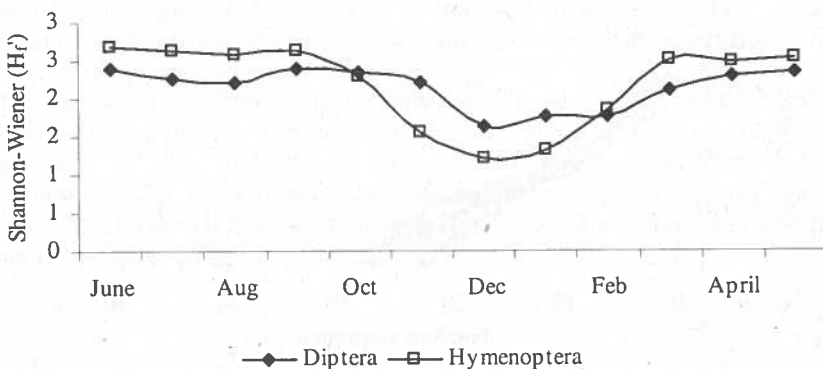


Figure 6 - Diptera and Hymenoptera: monthly values observed for diversity at family level (Shannon-Wiener index). May 1997-May 1998. Peninsula of Setúbal, Portugal.

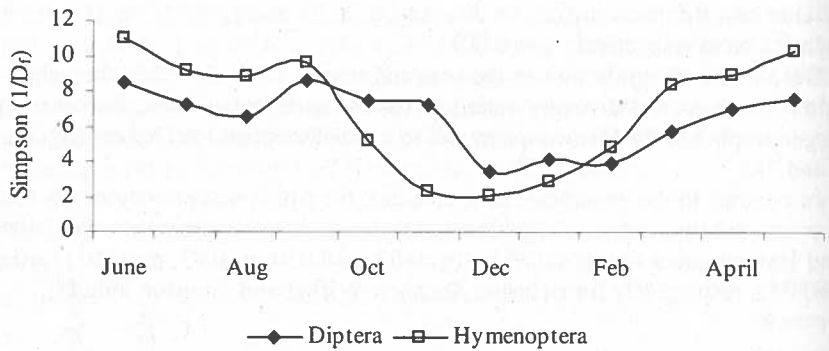


Figure 7 - Diptera and Hymenoptera: monthly values observed for diversity at family level (Simpson index $1/D_i$). May 1997-May 1998. Peninsula of Setúbal, Portugal.

A rank abundance plot was performed separately for Diptera and Hymenoptera families, according to season. Figures 8 and 9 show that the different seasonal patterns detected for the two groups became more apparent. Dipters had a similar distribution in all seasons (Figure 8), and a log series distribution model could be fitted to the data ($p=0.89$). For the hymenopters the distribution of families in the winter, a season which is characterised by a lower diversity, can be distinguished from the distribution in the summer and autumn by a sharp decline on the rank abundance curve (Figure 9), while spring values show an intermediate trend. The best fit to the overall data was achieved with the truncated log normal series distribution ($p=0.59$).

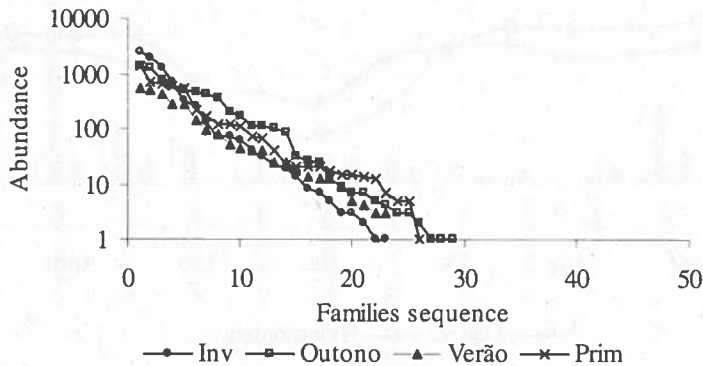


Figure 8 - Rank abundance plot for Diptera families, considering separately each one of the four seasons. May 1997-May 1998. Peninsula of Setúbal, Portugal.

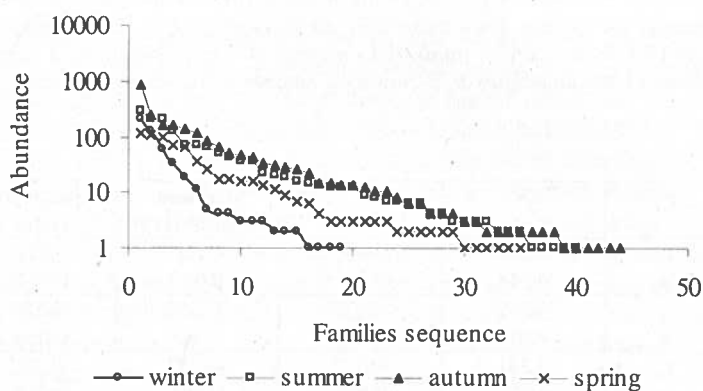


Figure 9 - Rank abundance plot for Hymenoptera families, considering separately each one of the four seasons. May 1997-May 1998. Peninsula of Setúbal, Portugal.

The monthly number of specimens caught, family richness and diversity indices were related to environmental variables (Table I), in order to detect any influence of the meteorological factors and vegetation upon the seasonal patterns observed.

Considering meteorological factors for hymenopters both family richness and diversity were positively correlated with mean daily air temperatures and with the mean daily number of sunlight hours, and negatively correlated with mean daily values for air moisture content ($p < 0.05$). Hymenoptera abundance was only positively correlated with the mean daily air temperature. On the contrary, the abundance of Diptera were positively correlated with air moisture content, although not significantly ($r_s=0.599$; $p=0.059$), which reflects their mostly abundance in the winter. For the Diptera, family evenness was mostly correlated with mean daily air temperature ($p<0.01$).

The number of plant species of the undergrowth and the number of flowering species were significantly correlated with families diversity, thus pointing to the importance of the undergrowth vegetation on the diversity of insect communities. For the Diptera these variables were correlated with family richness and for the Hymenoptera, diversity indices were also correlated with the same variables ($p<0.05$).

Table I - Spearman's correlation coefficient (r_s) and 2-tailed significance probability (p) between the abundance of specimens (N), family richness (F) and diversity indices and some environmental parameters. Tm - mean daily air temperature ($^{\circ}$ C), Hum - mean air moisture content (%), Rain - rainfall (mm), Hsl - number of hours of sunlight, S veget. - number of species of the undergrowth, S flowers - number of flowering species of the undergrowth.

Diptera

		N	F	Shannon-Wiener (H'_p)	Simpson ($1/D_p$)
Tm	r_s	-0.364	0.402	0.706	0.727
	p	0.245	0.196	0.010	0.007
Hum	r_s	0.559	-0.513	-0.552	-0.524
	p	0.059	0.088	0.063	0.080
Rain	r_s	0.231	-0.172	-0.273	-0.252
	p	0.471	0.593	0.391	0.430
Hsl	r_s	-0.413	0.452	0.545	0.476
	p	0.183	0.140	0.067	0.118
S veget.	r_s	-0.607	0.821	0.514	0.468
	p	0.036	0.001	0.087	0.125
S flowers	r_s	-0.578	0.607	0.360	0.303
	p	0.049	0.036	0.250	0.338

Hymenoptera

		N	F	Shannon-Wiener (H'_p)	Simpson ($1/D_p$)
Tm	r_s	0.636	0.898	0.811	0.636
	p	0.026	0.000	0.001	0.026
Hum	r_s	-0.210	-0.674	-0.951	-0.818
	p	0.513	0.016	0.000	0.001
Rain	r_s	-0.049	-0.488	-0.685	-0.608
	p	0.880	0.108	0.014	0.036
Hsl	r_s	0.524	0.856	0.874	0.657
	p	0.080	0.000	0.000	0.020
S veget.	r_s	-0.100	0.260	0.643	0.743
	p	0.757	0.415	0.024	0.006
S flowers	r_s	-0.289	0.077	0.599	0.749
	p	0.363	0.812	0.040	0.005

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Both qualitative and quantitative differences were observed regarding seasonal variations in the composition of the insect communities present in a *P. pinaster* stand.

Diptera and Hymenoptera accounted for about 70 % to 90 % of all individuals collected. The dominance of these two taxonomic groups is, in part, a consequence of the sampling method used (MUIRHEAD-THOMSON, 1991).

Yet, despite the low frequency of the other orders present, seasonal variations were apparent.

The variations observed for the indices of diversity at family level can probably be expected to correspond to similar variations at species level. In fact, a strong correlation between the richness at higher taxonomic level and species level has been found for different taxonomic groups (GASTON & WILLIAMS, 1993 and 1994). The seasonal variability observed in abundance, richness and diversity indices differed according to the taxonomic group analysed.

