



Universidade Nova de Lisboa
OMNIS CIVITAS CONTRA SE DIVISA NON STABIT
Faculdade de Ciências e Tecnologia

ECOLOGIA I

Biodiversidade

Trabalho realizado por:

Joana Alves n°16071
Eva Firme n°15471
Núria Costa n°11791

ÍNDICE

Resumo	pág.2
Introdução	pág.3
Material e Metodologia	pág.8
Resultados	pág.12
Discussão/Conclusões	pág.26
Bibliografia	pág.30

RESUMO

O objectivo deste trabalho foi estudar, caracterizando e comparando, a biodiversidade de três praias: Cabana do Pescador, Comporta e Meco.

A biodiversidade consiste em duas componentes: a riqueza específica, a que corresponde o número de espécies, e a equidade, que traduz a maneira como as abundâncias (número de indivíduos, biomassa, grau de cobertura) estão distribuídas pelas diferentes espécies da comunidade.

Neste trabalho calculou-se a riqueza específica que consiste no número total de espécies de uma comunidade (S), e o seu índice, denominado Margaleff (I_{MG}). Calculou-se também um índice baseado na abundância realtiva de espécies, que combina a componente anterior com a equidade [eq. de Shannon (E)], mas que não tem em conta a sua distribuição: o índice de Shannon (H').

Posteriormente calcularam-se índices de dominância, ie, que fazem sobressair a abundância das espécies mais comuns, dos quais, o índice de Simpson (I_s) e de Berger-Parker (d). O primeiro é pouco sensível á riqueza específica mas muito influenciado pela distribuição de abundância quando $S > 10$; o segundo exprime a importância proporcional da espécie mais abundante.

Por fim aplicaram-se mais três índices, comparativos da da biodiversidade entre comunidades relativamente à distribuição β , os índices de Jaccard, Sorensen e Morisita-Horn.

Os índices de riqueza em espécies mostraram que a praia do Meco é a que apresenta um valor superior mas quase igual à da praia da Comporta, sendo que a Cabana do Pescador é a que apresenta o índice mais baixo. (Cabana do Pescador: $S=22$, $I_{MG}=2.4308$; Comporta $S=24$, $I_{MG}=3.1552$, e Meco: $S=25$, $I_{MG}=3,0322$). Em relação à equidade, é igualmente a praia do Meco que apresenta o valor superior, muito próximo do valor da Cabana do Pescador, e a Comporta o valor inferior (Meco: $E=0.6808$ Cabana do Pescador:, $E=0.6505$; e Comporta, $E=0.3152$); conseqüentemente existe uma maior diversidade, (que pode ser representada pelo inverso de Berger-Parker) na Comporta e uma menor no Meco (Comporta $1/d=4.8350$, Cabana do Pescador: $1/d=4.4202$, e Meco: $1/d=4.2058$), o que mostra uma maior uniformidade de distribuição das espécies e portanto uma maior repartição dos recursos nesta comunidade. O índice de Shannon (H') é o que melhor caracteriza as três comunidades, pois tem em conta a riqueza em espécies e a equidade. Também este mostra uma maior biodiversidade na praia da Comporta (Comporta $H'=2.2974$, Meco $H'=2.1914$ e Cabana do Pescador: $H'=2.0107$).

A comparação da biodiversidade nas três praias, sugere que haja uma escassez dos recursos na praia da Comporta, apesar da sua larga distribuição, provavelmente devido às perturbações antrópicas.

Relativamente a distribuição β , podemos inferir os coeficientes de similaridade entre as três comunidades, a partir dos cálculos de Jaccard (Comporta/FT-0.533333, Comporta/Meco-0.58064, FT/Meco-0.51612) ou Sorensen (Comporta/FT-0.164183, Comporta/Meco-0.401618, FT/Meco-0.239657), que nos indicam que a praia da Comporta tem grandes semelhanças com a praia do Meco assim como o índice de semelhança de Morisita-Horn, que nos reporta para a mesma conclusão. (Comporta/FT-0.328118, Comporta/Meco-0.56651, FT/Meco-0.40592).

INTRODUÇÃO

Entende-se biodiversidade como diversidade biológica do mundo, consistindo na maior riqueza do planeta. Há milhares de milhões de anos começou um processo evolutivo gerador da variedade da vida na Terra, cuja conservação constitui um dos maiores desafios da humanidade.

É uma imensidão tal que estão hoje formalmente descritas cerca de 1,75 milhões de espécies, sendo descritas dezenas a centenas de novas espécies por dia, e estimando-se o valor de 14 milhões como o total de espécies à face da Terra.

A redução de biodiversidade decorre virtualmente em todo o mundo, e a um ritmo mais acelerado onde a biodiversidade é mais elevada, como nos trópicos. De facto, as causas estão bem diagnosticadas: a destruição de habitats naturais por alterações do uso de solo, à introdução de espécies exóticas, à sua perseguição e captura, à contaminação do solo, ar e água, e às alterações climáticas.

A preservação da biodiversidade é essencial para as actividades a longo prazo de cada país e de cada sector da sociedade. As espécies de plantas, animais e microrganismos fornecem-nos o material básico da nossa alimentação, para além de matérias primas para a indústria e medicina. Também constituem um precioso e insubstituível reservatório de material genético utilizado na investigação. Para além disso armazenam nutrientes essenciais para a vida, como o carbono e o oxigénio, e mantêm a fertilidade dos solos.

As comunidades ecológicas não contêm todas o mesmo número de espécies, e uma das áreas presentemente activas na investigação das comunidades ecológicas é o estudo da riqueza de espécies ou biodiversidade.

O conceito de diversidade é um conceito fundamental em ecologia, mas não um consenso quanto à forma como a diversidade deverá ser medida.

