

Universidade de Coimbra
Faculdade de Ciências e Tecnologia



Gramíneas de altitude do Parque Natural da Serra da Estrela



Mestrado em Biodiversidade e
Biotecnologia Vegetal

Célia Cristina Clemente Machado

2008

Departamento de Botânica
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Universidade de Coimbra

Gramíneas de altitude do Parque Natural da Serra da Estrela

Tese apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade de Coimbra para obtenção do grau de
Mestre em Biologia na especialidade de
Biodiversidade e Biotecnologia Vegetal

Célia Cristina Clemente Machado
2008

Agradecimentos

Aos meus pais e irmãos pelo seu apoio incondicional e paciência imensurável. Aos meus sobrinhos, pelos enternecedores momentos de diversão.

Ao meu namorado e companheiro que tem suportado a minha ausência, sabendo que este seria um passo importante na minha vida. Agradeço o seu amor e carinho sem os quais não teria sido possível levar o trabalho a bom termo.

Agradeço à Doutora Fátima Sales a orientação da tese, o apoio científico, bem como os incentivos, as sugestões e as críticas, dadas sempre com amizade e simpatia.

À equipa do CISE, sempre disponível para ajudar, agradeço os ensinamentos, o apoio e a simpatia extrema.

Agradeço à Doutora Cristina Martins e ao Doutor José Paulo Sousa pela ajuda e orientação amigavelmente disponibilizada.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Botânica que directa e indirectamente contribuíram para a realização das minhas actividades. Em especial destaco a Dona Manuela Santos pela sua constante simpatia e o Senhor Arménio Matos por ter disponibilizado os seus vastos conhecimentos sobre a flora do PNSE.

Aos meus amigos e colegas do TIG agradeço as discussões e o apoio prestado ao longo da tese.

À Mara Cristina e à Inês Silva, cujas ideias e incentivos foram fundamentais para o arrançar da pesquisa, agradeço a amizade e a paciência constantemente demonstradas.

Ao Instituto Geográfico Português, agradeço o apoio traduzido na cedência gratuita do direito de utilização de Informação Geográfica, essencial para o progredir da investigação.

À Fundação para a Ciência e Tecnologia, pelo apoio financeiro prestado ao projecto POCI/BIA-BDE/60937/2004, no âmbito do qual fez parte esta tese de mestrado.

Resumo

As Poaceae do Parque Natural da Serra da Estrela (PNSE) constituem uma das famílias de maior importância nas zonas de altitude. No entanto, são poucos os estudos detalhados existentes sobre a distribuição desta família na Serra da Estrela.

Esta investigação teve duas componentes. A primeira componente diz respeito à composição florística em Poaceae de altitude do PNSE. Foram identificados 25 géneros e 48 espécies. Em qualquer estudo florístico a identificação depende de uma chave de identificação adequada o que não é fácil em Poaceae dado a sua evolução ter ocorrido por simplificação extrema da morfologia. A chave multi-acesso criada no âmbito deste trabalho revelou resultados muito positivos, permitindo identificação rápida, simples e com elevada taxa de sucesso numa família onde os problemas de identificação são sobejamente conhecidos.

A outra componente da investigação diz respeito à distribuição das espécies de Poaceae identificadas num gradiente altitudinal de Seia (600 m) à Torre (1993 m) considerando (1) a variedade de macro e microclimas existentes no PNSE e (2) algumas adaptações morfológicas desenvolvidas pelas diferentes espécies com a altitude.

- (1) Os andares de vegetação da Serra da Estrela têm sido estabelecidos baseado em critérios fisionómicos/paisagísticos que são altamente subjectivos e que não consideram informação relevante sobre a distribuição das espécies. O método seguido nesta investigação para a delimitação dos andares de vegetação é baseado na composição das espécies (método florístico qualitativo), sendo, por isso, um método objectivo. Este método foi aplicado apenas à família Poaceae a qual, devido à sua importância florística nestas zonas de altitude, é provavelmente indicativa do que ocorre em toda a vegetação. A análise de cluster realizada com a composição específica de Poaceae delimitou 5 andares de vegetação que não correspondem aos 3 andares delimitados nas publicações clássicas sobre este tema (Pinto da Silva & Teles, 1980; Jansen, 2002). Os andares delimitados pelo método florístico qualitativo evidenciaram uma relação significativa com as unidades climotopológicas de Mora (2006), sendo que a complexidade climática parece reflectir-se na distribuição das gramíneas.
- (2) As análises CATPCA e K-Means Cluster realizadas evidenciaram uma relação estreita entre a altitude e os estados de carácter morfológicos seleccionados (hábito, inserção e secção da folha). Estes constituem respostas estruturais e funcionais relacionadas com as alterações climáticas que se fazem sentir com a altitude, principalmente as alterações de temperatura. A Análise de *Clusters* realizada para os caracteres morfológicos delimitou andares de vegetação semelhantes aos obtidos com a análise florística qualitativa. Desta forma, verifica-

se que este é outro método para a delimitação de andares de vegetação, este não baseado na fisionomia/paisagem, nem na análise florística qualitativa ou quantitativa, mas sim, baseado em caracteres morfológicos influenciados pelas condições térmicas.

Palavras chave: Poaceae, PNSE, chave multi-acesso, andares de vegetação, análise florística qualitativa, adaptação morfológica à altitude, influência climática.

Abstract

In the Serra da Estrela Natural Park (PNSE), grasses are one of the most important families at higher altitudes. However, there are few detailed studies about their precise distribution in the Park.

This investigation had two components. The first considered the floristic composition of the Poaceae at high altitudes. 25 genera and 48 species were identified. In any floristic study, identification depends on a reliable identification key. This is not easy to find in a family where there is such extreme morphological simplification. The multi-access key produced during this study gave excellent results, allowing fast, simple and accurate identifications. The second component of the project considered species distribution along an altitudinal gradient between Seia (600 m) and Torre (1993 m), taking into account: (1) macro- and micro-climates diversity of the PNSE; (2) some morphological adaptations adopted by Poaceae species related to altitude.

(1) Vegetation belts of Serra da Estrela have mainly been based on physiognomic criteria, but this is a subjective approach and loses relevant information about species distribution. The method followed in this study was based on species composition (qualitative floristic method) and thus more objective. This method was applied only to species composition of the Poaceae that, because of its extreme numerical importance at higher elevations, can pinpoint what occurs with all vegetation. The Cluster Analysis performed on the altitudinal changes in species composition delimited 5 vegetation belts. These do not correspond with the 3 vegetation belts delimited in the classical publications on the subject (Pinto da Silva & Teles, 1980; Jansen, 2002). The clusters defined by the floristic approach did however show a close relationship with the climatopes units of Mora (2006). Climatic complexity seems to affect grasses distribution.

(2) The CATPCA and K-Means Cluster Analysis conducted during this investigation showed evidence of a close relation between altitude and the selected morphological characters. The latter are structural and functional strategies related to the climatic changes, especially temperature, linked with altitude. The Cluster Analysis, undertaken for the morphological characters, defined similar vegetation belts to those delimited by the floristic approach. In this way, the present study introduces another way to define vegetation belts, not based on physiognomic criteria nor on floristic approach, but based on certain morphological characters that are much influenced by thermal conditions.

Key words: Poaceae, PNSE, multi-access key, vegetation belts, qualitative floristic analysis, morphological adaptations to altitude, climatic conditions influence.

Índice

1. Introdução Geral	20
1.1. O Projecto Grasses.....	20
1.2. As Poaceae	20
1.2.1. Distribuição e ecologia.....	21
1.2.2. Sistemática	23
1.2.3. Descrição das Pooideae.....	25
1.2.4. Usos económicos	27
1.3. O Parque Natural da Serra da Estrela.....	27
1.3.1. Aspectos da Natureza Física.....	27
1.3.2. Aspectos da Natureza Biológica.....	31
2. As espécies de Poaceae nas zonas altas do PNSE	35
2.1. Introdução.....	35
2.2. Materiais e métodos.....	36
2.2.1. Área de estudo	36
2.2.2. Amostragem	37
2.2.3. Chave de identificação alternativa às gramíneas de altitude do PNSE.....	37
2.3. Resultados.....	39
2.4. Conclusão.....	49
3. Distribuição das Poaceae ao longo de um gradiente altitudinal no PNSE	51
3.1. Introdução.....	51
3.1.1. Morfologia da Serra da Estrela.....	51
3.1.2. Características climáticas da Serra da Estrela.....	52
3.1.3. Variação da composição florística com a altitude no PNSE	55
3.1.4. Contextualização da investigação da variação da composição florística em Poaceae com a altitude no PNSE	57
3.1.5. Adaptações e resistência das plantas às baixas temperaturas	58
3.1.6. Sistema de Informação Geográfico (SIG).....	60
3.1.7. Análise estatística.....	60

3.2. Material e Métodos	62
3.2.1. Amostragem	62
3.2.2. Sistema de Informação Geográfico (SIG).....	64
3.2.3. Análise estatística	67
3.3. Resultados	70
3.3.1. Composição agrostológica.....	70
3.3.2. Checklist	72
3.3.3. Análise estatística	74
3.3.3.1. Alteração da composição das espécies de Poaceae em altitude	74
3.3.3.2. Relação entre alguns caracteres morfológicos adoptados pelas gramíneas e a altitude	79
3.4. Discussão	85
3.4.1. Alteração da composição das espécies de Poaceae em altitude	85
3.4.2. Relação entre alguns caracteres morfológicos adoptados pelas gramíneas e a altitude.....	87
3.5. Conclusão	89
4. Conclusão Geral	91
Bibliografia	94
Anexo 1. Outputs das análises estatísticas com SPSS 15.0.....	99
Anexo 2. Estrutura e fichas exemplificativas do guia de campo “Gramíneas de altitude do PNSE”	119

Índice de figuras

Capítulo 1

- Figura 1.1.** As 7 principais zonas de distribuição de Poaceae. Os números referem-se aos géneros restritos a cada uma. Pelo menos 50% desses géneros estão presentes dentro da linha interna e pelo menos 25% dentro da linha externa (adaptado de Clayton & Renvoize, 1986).....22
- Figura 1.2.** Aspecto geral de uma gramínea da subfamília Pooideae. **i** – inflorescência (espiga, racemo, tirso ou panícula); **c** -colmo; **f** - folha; **in** - entrenó; **n** - nós; **r** - rizomas; **ra** - raízes. (adaptado de Häfliger & Scholz, 1980).....25
- Figura 1.3.** Lígula membranosa na transição entre a bainha e o limbo da folha. A forma da lígula é variável. **l** – limbo; **li** – lígula e **b** – bainha (adaptado de Häfliger & Scholz, 1980).....26
- Figura 1.4.** Esquemas dos vários tipos de inflorescências das Pooideae. **A** – panícula; **B** – tirso; **C** – espiga e **D** – racemo.....26
- Figura 1.5.** Espiguetas típicas das Pooideae. Uma ou várias flores comprimidas lateralmente, geralmente 2 glumas (**g1** e **g2**), 1 lema aristada (**l**) ou mútica, 1 pálea (**p**), 2 lodículas (**lo**), 3 estames (**e**) e 2 estigmas (**es**) (adaptado de Häfliger & Scholz, 1980).....26
- Figura 1.6.** Localização geográfica do Parque Natural da Serra da Estrela (PNSE). Pormenor da área do Parque onde estão indicadas as seis capitais de conselho abrangidos pelo PNSE. Mapa obtido em ArcView 9.2: informação cartográfica oficial - Instituto Geográfico Português(www.igeo.pt) e Shapefile Concelhos do Atlas do Ambiente (<http://www.iambiente.pt/atlas/est/index.jsp>).....28
- Figura 1.7.** Precipitação média anual no PNSE (curvas de nível com equidistância de 100 m). Evidente aumento da precipitação com a altitude. Mapa obtido em ArcView 9.2; informação cartográfica oficial - Instituto Geográfico Português (www.igeo.pt) e Shapefile Precipitação Total do Atlas do Ambiente (<http://www.iambiente.pt/atlas/est/index.jsp>).....29
- Figura 1.8.** Temperatura média anual do ar estimada para a Serra da Estrela (curvas de nível com equidistância de 100m). Evidente diminuição da temperatura com a altitude (Adaptado de Mora, 2006).....30
- Figura 1.9.** Os quatro principais biótopos dominados por gramíneas existentes na Serra da Estrela.....31

Capítulo 2

Figura 2.1. Localização dos pontos de colheita. Os pontos vermelhos correspondem aos locais de colheita e as linhas azuis delimitam 3 andares altitudinais do PNSE. Mapa obtido em ArcView 9.2; informação cartográfica oficial - Instituto Geográfico Português (www.igeo.pt).....36

Capítulo 3

Figura 3.1. Topografia da Serra da Estrela e localização dos patamares do planalto ocidental (vermelho) e do planalto oriental (castanho). Curvas de nível com equidistância de 50 m.....52

Figura 3.2. Classificação dos planaltos da Serra da Estrela, segundo Mora (2006).....54

Figura 3.3. A vegetação da Serra da Estrela. As cinco variantes altitudinais consideradas por Jansen (2002) estão indicadas ao longo da parte interior do corte da Serra. Os 3 andares altitudinais de Pinto da Silva & Teles (1980) estão indicados na vertical no centro do corte da Serra.....56

Figura 3.4. Locais de amostragem. Em cima, mapa bidimensional com curvas de nível de 100 em 100 m; pontos vermelhos indicam locais de amostragem e a linha azul a Estrada Nacional 339. Em baixo, corte da Serra; linha vermelha representa as altitudes amostradas (figura adaptada de Jansen, 2002).....63