In the type of habitat studied, a pine stand, dipters exhibited a lower seasonal variability of family richness and diversity than hymenopters, but a higher variability considering the number of specimens sampled (Figures 2, 5, 6 and 7). This finding might be justified because the taxonomic groups studied occupy different sections of the habitat. Our results stress the importance of seasonality upon insect communities and, in particular, upon the populations of parasitoids, which made up almost the total number of Hymenoptera sampled. For the Hymenoptera, abundance, family richness and evenness were higher in the summer than in the winter, a finding that agrees with other authors, although their works refer to some specific groups only (GARRIDO & NIEVES-ALDREY, 1992; ELLIS AND THOMAS, 1994). It should be noticed that while in colder temperate climates the peak of arthropod abundance is sharply concentrated in the summer, under Mediterranean climates a more even distribution is observed throughout the year. Such pattern of insect abundance results from the mild winter temperatures, which also favour multi-voltine life cycles.

The significant correlations found between catches and some of the environmental parameters indicate that different environmental cues may be associated with the relative abundance of the two orders. Thus, while the abundance of Hymenoptera is mainly related to mean air temperatures, for the Diptera the number of individuals caught is closer related to the relative air moisture content.

Both the diversity of plant species present in the undergrowth and the number of flowering species were significantly associated with Diptera family richness and with Hymenoptera diversity which is connected with the values of evenness ($p < 0.05$). Such results emphasise the importance of plant biodiversity in the undergrowth, upon the diversity of the insects' community in a young pine stand.

For dipters and hymenopters a plot of rank abundance according to season emphasises the different seasonal patterns detected for the two groups (Figures 8 and 9). Moreover the log series distribution model fit better the overall data for the Diptera families, while for the Hymenoptera families the truncated log normal series distribution gives the best fit. The log series model is more adequate to situations where only a few factors dominate the ecology of community; in contrast the log normal distribution indicates a more mature and varied community (MAGURRAN, 1991).

To a large extent our results can be interpreted based on the different sections of the habitat occupied by the two groups. Diptera families were dominated by insects that feed mainly on decaying organic matter, fungi or plants, while the Hymenoptera were mostly represented by parasitoid species.

Literature references point out that the presence of parasitoids is normally associated with species rich communities, which favour the establishment of complex parasitoid-host interactions (e.g. HAWKINS, 1993). Further to its ecological importance, parasitoid communities translate into economic and environmental benefits since they act as important agents of biological control.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was financed by PRAXIS XXI, contract NR. 2 / 2.1 / BIA / 221 / 94 and by Centro de Ciência DCEA / FCT. We express our thanks to Prof. M. Teresa Calvão, UNL/FCT and to Mr. Sérgio Rodrigues for help with the field work.

REFERENCES

- ELLIS, W. N. & THOMAS, T. S. 1994. Insect phenology and diversity in Malaise traps at the Veluwe. *Ent. Ber., Amst.* 54: 171-175
- GAMA M. M., SOUSA, J. P., SEABRA, C. & BARROCAS, H. 1998. Analysis of collembolan communities in high endemism areas of Algarve with particular emphasis to endemic or rare species. *Revista de Biologia* 16 (1-4): 65-86.
- GARRIDO, A. M. & NIEVES-ALDREY, J. L. 1992. Estructura y dinamica de una taxocenosis de Pteromalidae (Hym., Chalcidoidea) en el sector medio de la sierra de Guadarrama. *Eos* 68 (1): 29-49
- GOULET, H. & HUBER, J. 1993. *Hymenoptera of the World: An Identification Guide to Families*. Research Branch Agriculture Canada Publication, Ottawa, 667 pp.
- HAWKINS, B. A. 1993. Refuges, host population dynamics and the genesis of parasitoid diversity. In *Hymenoptera and Biodiversity*. J. LaSalle and I.D. Gauld Edts. CAB International. Wallingford.
- MAGURRAN, A.E. 1991. *Ecological Diversity and its Measurement*. Chapman and Hall. London. 179 pp.
- MUIRHEAD-THOMSON, R. C. 1991. *Trap responses of Flying Insects. The Influence of Trap Design on Capture Efficiency*. Academic Press, United Kindgon, 287 pp.
- OLDRAYD, H. 1970. *Handbooks for the identification of British Insects. Diptera. 1. Introduction and key to Families*. British Entomological Society, London.
- SOKAL, R. R. & ROHLF, F. J. 1995. *Biometry: principles and practice of statistics in biological research*. 3rd edition. W. H. Freeman and Company. New York. 887 p.

APLICAÇÃO DE UM SIG À MONITORIZAÇÃO E ESTUDO DA ECOLOGIA DE MACROFUNGOS COMESTÍVEIS NO PARQUE NATURAL DO ALVÃO

G. Marques¹, S. Mota, L. Pereira & J. Lourenço²

¹ Departamento de Indústrias Alimentares, ² Departamento de Geologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Apartado 1013, 5000-911 Vila Real

Marques, G., Mota, S., Pereira, L. & Lourenço, J. (2001). Aplicação de um SIG à monitorização e estudo da ecologia de macrofungos comestíveis no Parque Natural do Alvão. *Revista Biol. (Lisboa)* 19: 99-106.

Nos últimos anos, tem-se assistido a um aumento da importância económica dos cogumelos silvestres para as populações rurais. Com a intensificação da colheita de algumas espécies de cogumelos, torna-se necessário um melhor conhecimento da sua biologia e ecologia, para uma adequada gestão e conservação deste recurso florestal. Os objectivos deste trabalho foram a obtenção dos mapas de distribuição das espécies comestíveis de cogumelos e o desenvolvimento e implementação de um programa de monitorização com recurso a um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Palavras chave: cogumelos, SIG, sistema de informação geográfica, monitorização, gestão de ecossistemas

Marques, G., Mota, S., Pereira, L. & Lourenço, J. (2001). Using GIS for monitoring and ecological studies of edible macrofungi in Parque Natural do Alvão. *Revista Biol. (Lisboa)* 19: 99-106.

In recent years, the socio-economic importance of wild edible mushrooms for rural populations has been increasingly recognised. With increasing harvests of some species of mushrooms, knowledge on biology and ecology of these species is essential for a good management and conservation of this forest resource. The objectives of this work were to obtain the maps of distribution of each specie of edible mushrooms in Parque Natural do Alvão and to develop and implement a long-term monitoring program using a Geographic Information System (GIS).

Key words: mushrooms, GIS, geographical information system, monitorisation, ecosystem management

INTRODUÇÃO

A colheita e o consumo de cogumelos silvestres são práticas tradicionais em algumas regiões do país, principalmente em Trás-os-Montes, Beiras e Alentejo. No entanto tem-se verificado, nos últimos anos, uma intensificação da colheita tendo em vista a sua comercialização, em resultado da maior procura do mercado nacional e internacional.

É no grupo dos fungos ectomicorrízicos que se encontram as espécies mais valorizadas de cogumelos silvestres comestíveis, caracterizando-se estes fungos pela associação quase exclusiva com espécies lenhosas (MOLINA *et al.*, 1999). Dada a natureza micorrízica das principais espécies colhidas, surgem algumas preocupações relativas aos impactes da excessiva colheita, e aos métodos utilizados na mesma, na sobrevivência dos fungos e no equilíbrio ecológico das plantas hospedeiras (MOLINA *et al.*, 1994).

Sendo reconhecida a importância do uso múltiplo da floresta, sobretudo para as populações rurais, torna-se necessário adoptar medidas para a correcta gestão e conservação deste recurso natural (MOLINA *et al.*, 1994; ARNOLDS, 1995). Este aspecto merece particular atenção em algumas áreas protegidas onde a colheita de cogumelos tem também alguma expressão. O aproveitamento sustentável deste recurso depende, no entanto, de um melhor conhecimento das suas características ecológicas e estratégias reprodutivas, sendo por isso necessário intensificar os estudos neste grupo de organismos nos seus habitats naturais.

Com este estudo inicia-se a monitorização de cogumelos silvestres comestíveis, no Parque Natural do Alvão (PNAI), tendo em vista a gestão sustentada e um melhor conhecimento da ecologia destas espécies. Para o efeito, recorreu-se a um Sistema de Informação Geográfica (SIG) e à referenciação dos dados obtidos através do Sistema de Posicionamento Global (GPS), dada a elevada capacidade de armazenamento e análise de informação possibilitada por estas tecnologias (MICHENER, *et al.*, 1994; ARONOF, 1995). As principais vantagens do recurso a um SIG residem na possibilidade de responder, de modo expedito, a questões de natureza geográfica, com base na análise de mapas obtidos a partir de atributos associados a bases de dados, bem como pela capacidade de integração dos métodos da geoestatística e da programação linear no desenvolvimento de modelos para o apoio à tomada de decisão na gestão dos recursos naturais (McCLOY, 1995; NÆSSET, 1997; VARMA *et al.*, 2000).

MATERIAL E MÉTODOS

1. Caracterização da área em estudo

O Parque Natural do Alvão (PNAI) situa-se no Norte de Portugal, na província de Trás-os-Montes e Alto Douro, abrangendo 7.220 ha da serra do Alvão.

Devido à localização geográfica e à orografia acentuada, numa área relativamente pouco extensa, apresenta características climáticas particulares em resultado da influência atlântica e mediterrânica. Os solos predominantes são leptossolos úmbricos, seguindo-se os cambissolos úmbricos órticos (AGROCONSULTORES & COBA, 1991).