O conceito de diversidade ecológica associado a espécies comporta duas componentes:

- VARIEDADE, também designada por riqueza em espécies, refere-se ao número de espécies encontradas;

- ABUNDÂNCIA RELATIVA, ou equidade, refere-se à forma como as abundâncias (número de indivíduos, biomassa, grau de cobertura) estão distribuídas pelas diferentes espécies da comunidade.

Segundo Whittaker (1977 *in* Magurran, 1988), é possível identificar 4 níveis de diversidade ecológica:

■ DIVERSIDADE PONTUAL - diversidade num micro-habitat ou numa amostra retirada de um habitat homogéneo;

- ❑ DIVERSIDADE ALFA (α) - diversidade num habitat homogéneo;
- ❑ DIVERSIDADE GAMA (γ) - diversidade num conjunto de habitats à escala de áreas geográfica (ilha, unidade de paisagem);
- ❑ DIVERSIDADE ÈPSILON (ϵ) - diversidade à escala regional (grandes áreas biogeográficas).

Distinguem-se três categorias de métodos de determinação da biodiversidade de espécies de um habitat ou comunidade:

➤ Índices de riqueza em espécies - os quais medem o número de espécies numa determinada área;

➤ Índices baseados nas abundâncias proporcionais das espécies - tentam "cristalizar" a riqueza e a equidade num único número (índice de Shannon) provavelmente o índice mais usado em ecologia das comunidades;

➤ Modelos matemáticos - estes modelos assumem que a diversidade pode ser descrita através do modelo que melhor se adapta ao padrão observado das abundâncias das espécies.

O índice de riqueza mais simples, denominado riqueza específica, consiste no número total de espécies de uma comunidade, e é designado por \underline{S} . Contudo, como \underline{S} depende do tamanho das unidades de amostragem e do tempo gasto na amostragem, tem um valor limitado, sendo apenas usado como índice comparativo. Então, foram desenvolvidos índices independentes do tamanho das unidades de amostragem. Estes índices baseiam-se na relação entre \underline{S} e o número total de indivíduos observados (\underline{N}). Um dos mais conhecidos é o índice

de diversidade de Margalef $I_{MG} = \frac{(S-1)}{\ln N}$. Uma grande vantagem

deste índice é a sua facilidade de cálculo.

A verdade é que um índice único não pode descrever a estrutura específica de uma comunidade. Um conhecimento mais preciso é-nos dado pela distribuição de abundâncias. Para tal, são usados modelos matemáticos. Os principais, utilizados no estudo da biodiversidade são o modelo geométrico (reduzido número de espécies dominantes, número muito elevado de espécies raras), o logarítmico, log-normal e "broken-stick" (as espécies são virtualmente iguais em termos de abundância).

Diversos autores defendem a superioridade do modelo logarítmico, em particular quando o número de amostras não é muito elevado. O seu parâmetro α é utilizado como índice de diversidade, caracterizando-se por um bom poder de discriminação e por uma reduzida sensibilidade à dimensão da amostra (pelas folhas de apoio de "Diversidade Ecológica").

Existem também índices baseados na abundância relativa das espécies, que constituem uma alternativa ao uso de modelos de abundância. Distinguem-se dois tipos de índices de abundância: os índices estatísticos, baseados na teoria de informação (ex.

o índice de Shannon); e as medidas de dominância, que traduzem a importância da espécie dominante no conjunto das espécies presentes (ex. o índice de Berger-Parker). O primeiro assenta em dois pressupostos: os indivíduos, amostrados de forma aleatória, provêm de uma população de dimensão infinita e todas as espécies estão representadas na amostra. O segundo índice expressa a importância da espécie mais abundante.

Além destes existe uma grande variedade de índices de diversidade. Todos têm vantagens e inconvenientes e o índice utilizado para um dado estudo depende do caso particular, dos objectivos e de considerações práticas.

A noção de nicho ecológico torna-se essencial quando queremos explicar a diversidade de espécies existentes num mesmo local e os mecanismos que permitem a sua coexistência. Este conceito variou ao longo do tempo e vários foram os autores que o focaram, tal como Grinnell em 1917 e Elton em 1927.

O conceito de nicho recebeu um desenvolvimento considerável com Hutchinson (1957), que o definiu como um hipervolume a n dimensões, correspondendo a todas as variáveis ambientais (bióticas e abióticas) afectando uma dada população. No entanto, do ponto de vista operacional a noção de Hutchinson é impraticável, visto que nunca podemos estudar todas as dimensões do nicho de modo a delimitar o hipervolume. Como tal, o nicho é considerado na prática como uma função de utilização de recursos, como foi proposto por MacArthur (1968, 1972). Isto é, cada tipo de recurso (comida, espaço e tempo) corresponde a um dos eixos do hipervolume teórico.

O pressuposto básico da teoria clássica do nicho é que a competição interespecífica é o motor da estruturação das comunidades, determinando a largura e a sobreposição tolerável dos nichos e, portanto, o número de espécies do mesmo nível trófico que podem coexistir num dado local. É neste contexto que se torna essencial a utilização dos parâmetros do nicho, ou seja, modelos matemáticos que permitem definir o modo como os recursos são repartidos pelas espécies. Os principais são precisamente a largura do nicho e a sobreposição do nicho.²

Este trabalho tem como objectivo estudar a diversidade de três sistemas dunares, Meco, Fonte da Telha e Comporta, através do cálculo dos diversos índices de diversidade, e pela aplicação do modelo da série logarítmica à distribuição de abundâncias das espécies.

MATERIAL E METODOLOGIA

Os dados da praia da Comporta e da Cabana do Pescador foram recolhidos por nós, este ano, através de uma saída de campo ao sistema dunar. Esta foi realizada de acordo com uma metodologia apresentada de seguida.