Figura 3.5. Estrutura da base de dados do SIG com indicação da lógica das associações entre as tabelas. PC = ponto de colheita.....66

Figura 3.6. Variação altitudinal da riqueza específica em Poaceae entre 600-1993 m de altitude no PNSE. Evidente diminuição do número de espécies a partir de 1700 m de altitude; riqueza específica mais elevada entre 1400-1600 m.....70

Figura 3.7. Intervalo de altitude de ocorrência de cada uma das 53 espécies colhidas. É possível observar que algumas espécies têm uma distribuição mais restritas que outras. Estão delimitadas com diferentes cores os andares de vegetação definidos pela análise florística qualitativa (figura 3.8)...71

Figura 3.8. Dendograma da Análise de *Clusters* com o método da Distância média entre *clusters* e usando o coeficiente de *Jaccard* como medida de semelhança. Agrupamento dos intervalos de altitudes mais semelhantes entre si de acordo com a composição de espécies de Poaceae.....75

Figura 3.9. Gráfico da distância entre *clusters* e do *R-squared*, critérios para definir o número de *clusters* a reter da Análise de *Clusters* anterior. Segundo a distância entre *clusters* pode reter-se entre 4 e 6 *Clusters*. Segundo a análise do *R-squared*, os ganhos de variabilidade retida por mais do que 5 *Clusters* são relativamente pequenos quando comparados com a evolução de 1 para 5 *Clusters*.....75

- Figura 3.10.** Representação gráfica (*Scree plot*) dos valores próprios em função de cada uma das componentes principais respectivas. Seleccionam-se as três primeiras componentes porque o declive da linha reduz-se significativamente da 4ª para a 5ª componente.....76
- Figura 3.11.** Mapa perceptual tridimensional dos objectos (altitudes), de acordo com os componentes principais extraídos da análise CATPCA. Os círculos a azul indicam os conjuntos de pontos mais próximos.....78
- Figura 3.12.** Representação gráfica (*Scree plot*) dos valores próprios em função de cada uma das componentes principais respectivas. Seleccionam-se as duas primeiras componentes porque o declive da linha reduz-se significativamente da 3ª para a 4ª componente.....79
- Figura 3.13.** Posicionamento de cada altitude no mapa bidimensional definido pelas duas componentes principais retidas e a sua posição relativa às variáveis originais [caracteres morfológicos: hábitos anual e vivaz (Anual, Vivaz), folhas basais e no colmo (Basal, Colmo), folhas conduplicadas (Cond), involuta/convoluta (Inv_Conv) e planas (Plana)], após CATPCA. Os círculos a cinzento indicam os conjuntos de pontos mais próximos.....81
- Figura 3.14.** Dendograma da análise de *clusters* com o método da distância média entre *clusters* e usando a distância euclidiana como medida de dissemelhança. Agrupamento de intervalos de altitudes de acordo com alguns caracteres morfológicos das espécies de Poaceae.....82
- Figura 3.15.** Gráfico da distância entre *Clusters* e do *R-squared*, critérios para definir o número de *clusters* a reter da Análise de *Clusters* anterior. Segundo a distância entre *Clusters* e análise do *R-squared* podem reter-se 4 *clusters*. Os ganhos de variabilidade retida por mais do que 4 *Clusters* é relativamente pequeno quando comparada com a evolução de 1 para 4 *Clusters*...82

Índice de tabelas

Capítulo 1

Tabela 1.1. Principais caracteres morfológicos distintivos entre Poaceae, Cyperaceae e Juncaceae.....21

Tabela 1.2. Classificação das Poaceae em 12 subfamílias segundo Barker *et al.* (2001) e alguns caracteres distintivos. Destaca-se a negrito a subfamília Pooideae, na qual se inserem as gramíneas estudadas nesta investigação.....24

Capítulo 3

Tabela 3.1. Andares de vegetação definidos por Pinto da Silva e Teles (1980) e Jansen (2002) com base nas características gerais da distribuição das suas principais comunidades vegetais (fisionomia/paisagem). Jansen adicionou à análise factores climáticos.....55

Tabela 3.2. Tabela *Taxon* relativa às espécies, géneros e alguns caracteres morfológicos de Poaceae no PNSE.....66

Tabela 3.3. Tabela de relação *PC_TAXON*.....66

Tabela 3.4. Tabela *PC* referente aos pontos de colheita, respectivas coordenadas geográficas, altitude e localidade.....66

Tabela 3.5. Espécies de Poaceae encontradas no PNSE. A **negrito** estão as espécies colhidas no âmbito do projecto POCI/BIA-BDE/60937/2004; os vouchers destas espécies encontram-se depositados em COI. Para as espécies que foram consultadas em herbários os respectivos acrónimos estão indicados. Encontram-se assinaladas com (*) as espécies claramente ruderais e amplamente distribuídas por todo o país.....72

Tabela 3.6. Componentes principais extraídas da análise CATPCA, com os respectivos *eigenvalues*, % de variância explicada, α de Cronbach e “peso” de cada objecto (altitudes). As três componentes extraídas explicam 74.75% da variância total.....77

Tabela 3.7. Componentes principais extraídas da análise CATPCA, com os respectivos *eigenvalues*, % de variância explicada, α de Cronbach e pesos de cada variável. As duas componentes extraídas explicam 98.61% da variância total. A **negrito** destacam-se os “pesos” significativos de cada variável em cada componente.....80

Tabela 3.8. Classificação das altitudes em 3 *clusters* pelo método *k-Means* com $k = 4$83

Tabela 3.9. Centros (médias) dos *clusters* e estatística *F* para cada variável.

A **negrito** destacam-se as médias mais elevadas das variáveis em cada *cluster*.....**84**

Capítulo 1

Introdução Geral



1. Introdução Geral

1.1. O Projecto Grasses

Esta tese de mestrado foi desenvolvida no âmbito do projecto de investigação “Investigação multidisciplinar em gramíneas de altitude, com ênfase no seu estatuto taxonómico e conservação” (POCI/BIA-BDE/60937/2004). Este projecto envolve uma abordagem multidisciplinar às gramíneas de altitude (acima de 1400 m) do PNSE e contempla as vertentes Ciência Fundamental, Ciência Aplicada e Educação Ambiental.

1.2. As Poaceae

As gramíneas constituem uma vasta família de Magnoliopsida (nomenclatura segundo Ingrouille & Eddie, 2006) constituída por c. de 10.000 espécies repartidas por c. de 675 géneros (Heywood *et al.*, 2007). A diversidade das Poaceae é ultrapassada apenas pelas Asteraceae, Orchidaceae e Fabaceae. Nenhuma outra família supera as gramíneas em importância económica global e em área ocupada da superfície terrestre. A sua importância económica reside no seu papel como fonte de alimento: 70% dos campos agrícolas são cultivados com gramíneas e 50% das calorias humanas provém de gramíneas (Judd *et al.*, 1999). Por outro lado, estima-se que 20% da cobertura vegetal da Terra tem gramíneas como seu principal componente (Groombridge & Jenkins, 2002).

As gramíneas possuem um aspecto geral típico. No entanto, por vezes são confundidas com as Cyperaceae e Juncaceae. A grande semelhança entre estas 3 famílias reside no aspecto graminiforme e flores drasticamente reduzidas que todas apresentam. As principais diferenças morfológicas entre elas encontram-se resumidas na tabela 1.1.

Tabela 1.1. Principais caracteres morfológicos distintivos entre Poaceae, Cyperaceae e Juncaceae.

	POACEAE	CYPERACEAE	JUNCACEAE
Colmo	cilíndrico	geralmente triangular	cilíndrico
Bainha	geralmente aberta	geralmente fechada	aberta e fechada
Lígula	geralmente presente	ausente	ausente
Flores	2 brácteas (lema e pálea); lodículas presentes	1 bráctea; lodículas ausentes	3 sépalas e 3 pétalas; lodículas ausentes
Estames	geralmente 3	geralmente 3	geralmente 6
Fruto	cariopse	aquênio	cápsula

1.2.1. Distribuição e ecologia

As Poaceae constituem uma família cosmopolita e extremamente versátil ocupando quase todos os tipos de habitats. Comunidades dominadas por gramíneas encontram-se em todos os continentes, como as pradarias e planícies da América do Norte, as pampas da América do Sul, as estepes da Eurásia e as savanas Africanas, constituindo cerca de 1/4 de toda a vegetação da Terra (Heywood *et al.*, 2007).

As principais tribos estão distribuídas por 7 extensas áreas principais (figura 1.1): Eurásia, América do Norte, América do Sul temperada, América tropical, África, Índia/Sudeste asiático e Austrália. Dentro destas zonas estima-se que se encontram 73% dos géneros de Poaceae (Clayton & Renvoize, 1986). Estes grandes centros de distribuição explicam as tendências evolutivas na família e várias das adaptações.

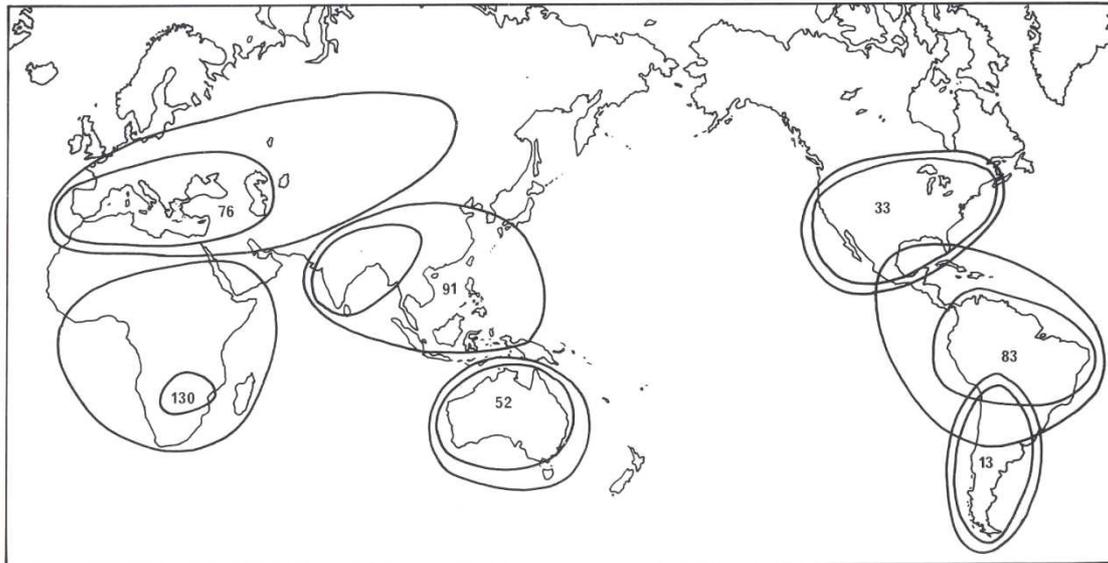


Figura 1.1. As 7 principais zonas de distribuição de Poaceae. Os números referem-se aos géneros restritos a cada uma. Pelo menos 50% desses géneros estão presentes dentro da linha interna e pelo menos 25% dentro da linha externa (adaptado de Clayton & Renvoize, 1986).

Campos de gramíneas naturais (“grasslands”)

Os campos de gramíneas naturais prosperam onde ocorrem secas periódicas e chuvas sazonais, em ecossistemas intermédios entre florestas e desertos. A seca, o fogo e o herbivorismo previne a invasão de plantas lenhosas e os últimos dois até estimulam a produtividade das pastagens (Clayton & Renvoize, 1986).

Certos tipos de pastagens co-evoluíram com fogos regulares e desenvolveram um certo grau de tolerância. Os fogos naturais e de intensidade moderada consomem apenas as porções superiores das plantas, permanecendo as zonas meristemáticas intactas o que permite a rápida recuperação das pastagens. Os fogos naturais favorecem o desenvolvimento das gramíneas por várias razões: (1) limpam a matéria orgânica morta (2) reciclam os nutrientes em cinzas (3) eliminam plantas competidoras (4) abrem matas fechadas e sombrias permitindo a colonização destas áreas pelas gramíneas (Clayton & Renvoize, 1986).

As pastagens co-evoluíram também com a herbivoria. Não só recuperam dos cortes graças aos meristemas intercalares, como possuem estruturas protectoras na fase reprodutora (aristas). Constituem ecossistemas que atraem e sustentam um nível de predação tão elevado que exclui muitas outras plantas competidoras (Clayton & Renvoize, 1986).

As gramíneas também se adaptaram ao Homem e à agricultura. Devido à utilidade que têm para o Homem, os cereais e as pastagens artificiais criaram um novo ecossistema que favorece o sucesso da família (Clayton & Renvoize, 1986).

O sucesso dos campos de gramíneas advém da sua grande adaptabilidade e versatilidade a ambientes instáveis que resulta de um grande número de características morfológicas, anatômicas, fisiológicas e bioquímicas: (1) corpos de sílica, eficazes até ao surgimento do dente hipsodonte dos grandes herbívoros; (2) esporófito estruturada em nós e entre-nós; na base deste situa-se um meristema intercalar activado em caso de corte; (3) estruturas protectoras na fase reprodutoras (aristas); (4) anatomia C3 e C4 da folha que adapta as gramíneas a vários tipos de habitats com diferentes graus de luminosidade; (5) reprodução assexuada por estolhos e rizomas permitindo rápida propagação com baixo consumo de energia e (6) mecanismos de dispersão do fruto a curtas e longas distâncias.