As manchas florestais são constituídas essencialmente por povoamentos de coníferas, principalmente *Pinus pinaster* e *Pinus sylvestris* e por carvalhais autóctones de *Quercus robur* e *Quercus pyrenaica*. Encontram-se ainda povoamentos de *Betula alba*, *Castanea sativa*, *Quercus rubra*, *Eucalyptus globulus* e reduzidos bosques de *Quercus suber*. A grande diversidade edafoclimática do PNAI condiciona também a existência de vegetação espontânea muito diversificada (FERNANDES, 1994).

2. Análise sócio-económica

A primeira fase do trabalho consistiu na recolha de informações relativas ao aproveitamento e comercialização de cogumelos pelas populações locais. Para o efeito, realizaram-se 57 entrevistas a adultos, distribuídas por 8 das 9 aldeias do PNAI, num universo populacional de 894 indivíduos. As entrevistas não seguiram nenhum esquema rígido no que se refere ao número de entrevistados por aldeia, ou à sua representatividade estatística, pois com elas apenas se pretendeu obter informações acerca das espécies usualmente colhidas, das áreas onde ocorrem e do tipo de aproveitamento que tem sido feito deste recurso (PEREIRA e MOTA, 2001).

3. Inventário e mapeamento

A partir das informações obtidas relativamente aos locais de ocorrência de espécies comestíveis e com base em informação georeferenciada existente¹ (vegetação, altimetria, geologia, declive), seleccionaram-se os povoamentos para a realização do inventário, tentando abranger-se o maior número possível de formações arbóreas e condições ecológicas.

O inventário e mapeamento iniciou-se na Primavera logo que as condições climáticas se tornaram favoráveis à ocorrência de frutificações. Em cada um dos povoamentos seleccionados realizaram-se amostragens semanais por prospecção intensiva ao longo de transectos em ziguezague. Para além do inventário das espécies existentes, registou-se o número de exemplares por espécie e os locais de ocorrência, através do sistema de posicionamento por satélite, recorrendo a um equipamento portátil de GPS.

O inventário incidiu apenas nas espécies comestíveis mais procuradas, por serem mais conhecidas ou mais valorizadas comercialmente, bem como nas espécies com maior potencialidade de aproveitamento económico. Assim as espécies consideradas foram: *Cantharellus cibarius*, *Boletus edulis*, *Boletus*

¹ Plano de Ordenamento do PNAI

aestivalis, *Boletus pinicola*, *Boletus aereus*, *Lactarius deliciosus*, *Tricholoma equestre*, *Tricholoma portentosum*, *Russula cyanoxantha*, *Russula virescens*, *Amanita rubescens*, *Suillus luteus*, *Macrolepiota procera* e *Fistulina hepatica*. Com excepção das duas últimas espécies, todos são fungos ectomicorrízicos, ocorrendo exclusivamente nos povoamentos florestais.

Os dados climáticos relativos à precipitação e temperatura foram obtidos numa estação climatológica localizada em Lamas de Olo, uma das aldeias desta área protegida.

Exemplares de cada espécie inventariada foram desidratados e encontram-se em colecção na Micoteca da UTAD.

4. Tratamento dos dados

As posições obidas por GPS, no campo, foram processadas posteriormente (correção diferencial), a partir dos registos de uma estação fixa (UTAD) e exportados tendo em conta o formato reconhecido pelo SIG a utilizar, através do *software* Pathfinder Office².

Estas posições, juntamente com os atributos recolhidos (n.º de colheita, data de colheita, espécie, n.º de indivíduos e produtividade) foram carregados numa *warehouse* do tipo Access, tendo em vista a sua integração no SIG arquitectado em Geomedia³. Além desta informação, o SIG importou outras *warehouses*, provenientes do Plano de Ordenamento do PNAI, como sejam a exposição, declive, tipo de povoamento, tipo de solo e altitude, necessárias à fase de análise a efectuar posteriormente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Análise sócio-económica

Dos entrevistados, 74% afirmaram conhecer ou consumir cogumelos silvestres. A colheita destina-se ao autoconsumo, verificando-se apenas casos pontuais em que é feita recolha com fins comerciais, sendo adquirida por um concentrador de uma aldeia limítrofe à área do PNAI ou vendida directamente nos mercados mais próximos.

As pessoas conhecem os riscos da colheita de cogumelos e por isso apenas colhem as espécies que conhecem bem, principalmente *Macrolepiota procera* (frades) e *Boletus edulis* (míscaro). Em algumas aldeias foram os emigrantes que iniciaram as populações na recolha de determinadas espécies. Na figura 1 estão representadas as principais espécies colhidas. A espécie *Boletus edulis*, é aqui considerada no sentido lato, uma vez que as populações não distinguem as restantes espécies pertencentes a este grupo, *B. aestivalis*, *B. pinicola* e *B. aereus*, devido à semelhança morfológica.

² Trimble™

³ ©Intergraph Corporation

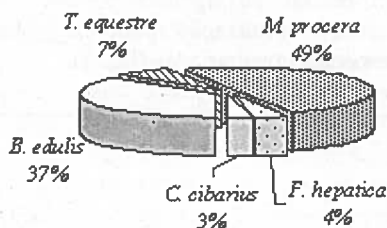


Fig. 1. Principais espécies de cogumelos conhecidas e recolhidas pelos entrevistados.

2. Inventário e mapeamento

Na época da Primavera, verificou-se elevada predominância das espécies *Amanita rubescens* e *Cantharellus cibarius* (fig. 2). A primeira espécie é cosmopolita, tendo-se encontrado em praticamente todos os povoados inventariados, nas épocas de Primavera e Outono.

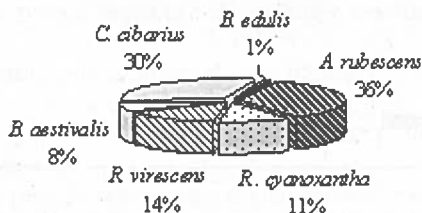


Fig. 2. Principais espécies inventariadas na Primavera.

Algumas espécies ocorreram apenas na época de Primavera, por exemplo, *Cantharellus cibarius*, ou na época de Outono, como a espécie *Tricholoma equestre* que apareceu nesta época em elevada percentagem.

A análise dos registos obtidos, com recurso à aplicação de filtros aos atributos e de filtros espaciais disponibilizados pelo SIG, permitiu a obtenção de mapas de distribuição de diferentes espécies (mapas temáticos) e a selecção de locais adequados à instalação de parcelas experimentais permanentes, para a monitorização e estudos futuros de avaliação do impacte da colheita na produtividade.

Tendo-se verificado valores bastantes anormais de precipitação e temperatura no ano em que decorreu o estudo, considera-se necessário prolongar o trabalho de inventário e mapeamento das espécies para a selecção definitiva das parcelas experimentais permanentes. No entanto, tendo em consideração a ocorrência e

produtividade de espécies comestíveis com o cruzamento da informação existente, foi possível definir já algumas parcelas, abrangendo diferentes condições ecológicas, cuja localização pode ser observada no mapa da distribuição geral das espécies inventariadas (fig. 3).

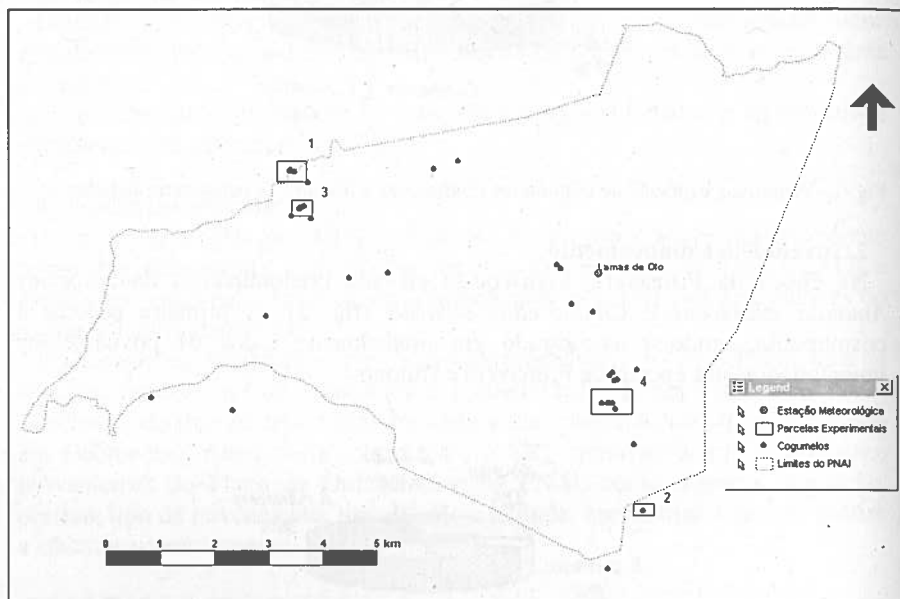


Fig. 3. Distribuição da totalidade das espécies em estudo e delimitação de quatro parcelas permanentes

A existência de diversa informação digitalizada, como a geologia, tipo de solo, altimetria, declive, vegetação, etc., permitirá obter informações úteis acerca da ecologia das espécies em estudo, pela utilização das ferramentas disponibilizadas pelo SIG, nomeadamente as funções de *query*, *proximidade*, *pesquisa*, *classificação*, etc. Nesse sentido, considera-se necessário incluir, nas parcelas experimentais, informação relativa a outras variáveis que condicionam a distribuição e abundância de cogumelos silvestres, em particular, a espessura da camada orgânica em decomposição e o pH do solo (TYLER, 1989; RUHLING & TYLER, 1990).