◦ **Material**

Trabalho de campo - Amostragem pelo método dos quadrados

MATERIAL NECESSÁRIO:

- Estacas
- Fitas métricas de 50 e 20m
- Corda
- Herbário
- Sacos de plástico
- Etiquetas/marcadores
- Tabela de números aleatórios
- Tabela para registo dos resultados

◦ **Metodologia:**

- Descrição da amostragem no campo

Na zona das dunas assentou-se ao acaso quadrados de 1 m², utilizando as coordenadas fornecidas pela tabela de números aleatórios referentes a uma área de 100m x 20m (a maior distância foi marcada perpendicularmente à linha de costa).

Obtidas as coordenadas marcou-se um quadrado de 1x1m, utilizando as estacas fornecidas.

Registou-se sempre na tabela as espécies presentes e o número de indivíduos de cada espécie.

- Tratamento dos dados

I - CÁLCULO E COMPARAÇÃO DA DIVERSIDADE DAS COMUNIDADES DUNARES DA CABANA DO PESCADOR, DO MECO E DA COMPORTA

Considerando que as listas de espécies dizem respeito à mesma área total de amostragem e que foi utilizado o mesmo método, nas mesmas condições, calculou-se para os 3 locais:

(S = n.º total de espécies; N = n.º total de indivíduos)

1. Riqueza específica, S

2. Índice de Margaleff (I_{MG})

$$I_{MG} = \frac{(S-1)}{\ln N}$$

3. Índice de Shannon (H')

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

em que $p_i = \frac{n_i}{N}$ sendo n_i é o n.º de indivíduos da espécie i

- Construiu-se uma tabela para os valores p_i , $p_i \ln p_i$ e $p_i (\ln p_i)^2$. Esta última coluna destinou-se ao cálculo do valor t (teste t) que utilizámos para avaliar se a diferença entre os valores de H' das duas comunidades é ou não estatisticamente significativa.

- Calculou-se a variância das diversidades de cada uma das comunidades:

$$\text{Var } H' = \frac{[\sum p_i (\ln p_i)^2 - (\sum p_i \ln p_i)^2]}{N} + \frac{S-1}{2 \cdot N^2}$$

- Comparou-se a diversidade dos três locais (2 a 2) através do teste t

$$t = \frac{H'_1 - H'_2}{\sqrt{\text{Var } H'_1 + \text{Var } H'_2}}$$

- Calculou-se o número de graus de liberdade para o valor de t ; consultou-se a tabela de valores de t

$$gl = \frac{(\text{Var } H'_1 + \text{Var } H'_2)^2}{\frac{(\text{Var } H'_1)^2}{N_1} + \frac{(\text{Var } H'_2)^2}{N_2}}$$

- Verificou-se se as diferenças de diversidade entre os três locais foram significativas.

4. Equidade de Shannon (E)

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

5. Índice de Berger-Parker (d)

$$d = \frac{N_{m\acute{a}x}}{N}$$

sendo $N_{m\acute{a}x}$ o n.º de indivíduos da espécie mais abundante.

Este índice mede a dominância. Tomou-se o valor recíproco ($\frac{1}{d}$) para assegurar uma ordem crescente do valor do índice e da diversidade.

6. Índice de Simpson (I_s)

$$I_s = \sum \left[\frac{n_i \cdot (n_i - 1)}{N \cdot (N - 1)} \right]$$

n_i é o n.º de indivíduos da espécie i ; N - n.º total de indivíduos

Este é um índice de dominância sendo necessário calcular o valor recíproco ($\frac{1}{I_s}$) como índice de diversidade.

II - DIVERSIDADE BETA (DIVERSIDADE DE DIFERENCIAÇÃO)

1. Índice de Jaccard (qualitativo)

$$C_j = \frac{j}{(a + b - j)}$$

j- n.º de espécies presentes nos dois locais

a- n.º de espécies no local A

b- n.º de espécies no local B

2. Índice de Sorenson (quantitativo)

$$C_n = \frac{2 \times jN}{(aN + bN)}$$

jN- somatório da menor das abundâncias das espécie comuns aos dois locais

aN- n.º de indivíduos no local A

bN- n.º de indivíduos no local B

3. índice de Morisita-Horn (quantitativo)

$$C_{mh} = \frac{2 \sum (a_{ni} \times b_{ni})}{(D_a + D_b) \times aN \times bN}$$

a_{ni}- n.º de indivíduos da espécie i no local A

b_{ni}- n.º de indivíduos da espécie i no local B

D_a- índice de Simpson (dominância) no local A

D_b- índice de Simpson (dominância) no local B

aN- n.º total de indivíduos no local A

bN- n.º total de indivíduos no local B

RESULTADOS

o Cálculo e comparação da diversidade das comunidades de plantas dunares da Cabana do Pescador, Meco e Comporta.

Tabela 1 - Valores de riqueza específica, S (n.º total de espécies e N (n.º total de indivíduos)

Comunidade	S	N
Comporta	24	1465
Meco	25	2738
FT	22	5649

Tabela 2 - Número de indivíduos por espécie recolhidos na praia da Comporta

Espécie	n de cada espécie
<i>Ammophila arenaria</i> (Estorno)	112
<i>Anagalis latifolia</i>	65
<i>Anchusa calcarea</i>	1
<i>Antirrhinum majus</i>	5
<i>Armeria pungens</i>	7
<i>Artemisia crithmifolia</i>	124
<i>Corema album</i>	1
<i>Corynephorus canescens</i>	209
<i>Crucianella maritima</i>	243
<i>Cyperus capitatus</i>	26
<i>Elymus farctus</i>	83
<i>Eryngium maritimum</i> (cardo)	15
<i>Euphorbia peplis</i>	1
<i>Euphorbia paralias</i>	1
<i>Helichrysum picardii</i>	21
<i>Herniaria maritima</i>	15
<i>Lotus creticus</i>	1
<i>Malcomia littorea</i>	1
<i>Medicago marina</i>	15
<i>Otanthus maritimus</i>	11
<i>Pancratium maritimum</i>	4
<i>Sedum sediforme</i> (Erva-pinheira)	196
<i>Silene littorea</i>	5
<i>Thymus carnosus</i>	303
N	1465