1.2.2. Sistemática

A classificação das Poaceae em 6 subfamílias (Clayton & Renvoize, 1986) tem vindo a ser alterada pelo Grass Phylogeny Working Group (GPWG) que considera 12 subfamílias. Esta classificação baseia-se em caracteres morfológicos, bioquímicos, anatômicos e moleculares, ou seja, nenhuma das subfamílias é distinguida usando apenas caracteres morfológicos. No entanto, como estes são mais facilmente observáveis, são os utilizados na tabela 1.2 onde se faz a distinção das 12 subfamílias.

Tabela 1.2. Classificação das Poaceae em 12 subfamílias segundo Barker *et al.* (2001) e alguns caracteres distintivos. Destaca-se a negrito a subfamília Pooideae, na qual se inserem as gramíneas estudadas nesta investigação.

	LÍGULA	INFLORESCÊNCIA	ESPIGUETA	FLORES	LODÍCULAS	ECOLOGIA	VIA FOTOSSINTÉTICA
ANOMOCHLOOIDEAE	presente ou ausente	espiga, padrão complexo de ramificação	bissexual	4-6 estames; 1 estilete; 1 a 3 estigmas	ausentes	floresta tropical	C3
ARISTIOIDEAE	presente	panícula	bissexual	1-3 estames; 2 estiletes; 2 estigmas	2	habitats abertos desde as zonas temperadas às zonas tropicais	C3 e C4
ARUNDINOIDEAE	presente	panícula	bissexual	1-3 estames; 2 estiletes; 2 estigmas	2	áreas temperadas e tropicais	C3
BAMBUSOIDEAE	presente	espiga, racemo ou panícula	bissexual ou unissexual	2,3 ou 6 estames; 2-3 estiletes; 2-3 estigmas	3, raramente 6 ou mais	florestas tropicais e temperadas, pastagens de grande altitude e savanas	C3
CENTOTHECOIDEAE	presente	racemo ou panícula	bissexual ou unissexual	1-3 estames; 2 estiletes; 2 estigmas	2	bosques temperados e florestas tropicais	C3
CHLORIDOIDEAE	presente	espiga, racemo ou panícula	bissexual	1-3 estames; 2 estiletes; 2 estigmas	0 ou 2	habitats secos em áreas tropicais e subtropicais	C3 e C4
DANTHONIOIDEAE	presente	panícula, raramente racemo ou espiga	bissexual ou unissexual	3 estames; 2 estiletes; 2 estigmas	2	pastagens naturais, bosques abertos,	C3
EHRHARTOIDEAE	presente	panícula ou racemo	bissexual ou unissexual	3 ou 6 estames; 2 estiletes; 2 estigmas	2	florestas, e habitats aquáticos	C3
PANICOIDEAE	presente ou ausente	espiga, racemo ou panícula	bissexual ou unissexual	3 estames; 2 estiletes; 2 estigmas	2	zonas temperadas, subtropicais, e tropicais	C3, C4 e intermediários C3/C4
PHAROIDEAE	presente	panícula	unissexual	espigueta masculina: 6 estames	espigueta masculina: 0-3; espigueta feminina: 0	florestas tropicais e temperadas quentes	C3
POOIDEAE	presente	espiga, racemo ou panícula	bissexual	1-3 estames; 2 estiletes; 2 estigmas	2, raramente 0 ou 3	habitats temperados frios, áreas boreais, nas montanhas dos trópicos.	C3
PUELIOIDEAE	presente	racemo ou panícula	bissexual	6 estames; 2-3 estiletes; 2-3 estigmas	3	floresta húmida	C3

1.2.3. Descrição das Pooideae

As Pooideae estão basicamente limitadas às zonas temperadas de ambos os hemisférios. Mas podem ser encontradas nos trópicos em zonas de grande altitude. Esta distribuição justifica a via fotossintética C3 das Pooideae a qual é mais eficiente do que a via C4 em climas frios e úmidos e em condições de luz normal por requerer menos enzimas, menos energia e uma anatomia simples.

- **Aspecto geral**

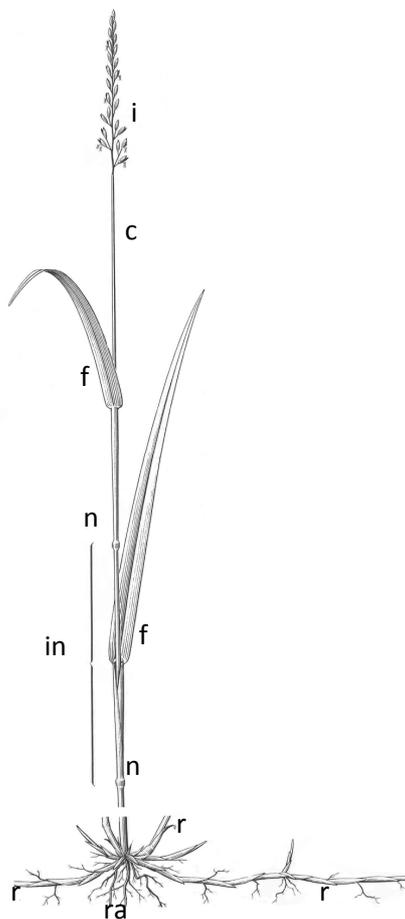


Figura 1.2. Aspecto geral de uma gramínea da subfamília Pooideae. Inflorescência (i) (espiga, racemo, tirso ou panícula); colmo (c); folha (f); entrenó (in); nós (n); rizomas (r); raízes (ra). (adaptado de Häfliger & Scholz, 1980)

- **Lígula membranosa**

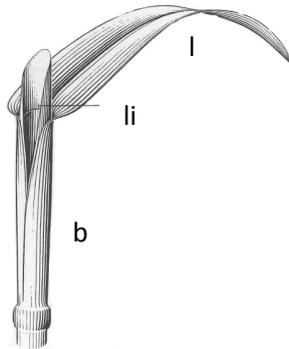


Figura 1.3. Lígula membranosa na transição entre a bainha e o limbo da folha. A forma da lígula é variável. Limbo (l); lígula (li) e bainha (b). (adaptado de Häfliger & Scholz, 1980).

- **Inflorescência: panícula, tirso, espiga ou racemo**

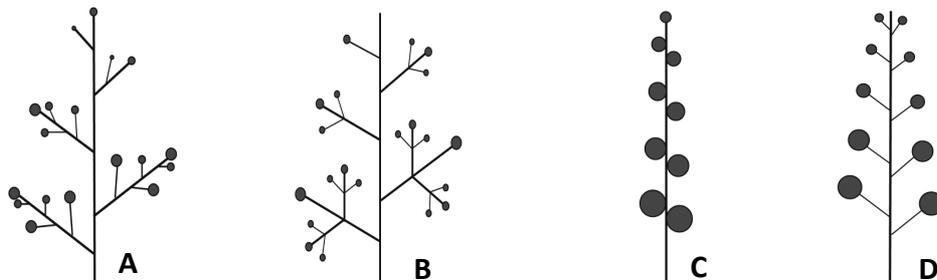


Figura 1.4. Esquemas dos vários tipos de inflorescências das Poideae. Panícula (A); tirso (B); espiga (C) e racemo (D).

- **Espigeta bissexual**

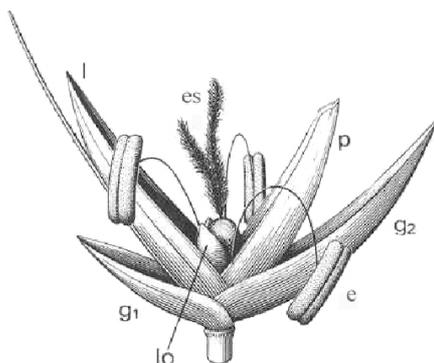


Figura 1.5. Espigeta típica das Poideae. Uma ou várias flores comprimidas lateralmente, geralmente 2 glumas (g1 e g2), 1 lema aristada (l) ou mútica, 1 pálea (p), 2 lodículas (lo), 3 estames (e) e 2 estigmas (es). (adaptado de Häfliger & Scholz, 1980).

1.2.4. Usos económicos

Poaceae é a família que de longe apresenta maior utilidade para o Homem devido, principalmente, ao seu papel primordial como fonte de alimento. O desenvolvimento de pastagens para sustento do gado constituiu um marco na evolução humana e muitas das grandes civilizações tiveram no cultivo das gramíneas o segredo para o seu sucesso e estabilidade (Chapman, 2002).

Os bambus, com os seus colmos leves, ocos, lisos e muito resistentes são usados como material de construção de casas, móveis, utensílios, cestaria, armas de caça, produção de papel, instrumentos musicais e até para alimentação. Os seus rebentos são fonte de alimento de milhões de pessoas, especialmente na China, e de vários animais selvagens (Marinelli, 2004).

1.3. O Parque Natural da Serra da Estrela

1.3.1. Aspectos da Natureza Física

GEOGRAFIA, GEOLOGIA E SOLOS

Localizado na Serra da Estrela no Centro-Este do país, o Parque Natural da Serra da Estrela (PNSE) ocupa grande parte da Serra, a qual é a mais alta de Portugal (1993 m na Torre). O Parque estende-se por cerca de 100 000 hectares e distribui-se por 6 municípios: Celorico da Beira, Covilhã, Gouveia, Guarda, Manteigas e Seia, incluídos nos distritos da Guarda e de Castelo Branco (figura 1.6).

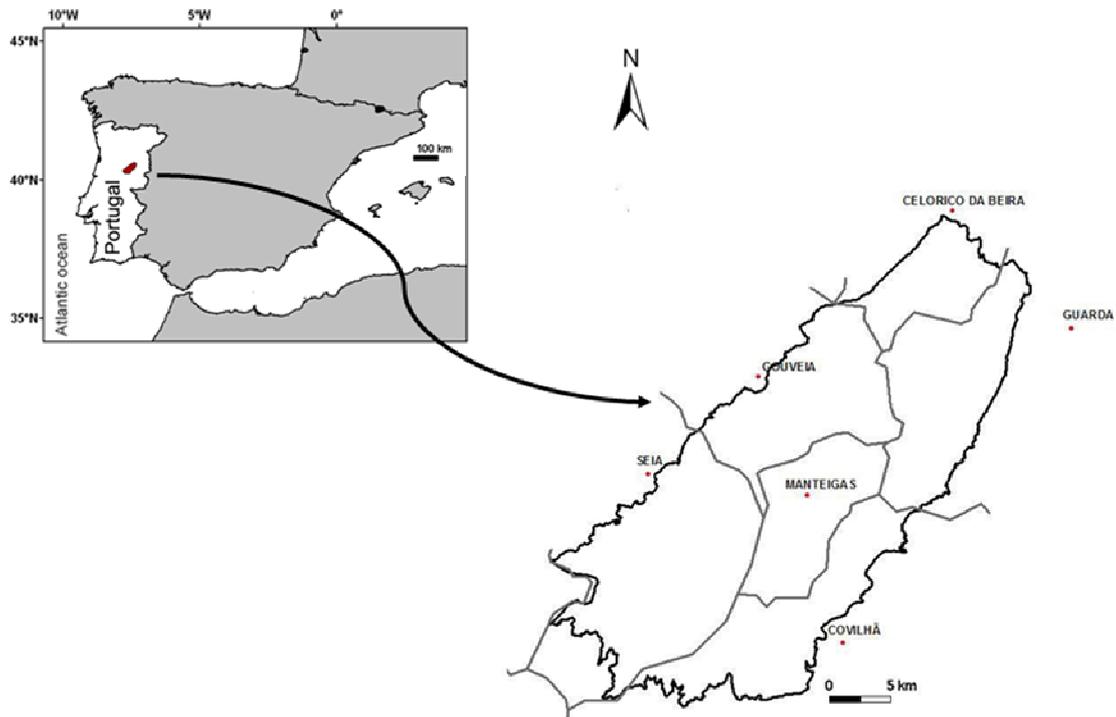


Figura 1.6. Localização geográfica do Parque Natural da Serra da Estrela (PNSE). Pormenor da área do Parque onde estão indicadas as seis capitais de conselho abrangidos pelo PNSE. Mapa obtido em ArcView 9.2: informação cartográfica oficial - Instituto Geográfico Português (www.igeo.pt) e Shapefile Concelhos do Atlas do Ambiente (<http://www.iambiente.pt/atlas/est/index.jsp>).

A Serra da Estrela, juntamente com a Serra do Açor e da Lousã, constitui a parte mais ocidental da Cordilheira Central da Península Ibérica. Esta Cordilheira tem uma orientação NESW e estende-se desde o Norte de Madrid até ao Sul de Coimbra, por uma extensão de 500 km. Não se trata de um conjunto contínuo de montanhas, mas sim, de vários alinhamentos montanhosos separados por corredores aplanados.

Na parte nordeste da serra convergem três grandes bacias hidrográficas do território português: Douro, Tejo e Mondego.

Em termos morfológicos, a Serra da Estrela destaca-se do território circundante erguendo-se como um planalto granítico alongado, marcado por vales profundos que entram no seu interior. Na parte mais elevada, o relevo foi fortemente modelado pela acção de glaciares quaternários. Em termos litológicos, a Serra é predominantemente composta por granitos na parte central e por xistos na periferia.

CLIMA

As características topográficas da Serra influenciam o clima à escala regional e originam um mosaico complexo de climas à escala local (Mora, 2006).

A distribuição da temperatura e da precipitação são controlados fundamentalmente pela: (1) posição latitudinal global; (2) posição relativa ao Atlântico *versus* o interior da Península Ibérica e (3) altitude. Em geral, com o aumento da altitude, a velocidade do vento e a precipitação aumentam enquanto que a temperatura desce cerca de 0.6 °C por cada 100 m (Mora, 2006) (figuras 1.7 e 1.8).