Após vários anos de monitorização será possível desenvolver modelos de produtividade para cada espécie e estimar, de forma expedita, a potencialidade micológica de cada parcela em estudo.

CONCLUSÕES

O aproveitamento económico dos cogumelos silvestres nos planos de gestão das áreas protegidas requer um melhor conhecimento da biologia e ecologia das espécies colhidas e a sua monitorização. Considera-se prioritário obter informação acerca dos parâmetros ambientais que influenciam o estabelecimento e sucessão das espécies de fungos, a ocorrência de frutificações e a resposta a factores de perturbação, incluindo a recolha sistemática.

A sensibilização e envolvimento das populações residentes é um factor essencial para o sucesso do programa de monitorização, uma vez que é necessário garantir a ausência de colheita nas parcelas experimentais. As áreas protegidas são, por isso, os locais mais indicados para estes estudos, uma vez que é mais fácil estabelecer restrições à colheita de cogumelos.

A utilização crescente dos sistemas de informação geográfica na gestão florestal e conservação da biodiversidade em geral, tem demonstrado a eficiência destas tecnologias na manipulação de um grande número de variáveis espaço-temporais (NÆSSET, 1997; VARMA *et al.*, 2000). A facilidade com que os dados são armazenados, processados e comparados ao longo do tempo, tornam estas metodologias particularmente adequadas à monitorização das populações de fungos e permitem, de forma fundamentada, adoptar as medidas que se tornarem necessárias para a protecção de espécies em risco (CASTELLANO, 1997).

Este trabalho constitui uma proposta de metodologia a adoptar noutras áreas, protegidas ou não, em que a colheita de cogumelos deve ser acompanhada de uma monitorização de modo a salvaguardar a conservação deste recurso e dos habitats a ele associados.

A utilização de informação em formato digital permite uma maior facilidade na partilha de informação e construção de bases de dados regionais ou nacionais, bem como na divulgação pública do processo de monitorização pelo recurso às novas tecnologias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROCONSULTORES & COBA. 1991. *Carta dos Solos, Carta do Uso Actual da Terra e Carta de Aptidão da Terra do Nordeste de Portugal. Memórias*. Projecto de Desenvolvimento Rural Integrado de Trás-os-Montes e Alto Douro, UTAD.
- ARNOLDS, E. 1995. Conservation and management of natural populations of edible fungi. *Can. J. Bot.*, 73 (suppl. 1): S987-S998.
- ARONOF, S. 1995. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. WDL Publications, Ottawa, Canada.
- CASTELLANO, M.A. 1997. Recent developments in monitoring and inventory of fungal diversity in the northwestern United States. In *Mycology in Sustainable Development: Expanding Concepts, Vanishing Borders*. Parkway Publishers, Inc.
- FERNANDES, M. 1994. *Cartografia e Caracterização da Vegetação Actual do Parque Natural do Alvão*. Relatório Final de Estágio, UTAD, Vila Real.
- MCCLOY, K. R. 1995. *Resource Management Information Systems: Process and Practice*. Taylor & Francis.

- MICHENER, W. K., BRUNT, J. W. & STAFFORD, S. G. 1994. *Environmental Information Management and Analysis: Ecosystem to Global Scales*. Taylor & Francis.
- MOLINA, R., O'DELL, T., LUOMA, D., AMARANTHUS, M., CASTELLANO, M. & RUSSELL, K. 1993. *Biology, Ecology, and Social Aspects of Wild Edible Mushrooms in the Forests of the Pacific Northwest: a Preface to Managing Commercial Harvest*. USDA, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-309
- MOLINA, R., AMARANTHUS, M., PILZ, D. & FISCHER, C. 1994. Commercial harvest of edible ectomycorrhizal fungus sporocarps from Pacific Northwestern Forests: ecological and management implications. *Proceedings of Integrated systems from genes to plant development*. European Commission Directorate-General XII, Science, Research and Development, pp. 561-564.
- MOLINA, R., O'DELL, T., DUNHAM, S. & PILZ, D. 1999. Biological diversity and ecosystem functions of forest soil fungi: Management implications. *Proc. Pacific Northwest Forest and Rangeland Soil Organism Symposium*, 461: 45-58.
- NÆSSET, E. 1997. Geographical information systems in long-term forest management and planning with special reference to preservation of biological diversity: a review. *For. Ecol. Manag.* 93: 121-136.
- PEREIRA, M. L. & MOTA, S. G. 2001. *Avaliação da produtividade e ecologia de espécies de cogumelos silvestres comestíveis no Parque Natural do Alvão*. Projecto da Licenciatura em Engenharia Ambiental e dos Recursos Naturais, UTAD.
- RUHLING, A. & TYLER, G. 1990. Soil factors influencing the distribution of macrofungi in oak forests of southern Sweden. *Holarctic Ecology*, 13: 11-18.
- TYLER, G. 1989. Edaphical distribution patterns of macrofungal species in deciduous forest of south Sweden. *Acta Ecologica* 10(3): 309-326.
- VARMA, V.K., FERGUNSON, I. & WILD, I. 2000. Decision support system for the sustainable forest management. *For. Ecol. Manag.* 128: 49-55.

O ENSINO A DISTÂNCIA DA ECOLOGIA E DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Sandra Caeiro*, Cristina Carapeto & Ulisses Azeiteiro*****

Universidade Aberta, Departamento de Ciências Exactas e Tecnológicas,

Rua da Escola Politécnica, 147, 1250-100 Lisboa, Portugal

* scaeiro@univ-ab.pt **carapeto@univ-ab.pt ***ulisses@univ-ab.pt

Caeiro, S., Carapeto, C. & Azeiteiro, U. (2001). O ensino a distância da ecologia e da educação ambiental. *Revista Biol. (Lisboa)* **19**: 107-114.

A Universidade Aberta (UA) é uma Instituição Pública, especialmente vocacionada para o ensino superior aberto e a distância. Inserida no conjunto das Universidades estatais portuguesas, a UA disponibiliza aos seus estudantes uma variedade de conteúdos científicos que possibilitam a obtenção de graus académicos clássicos e garante a formação contínua de todos os que a ela recorrem. O regime de auto-aprendizagem tem por base materiais didácticos em suporte *scripto*, áudio e vídeo sendo as sessões presenciais realizadas apenas sob solicitação dos estudantes. Cada disciplina tem pelo menos um docente, com formação académica apropriada, para apoiar o processo de aprendizagem. Os *curricula* dos diversos cursos ministrados pela UA são definidos de acordo com as exigências científicas e actualizados regularmente, tendo em conta as necessidades profissionais dos formandos que recorrem a esta Universidade. O sistema de aconselhamento curricular disponibilizado visa a orientação dos alunos na escolha de determinadas matérias sem, no entanto, coarctar a sua liberdade de escolha, dentro de parâmetros pré-definidos. O estudo que se apresenta faz uma caracterização preliminar das taxas de sucesso em duas disciplinas da área das ciências a nível de todo o país. Conclui-se que os níveis de sucesso / insucesso apresentados neste estudo se enquadram na experiência que outras Universidades de ensino a distância têm tido. A nossa experiência revela-nos que o regime de auto-aprendizagem pode ser tão eficaz e compensador como os regimes de ensino presencial.

Palavras Chave: Ecologia, Educação Ambiental, Ensino a distância.

Caeiro, S., Carapeto, C. & Azeiteiro, U. (2001). Distance education of ecology and environmental education. *Revista Biol. (Lisboa)* 19: 107-114.

The Portuguese Open University (UA) is a public University especially dedicated to the open and distance education. It belongs to the vast group of state universities in Portugal, and provides its students with a variety of scientific subjects that allows them to achieve the classical academic graduation, warranting long life learning. Our self-learning system makes use of different study materials such as written texts, audiotapes and videotapes, among others. On occasions, upon request of students, pupils and lecturer meet together to clarify questions and difficulties that may need a more specific treatment. For each subject there is at least one lecturer with academic expertise in charge of the learning process. *Curricula* are determined in accordance with the most up to date scientific demands and are revised regularly taking into account the student's professional needs. The *curriculum* advisory system available aims to guide our students in the choice of subjects, always keeping in mind the student's freedom of choice within pre-defined parameters.

This study is an introductory characterisation of success rates in relation to two scientific subjects, in the whole country. We concluded that success / insuccess rates are in accordance with what other distance learning universities have experienced. Our practice has revealed that the self-learning regime may be as productive and rewarding as the classical regimens that make use of lessons where students and lecturers meet frequently.

Key Words: Ecology, Environmental Education, Distance Education.

INTRODUÇÃO

O ensino universitário a distância iniciou-se em Portugal em 1980 com a criação do Instituto Português de Ensino a Distância (IPED) destinado à preparação e treino dos responsáveis por essa missão. Desde aí sofreu uma evolução rápida e, actualmente, a Universidade Aberta é a única instituição universitária oficial que ministra este tipo de ensino.