Tabela 3 - Número de indivíduos por espécie recolhidos na praia do Meco

Espécies	n de cada espécies
<i>Ammophila arenaria</i> (Estorno)	505
<i>Armeria pungens</i>	18
<i>Artemisia crithmifolia</i>	26
<i>Carpobrotus edulis</i> (chorão)	8
<i>Corema album</i>	3
<i>Corynephorus canescens</i>	196
<i>Crucianella maritima</i>	651
<i>Cyperus capitatus</i>	109
<i>Ditrichia viscosa</i>	3
<i>Elymus farctus</i>	169
<i>Eryngium maritimum</i> (cardo)	3
<i>Euphorbia paralias</i>	5
<i>Helichrysum picardii</i>	223
<i>Herniaria maritima</i>	83
<i>Lagurus ovatus</i>	6
<i>Linaria spartea</i>	47
<i>Malcomia littorea</i>	18
<i>Medicago marina</i>	550
<i>Ononis ramosissima</i>	2
<i>Otanthus maritimus</i>	1
<i>Pancratium maritimum</i>	16
<i>Pimpinela vilosa</i>	5
<i>Reishardia gaditana</i>	1
<i>Silene littorea</i>	5
<i>Thymus carnosus</i>	85
N	2738

Tabela 4- Número de indivíduos por espécie recolhidos na praia da Cabana do Pescador

Espécies	n de cada espécie
<i>Ammophila arenaria</i> (Estorno)	1278
<i>Anagalis latifolia</i>	10
<i>Antirrhinum majus</i>	108
<i>Artemisia crithmifolia</i>	31
<i>Calystegia soldanella</i>	1186
<i>Carpobrotus edulis</i> (chorão)	74
<i>Corynephorus canescens</i>	7
<i>Crucianella maritima</i>	68
<i>Cyperus capitatus</i>	483
<i>Ditrichia viscosa</i>	1
<i>Elymus farctus</i>	1177
<i>Eryngium maritimum</i> (cardo)	515
<i>Euphorbia peplis</i>	2
<i>Euphorbia paralias</i>	5
<i>Helichrysum picardii</i>	9
<i>Malcomia littorea</i>	7
<i>Medicago marina</i>	80
<i>Ononis ramosissima</i>	7
<i>Pancratium maritimum</i>	24
<i>Plantago coronopus</i>	1
<i>Reishardia gaditana</i>	2
<i>Sedum sediforme</i> (Erva-pinheira)	574
N	5649

▪ Índice de Shannon.

Tabela 5 - Valores de p_i , $p_i \ln p_i$ e $p_i (\ln p_i)^2$ necessários para o cálculo da variância do índice de Shannon, para a praia da Comporta.

Espécie	n_i	$n_i/N = p_i$	$\ln p_i$	$p_i * \ln p_i$	$p_i (\ln p_i)^2$
<i>Ammophila arenaria</i> (Estorno)	112	0,07645	-2,57111165	-0,19656	0,50538491
<i>Anagalis latifolia</i>	65	0,04437	-3,115223252	-0,13822	0,430580228
<i>Anchusa calcarea</i>	1	0,00068	-7,289610521	-0,00498	0,03627196
<i>Antirrhinum majus</i>	5	0,00341	-5,680172609	-0,01939	0,110117273
<i>Armeria pungens</i>	7	0,00478	-5,343700372	-0,02553	0,136440912
<i>Artemisia crithmifolia</i>	124	0,08464	-2,469328956	-0,20901	0,516109625
<i>Corema album</i>	1	0,00068	-7,289610521	-0,00498	0,03627196
<i>Corynephorus canescens</i>	209	0,14266	-1,947276269	-0,27780	0,540958319
<i>Crucianella maritima</i>	243	0,16587	-1,796549078	-0,29799	0,535361111
<i>Cyperus capitatus</i>	26	0,01775	-4,031513983	-0,07155	0,28845101
<i>Elymus farctus</i>	83	0,05666	-2,870769914	-0,16264	0,46691437
<i>Eryngium maritimum</i> (cardo)	15	0,01024	-4,58156032	-0,04691	0,214921791
<i>Euphorbia peplis</i>	1	0,00068	-7,289610521	-0,00498	0,03627196
<i>Euphorbia paralias</i>	1	0,00068	-7,289610521	-0,00498	0,03627196
<i>Helichrysum picardii</i>	21	0,01433	-4,245088084	-0,06085	0,258318245
<i>Herniaria maritima</i>	15	0,01024	-4,58156032	-0,04691	0,214921791
<i>Lotus creticus</i>	1	0,00068	-7,289610521	-0,00498	0,03627196
<i>Malcomia littorea</i>	1	0,00068	-7,289610521	-0,00498	0,03627196
<i>Medicago marina</i>	15	0,01024	-4,58156032	-0,04691	0,214921791
<i>Otanthus maritimus</i>	11	0,00751	-4,891715249	-0,03673	0,179670757
<i>Pancratium maritimum</i>	4	0,00273	-5,90331616	-0,01612	0,09515124
<i>Sedum sediforme</i> (Erva-pinheira)	196	0,13379	-2,011495862	-0,26911	0,541323316
<i>Silene littorea</i>	5	0,00341	-5,680172609	-0,01939	0,110117273
<i>Thymus carnosus</i>	303	0,20683	-1,575877716	-0,32593	0,513629587

Tabela 6 - Valores de p_i , $p_i \ln p_i$ e $p_i (\ln p_i)^2$ necessários para o cálculo da variância do índice de Shannon, para a praia da Cabana do Pescador.