As condições microclimáticas podem variar muito em apenas alguns metros. Encostas soalheiras orientadas a sul podem estar lado a lado com locais sombrios abrigados do vento a norte. A presença de rochas também influencia o microclima pois sofrem grandes oscilações de humidade e temperatura durante o dia. A escorrência da água de precipitação, a presença de massas de água permanentes e as nascentes também influenciam o microclima.

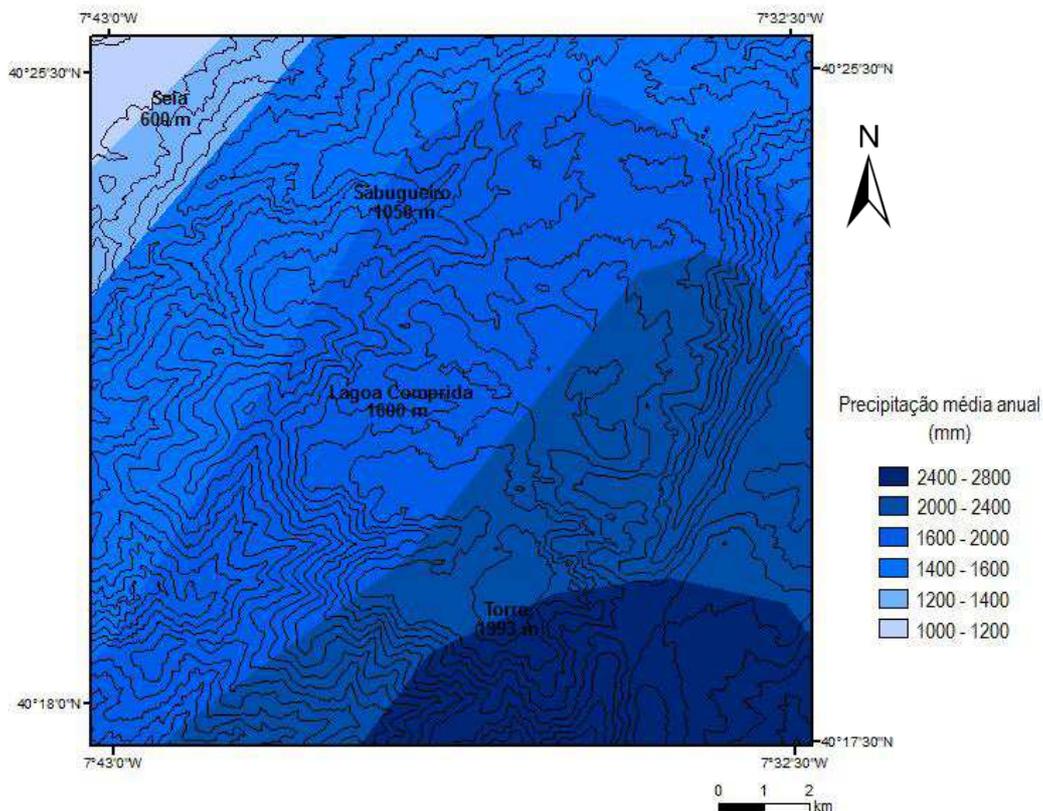


Figura 1.7. Precipitação média anual no PNSE (curvas de nível com equidistância de 100 m). Evidente aumento da precipitação com a altitude. Mapa obtido em ArcView 9.2; informação cartográfica oficial - Instituto Geográfico Português (www.igeo.pt) e Shapefile Precipitação Total do Atlas do Ambiente (<http://www.iambiente.pt/atlas/est/index.jsp>).

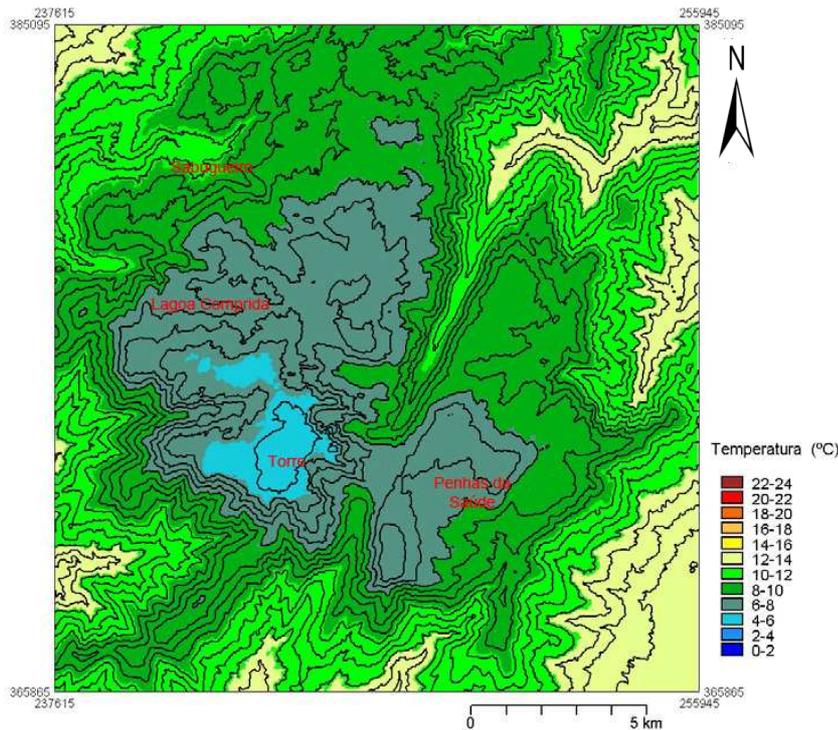


Figura 1.8. Temperatura média anual do ar estimada para a Serra da Estrela (curvas de nível com equidistância de 100m). Evidente diminuição da temperatura com a altitude (Adaptado de Mora, 2006).

Fogo

O Homem é a principal causa de fogos na Serra. As queimadas tradicionais realizadas pelos pastores, com o fim de melhorar as áreas de pasto ao controlar o crescimento das lenhosas, costumavam ser a principal origem dos fogos. No entanto, recentemente, a melhor acessibilidade à Serra abriu as portas aos turistas e seus churrascos, aos pirómanos e criminosos. Ao contrário das tradicionais queimadas controladas, os fogos de origem criminosa atingem temperaturas muito elevadas destruindo vegetação e as camadas férteis do solo que são, posteriormente, facilmente arrastadas pelas chuvas perdendo-se nutrientes. As gramíneas perenes possuem órgãos subterrâneos que garantem, na maioria das vezes, a sua sobrevivência, mas frequentemente até estes são destruídos (Jansen, 2002).

O fogo, quando usado cuidadosamente, o caso das queimadas, pode promover a diversidade. De facto, depois de um fogo, algumas espécies possuem vantagem na colonização do solo descoberto e têm a oportunidade única de se desenvolverem na ausência de competidores. Em geral, a regeneração após um fogo é devida à produção de rebentos a partir dos caules ou raízes. A regeneração das gramíneas perenes resulta da actividade meristemática dos órgãos subterrâneos. Pode ocorrer ainda a germinação de sementes armazenadas no solo. Alguns

especialistas acreditam que o fogo controlado é uma das principais causas da existência de muitas espécies raras na Serra da Estrela (Jansen, 2002).

1.3.2. Aspectos da Natureza Biológica

A Serra da Estrela alberga um valioso coberto vegetal e biótopos únicos onde existem relações ecológicas complexas. As gramíneas desempenham um papel importante, dominante até, na zona superior da Serra. Os principais biótopos na Serra dominados por gramíneas são os prados terofíticos, as formações de *Antinoria agrostidea* (DC.) Parl., os prados de *Festuca henriquesii* Hack., e os cervunais (figura 1.9).



Prado terofítico dominado por *Agrostis truncatula*



Lagoacho com *Antinoria agrostidea*



Prado de *Festuca henriquesii*



Cervunal: *Nardus stricta*

Figura 1.9. Os quatro principais biótopos dominados por gramíneas existentes na Serra da Estrela.

PRADOS TEROFÍTICOS

Os prados terofíticos são dominados por gramíneas anuais adaptadas a ambientes secos. Apresentam um carácter efémero visto produzirem uma grande quantidade de sementes no início do Verão e morrerem de imediato. É o pastoreio que permite manter este tipo de habitat pois impede que seja invadido por plantas lenhosas e dá origem a áreas expostas que são rapidamente colonizadas pelas plantas anuais.

FORMAÇÕES DE *ANTINORIA AGROSTIDEA*

A. agrostidea é típica de lagoachos oligotróficos e é indicadora da boa qualidade da água que ainda persiste na Serra da Estrela. Contudo, a eutrofização progressiva destes lagoachos está a pôr em causa a sobrevivência de *A. agrostidea* na Serra da Estrela. O desaparecimento das populações na Serra será significativo em termos de sobrevivência da espécie porque por um lado a sua distribuição total é restrita a pequenas bolsas e por outro lado apresenta uma manifesta dependência a um habitat em risco (zonas húmidas) não só com a humanização dos ecossistemas mas também devido ao aquecimento global.

PRADOS DE *FESTUCA HENRIQUESII*

F. henriquesii é um endemismo lusitano, restrito à Serra da Estrela e em perigo de extinção, protegida pelo decreto-Lei nº 140/99, de 24 de Abril – Anexos B-II, b) e B-IV, b) e Directiva 92/43/CEE – Anexos II, b) e IV, b. Os prados dominados por esta espécie possuem diversas qualidades ecológicas: (1) protegem o solo da erosão; (2) retêm água no solo e (3) abrigam elevada biodiversidade faunística e algumas espécies vegetais raras. O abandono dos sistemas pastoris extensivos tradicionais parece ser a sua principal ameaça, uma vez que os dejectos do gado parecem enriquecer o solo pobre em nutrientes essenciais à espécie.

CERVUNAIS

Outro biótopo de elevado interesse é o cervunal que ocupa um mosaico retalhado acima dos 1600 m e é protegido pela directiva Directiva 92/43/CEE de 21 de Maio de 1992 e por Decreto-Lei nº 140/99 de 24 de Abril – Anexo B-1, 6230.

Os cervunais são prados de gramíneas pobres em nutrientes que ocupam solos orgânicos, ácidos e onde predomina *Nardus stricta* (cervum). Esta espécie é abundante em ambientes

húmidos, como junto à Lagoa Comprida; no entanto, é encontrado também em zonas relativamente secas, mas mais esparsas nestas.

A medida que o cervum se desenvolve as partes inferiores mortas da planta não se desagregam podendo estas massas inertes atingir grandes profundidades (c. 60 cm). Esse material tem duas funções muito importantes: (1) retém grande quantidade de água por capilaridade, constituindo um reservatório muito importante nas partes mais altas da Serra e (2) isola das baixas temperaturas, constituindo o único refúgio para a mesofauna edáfica em altitudes elevadas.

As temperaturas baixas e neve das zonas elevadas conduzem ao desenvolvimento tardio da vegetação. Por isso, o cervum tem o seu óptimo nas pastagens de Verão, quando em zonas de menor altitude começam a escassear os prados. Desta forma, os cervunais tiveram um papel importante na transumância, na economia local e na produção do famoso Queijo da Serra.

Verifica-se, actualmente, grande regressão da pastorícia na parte superior da Serra. A pastorícia de altitude ligada à transumância controlava a cobertura arbustiva estando hoje a ocorrer degradação do cervunal em vários pontos. É de salientar a extrema importância ecológica que a conservação do cervunal assume na medida em que este previne a erosão, regula o ciclo da água, constitui reserva de recursos genéticos e refúgio de biodiversidade. Num planeta que está a sofrer alterações climáticas e onde a Península Ibérica é uma das zonas críticas de aridização, as pastagens de altitude, de desenvolvimento tardio e sujeitas a uma boa gestão do ciclo da água na Serra constituem também um potencial de grande impacto sócio-económico por permitir a continuação da produção do famoso queijo da Serra.

ANDARES ALTITUDINAIS DA SERRA

Com base na distribuição da vegetação, Pinto da Silva e Teles (1980), consideraram três andares altitudinais de vegetação na Serra: andar basal, até 900 m; andar intermédio, 900-1600 m e andar superior, acima dos 1600 m (figura 3.3).

A abordagem geobotânica mais recente que Jansen (2002) faz à vegetação da Estrela é menos rígida, considerando que a complexidade climática se reflecte na vegetação e, por isso, em todos os macrobioclimas principais ocorrem diversos microhabitats com a sua respectiva vegetação.

Capítulo 2

As espécies de Poaceae nas Zonas Altas do PNSE



2. As espécies de Poaceae nas zonas altas do PNSE

2.1. Introdução

O último senso das Poaceae em Portugal é de Amaral Franco (1998) o qual se baseia largamente na Flora Europaea (Tutin *et al.*, 1980) e dá para a família c. 273 espécies repartidas por 92 géneros. Contudo, a verdadeira situação desta família necessita urgentemente de actualização. O Parque Natural da Serra da Estrela é uma área muito relevante para o estudo da família por vários motivos: (1) estudos detalhados das gramíneas da Serra da Estrela são poucos, mas começaram bem cedo (Henriques, 1883); (2) elevada concentração de gramíneas taxonomicamente complexas, algumas endémicas; (3) as Poaceae são a família mais relevante a altitudes elevadas; (4) importância ecológica extrema do local dos campos de gramíneas naturais e (5) valor económico elevado das pastagens naturais locais.