Numa perspectiva actual podem-se indicar, mesmo que resumidamente, as seguintes características que diferenciam uma Universidade de ensino a distância das suas congéneres de ensino presencial (CARAPETO, 1997):

- a) estudantes e professores não se encontram no mesmo espaço físico, já que não existem aulas formais tal como actualmente são concebidas;
- b) os estudantes não necessitam de se deslocar, e permanecer, a um determinado local a fim de realizarem a aprendizagem dos assuntos a que se

propuseram; há, contudo, casos específicos em que essa deslocação é imperiosa, mesmo que por períodos menos longos do que se verifica nas universidades presenciais. É o caso da realização de trabalhos laboratoriais ou situações em que a interacção pessoal seja uma componente demasiado importante para se dispensar;

c) uma vez que não existem as aulas formais, como acima se referiu, os alunos não têm um horário rígido, podendo estudar ao seu próprio ritmo;

d) os estudantes utilizam, como suporte de estudo, materiais mediatizados especificamente desenvolvidos para o ensino a distância (LAGARTO, 1994), não estando, por esta razão, dependentes do docente como acontece no ensino presencial. O facto de estes materiais de ensino serem concebidos tendo já em vista o ensino a distância, é importante pois todo o material é cuidadosamente preparado, não só em termos científicos, mas também tendo em vista o estímulo contínuo do aluno, para que este prossiga com gosto a sua aprendizagem para níveis seguintes.

Embora no ensino a distância o aluno não mantenha com o docente da disciplina uma interacção tão assídua como acontece nas instituições de ensino presencial, ele continua a precisar do apoio do professor não só para o esclarecimento de dúvidas sobre diversos assuntos, como também para o aconselhamento curricular e aprofundamento de conhecimentos sobre temas que sejam para ele particularmente importantes. Na UA este contacto com o professor é sempre possível via telefone, correio, telefax ou pela utilização do correio electrónico. A utilização de vídeo conferência é também um sistema implementado na UA sempre que exista um grupo de alunos que o justifique. Deste modo o estudante e o docente mantêm entre si uma comunicação assídua que é requisitada pelo estudante. Além deste tipo de comunicação, os docentes da UA acompanham o estudo dos seus discentes pela correcção de trabalhos que os alunos lhes enviam logo que os tenham completado. São estes trabalhos, essencialmente, os Testes Formativos elaborados à imagem do que será, futuramente, o exame final. Desta forma o estudante pode fazer uma auto-avaliação dos seus conhecimentos em diversos estádios da sua aprendizagem e o docente pode avaliar quais as maiores dificuldades encontradas por parte dos seus alunos. Após a correcção dos Testes Formativos o docente reenvia-os aos alunos acompanhados de um relatório onde explica de forma mais clara quaisquer assuntos onde tenha verificado uma notória dificuldade e aconselhando sobre a forma como o estudo deve prosseguir (CARMO & FERREIRA, 1998).

O estudo que nos propomos apresentar faz uma caracterização preliminar das taxas de sucesso em duas disciplinas da área das ciências a nível de todo o país (Portugal Continental e Ilhas) — Ecologia Geral e Educação Ambiental. Ambas as disciplinas se enquadram no programa da Licenciatura em Educação Tecnológica e da Licenciatura para Complemento de Habilitações para

professores do 2º e 3º ciclos do Ensino Básico e Secundário, embora qualquer estudante da UA possa frequentar estas disciplinas como opcionais.

O ensino a distância da Ecologia e da Educação Ambiental representa a procura de um acto pedagógico mais próximo da vida e dos grandes problemas globais e da grande tendência de actualização. A evolução da nossa consciência colectiva em relação aos problemas ambientais apela para a formulação e execução de práticas orientadas para a modificação dos comportamentos das populações e para a sua participação activa na revitalização do ambiente, o que implica um acréscimo de necessidades educativas e de formação neste domínio.

METODOLOGIA

A análise efectuada incide sobre a taxa de sucesso dos estudantes que se apresentaram a exame final desde 1994/95, para a disciplina de Ecologia Geral e desde 1997/98, para a disciplina de Educação Ambiental. Com o objectivo de avaliar o efeito dos contactos entre docente e discente sobre o progresso da aprendizagem, procedeu-se a uma análise mais detalhada, para o ano lectivo de 1998/99, em relação à disciplina de Educação Ambiental. Esta análise englobou uma amostra relevante do número de contactos feitos pelos alunos, a sua participação nas sessões presenciais e, finalmente, a sua taxa de sucesso no final do ano lectivo (cerca de 400 estudantes).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira observação que nos é dada fazer refere-se ao facto de existir uma pequena percentagem de estudantes inscritos nas disciplinas de Ecologia e Educação Ambiental, cujos antecedentes escolares se situam fora das áreas classicamente consideradas das ciências (Fig. 1). Este facto reveste-se de uma importância muito especial pois indica o interesse crescente da população em inteirar-se sobre os problemas que afectam o ambiente.

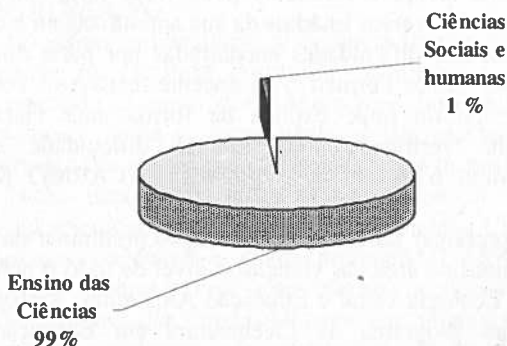


Fig. 1 - Disciplinas de Ecologia e Educação Ambiental - Alunos de cursos de ensino das ciências e de ciências sociais e humanas.

Nota: Inclui-se na categoria de Ciências Sociais e Humanas Cursos Superiores de História, Português, Francês e Ciências Sociais e na Categoria Ensino das Ciências Cursos Superiores de Ensino da Educação Tecnológica, da Matemática, da Biologia/Geologia, e de Educação Visual e Complemento de Formação de Professores de 1º Ciclo.

A análise dos dados relativos ao sucesso escolar na disciplina de Ecologia Geral permitem concluir que (i) a taxa de insucesso aumentou durante o período em estudo (de 1994/95 a 1998/99) (Fig. 2) e (ii) a percentagem de alunos com insucesso escolar é mais elevada na segunda época de exames, dentro de cada ano lectivo (Fig. 3). Esta última análise confirma-se também nos dados da disciplina de Educação Ambiental (Tabela 1).

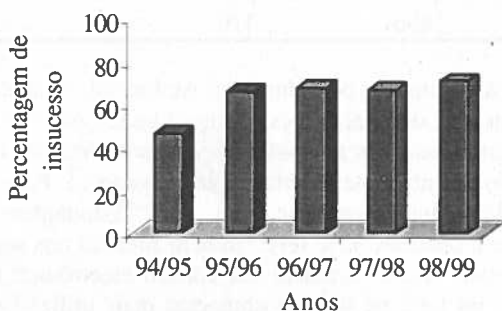


Fig. 2 - Disciplina de Ecologia - Evolução do insucesso escolar.

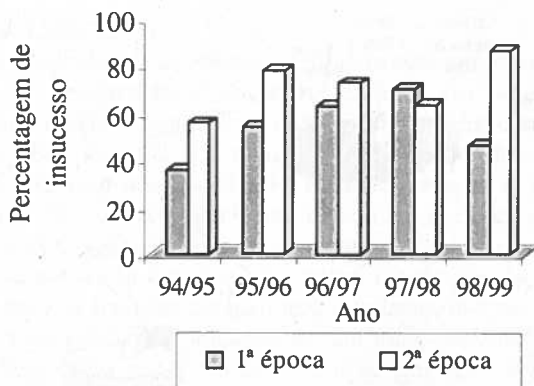


Fig. 3 - Disciplina de Ecologia - Comparação do insucesso escolar em épocas de exame distintas.

Uma vez que o nível de dificuldade apresentado em ambas as épocas de exame é sempre idêntico, ainda não nos foi possível isolar o factor principal subjacente ao aumento da taxa de insucesso. Contudo, diversas causas podem estar na origem

deste fenómeno, nomeadamente o cansaço intelectual, o desânimo face aos primeiros resultados ou, ainda, o acréscimo de trabalho oriundo de outras disciplinas.

Tabela 1 - Disciplina de Educação Ambiental - Insucesso escolar no ano de 98/99.

Data do Exame	Total de Alunos	Número de alunos com insucesso escolar	Percentagem de insucesso
1ª Época 98 / 99	1211	272	23
2ª Época 98 / 99	485	207	42
TOTAL	1696	479	28

Relativamente à disciplina de Educação Ambiental, a análise do ano lectivo 1998/99 revelou que, do total dos estudantes que se apresentaram a exame final, 17% tinham participado nas sessões presenciais realizadas. Desta percentagem, cerca de 91% dos alunos obteve uma avaliação positiva. Para além disto, a nossa análise permitiu ainda verificar que, dos estudantes que contactaram telefonicamente o docente, 93% teve também sucesso nos seus estudos (Fig. 4). Verifica-se também que o contacto via correio electrónico representou apenas cerca de 0,5 % do total de tipo de contactos mais utilizados pelos alunos. No entanto, consideramos que este valor tenderá a aumentar devido à natural evolução das utilização das novas tecnologias.