Espécies	n_i	$n_i/N = p_i$	$\ln p_i$	$p_i * \ln p_i$	$p_i (\ln p_i)^2$
<i>Ammophila arenaria</i> (Estorno)	1278	0,22623	-1,48618218	-0,336226	0,49969313
<i>Anagalis latifolia</i>	10	0,00177	-6,33664872	-0,0112173	0,07108004
<i>Antirrhinum majus</i>	108	0,01912	-3,95710259	-0,0756536	0,29936898
<i>Artemisia crithmifolia</i>	31	0,00549	-5,20524661	-0,0285648	0,14868691
<i>Calystegia soldanella</i>	1186	0,20995	-1,56089224	-0,3277072	0,51151569
<i>Carpobrotus edulis</i> (chorão)	74	0,01310	-4,33516872	-0,0567893	0,24619099
<i>Corynephorus canescens</i>	7	0,00124	-6,69332367	-0,0082941	0,05551497
<i>Crucianella maritima</i>	68	0,01204	-4,41972611	-0,0532026	0,23514083
<i>Cyperus capitatus</i>	483	0,08550	-2,45921716	-0,2102676	0,51709379
<i>Ditrichia viscosa</i>	1	0,00018	-8,63923382	-0,0015293	0,01321231
<i>Elymus farctus</i>	1177	0,20836	-1,56850971	-0,3268076	0,51260084
<i>Eryngium maritimum</i> (cardo)	515	0,09117	-2,39506692	-0,2183501	0,52296299
<i>Euphorbia peplis</i>	2	0,00035	-7,94608664	-0,0028133	0,0223545
<i>Euphorbia paralias</i>	5	0,00089	-7,0297959	-0,0062222	0,04374051
<i>Helichrysum picardii</i>	9	0,00159	-6,44200924	-0,0102634	0,06611707
<i>Malcomia littorea</i>	7	0,00124	-6,69332367	-0,0082941	0,05551497
<i>Medicago marina</i>	80	0,01416	-4,25720718	-0,0602897	0,25666579
<i>Ononis ramosissima</i>	7	0,00124	-6,69332367	-0,0082941	0,05551497
<i>Pancratium maritimum</i>	24	0,00425	-5,46117999	-0,023202	0,12671051
<i>Plantago coronopus</i>	1	0,00018	-8,63923382	-0,0015293	0,01321231
<i>Reishardia gaditana</i>	2	0,00035	-7,94608664	-0,0028133	0,0223545
<i>Sedum sediforme</i> (Erva-pinheira)	574	0,10161	-2,28660442	-0,2323439	0,53127869

Tabela 7 - Valores de p_i , $p_i \ln p_i$ e $p_i (\ln p_i)^2$ necessários para o cálculo da variância do índice de Shannon, para a praia do Meco.

Espécies	n_i	$n_i/N = p_i$	$\ln p_i$	$p_i * \ln p_i$	$p_i (\ln p_i)^2$
<i>Ammophila arenaria</i> (Estorno)	505	0,18444	-1,690424577	-0,31178	0,527047225
<i>Armeria pungens</i>	18	0,00657	-5,024611248	-0,03303	0,165975503
<i>Artemisia crithmifolia</i>	26	0,00950	-4,656886468	-0,04422	0,205935493
<i>Carpobrotus edulis</i> (chorão)	8	0,00292	-5,835541464	-0,01705	0,099499033
<i>Corema album</i>	3	0,00110	-6,816370717	-0,00747	0,050908959
<i>Corynephorus canescens</i>	196	0,07159	-2,636868347	-0,18876	0,497736536
<i>Crucianella maritima</i>	651	0,23776	-1,436473364	-0,34154	0,490617121
<i>Cyperus capitatus</i>	109	0,03981	-3,223635124	-0,12833	0,413699325
<i>Ditrichia viscosa</i>	3	0,00110	-6,816370717	-0,00747	0,050908959
<i>Elymus farctus</i>	169	0,06172	-2,785084291	-0,17191	0,478773328
<i>Eryngium maritimum</i> (cardo)	3	0,00110	-6,816370717	-0,00747	0,050908959
<i>Euphorbia paralias</i>	5	0,00183	-6,305545093	-0,01151	0,072607558
<i>Helichrysum picardii</i>	223	0,08145	-2,507811234	-0,20425	0,512225395
<i>Herniaria maritima</i>	83	0,03031	-3,496142398	-0,10598	0,370529572
<i>Lagurus ovatus</i>	6	0,00219	-6,123223537	-0,01342	0,08216333
<i>Linaria spartea</i>	47	0,01717	-4,064835404	-0,06978	0,28362881
<i>Malcomia littorea</i>	18	0,00657	-5,024611248	-0,03303	0,165975503
<i>Medicago marina</i>	550	0,20088	-1,605064728	-0,32242	0,517504759
<i>Ononis ramosissima</i>	2	0,00073	-7,221835825	-0,00528	0,038097087
<i>Otanthus maritimus</i>	1	0,00037	-7,914983006	-0,00289	0,022880554
<i>Pancratium maritimum</i>	16	0,00584	-5,142394284	-0,03005	0,154531594
<i>Pimpinela vilosa</i>	5	0,00183	-6,305545093	-0,01151	0,072607558
<i>Reishardia gaditana</i>	1	0,00037	-7,914983006	-0,00289	0,022880554
<i>Silene littorea</i>	5	0,00183	-6,305545093	-0,01151	0,072607558
<i>Thymus carnosus</i>	85	0,03104	-3,472331749	-0,10780	0,374306962

Tabela 8- Variância das diversidades (variância H') de cada uma das comunidades.

Comunidade	Variância
Comporta	0,000560173
Meco	0,000364079
FT	0,000139064

Tabela 9 - Comparação da diversidade dos três locais através do teste t.

Locais	t
Comporta/Meco	3,488273205
Comporta/FT	10,8437232
Meco/FT	8,055546479

Tabela 10 - Cálculo do número de graus de liberdade (g.l.) para o valor de t.

Comunidade	gl
Comporta/Meco	3252,937792
Comporta/FT	2246,753436
Meco/FT	4883,728634

- Índice de Simpson (Ds).