Em qualquer trabalho que dependa da identificação de gramíneas (taxonomia, ecologia, conservação, melhoramento, biotecnologia, genética, agronomia, arqueologia, arquitectura paisagística, biologia molecular, zootecnia, entre outros) se consta que esta é uma tarefa difícil e frustrante, mesmo para especialistas. Dada a evolução desta família, no sentido da simplificação morfológica extrema são poucos os caracteres disponíveis para a identificação o que está na base de descrições complexas baseadas em dimensões e de chaves de identificação pouco clara. Desta forma, as dificuldades taxonómicas e as chaves de identificação difíceis de utilizar da família Poaceae desafiaram à elaboração de chaves simples de identificação.

O objectivo deste estudo é desenvolver uma chave multi-acesso para a sua identificação utilizando o mínimo de termos técnicos e providenciando esquemas dos caracteres. Paralelamente pretende-se elaborar um guia de campo das gramíneas de altitude do PNSE.

2.2. Materiais e métodos

2.2.1. Área de estudo

As colheitas foram realizadas essencialmente nas zonas de maior altitude do PNSE (1400 – 1993 m), cobrindo os planaltos da Serra da Estrela (figura 2.1).

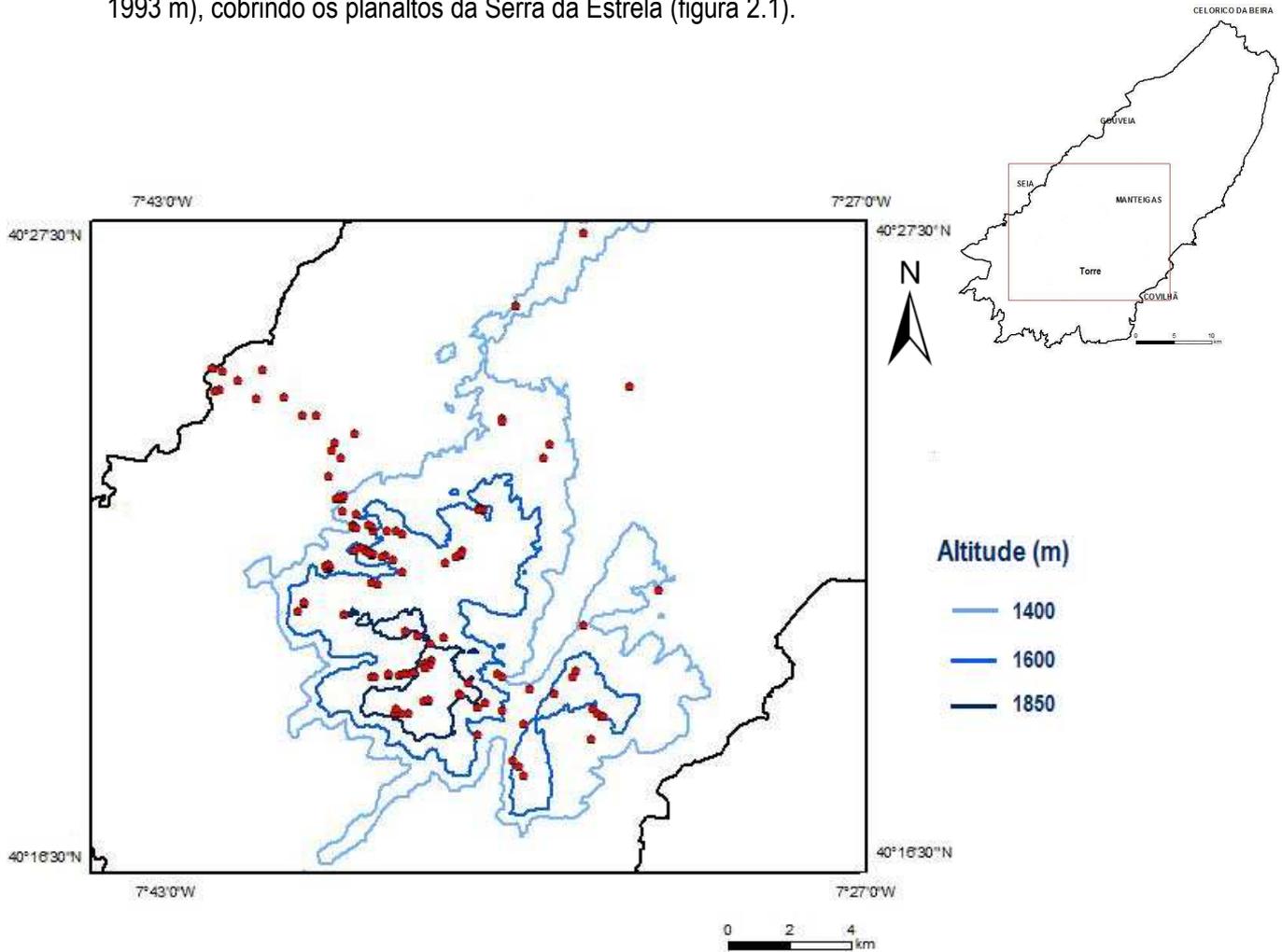


Figura 2.1. Localização dos pontos de colheita. Os pontos vermelhos correspondem aos locais de colheita e as linhas azuis delimitam 3 andares altitudinais do PNSE. Mapa obtido em ArcView 9.2; informação cartográfica oficial - Instituto Geográfico Português (www.igeo.pt).

Os planaltos são uma das unidades de relevo que ocupam maior extensão na Serra da Estrela e são a unidade de paisagem mais importante das áreas altas. Escalonados a diferentes altitudes, formam amplos patamares separados por vertentes bem marcadas (Mora, 2006): um planalto mais elevado, situado acima de aprox. 1850 m, designado por Planalto Culminante; uma série de outros situados entre 1600-1750 m de altitude, designados por Planaltos Intermédios; e a um nível mais baixo, situados entre aprox. 1400-1550 m, outra série designada por Planaltos Inferiores.

2.2.2. Amostragem

As colheitas foram realizadas durante 3 anos seguidos (2004-2007) entre Maio e Agosto, correspondente aos meses de floração das gramíneas na Serra, num total de 120 pontos de colheita. Num raio de aproximadamente 20 m em torno dos pontos de colheita colheram-se vários exemplares de cada espécie encontrada. Anotaram-se as coordenadas geográficas e altitude utilizando o sistema Global Positioning System (GPS), informação sobre o habitat e ecologia e alguns caracteres descritivos relevantes para cada exemplar colhido. Pelo menos um exemplar de cada espécie foi incluído como voucher no Herbário COI.

Para além das colheitas de campo, foram estudados os exemplares de Poaceae da Serra da Estrela e recolhida informação nos 6 maiores herbários do país (COI, LISU, LISE, LISI, PO, AVE). Todos os c. 500 exemplares de gramíneas da Serra observados nos herbários foram organizados numa base de dados disponibilizada **no suporte digital que acompanha a tese**.

2.2.3. Chave de identificação alternativa às gramíneas de altitude do PNSE

As usuais chaves dicotómicas para a identificação de organismos requerem a escolha entre duas alternativas e, geralmente, contêm numerosos pares de alternativas. Estas chaves são longas, recorrem a vocabulário complexo e são, muitas vezes, ambíguas. Por este motivo, se o utilizador não for um especialista, a probabilidade de erro é elevada. No entanto, chaves de identificação taxonómicas devem ser vistas como instrumentos para a investigação e, como tal, devem ser simples, intuitivas até. Tais objectivos são alcançados com as chaves multi-acesso pois permitem ao utilizador escolher os estados de carácter que mais facilmente consegue identificar e na ordem que desejar em vez de ser a chave a requerer a informação sobre um estado de carácter específico. Isto significa que as chaves multi-acesso têm, pelo menos, duas vantagens sobre as chaves dicotómicas (Morse *et al.*, 1996):

1. O utilizador escolherá os estados de carácter mais evidentes, pelo que há grande probabilidade de identificá-los correctamente;
2. O utilizador não necessita de adivinhar o estado de caracteres incertos.

A única desvantagem das chaves multi-acesso é não permitir por si só a identificação de um número muito grande de *taxa*. Neste caso é necessário associar chaves dicotómicas à semelhança do realizado na *Flora of Turkey* (Hedge & Lamond, 1972). As chaves de identificação multi-acesso foram elaboradas pela primeira vez na *Flora of Turkey* para a família Apiaceae (Hedge & Lamond, 1972) em paralelo com as usuais chaves dicotómicas numa tentativa, aliás bem sucedida, de facilitar a identificação nesta família complexa. Um dos maiores problemas na elaboração de chaves para as Apiaceae foi o limitado número de caracteres e estados de carácter envolvidos os quais tornam as chaves repetitivas. Estas facetas são ainda mais marcadas nas Poaceae pelo que se julgou adequado utilizar para estas a mesma metodologia.

A escolha dos caracteres para a chave multi-acesso seguiu três linhas condutoras: (1) os caracteres devem ser facilmente observáveis; (2) os estados de carácter não podem variar entre indivíduos do mesmo *taxon* e (3) os caracteres devem distinguir o máximo de *taxa* possíveis.

Descrição da chave multi-acesso e forma de utilização:

1. A chave possui um número reduzido de caracteres;
2. Cada carácter possui 2 ou 3 estados de carácter associados a uma letra;
3. O utilizador escolhe os estados de carácter apropriados, formando um código constituído por letras;
4. A cada espécie está associado um código. Em alguns casos, o mesmo código está associado a espécies diferentes. Para distinguir essas espécies são citados caracteres diagnósticos ou é utilizada uma chave dicotómica muito simples;
5. Devido à grande plasticidade fenotípica, característica das gramíneas, pode existir alguma variabilidade dentro do mesmo exemplar. O utilizador deve escolher o estado de carácter mais frequente.
6. Atenção: mesmo um código incompleto pode ser suficiente para identificar o exemplar!

2.3. Resultados

Dos 120 pontos de colheita resultaram 397 números de colheita. Acima dos 1400 m de altitude identificaram-se 25 géneros e 48 espécies de Poaceae. Os dados estão organizados numa base de dados disponibilizada no suporte digital que acompanha a tese.

Das 48 espécies identificadas contam-se vários endemismos: seis espécies endémicas da Península Ibérica - *Festuca indigesta*, *Festuca summilusitana*, *Holcus gayanus*, *Periballia involucrata*, *Trisetaria hispida* e *Trisetaria ovata* - e uma espécie endémica da Serra da Estrela - *Festuca henriquesii*, cuja distribuição é muito restrita. Este número elevado de endemismos reforça a importância do estudo das Poaceae na Serra da Estrela.

Dos cerca de 500 exemplares de herbário observados, 285 correspondem a gramíneas colhidas acima dos 1400 m de altitude. Destes contavam-se 21 géneros e 44 espécies, cinco das quais não foram encontradas durante os três anos de colheita (*Koeleria caudata*, *Koeleria crassipes* (endemismo Ibérico), *Pseudoarrhenatherum pallens*, *Agrostis tenerrima* e *Aira caryophyllea*), mas foram estudadas em exemplares de herbário e, por essa razão, incluídas na chave.

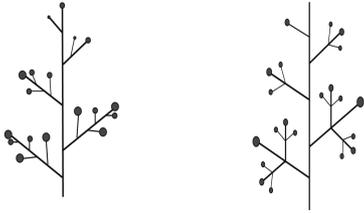
Desta forma, a chave refere-se a 27 géneros (29 % do total de géneros de Poaceae existentes em Portugal) e 53 espécies (19 % do total de géneros de Poaceae existentes em Portugal).

Associado a este trabalho está a ser elaborado o guia de campo “Gramíneas de Altitude do PNSE” onde se encontra uma introdução geral ao PNSE e à família Poaceae, resumo da história das expedições ao parque, instruções de colheita, secagem, montagem e conservação de exemplares, a chave multi-acesso e uma ficha para cada uma das 53 espécies. Cada ficha apresenta informação variada e completa sobre a espécie: posição taxonómica, nome vernacular, breve descrição, caracteres distintivos, geografia e ecologia, curiosidades, fotografias tiradas no campo e à lupa, digitalizações de exemplares de herbário de alta definição e mapas de distribuição.

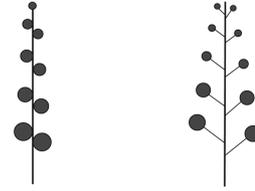
Encontra-se em anexo a estrutura do livro e três fichas exemplificativas.

A chave multi-acesso

A Panícula ou tirso



B Espiga ou cacho



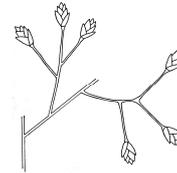
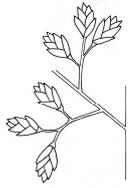
C Espiguetas < 2.5 mm

D Espiguetas 2.5-6 mm

E Espiguetas > 6 mm

F Ramos da inflorescência de < comprimento do que as espiguetas

G Ramos da inflorescência de > comprimento do que as espiguetas



H Espiguetas com 1 flor fértil

I Espiguetas com 2 flores férteis

J Espiguetas com mais de 2 flores férteis



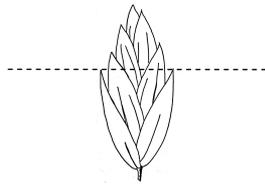
K Espiguetas com 1 gluma



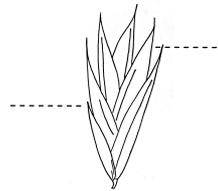
L Espiguetas com 2 glumas



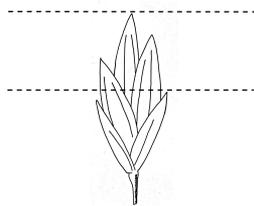
M Glumas iguais ou subiguais



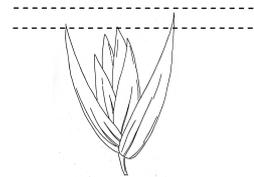
N Glumas claramente desiguais



O As 2 glumas < do que a espiguetas



P As 2 glumas, ou pelo menos 1, \geq do que a espiguetas



Q Lema aristada



R Lema mútica



S Arista* \leq a 5 mm acima da lema

T Arista* $>$ a 5 mm acima da lema

U Arista* terminal

V Arista* dorsal inserida acima do meio da lema

W Arista* dorsal inserida abaixo do meio da lema



X Arista* geniculada ou arqueada

Y Arista* recta



* Quando a espiguetta apresenta flores com aristas diferentes, considerar a mais desenvolvida.