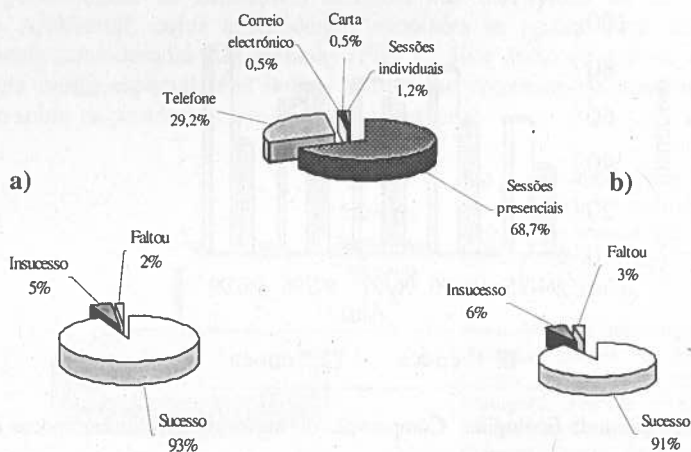


Fig. 4- Disciplina de educação ambiental - tipo de contactos mais utilizados pelos estudantes e % de sucesso/insucesso dos estudantes que (a) contactaram telefonicamente ou (b) participaram nas sessões presenciais.

É interessante, e compensador, verificar que quando os estudantes contactam o docente, o seu principal objectivo é o de esclarecerem dúvidas sobre a matéria de estudo. Contudo, a estrutura do exame é uma preocupação sempre presente, como revela a percentagem de contactos a esse respeito (Fig. 5). Embora as questões sobre os conteúdos programáticos ocupem apenas 20% dos contactos entre docentes e discentes, estes realizam-se sobretudo no início de cada ano lectivo ou na primeira altura em que o estudante conhece a matéria de estudo.

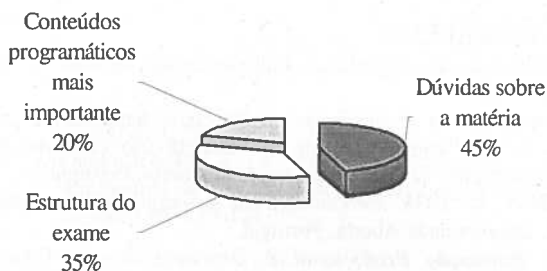


Fig. 5 - Disciplina de Educação Ambiental - Tipo de questões colocadas pelos estudantes que contactam o docente.

CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho permitem concluir, mesmo numa primeira análise, que os contactos entre docente e discente são benéficos para o processo do ensino / aprendizagem. Estes dados são revelados quando se comparam as taxas de sucesso do total dos alunos (72%) com as dos estudantes que contactam regularmente o docente (92 %). Relativamente ao aumento do insucesso escolar na disciplina de Ecologia Geral, deverá ter-se em conta as características muitas especiais da nossa população estudantil das quais se podem destacar:

a) a população estudantil em causa é uma população fixa; isto é não existiu uma entrada significativa de novos estudantes durante o período em questão;

b) a exigência na obtenção de um curso de graduação é menor para estes estudantes uma vez que todos eles já se encontram integrados nas suas carreiras profissionais;

c) o ritmo de estudo de qualquer pessoa a partir de determinada idade diminui em comparação com as populações mais jovens;

d) muitos dos estudantes já possuem um grau académico pelo que a frequência da Universidade se relaciona mais com a vontade de adquirir conhecimentos do que com a exigência da obtenção de qualificações quer se adaptem ao mercado de trabalho;

e) a interrupção da vida académica, por motivos familiares ou outros, leva ao esquecimento de conhecimentos básicos essenciais para o prosseguimento de estudos e à perda de hábitos de estudo.

Por todos estes motivos e pelo conhecimento que se tem da população estudantil (CARMO, 1994), cremos que os níveis de sucesso / insucesso aqui apresentados se enquadram na experiência que outras Universidades de ensino a distância têm tido. A nossa experiência tem-nos revelado que o regime de auto-aprendizagem pode ser tão eficaz e compensador como os regimes de ensino presencial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARAPETO, C. 1997. Relatório de Actividades. Submetido ao Conselho Científico da Universidade Aberta.
- CARMO, H. 1994. *Ensino Superior a Distância em Portugal*. Separata de Carmo, H. (1994), Modelos Ibéricos de Ensino Superior a Distância (no contexto mundial), Dissertação de Doutoramento, pp. 525-628. Universidade Aberta, Portugal.
- CARMO, H. & FERREIRA, M. 1998. *Metodologia da Investigação*. Guia para Auto-Aprendizagem. Nº 147, Universidade Aberta, Portugal.
- LAGARTO, J.R. 1994. *Formação Profissional a Distância*. Temas Educacionais. Universidade Aberta / Instituto de Emprego e Profissional Formação.

QUANTIFICAÇÃO E DIVERSIDADE MICOLÓGICA ASSOCIADA A SEDIMENTOS DE UM SAPAL DO ESTUÁRIO DO TEJO

Ana Luisa Costa¹, Margarida Barata^{2,3}, Isabel Caçador^{1,2}
& Manuela Carolino^{2,4}

¹Instituto de Oceanografia, Campo Grande, 1700 Lisboa

²Departamento de Biologia Vegetal, FCUL, Campo Grande, 1700 Lisboa

³Centro de Micologia, FCUL

⁴Centro de Ecologia e Biologia Vegetal, FCUL

Costa, A. L., Barata, M., Caçador, I. & Carolino, M. (2001).
Quantificação e diversidade micológica associada a
sedimentos de um sapal do estuário do Tejo. *Revista Biol.*
(Lisboa) **19**: 115-124 .

Este trabalho teve como objectivo quantificar e estudar a diversidade de fungos associados a sedimentos colonizados por diferentes halófitas de um sapal do estuário do Tejo. Analisou-se o efeito do tempo de agitação na recuperação dos fungos do sedimento; não se encontrando diferenças significativas entre 1 min., 2,5 min., 5 min. e 10 min. de agitação. Apenas no mês de Fevereiro foram encontradas diferenças entre o número de fungos associado ao sedimento entre raízes de *Spartina maritima* (300-10.000 u.f.c./ml g) e os encontrados associados ao sedimento de *Halimione portulacoides* (3000-100.000 u.f.c./ml g). Verificou-se ainda um aumento do índice de diversidade de fungos dos sedimentos com *Spartina maritima* para aos sedimentos colonizados por *Halimione portulacoides*. Os resultados embora preliminares apontam para um papel provavelmente diferencial na reciclagem de nutrientes dependente do tipo de planta que lhe está associado.

Palavras-chave: sapais, halófitas, sedimentos, fungos marinhos superiores, diversidade microbiana.

Costa, A. L., Barata, M., Caçador, I. & Carolino, M. (2001).
Fungi diversity and quantification associated to sediments in a salt-marsh of Tagus estuary. *Revista Biol.* (Lisboa) **19**: 115-124 .

This paper aims to quantify and study fungi diversity associated to different halophytes sediments in a salt marsh of Tagus estuary. The agitation time effect on fungi recuperation

(1 min., 2.5 min., 5 min. and 10 min.) was analysed and no significant differences were found. Results indicated differences in fungi numbers between *Spartina maritima* sediments (300-10.000 p.f.u./ml g) and *Halimione portulacoides* sediments (3000-100.000 p.f.u./ml g) only in February. Fungi diversity index increased from *Spartina maritima* to *Halimione portulacoides* sediments. This preliminary results point to a probable differential part in nutrient cycling dependent on plant type associated.

Key-words: salt-marshes, halophytes, sediments, higher marine fungi, microbial diversity.

INTRODUÇÃO

Nos sapais ocorre a decomposição de grande parte da biomassa vegetal e a reciclagem de nutrientes, que podem ser exportados para o sistema estuarino, sugerindo deste modo que os microrganismos tenham papel importante no processo de decomposição. GESSNER (1977) refere que os fungos podem ser importantes decompositores nos sapais. Outros autores (KOHLMEYER & KOHLMEYER, 1979), com base na dificuldade em cultivar em laboratório os verdadeiros fungos marinhos, com os métodos de isolamento tradicional, salientaram que as formas isoladas podem estar no sedimento na forma dormente e não serem fungos com crescimento activo. Para *Spartina* spp. conhecem-se mais de cem espécies de fungos superiores, a maior parte decompositoras, embora apenas algumas dessas espécies sejam passíveis de crescimento em laboratório (GESSNER & KOHLMEYER, 1976; BARATA, 1997).

Para compreender e avaliar a estrutura, funcionalidade e sustentabilidade de um sapal, é necessário não só conhecer as relações interespecíficas das populações como também ter uma informação quantitativa da biomassa total e particularmente do número de microrganismos. A variabilidade, o transporte das amostras e a escolha de uma metodologia adequada para estimar a biomassa microbiológica são algumas das dificuldades indicadas no estudo da microbiologia dos sedimentos (ATLAS & BARTHA, 1998).

Este trabalho teve como objectivo o estudo da quantidade e diversidade de fungos associados a sedimentos colonizados pelas halófitas *Spartina maritima*, *Arthrocnemum* spp. e *Halimione portulacoides*, num sapal do estuário do Tejo (sapal do Rosário).