Tabela 11- Variância das diversidades (variância de Ds) de cada uma das comunidades.

Comunidade	Var Simpson
Comporta/Meco	4,53863E-05
Comporta/FT	3,36315E-05
Meco/FT	5,36119E-05

Tabela 12 - Comparação da diversidade dos três locais através do teste t.

locais	t
Comporta/Meco	30612,01636
Comporta/FT	14078,01701
Meco/FT	225526,548

Tabela 13 - Índices de diversidade calculados: índice de Margaleff (I_{MG}), Índice de Shannon (H'), Equidade de Shannon (E), Berger-Parker (d), Simpson (I_s), Inverso do índice de Berger-Parker (1/d).

Índice	Comporta	Meco	Cabana do Pescador
Margaleff (I_{MG})	3,1552	3,0322	2,4308
Shannon (H')	2,2974	2,1914	2,0107
Equidade de Shannon (E)	0,3152	0,6808	0,6505
Berger-Parker (d)	0,2068	0,2378	0,2262
Simpson (I_s)	0,1271	0,1502	0,1654
Inverso do I. Berger-Parker (1/d)	4,8350	4,2058	4,4202

○ Diversidade beta

Tabela 14- valores de ani^2 , bni^2 e $ani*bni$ necessários para o cálculo dos índices de Jaccard, de Sorenson e de Morisita-Horn para as praias da Comporta/Fonte da Telha

somatório ($ani*bni$)	ani^2	bni^2
143136	12544	1633284
650	4225	100
0	1	0
540	25	11664
0	49	0
3844	15376	961
0	0	1406596
0	0	5476
0	1	0
1463	43681	49
16524	59049	4624
12558	676	233289
0	0	1
97691	6889	1385329
7725	225	265225
2	1	4
5	1	25
189	441	81
0	225	0
0	1	0
7	1	49
1200	225	6400
0	0	49
0	121	0
96	16	576
0	0	1
0	0	4
112504	38416	329476
0	25	0
0	91809	0

Tabela 15- valores de ani^2 , bni^2 e $ani*bni$ necessários para o cálculo dos índices de Jaccard, de Sorenson e de Morisita-Horn para as praias da Comporta/Meco

somatório ($ani*bni$)	ani^2	bni^2
56560	12544	255025
0	4225	0
0	1	0
0	25	0
126	49	324
3224	15376	676
0	0	64
0	0	0
3	1	9
40964	43681	38416
158193	59049	423801
2834	676	11881
0	0	9
14027	6889	28561
45	225	9
5	1	25
0	1	0
4683	441	49729
1245	225	6889
0	0	36
0	0	2209
0	1	0
18	1	¹ 324
8250	225	302500
0	0	4
11	121	1
64	16	256
0	0	25
0	0	1
0	38416	0
25	25	25
25755	91809	7225

Tabela 16- valores de ani^2 , bni^2 e $ani*bni$ necessários para o cálculo dos índices de Jaccard, de Sorenson e de Morisita-Horn para as praias da Fonte da Telha/Meco

somatório ($ani*bni$)	ani^2	bni^2
645390	1633284	255025
0	100	0
0	11664	0
0	0	324
806	961	676
0	1406596	0
592	5476	64
0	0	0
0	0	9
1372	49	38416
44268	4624	423801
52647	233289	11881
3	1	9
198913	1385329	28561
0	0	0
1545	265225	9
10	4	25
0	25	0
2007	81	49729
0	0	6889
0	0	36
0	0	2209
0	0	0
126	49	324
44000	6400	302500
14	49	4
0	0	1
384	576	256
0	0	25
0	1	0
2	4	1
0	329476	0
0	0	25
0	0	7225

Tabela 17- Índices de diversidade de diferenciação (beta) calculados: índices de Jaccard (Cj), Índice de Sorenson (Cn) e Índice de Morisita-Horn (Cmh).

	Jaccard	Sorenson	Morisita
Comporta/FT	0,533333	0,164183	0,328118
Comporta/Meco	0,58064	0,401618	0,56651
FT/Meco	0,51612	0,239657	0,40592

DISCUSSÃO/CONCLUSÕES

Este trabalho consistiu no estudo e na comparação da diversidade das comunidades de plantas dunares da Praia da Comporta, do Meco e da Cabana do Pescador.

A biodiversidade consiste em duas componentes: a riqueza específica, a que corresponde o número de espécies, e a equidade, que traduz a maneira como as abundâncias (número de indivíduos, biomassa, grau de cobertura) estão distribuídas pelas diferentes espécies da comunidade.

Neste trabalho calculou-se a riqueza específica que consiste no número total de espécies de uma comunidade (S) e o seu índice, de Margaleff (I_{MG}). Calculou-se também o índice de Berger-Parker (d) que exprime a importância da espécie mais abundante, o índice de Shannon (H') bem como o índice de Simpson (I_s) que relacionam a abundância com a variabilidade, a equidade de Shannon (E) que dá maior importância às espécies com maior abundância de indivíduos, o índice de Jaccard, o índice de Sorenson e o índice de Morisita-Horn.

Os valores de riqueza específica (S) foram 22 para a praia da Cabana do Pescador, 25 para o Meco e 24 para a praia da Comporta. No índice de Margaleff (I_{MG}), obtiveram-se valores de 3,1552 para a Comporta; 3,0322 para a praia do Meco; e 2,4308 para a Cabana do Pescador.