Códigos das espécies

ACFHLMPQSWX

Todas as espiguetas com lema aristada

Agrostis castellana var. castellana

Algumas espiguetas com lema aristada e outras com lema mútica

Agrostis castellana var. mixta

ACFHLMPR

Ramos do nó inferior da panícula com espiguetas apenas na metade distal

Agrostis castellana var. mutica

Ramos do nó inferior da panícula com espiguetas em todo o seu comprimento

Agrostis stolonifera

ACGHLMPR

1. Pálea ultrapassa metade do comprimento da lema

Agrostis reuteri

1. Pálea inferior a metade do comprimento da lema
2. Erva vivaz; espiguetas 1-1.7 mm longas

Agrostis truncatula

2. Erva anual; espiguetas 0.6-1 mm longas

Agrostis tenerrima

ACGILMOQSVY

Molineriella laevis

ACGILMPR

Antinoria agrostidea

ADFHLNPQSWX

Anthoxanthum aristatum

ADFILMOQSVX

Trisetaria ovata

ADFILMOR

Tirso com 8-17 cm de comprimento

Koeleria caudata

Tirso com 2.5-7 cm de comprimento

Koeleria crassipes

ADFILMPQSVX

1. Espiguetas com glumas aristuladas; lemas biaristuladas

Trisetaria hispida

1. Glumas múticas; lemas aristadas

2. Arista da lema recurvada em forma de gancho, inclusa nas glumas

Holcus lanatus

2. Arista da lema ligeiramente geniculada, sobressaindo das glumas

Holcus mollis

ADFILMPQSWX

Arista articulada perto do meio, com um anel de pêlos curtos na articulação; artículo superior a clavado

Corynephorus canescens

Arista sem este conjunto de caracteres

Aira praecox

ADFILNPQSWX

Deschampsia flexuosa

ADFJLMOQSUY

Dactylis glomerata

ADFJLMOR

1. Colmos bolbosos na base; inflorescência uma panícula; lema lanosa

Poa bulbosa

1. Planta sem esta combinação de caracteres

2. Tirso com 8-17 cm de comprimento

Koeleria caudata

2. Tirso com 2.5-7 cm de comprimento

Koeleria crassipes

ADFJLNOR

Colmos escábridos para o ápice; glumas fortemente aquilhadas;
anteras 1.5-2 mm longas

Poa trivialis

Colmos glabros; glumas não aquilhadas; anteras 0.6-1 mm longas

Poa annua

ADGILMPQSWX

Aira caryophyllea

ADGILNOR

Periballia involucrata

AEFHLNPQSWX

Anthoxanthum odoratum

AEFHLNPQTWX

Pseudarrhenatherum pallens

AEFILMPQTWX

Avena barbata

AEFILNPQTVX

Holcus gayanus

AEFILNPQTWX

Arrhenatherum elatius

AEFJLMPQTUX

Cynosurus echinatus

AEFJLNOQSUY

Festuca

1. Lígula biauriculada, folhas e espiguetas verdes claro

2. Folhas curtas, muito raramente ultrapassando meio colmo, recurvadas e pungentes

Festuca indigesta

2. Folhas medianas a compridas, a maioria atingindo ou ultrapassando meio colmo, lineares e não pungentes

Festuca summilusitana

1. Lígula truncada ou anelar, folhas e espiguetas arroxeadas

3. Maioria das folhas com pelo menos de 2 mm de largura

Festuca henriquesii

3. Folhas raramente excedendo 1.5 mm de largura

4. Nervura média das folhas com mais clara e muito saliente

Festuca rivularis

4. Nervura média das folhas não diferenciada

5. Colmos podendo atingir 100 cm de altura; folhas medianas a compridas; panícula ampla com 8-25 cm de comprimento, frouxa, com os ramos nus até pelo menos 1/3 do comprimento

Festuca ampla

5. Planta sem esta combinação de caracteres

6. Espiguetas tingidas de violáceo escuro quase negro; pelo menos algumas aristas da espiguetas excedendo metade do comprimento da lema

Festuca nigrescens

6. Planta sem esta combinação de caracteres

7. A maioria das folhas com largura superior a 0.65 mm

8. Folhas com 0.65-0.75 mm de largura; gluma superior com 4-4.5 mm de comprimento; lema com 4.5-5 mm de comprimento

Festuca rothmaleri

8. Folhas com 0.65-1.5 mm de largura; gluma superior com 4.5-6 mm de comprimento; lema com 4.5-6.8 mm de comprimento

Festuca rubra

7. Folhas com largura até 0.65 mm

9. Folhas medianas a compridas; gluma superior com 3.4-4.3 mm de comprimento, lema até 5.5 mm de comprimento

Festuca trichophylla

9. Folhas curtas; gluma superior com 4-5.5 mm; lema com 5.3-6.5 mm de comprimento

Festuca pseudotrichophylla

AEFJLNOQSVY

Bromus hordeaceus

AEFJLNOQTUY

Base da panícula inclusa na bainha da folha superior; gluma inferior com 1-2 mm

Vulpia myuros

Panícula bem saliente da bainha da folha superior; gluma inferior com 2.5-5 mm

Vulpia bromoides

AEFJLNOQTVY

Bromus tectorum

AEFJLNOQTWX

Avenula sulcata

AEFJLNOR

Glumas agudas ou mucronadas, com pelo menos 5 mm

Festuca paniculata

Glumas ovado-lanceoladas a ovadas, nunca atingindo 5 mm

Festuca elegans

AEGHLMPTVX

Stipa gigantea

AEGJLNOQTVY

Cada ramo da panícula geralmente com uma única espiguetta; gluma inferior com 6-14 mm, a superior com 10-20 mm

Bromus sterilis

Cada ramo da panícula geralmente com pelo menos 2 espiguetas; gluma inferior com 15-25 mm, a superior com 20-35 mm

Bromus diandrus

BCFHLMPR

Mibora minima

BEFHKOQSUY

Nardus stricta

BEFHLMOQTUY

Hordeum murinum

BEFJKOQSUY ou BEFJKOR

Lolium rigidum

BEFJLNOQSUY

Micropyrum tenellum var. aristatum

BEFJLNOR

Espiguetas com 4.5-9 mm; anteras com 0.5-1 mm

Micropyrum tenellum var. tenellum

Espiguetas com 11-15 mm; anteras com 2.3-3 mm

Micropyrum patens

2.4. Conclusão

A chave de multi-acesso foi testada com vários utilizadores, incluindo alunos do 1º e 2º ciclo de Biologia de Coimbra tendo-se verificado resultados muito positivos. Os exemplares foram identificados de forma rápida e com elevada taxa de sucesso.

Como as Poaceae evoluíram no sentido da simplificação morfológica extrema, as espiguetas assumem enorme relevância como caracteres taxonómicos. Por este motivo os caracteres escolhidos para a chave multi-acesso são, na sua maioria, relativos à espiguetas. A grande dificuldade na observação desta estrutura, muitas vezes de dimensões reduzidas, está na base do baixo sucesso na identificação de exemplares desta família. Por esta razão foi associado a cada estado de carácter um esquema representativo permitindo o seu fácil reconhecimento no exemplar mesmo por amadores.

Podem atribuir-se diversas explicações para o facto de não se ter encontrado a *Koeleria caudata*, *Koeleria crassipes*, *Aira caryophylla*, *Pseudoarrhenatherum elatius* e *Agrostis tenerrima* nas zonas altas da Serra durante os três anos de colheita: (1) falha na observação dos locais de colheita; (2) locais de colheita em número insuficiente ou (3) perturbação generalizada dos habitats. No entanto, estaríamos apenas a especular, pois não era objectivo deste estudo teorizar sobre o desaparecimento de algumas espécies nas zonas altas da Serra. Por este motivo, foi decidido incluir as espécies na chave partindo do princípio que as espécies ainda existem nas zonas altas da Serra, mas simplesmente não foram avistadas.

O sucesso desta chave para cerca de 1/5 das espécies de Poaceae existentes em Portugal inspira à criação de uma chave multi-acesso para todas as Poaceae do país.

Capítulo 3

**Distribuição das Poaceae ao longo
de um Gradiente Altitudinal no PNSE**



3. Distribuição das Poaceae ao longo de um gradiente altitudinal no PNSE

3.1. Introdução

3.1.1. Morfologia da Serra da Estrela

A Serra da Estrela faz parte da Cordilheira Central da Península Ibérica que se estende desde o Norte de Madrid até ao Sul de Coimbra e é constituída por vários alinhamentos montanhosos separados por corredores aplanados.

Segundo Vieira & Ferreira (1998) na Serra da Estrela podem considerar-se 2 grupos planálticos principais: o ocidental (Torre – Penhas Douradas) e o oriental (Alto da Pedrice – Malhada Alta) situados entre 1400 e 1993 m (figura 3.1). Os vales entalham os planaltos e são responsáveis por individualizar vários patamares. Segundo o mesmo autor existem

- quatro grupos de patamares no Planalto Ocidental:
 - Alto da Torre – Penha dos Abutres** : sector mais elevado da Serra (1828-1993).
 - Rodeio Grande – Cume**: limitado a Norte pela Lagoa Comprida e a Sul pela Covão do Boeiro, situa-se entre 1856 e 1858 m.
 - Lagoa Seca – Piornal e Curral do Martins**: situado entre a Lagoa Seca (1643 m) e o Piornal (1755 m).
 - Penhas Douradas – Corgo das Mós**: com altitudes que rondam 1550 m.
- dois grupos de patamares no Planalto oriental:
 - Curral do Vento – Alto da Pedrice**: desde Poios Brancos (1690 m) e Curral do Vento (1658 m) até ao Alto da Pedrice (1759 m).
 - Planalto do Curral da Nave**: entre o Curral da Nave (1427 m) até à Lagoa Seca (1457 m).

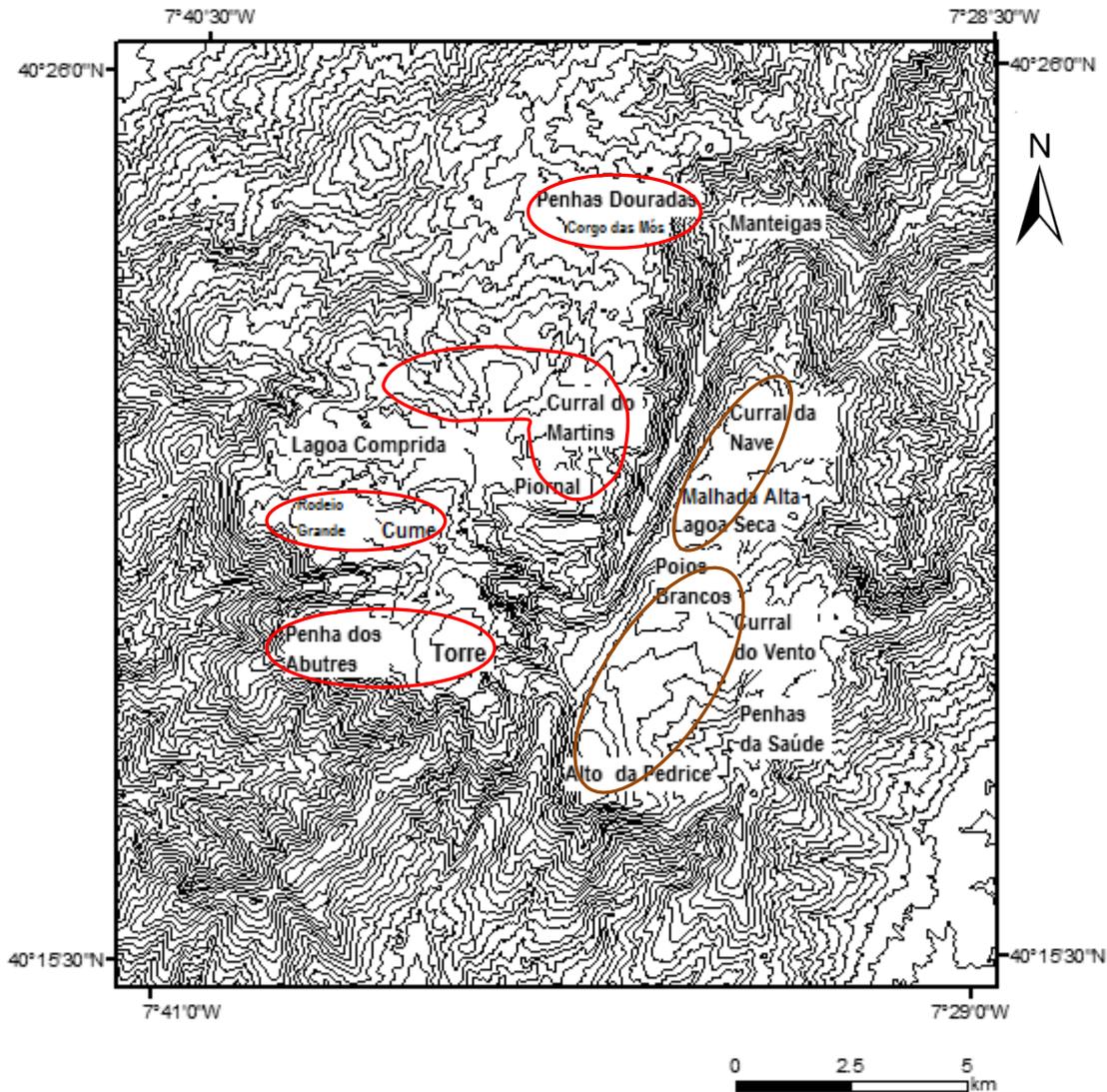


Figura 3.1. Topografia da Serra da Estrela e localização dos patamares do planalto ocidental (vermelho) e oriental (castanho). Curvas de nível com equidistância de 50 m.