Para otimizar o método de processamento do sedimento, estudou-se o efeito do tempo de agitação da amostra na recuperação dos microrganismos, por este ser um factor que influencia decisivamente as contagens de microrganismos viáveis (ATLAS & BARTHA, 1998).

METODOLOGIA

O Sapal do Rosário, de coordenadas 38° 40' N 09° 01' W; UTM 29SMC9080, situado na baía do Montijo, foi o local seleccionado para este estudo.

As colheitas de sedimento da rizosfera de *Spartina maritima*, *Arthrocnemum* spp. e *Halimione portulacoides* foram efectuadas nos meses de Janeiro, Fevereiro e Maio. Na maré-baixa recolheram-se três amostras de cada sedimento.

O processamento das amostras decorreu num período de 24 horas após a colheita do sedimento. A pesagem dos sedimentos, as diluições em soro fisiológico (10^0 , 10^{-1} e 10^{-2}) e o plaqueamento em caixas de Petri (duas por cada diluição) foram efectuadas em câmara de fluxo laminar. A diluição inicial (10^0) foi agitada durante diferentes períodos de tempo: 1; 2,5; 5 e 10 min., a fim de desagregar as partículas de sedimento e otimizar a recuperação dos fungos.

O meio "Corn Meal Agar" foi suplementado com NaCl 15‰ a pH 7 e cloranfenicol (0,5 mg/ml) de modo a tornar o meio selectivo para o isolamento de fungos halotolerantes.

Após a inoculação nas caixas de Petri as amostras foram incubadas a 28^o C, tendo sido efectuadas contagens de colónias aos 15 dias. Todas as colónias que apresentavam estruturas reprodutoras foram identificadas até ao género.

O método de plaqueamento em meio sólido, embora considerado um método que subestima a quantidade de microrganismos totais, é reconhecido como estratégia apropriada para identificação e caracterização de microrganismos (OGRAM & FENG, 1997).

Para analisar o efeito do tempo de agitação da diluição inicial na eficiência da remoção dos microrganismos viáveis em cada sedimento, aplicaram-se três testes não paramétricos de Kruskal-Wallis.

Para determinar se existiam diferenças significativas no número de fungos recuperados a partir dos três tipos de sedimento aplicou-se uma ANOVA para cada uma das amostras mensais e também para o período total de amostragem. Para os dados referentes a Fevereiro em que se verificaram diferenças significativas entre os três tipos de sedimentos aplicou-se o teste "à posteriori" HSD de Tukey.

Para avaliar a diversidade microbiana dos vários sedimentos aplicou-se o índice de Shannon-Weaver (MARGALEF, 1995). Para testar a significância das diferenças encontradas entre os índices aplicou-se o teste t proposto por Hutcheson (HUTCHESON, 1970, cit. por ZAR, 1984).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que não havia uma diferença significativa entre os vários tempos de agitação (1'; 2,5'; 5' e 10') para a quantidade de fungos viáveis em cada tipo de sedimento (Tabela 1), o que pode indicar que as condições de agitação aplicadas não foram as mais eficientes ou que, ao fim de um minuto, todos os microrganismos possíveis foram recuperados.

No período total de amostragem (Janeiro, Fevereiro e Maio) verificou-se um número crescente de fungos (u.f.c. -unidades formadoras de colónias, ml⁻¹ g⁻¹) solo seco) das cotas baixas (sedimento associado a *S. maritima*) para as altas (sedimento associado a *H. portulacoides*), tendo-se determinado, por aplicação

de uma ANOVA (dados homogêneos) que as diferenças não são significativas (Figura 1).

Tab. 1 - Teste de Kruskal-Wallis para estudar o efeito do tempo de agitação na diluição inicial em cada tipo de sedimento.

Tipo de sedimento	Teste de Kruskal-Wallis	
<i>Spartina maritima</i>	p=0,974	NS
<i>Arthrocnemum spp.</i>	p=0,843	NS
<i>Halimione portulacoides</i>	p=0,144	NS

NS= não significativo

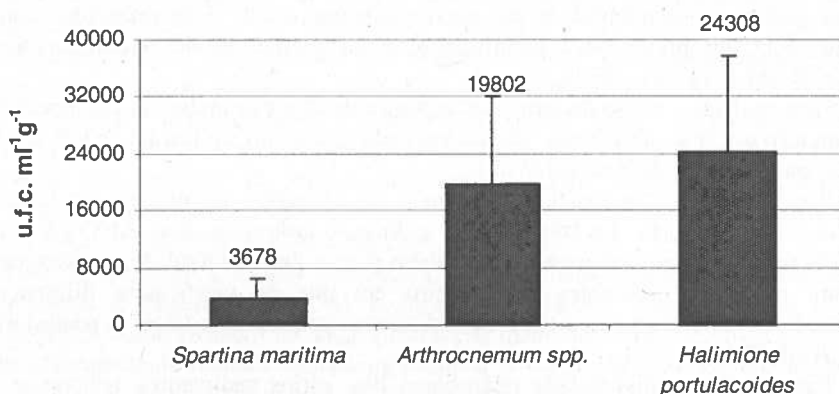


Fig. 1 - Número médio de fungos (u.f.c.ml⁻¹ g⁻¹ peso seco) associados aos sedimentos estudados no período total de amostragem (diferenças não significativas para p<0,05). Os segmentos verticais representam o erro padrão.

No entanto, em relação aos dados do mês de Fevereiro (Figura 2), eles diferem significativamente (p<0,01), aplicando-se o teste "à posteriori", HSD de Tukey verifica-se que existem diferenças significativas no número de fungos entre os sedimentos associados a *S. maritima* e *H. portulacoides* (p<0,01). A ausência de diferenças significativas nos restantes meses pode ser devida à elevada variabilidade associada a cada sedimento.

De acordo com os resultados obtidos, os índices de diversidade microbiana (a nível de género) associados a cada tipo de sedimento diferem significativamente entre si p<0,05 (tabela 2).

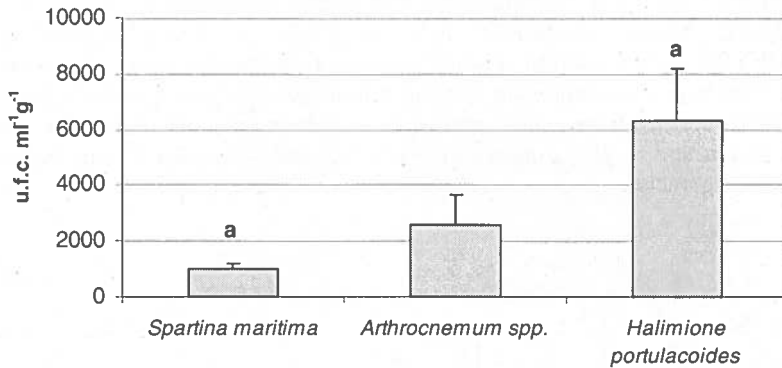


Fig. 2 - Número médio de fungos (u.f.c.ml⁻¹ g⁻¹ peso seco) associados aos sedimentos estudados no mês de Fevereiro. Os segmentos verticais representam o erro padrão. a= valores que diferem significativamente para p<0,01.

Tab. 2. Índices de diversidade dos três sedimentos. As diferenças entre os índices são significativas para p<0,05.

Tipo de sedimento:	Nº de géneros de fungos	índice de diversidade bits/indivíduo *
<i>Spartina maritima</i>	6	2.07
<i>Arthrocnemum spp.</i>	12	2.63
<i>Halimione portulacoides</i>	16	3.14

* fórmula de Shannon- Weaver

O sedimento com *Spartina maritima* apresentou o índice de diversidade mais baixo e o sedimento de *Halimione portulacoides* o índice mais elevado. Segundo MARGALEF (1995) um menor índice pode estar associado a condições ambientais extremas, como as verificadas nos sedimentos com *Spartina maritima* (Figura 3), enquanto que um maior índice reflete uma maior estabilidade ambiental. Os sedimentos existentes nas cotas mais altas são mais estruturados e com maior diversidade vegetal (Caçador, 1994).

As frequências de fungos observadas (razão entre o número de indivíduos de um determinado género e o número total de indivíduos observados) em *Arthrocnemum spp.* e *H. portulacoides* foram muito semelhantes (Figura 4 a e b). Constatou-se ainda que *Humicola sp.* apareceu quase exclusivamente no sedimento associado a *S. maritima* (Figura 4 c). Este tipo de sedimento possui elevada salinidade (18‰) enquanto que os sedimentos colonizados por

Arthrocnemum spp. e *H. portulacoides* têm menor salinidade (12‰ - 14‰) (CAÇADOR, 1994). DOMSCH *et al.* (1980) e KOHLMAYER & KOHLMAYER (1979) referem algumas espécies pertencentes a este género em sapais e sedimentos estuarinos de elevada salinidade enquanto que *Penicillium* sp. descrito apenas para solos predominou sobretudo nos sedimentos de *Arthrocnemum* spp. e *H. portulacoides* de cotas mais elevadas e com menor período de alagamento.