A riqueza específica depende do tamanho das unidades de amostragem e do tempo gasto na amostragem, tendo um valor limitado, sendo apenas usado como índice comparativo. Deste modo, foram desenvolvidos índices independentes do tamanho das unidades de amostragem. Estes índices baseiam-se na relação entre S e o número total de indivíduos observados (N). Um dos mais conhecidos é o índice de diversidade de Margalef

$$(I_{MG} = \frac{(S-1)}{\ln N}).$$

Tanto a riqueza específica (S), como o índice de Margaleff (I_{MG}) apenas têm em consideração a riqueza específica; por aqui verificamos que o índice em espécies da praia da Comporta é superior às outras duas, como podemos observar; no entanto, S é ligeiramente inferior ao da Cabana do Pescador, provavelmente devido aos factores de que dependem, sendo o tamanho da amostra o mais relevante neste caso e que discutiremos mais adiante.

O índice de Berger-Parker (d), é uma medida de dominância, que traduz a importância da espécie dominante no conjunto das espécies presentes. Este apresenta valores de 0,2068 na Comporta; 0,2262 na Cabana do Pescador e; 0,2378 no Meco. Apesar dos valores estarem bastante próximos entre si, verifica-se na praia do Meco o índice mais alto.

O seu inverso (1/d) pode ser representativo da diversidade, e apresenta valores de 4.8350 na Comporta, 4.4202 na Cabana do Pescador; e 4.2058 no Meco verificando-se o valor mais alto na Comporta.

A equidade de Shannon (E), com valores de 0.3152, 0.6505 e 0.6808 respectivamente Comporta, Cabana do Pescador e Meco, indicam-nos que esta ultima tem o valor mais alto, inversamente ao valor de 1/d.

É importante salientar que, sendo este cálculo referente as espécies mais comuns numa determinada praia, é bem possível, que a comunidade que tiver este valor mais elevado, tenha uma diversidade menor, pois a população é mais homogénea de uma forma geral. Não podemos, no entanto, afirmar esta relação como uma certeza, visto ser possível encontrarmos uma determinada espécie dominante, e continuar a existir da mesma forma que uma população heterogénea, o mesmo número de espécies, embora algumas com muito menor numero de indivíduos.

A variância das espécies existentes em cada uma das comunidades (Var H' , de Shannon), apresenta valores de aproximadamente 0.00056 na praia da Comporta; de 0,00036 no Meco e de 0.00014 na Cabana do Pescador. Podemos constatar que a variância é maior na Comporta.

Na distribuição de t do teste de Shannon, estamos a testar a hipótese nula, que diz sempre que não há diferenças significativas entre os índices de diversidade que estamos a comparar, neste caso, em três praias distintas. A probabilidade para a qual se aceita que há ou não há diferenças é de 0.01.

No índice de Shannon, os graus de liberdade deram 3252,94 para Comporta/Meco; 2246,75 para Comporta/Fonte da Telha; e 4883,73 para Meco/Fonte da Telha. Os valores de t para o índice de Shannon foram de 3,488 para Comporta/Meco; 10,844 para Comporta/Fonte da Telha; e 8,056 para Meco/Fonte da Telha, sendo os valores correspondentes de distribuição de t $t_{3,488}=7,995$; $t_{10,844}=2,995$ e $t_{8,056}=2,99$. Como os valores por nós obtidos são superiores ao valor de t estipulado, então a probabilidade para a qual não há diferenças entre os valores que estamos a comparar será cada vez mais pequena, ou seja, a probabilidade de haver diferenças será cada vez maior. Deste modo, rejeita-se a hipótese nula e aceita-se a hipótese alternativa, ou seja, as médias são diferentes, portanto há diferença de biodiversidade entre as três praias.

No índice de Simpson, temos valores para a Comporta de 0.1271; 0.1502 para a praia do Meco e de 0,1654 para Cabana do Pescador. Sendo este índice representativo da diversidade quando aplicado inversamente, tal como o de Shannon, podemos concluir que através deste cálculo obtivemos uma diversidade maior na Cabana do Pescador.

Nota- Qualquer um destes índices aplicado individualmente não pode descrever a estrutura específica de uma comunidade.

Um conhecimento mais preciso é-nos dado pela distribuição de abundâncias. Para tal, são usados modelos matemáticos. Os principais, utilizados no estudo da biodiversidade são o modelo geométrico, o logarítmico, etc. Estes métodos não foram realizados por nós, portanto não serão apresentados neste trabalho, no entanto, para um estudo mais preciso, tornar-se-iam fundamentais.

Além destes, existe uma grande variedade de outros índices de diversidade. Um outro, utilizado neste trabalho prático, refere-se á diversidade de diferenciação ou á diferenciação de habitats (β), constando para este, o índice de Jaccard, o índice de Srenson e o índice de Morisita-Horn.

A **diversidade β** é essencialmente uma medida de semelhança ou diferença de um conjunto, de habitats ou amostras, em termos da variedade de espécies que neles se encontram. As medidas de β usam geralmente dados de presença-ausência.

Temos assim, os índices de Jaccard e Sorenson, que são utilizados sob a forma de coeficientes de similaridade, e agrupados segundo técnicas de ordenação e classificação. Ambos são utilizados frequentemente mas são também extremamente sensíveis no que diz respeito à riqueza em espécies e à dimensão da amostragem.

O índice de Jaccard trata a qualidade da diversidade, sendo que se verificaram para os conjuntos de praias os seguintes valores: Meco/Fonte da Telha-0.51612, Comporta/Meco- 0,58064; e Comporta/Fonte da Telha- 0,5333. Estes valores mostram-nos que a praia da Comporta e do Meco apresentam uma maior semelhança entre espécies, demonstrando assim a existência de um maior numero de habitats compatíveis (16 das espécies são comuns nos dois locais).

O índice de Sorenson trata a quantidade diversificativa das espécies. Os valores calculados foram: Comporta/Meco-0,4016; Meco/Fonte da Telha- 0,2397 e Comporta/Fonte da Telha- 0,1641. Assim verificamos que o valor mais significativo reside na relação entre a Comporta e o Meco, que apresentam maior numero de indivíduos por espécie adaptados aos ecossistemas onde se encontram inseridos.