3.1.2. Características climáticas da Serra da Estrela

As áreas de montanha caracterizam-se pela rapidez com que as condições meteorológicas se modificam no espaço e no tempo, afectando a composição florística e sua importância relativa (Ferreira *et al.*, 1998).

No PNSE a distribuição da temperatura e precipitação é influenciada pela sua latitude e longitude global, pela distância ao oceano e pela altitude. No entanto, de acordo com Mora (2006), este último é o factor cuja influência é mais significativa. De facto, a variação da temperatura com a altitude é geralmente considerado o aspecto mais importante nos climas de montanha e Mora

(2006) estimou que a temperatura média anual do ar varia na Serra com a altitude de acordo com um gradiente vertical de $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, com temperaturas médias mais baixas, de $4 - 6^{\circ}\text{C}$, no Alto da Torre. O sopé da Serra exposto a Oeste e a Este, bem como o vale do Zêzere, a jusante de Manteigas, têm temperaturas médias anuais entre $12 - 14^{\circ}\text{C}$. Acima dos 1600 m a temperatura é inferior a 8°C (figura 1.8).

Em relação à precipitação, os valores aumentam em geral com a altitude mas não de forma uniforme. Os valores de precipitação são superiores no lado Este, no Planalto das Penhas da Saúde. A dissimetria na distribuição da precipitação, entre a fachada ocidental e oriental, deve-se a factores locais como o relevo o qual controla o movimento das massas de ar.

Para além dos macroclimas principais, factores como o declive acentuado, a orientação das encostas e o substrato criam microclimas que afectam a distribuição da vegetação.

Unidades climo-topológicas

A investigação mais detalhada sobre os climas da Serra da Estrela é a de Mora (2006) a qual construiu um mapa de síntese dos climas locais da Serra da Estrela cujo principal critério para definição dos climas foi a topografia. Os topoclimas (condições climáticas que dependem do relevo local, especialmente da configuração dos terrenos e da disposição desses à radiação solar) que descreve para a Serra da Estrela traduzem a diversidade morfológica da montanha e tentam integrar o modo como o relevo influencia o clima. Deu ênfase à componente térmica dos climas locais e à influência exercida pela radiação solar e pela variação radiativa. Desta forma, individualizou 17 unidades climotopológicas: planalto culminante, planaltos intermédios, planaltos inferiores, crista, portela, rechã, vertente N, vertente E, vertente S, vertente W, vale aberto, vale encaixado, vale muito encaixado, bacias abertas, bacias encaixadas, bacias muito encaixadas e água. De entre todos destacam-se os planaltos por ocuparem uma grande percentagem da área da Serra e por serem a unidade de paisagem mais importante das zonas altas (figura 3.2).

O **planalto culminante** apresenta altitudes **superiores a 1850 m** e engloba a área entre Penha dos Abutres, Alto da Torre e Rodeio Grande. Caracteriza-se por apresentar baixas temperaturas, com média anual de $3 - 6^{\circ}\text{C}$; ventos fortes; precipitação elevada ($2400 - 2600\text{ mm}$); forte insolação; elevados valores de radiação solar incidente e frequente queda de neve no semestre frio, com permanência de neve no solo durante várias semanas.

Os **planaltos intermédios** apresentam altitude entre aproximadamente **1600 - 1750 m**. Correspondem aos planaltos do Curral do Vento, Lagoa Comprida - Piornal e Alto da Pedrice. As características climáticas desta área são: temperatura média anual de $6 - 8^{\circ}\text{C}$; precipitação

anual entre 2200 – 2400 mm; menos frequência de queda de neve do que no planalto culminante sendo o período de solo coberto de neve muito inferior, pois a neve derrete em poucos dias. A variação da precipitação com a altitude não é linear, pelo que os planaltos mais orientais apresentam valores de precipitação mais elevados.

Os **planaltos inferiores** correspondem fundamentalmente aos planaltos das Penhas Douradas e Curral da Nave cuja altitude varia entre aproximadamente **1400 – 1550 m**. As altitudes inferiores destes planaltos estão relacionadas com diferenças climáticas: temperaturas médias mais elevadas (temperatura média anual de 8 – 10 °C); valores de precipitação inferiores, com 2000 – 2200 mm; queda de neve esporádica, mantendo-se poucos dias no solo e ventos de velocidade e frequência inferiores aos existentes nos planaltos mais elevados.

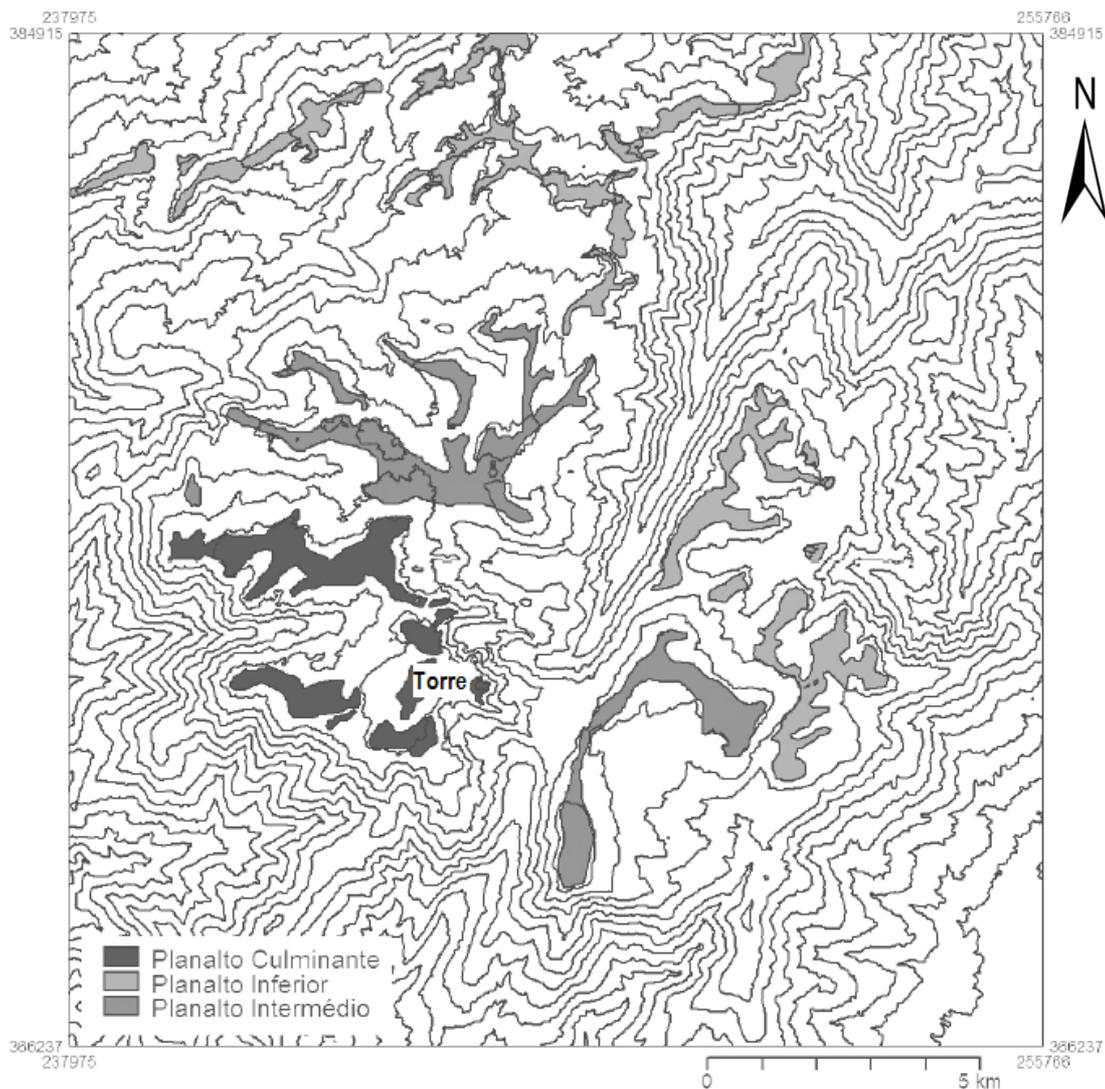


Figura 3.2. Classificação dos planaltos da Serra da Estrela, segundo Mora (2006).

3.1.3. Variação da composição florística com a altitude no PNSE

A modificação dos elementos climáticos com a altitude determina a distribuição altitudinal das espécies vegetais de acordo com os seus limites de tolerância climática, originando andares de vegetação (Huggett, 1995). O reconhecimento desses andares de vegetação não é tarefa fácil dada a complexidade de todo o sistema. As opiniões têm variado quanto ao PNSE consoante o tipo de critérios utilizados. Em 1980, com base na fisionomia/paisagem da Serra, Pinto da Silva e Teles (1980) descreveram três andares de vegetação na Serra com base nas características gerais da distribuição das suas principais comunidades vegetais. As variantes propostas por Jansen têm correspondência com os três andares de Pinto da Silva e Teles (1980) (tabela 3.1)

Tabela 3.1. Andares de vegetação definidos por Pinto da Silva e Teles (1980) e Jansen (2002) com base nas características gerais da distribuição das suas principais comunidades vegetais (fisionomia/paisagem). Jansen adicionou à análise factores climáticos.

	Pinto da Silva e Teles (1980)	Jansen (2002)	
Andar Basal (até 800 m)	Vegetação natural reduzida; forte influência do povoamento humano. Dominam olivais, vinhedos, milheirais, azevém e pinheiro-bravo. Vestígios de <i>Quercus rotundifolia</i> e <i>Prunus lusitanica</i>	Mesotemperado (vertente exposta a Oeste)	Forte influência do povoamento humano levou ao desaparecimento dos bosques naturais (<i>Quercus robur</i> e <i>Fraxinus angustifolia</i>) e substituição por matagal e matos rasteiros (<i>Cistus</i> e <i>Lavandula</i>)
		Mesomediterrâneo (vertente exposta a Este)	Forte influência do povoamento humano levou ao desaparecimento dos bosques naturais (<i>Quercus suber</i> e <i>Quercus rotundifolia</i>) e substituição por matagal e matos rasteiros (<i>Cistus</i> e <i>Lavandula</i>)
Andar Intermédio (800 – 1600 m)	Vegetação natural e seminatural: carvalhais (<i>Quercus pyrenaica</i>), matos (<i>Cytisus</i> , <i>Erica</i> e <i>Genista</i>), castinçais (<i>Castanea sativa</i>) e searas de centeio	Supratemperado (vertente exposta a Oeste)	Degradação dos bosques naturais (<i>Quercus pyrenaica</i> e <i>Fraxinus angustifolia</i>) e substituição por urzais, giestais e caldoneirais
		Supramediterrâneo (vertente exposta a Este)	Degradação dos bosques naturais (<i>Quercus pyrenaica</i> e <i>Quercus rotundifolia</i>) e substituição por urzais, giestais e caldoneirais
Andar Superior (acima de 1600 m)	Zimbrais, cervunais, arrelvados, comunidades rupícolas e lacustres	Orotemperado	Zimbrais rasteiros e caldoneirais. Alguma degradação, presença de urzais e giestais

Jansen (2002) fez uma análise mais elaborada (tabela 3.1) baseando-se na relação entre o clima e a distribuição da vegetação. Para além da influência macroclimática mediterrânea e atlântica na distribuição da vegetação, reconheceu também a influência de topoclimas e microclimas. Jansen considerou que a complexidade climática se reflecte na vegetação e, desta forma, nos principais macrobioclimas ocorrem diversos microhabitats. Segundo esta abordagem geobotânica à vegetação da Serra, Jansen identificou dois macrobioclimas: o **temperado**, nas vertentes expostas a Oeste e a Norte e nos planaltos, e o **mediterrâneo**, nas vertentes expostas a Este. Considerou que cada macroclima possui variantes altitudinais: o macrobioclima temperado inclui os andares Meso-, Supra- e Orotemperado; e o mediterrânico inclui os andares Meso- e Supramediterrânicos (tabela 3.1 e figura 3.3).