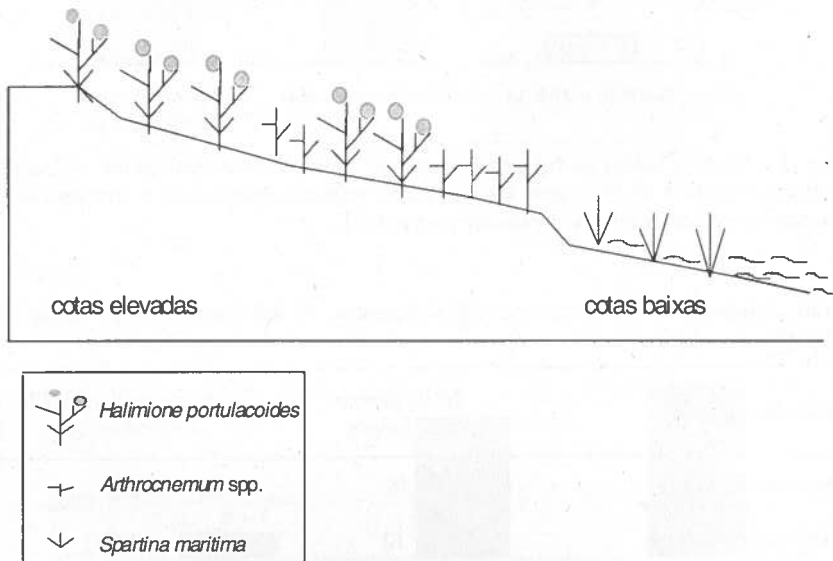
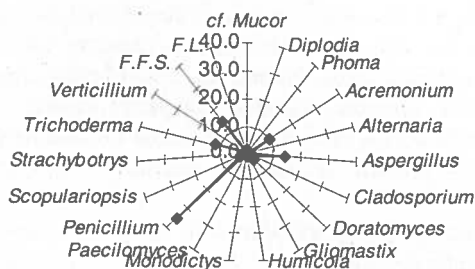


Fig. 3 - Esquema representativo da sucessão das plantas em estudo no sapal.

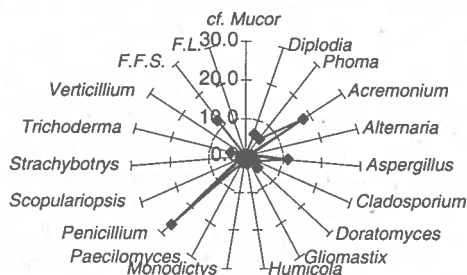
Nas condições experimentais do ensaio apresentado predominaram 5 géneros (*Penicillium*, *Acremonium*, *Trichoderma*, *Aspergillus* e *Humicola*), além da fracção de fungos filamentosos septados não identificados (F.F.S.) que representa cerca de 10% do total. Esta percentagem de fungos filamentosos não identificados foi devida, essencialmente, à ausência de estruturas reprodutoras identificáveis.

Neste trabalho foi possível isolar e identificar microrganismos considerados fungos marinhos superiores: *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp., *Humicola* sp., *Monodictys* sp., *Diplodia* sp. e *Phoma* sp.. De salientar que *Alternaria* sp. e *Phoma* sp. isolados de sedimentos associados a *Halimione portulacoides*, são também referidos como fungos isolados no mesmo tipo de sedimento por KOHLMAYER e KOHLMAYER (1979).

a) *Arthrocnemum* spp.



b) *Halimione portucaloides*



c) *Spartina maritima*

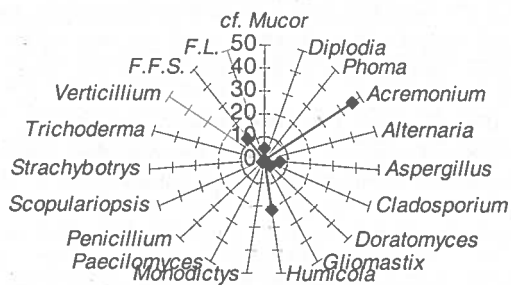


Fig. 4 - Frequências de fungos observadas (%) nos sedimentos estudados. F.F.S.= fungos filamentosos septados não identificados; F.L.= fungos leveduriformes; cf.= género a confirmar. A ordem adoptada para a distribuição dos géneros, no sentido dos ponteiros do relógio, foi por divisões taxonómicas (Zigomycota (cf. *Mucor*) e Deuteromycota) e na divisão Deuteromycota por classes (Coelomycetes (*Diplodia* e *Phoma*) e Hyphomycetes) e finalmente em cada classe por ordem alfabética.

BARATA (1997) realizou o estudo do micota associado a plantas enraizadas de *Spartina maritima* colhidas no sapal do Rosário e identificou 12 fungos marinhos superiores a partir dos colmos e folhas desta halófito. Destes apenas o género *Phoma* sp. foi também detectado no presente trabalho, associado ao sedimento de *H. portulacoides*. *Phoma* sp. classificado como fungo marinho facultativo, ocorrendo preferencialmente nas partes médias e altas das plantas, entre os valores médios 11,4 cm e 15,7 cm acima do rizoma (BARATA, 1997), parece deste modo preferir sedimentos sujeitos a um menor período de submersão.

Os géneros encontrados neste trabalho estão descritos como os mais frequentes do solo e estão referenciados como organismos decompositores de xilanas, celulose, pectina, arabinose, lecitina e quitina (DOMSCH *et al.*, 1980), o que poderá significar que nestes sedimentos também possam ter um papel importante na decomposição das plantas do sapal e, deste modo, contribuir para a reciclagem dos nutrientes.

BIBLIOGRAFIA

- ATLAS, R. M. & BARTHA, R. 1998. *Microbial Ecology. Fundamentals and Applications*. Addison Wesley Longman.
- BARATA, M. 1997. Fungos marinhos superiores associados a *Spartina maritima* em estuários da costa portuguesa. Tese de Doutoramento- Universidade de Lisboa.
- CAÇADOR, I. 1994. *Acumulação e retenção de metais pesados nos sapais do estuário do Tejo*. Tese de Doutoramento. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- DOMSCH, K. H., GAMS, W. & ANDERSON, T. H. 1980. *Compendium of Soil Fungi*. Academic Press: London.
- GESSNER, R.V. & KOHLMAYER, J. 1976. Geographical distribution and taxonomy of fungi from salt marsh *Spartina*. *Can. J. Bot.*, **54**: 2023-2037.
- GESSNER, R.V. 1977. Seasonal occurrence and distribution of fungi associated with *Spartina alterniflora* from a Rhode Island estuary. *Mycologia*, **69**: 477-491.
- KOHLMEYER, J. & KOHLMEYER, E. 1979. *Marine Mycology. The Higher Fungi*. Academic Press: London.
- MARGALEF, R. 1995. *Ecologia*. Ediciones Omega: Barcelona.
- OGRAM, A & FENG, X. 1997. Methods of Soil Microbial Community Analysis. In: *Manual of Environmental Microbiology*. Hurst, C., Knudsen, G., McInerney, M., Stezembach, L., & Walter, M. (eds.) ASM Press: Washington, D.C.
- ZAR, J. H. 1984. *Biostatistical Analysis*. 2nd edition. Prentice Hall: New Jersey.

ÍNDICE POR AUTORES

Bacelar-Nicolau, P., Marques, J. C., Morgado, F., Pastorinho, R., Nicolau, L. B. and Azeiteiro, U. M. - Tide-induced variations in the bacterial community, and in the physical and chemical properties of the water column of the Mondego estuary.	51
Batista-Marques, M. I., Carvalho, J. A., Gouveia, L., Ferreira, S. G., Dragovic, M. J. & Pestana, M. - Germinação, crescimento e sobrevivência de <i>Isoplexis sceptrum</i> (L.f.) Loud., uma espécie endémica da ilha da Madeira- Portugal.	37
Branco, M. R., Moura, E. B., Santos, H. M. & Paiva, M. R. - Seasonal distribution of insects in a stand of <i>Pinus pinaster</i> Ait.	87
Caeiro, Sandra, Carapeto, Cristina & Azeiteiro, Ulisses - O ensino a distância da ecologia e da educação ambiental.	107
Costa A. L., Barata M., Caçador I. & Carolino M. - Quantificação e diversidade micológica associada a sedimentos de um sapal do estuário do Tejo.	115
Fernandes, S. & Sobral, P. - Efeito do aumento da velocidade da corrente na taxa de filtração e eficiência de absorção de alimento em <i>Cerastoderma edule</i> . Resultados preliminares.	63
Margalef, R. - Eco-evo, el espacio donde se encuentran la ecologia y la evolucion, o la dinamica sucesional del ecosistema como matriz de la evolucion	7
Marques, G., Mota, S., Pereira, L. & Lourenço, J. - Using GIS for monitorisation and ecological studies of edible macrofungi in Parque Natural do Alvão.	99
Rego, F. C., Gonçalves, P. C. C., Silveira, S. Ç. - Modelação da sequência sucessional das comunidades vegetais da Reserva Natural da Serra da Malcata.	21
Santos, H., Branco, M., Moura, E. & Paiva, M. R. - Comparação da biodiversidade de Himenópteros em dois povoamentos de <i>Pinus pinaster</i> Ait. na Península de Setúbal.	71

BACKFILE ISSUES
of this journal are available on
35 MM MICROFILM
University Microfilms

A Xerox Company Ann Arbor, Michigan 48106
Write for catalog and complete information.