O índice de Morisita-Horn é utilizado para indicar a semelhança entre comunidades (de notar que este cálculo abrange o índice de Simpson). Este índice é mais significativo ao tratar a riqueza em espécies e a dimensão da amostra, apresentando apenas uma desvantagem: ser muito sensível a valores elevados da espécie mais abundante. Os valores obtidos foram: para as praias Comporta/Meco-0.5665; Comporta/Fonte da Telha- 0,3281; e Meco/Fonte da Telha- 0,4059. notamos assim que as semelhanças entre as comunidades Comporta/Meco são muito reduzidas, e que o valor mais significativo cabe ás comunidades das prais Meco/Fonte da Telha.

O que nos leva a concluir que as praias com comunidades mais semelhantes são as da Comporta e do Meco, tal como nos índices anteriores, fazendo-nos chegar a esta conclusão final, enquanto que as praias que mais diferenças apresentam entre as

suas comunidades são as da Comporta e a praia da Fonte da Telha.

A maioria dos índices atribuíram a praia da Comporta uma biodiversidade ecológica superior, à das outras duas, no entanto a praia do Meco não se distanciou muito desta.

O Meco atingiu os valores mais elevados na Riqueza específica(S), no índice de Berger Parker (d) , e na Equidade de Shannon. Atingiu valores medianos no índice de Margalef, na variância e no índice de Simpson.

Apesar da variedade/número de espécies(S), ser a maior das três praias, quando a relacionámos com o numero total de indivíduos, obtivemos um índice (Margaleff) inferior ao da Praia da Comporta, pois esta mesmo com um valor reduzido de indivíduos no total (aproximadamente metade) apresentava quase tantas espécies quanto a praia do Meco.

Este facto pode ser explicado pela maior exposição aos factores bióticos, nomeadamente homem e animais, e abióticos .

O índice de Berger-Parker indica-nos que esta praia é a que apresenta a espécie com o máximo número de indivíduos, o que também pode ser apoiado pela Equidade de Shannon, que nos demonstra que do conjunto das três praias, o Meco apresenta as espécies com maior abundância de indivíduos.

A Comporta porém, apresenta os valores mais elevados do índice de Margaleff, do inverso de Berger-Parker, da variância de Shannon, e do inverso do [índice de Simpson](#). Apresenta apenas, como foi atrás referido, um valor médio de riqueza específica.

Relativamente ao índice de Margaleff, este já foi discutido anteriormente, no entanto podemos relacioná-lo com o elevado valor de variância de Shannon, que nos indica como variam as espécies a nível de indivíduos, de umas para as outras. Se atentarmos ao número total de indivíduos, (que é o factor relevante para o valor obtido no índice), apercebemo-nos que nestes resultados, este e a variância são inversamente proporcionais . Para um valor baixo de indivíduos , como é o caso, obtivemos um valor de variância elevado e tendo em conta que a riqueza específica é praticamente igual á do Meco concluímos que qualitativamente, esta praia é mais rica que a outra, isto é, numa amostra com o mesmo número de indivíduos, era muito mais provável que a riqueza específica fosse máxima na praia da Comporta.

É por este mesmo motivo que o valor de $1/d$ é tão elevado, pois este é representativo da diversidade, assim como o inverso do índice de Simpson .

Dos índices calculados, o índice de Shannon (H'), e o de Simpson são os únicos que consideram as duas componentes da diversidade - a riqueza em espécies e a equidade ou abundâncias relativas - e portanto serão os mais adequados

para caracterizar a biodiversidade ecológica entre as comunidades.

Estando as comunidades dos organismos integradas e auto-reguladas em equilíbrio com o seu meio físico e químico, qualquer alteração que se verifique afecta a estabilidade de todo o ecossistema. Através de processos de selecção natural, as espécies estão diferentemente adaptadas às condições existentes no ecossistema. Assim, as espécies vão regular as flutuações naturais do seu ambiente, através de mecanismos homeostáticos, pelo que a sua produtividade e desempenho aumentam por intermédio de um *feedback* positivo sob condições de estabilidade (Connell & Orias, 1964).

A praia da Comporta apresenta maior diversidade de recursos, favorecendo a biodiversidade, no entanto, em quantidades reduzidas, daí o número de indivíduos ser tão baixo, para além dos factores bióticos e abióticos a que esta se encontra exposta.

A menor equidade da praia da Comporta apoia este facto, uma vez que umas estão mais bem adaptadas a sobreviverem sob condições de escassez de recursos, como acontece na Meco.

Isto pode ser comparado com o que acontece entre uma floresta tropical luxuriante, com abundância de recursos e uma savana seca e esparsa, onde os recursos (nomeadamente a água) escasseiam.

Apesar desta apresentar menor número é evidente que irá disponibilizar menos recursos às plantas do que a praia do Meco. Deste modo:

A distribuição dos recursos em cada uma das praias pode ser caracterizada pelos índices de equidade. Uma equidade superior, que se verifica na praia da Comporta, é o resultado de uma maior uniformidade e regularidade das espécies nesta praia, o que indica que há uma distribuição mais repartida dos recursos. Por outro lado, a abundância de um pequeno número de espécies na praia da Cabana do Pescador, sugere uma distribuição bastante desigual dos recursos, talvez também influenciada pela actividade humana destruidora de espécies mais sensíveis.

Então podemos concluir que as duas componentes da biodiversidade (riqueza em espécies e equidade) são superiores na praia da Comporta. A maior equidade da praia da Comporta sugere uma distribuição mais repartida dos recursos

A biodiversidade é simplesmente a mais espantosa imagem de marca da Terra, e isso deveria bastar para nos interessarmos por o que se passa com ela. É a ela que devemos reconhecer e atribuir uma valia intrínseca, inerente ao facto de a biodiversidade representar a forma mais complexa, mais rara e mais frágil de organização da matéria cósmica, longa e insubstituivelmente acumulada durante milhares de milhões de anos de evolução.