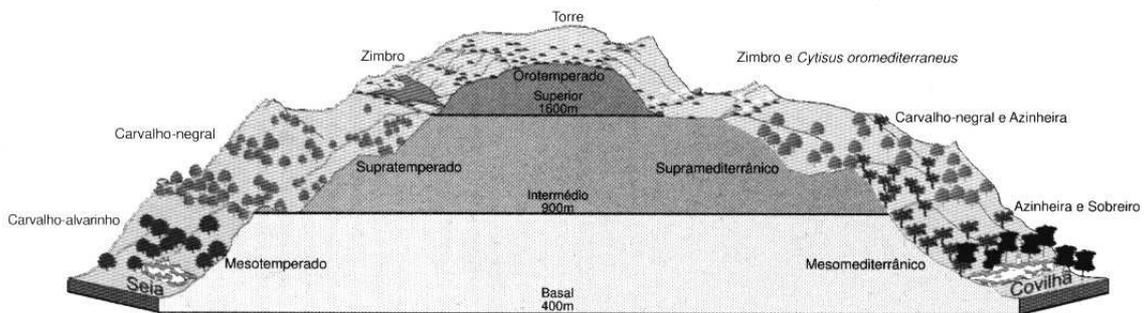


Figura 3.3. A vegetação da Serra da Estrela. As cinco variantes altitudinais consideradas por Jansen (2002) estão indicadas ao longo da parte interior do corte da Serra. Os 3 andares altitudinais de Pinto da Silva & Teles (1980) estão indicados na vertical no centro do corte da Serra.

Os limites dos andares de vegetação da Serra da Estrela estabelecidos com base na fisionomia/paisagem da Serra são subjectivos, na medida em que dependem dos critérios do investigador. Um método mais objectivo para a delimitação dos andares de vegetação é através de alterações na composição das espécies (método florístico qualitativo) ou alterações na abundância relativa de cada espécie (método florístico quantitativo) ou através de ambos. Apesar destes métodos serem mais morosos, pois baseiam-se em medições e na amostragem da vegetação, são mais detalhados na descrição e delimitação da vegetação (Cavieres *et al.*, 2000).

3.1.4. Contextualização da investigação da variação da composição florística em Poaceae com a altitude no PNSE

Segundo o relatório da European Environment Agency (2004), durante o século 20, as temperaturas médias da Europa subiram mais do que a média global e as subidas mais acentuadas foram registados para o Noroeste da Rússia e a Península Ibérica. Verifica-se ainda que as áreas de montanha são particularmente vulneráveis às alterações climáticas bruscas (Allan & Flecker, 1993). Desta forma, as zonas de altitude das montanhas da Península Ibérica, cujas condições macro- e microclimáticas particulares criam microhabitats únicos que proporcionam o aparecimento de endemismos, poderão ser das primeiras áreas da Europa a demonstrar alterações significativas da vegetação. Estas alterações são, aliás, já observáveis em várias montanhas de todo o mundo, sendo evidente um aumento significativo de número lenhosas (Bellingham, 1998; Sanz-Elorza *et al.*, 2003). Para determinar a causa desta alteração da vegetação devem considerar-se todas as hipóteses: (1) fogos; (2) uso do solo; (3) pastoreio; (4) poluição do solo ou do ar; (5) práticas desportivas e (6) alterações climáticas. No entanto, alguns estudos têm vindo a apontar como principal a última hipótese e Sanz-Elorza *et al.* (2003) verificaram que as alterações pronunciadas nas comunidades vegetais do Centro da Península Ibérica reflectem a susceptibilidade das espécies mediterrânicas de altitude às alterações climáticas. Prevê-se que um aumento de 3 – 4 °C das temperaturas médias não está dentro do limite de tolerância de muitas espécies vegetais de altitude (Theurillat & Guisan, 2001), pelo que muitos ecossistemas únicos e endemismos certamente desaparecerão.

Estas comunidades vegetais de altitude, particularmente vulneráveis às alterações climáticas, funcionam como “indicadores ecológicos” (Pauli *et al.*, 2003). Como os padrões de distribuição das Poaceae são determinados principalmente pela temperatura e humidade (Gates & Schmerl, 1975; Clayton & Renvoize, 1986), estudar a distribuição desta família na Serra da Estrela tem impacto no esforço global para compreender os efeitos das alterações climáticas a nível local e a nível mundial.

3.1.5. Adaptações e resistência das plantas às baixas temperaturas

A adaptação das plantas às alterações térmicas pode ocorrer através da evolução de genótipos com morfologia, hábito, fisiologia, bioquímica e/ou plasticidade mais apropriados (Fitter & Hay, 1995).

O primeiro efeito causado nas plantas pela redução da temperatura é a redução da taxa de crescimento e dos processos metabólicos, especialmente da respiração. Desta forma, o tempo necessário para completar o ciclo anual de crescimento é maior em climas frios.

As plantas do clima temperado tendem a demonstrar sinais de danos sérios causados pelo frio apenas quando se forma gelo no interior dos seus tecidos. Quando o arrefecimento é gradual, o gelo tende a formar-se no meio extracelular dos tecidos devido à elevada concentração de solutos no citoplasma e vacúolos. Desde que o período de congelamento não se prolongue excessivamente e que não ocorra descongelamento brusco, o gelo extracelular não causa danos na planta.

Ao nível da folha, se o gelo extracelular persistir, o gradiente da pressão de vapor de água entre o meio intra e extracelular leva ao movimento da água para fora da célula onde congela e, portanto, aumenta a quantidade de gelo nos tecidos. Para além de causar danos mecânicos, este processo resulta na progressiva **desidratação** da célula. Consequentemente, a bioquímica da célula é perturbada seriamente: as proteínas, incluindo enzimas são desnaturadas; vários componentes precipitam; enzimas hidrolíticas são libertadas para o citoplasma; o pH da célula é desregulado e há tendência para ocorrer condensação de macromoléculas. Por fim, tais resultados provocam a morte da célula (Fitter & Hay, 1995).

Ao nível do solo, as raízes são incapazes de absorver água quando aquele congela ou a permeabilidade das raízes é reduzida em consequência das baixas temperaturas.

Para responder às baixas temperaturas as plantas dependem parcialmente das condições microclimáticas em torno de si e podem optar por tolerar ou evitar o congelamento extracelular.

Algumas plantas respondem à abrasão e seca do Inverno com crescimento reduzido assegurando que no Verão o crescimento e o metabolismo ocorram nas zonas mais quentes junto à superfície do solo. Outras adaptações morfológicas que protegem os tecidos jovens em crescimento são a formação de tufos densos e a acumulação de camadas isoladoras de folhas e colmos mortos (Fitter & Hay, 1995). Os resultados de Márquez *et al.* (2006) sugerem que as gramíneas exibem tolerância ao congelamento e a sua tolerância ao frio está significativamente relacionada com o seu crescimento junto ao solo, onde as temperaturas são superiores.

Outras adaptações que melhoram a relação sobrevivência/baixa temperatura estão relacionadas com o hábito e as reservas energéticas. Muitas plantas perenes desenvolvem órgãos de armazenamento subterrâneos com hidratos de carbono (cormos, bolbos, rizomas, etc.). Estas reservas têm um papel crucial para o melhor aproveitamento da curta época de crescimento, aumentando a probabilidade de uma reprodução bem sucedida e, conseqüentemente, de sobrevivência da espécie (Fitter & Hay, 1995). Exemplos disso nas zonas de altitude do PNSE são *Arrhenatherum elatius* e *Poa bulbosa*.

À medida que as condições térmicas se tornam mais extremas, as plantas concentram-se na sobrevivência do indivíduo e abdicam de reprodução anual regular. A estação de crescimento pode não ser suficientemente longa para garantir a produção de sementes viáveis e até de polinização. Para além disso, a germinação das sementes em tais ambientes é dificultada. Desta forma, a reprodução por semente é raramente bem sucedida justificando o número reduzido de plantas anuais em climas frios e em altitude. As plantas perenes ultrapassam esta dificuldade através da reprodução vegetativa (Fitter & Hay, 1995). Nos prados de montanha do PNSE verifica-se por exemplo em *Festuca* em cuja formação de panículas (reprodução sexuada) é ocasional.

Muitos investigadores consideram as dimensões e a forma da folha mais resultado do ambiente do que da história genética, pelo que, podem ser considerados indicadores das condições climáticas. Em geral, a redução da área da folha permite a conservação da água (Gates & Schmerl, 1975). Nas gramíneas do PNSE a folha pode estar completamente exposta aos elementos, como em *Dactylis glomerata* ou, no extremo oposto, completamente enrolada, como em *Corynephorus canescens*.

Pode concluir-se que a complexidade do regime térmico das plantas no seu ambiente natural é igualada pela complexidade das respostas à temperatura. A altitude, com o conseqüente abaixamento da temperatura, constitui um factor determinante no tipo de adaptações presentes e, conseqüentemente, na composição florística dos campos de gramíneas.

3.1.6. Sistema de Informação Geográfico (SIG)

Um Sistema de Informação Geográfica (SIG ou GIS - Geographic Information System - do acrónimo inglês) é um sistema de informação computacional que permite a aquisição, modelação, armazenamento, obtenção, partilha, manipulação, análise e apresentação de dados georeferenciados (Worboys & Duckham, 2004). Combina tecnologias de base de dados relacionais e primitivas geográficas em formato digital. Um SIG pode funcionar como uma base de dados com informação geográfica associada por um identificador comum aos objectos gráficos de um mapa digital. Desta forma, assinalando um objecto é possível saber o valor dos seus atributos, e inversamente, seleccionando um registo da base de dados é possível saber a localização do respectivo objecto e apontá-lo num mapa.

Os Sistemas de Informação Geográfica assumem uma importância cada vez maior em diversas áreas, para além da tradicional área da geografia. A utilização dos SIG como ferramenta de ajuda para análise de dados é cada vez mais comum em *marketing*, prospecção de recursos, indústria, em quase todas as áreas da engenharia e em estudos de impacto ambiental.

A presente investigação contribui para o alargamento das utilidades dos SIG para a área da ecologia e adaptações à altitude.

3.1.7. Análise estatística

Por vezes, e em biologia isso é uma constante, os dados possuem muitas variáveis. Para que essas sejam correctamente avaliadas e interpretadas são necessários métodos que permitam encontrar a sua estrutura intrínseca e relacioná-la com diversas variáveis explicativas. Numa análise estatística, esses são os **métodos multivariáveis** e nem todos se aplicam a todos os tipos de dados. Por esse motivo, o investigador deve ter cuidado e escolher um método adequado ao tipo de dados que possui para que o método não faça suposições irreais sobre a natureza dos dados (Prince, 1986). Métodos multivariáveis frequentemente usados são a classificação (ex. análise de *Clusters*) e a ordenação (ex. Análise de Componentes Principais - ACP).

- A **Análise de *Clusters*** é uma técnica exploratória de análise multivariada que permite detectar nos dados grupos homogéneos relativamente a uma ou várias características comuns (Pestana & Gageiro, 2005). Cada observação pertencente a um determinado *Cluster* é similar a todas as outras pertencentes a esse *Cluster*, e é diferente das observações pertencentes aos outros *Clusters* (Maroco, 2007).

- A **ACP** é uma técnica de análise exploratória que resume a informação presente nas variáveis originais num número reduzido de índices (componentes) ortogonais (dimensões projectáveis) que explicam o máximo possível da variância das variáveis originais (Maroco, 2007). Quando a matriz de dados é constituída por dados nominais (variáveis discretas onde não é possível estabelecer à partida um qualquer tipo de qualificação ou ordenação) deve utilizar-se o procedimento *optimal scaling* implementado pelo SPSS (versão 10 ou superior). Neste procedimento são atribuídos quantificações numéricas às categorias de cada uma das variáveis qualitativas. Os valores resultantes do *optimal scaling* são, depois de standardizadas, usados na *Categorical Principal Components Analysis* (CATPCA). Com este procedimento, o SPSS atribui valores de *optimal scaling* a cada uma das categorias das variáveis sob estudo, de modo a que esses valores sejam “óptimos” relativamente à solução das componentes principais obtidas (Maroco, 2007). Outra aplicação da ACP é a potencial identificação de grupos de *clusters* de forma intuitiva.

Os objectivos deste estudo são: (1) criar uma lista das gramíneas do Parque Natural da Serra da Estrela (PNSE) utilizando dados de colheitas realizadas nos últimos três anos no âmbito do projecto POCI/BIA-BDE/60937/2004 e dados de herbários (2) determinar os andares de vegetação da Serra da Estrela baseados na alteração da composição florística em Poaceae; (3) comparar os andares de vegetação determinados com os andares de Pinto da Silva & Teles (1980) e de Jansen (2002) e com as unidades climotopológicas de Mora (2006) e (4) verificar a relação entre alguns caracteres morfológicos das gramíneas e a altitude.

3.2. Material e Métodos

3.2.1. Amostragem

A amostragem foi realizada no âmbito do projecto POCI/BIA-BDE/60937/2004 cobrindo o máximo da variação em altitude na Serra seguindo uma linha NW-SE de Seia (600 m) a Penhas da Saúde (1400 m) (figura 3.4) passando pelo ponto mais alto da Serra (Torre) e os seus planaltos principais no total de 120 locais. Geologicamente a área de estudo envolve apenas solo granítico excluindo o complexo xisto-grauvaquico do Norte do Parque.

Começando em Seia e seguindo a Estrada Nacional 339 as colheitas foram realizadas a cada 100 m entre 600 – 1400 m de altitude. De cada lado da estrada estabeleceram-se transectos de c. 10 metros de comprimento perpendiculares à encosta ao longo dos quais se colheu um exemplar de cada espécie encontrada. Este gradiente altitudinal foi definido na encosta Noroeste da montanha.

A partir de 1400 m começam os planaltos e a amostragem foi realizada estabelecendo pontos de colheita que cobrissem todos os patamares: (1) Alto da Torre – Penha dos Abutres; (2) Rodeio Grande – Cume; (3) Lagoa Seca – Piornal e Curral do Martins; (4) Penhas Douradas – Corgo das Mós; (5) Curral do Vento – Alto da Pedrice e (6) Planalto do Curral da Nave. Num raio de aprox. 20 m em torno de cada ponto de colheita colheram-se vários exemplares de cada espécie encontrada.

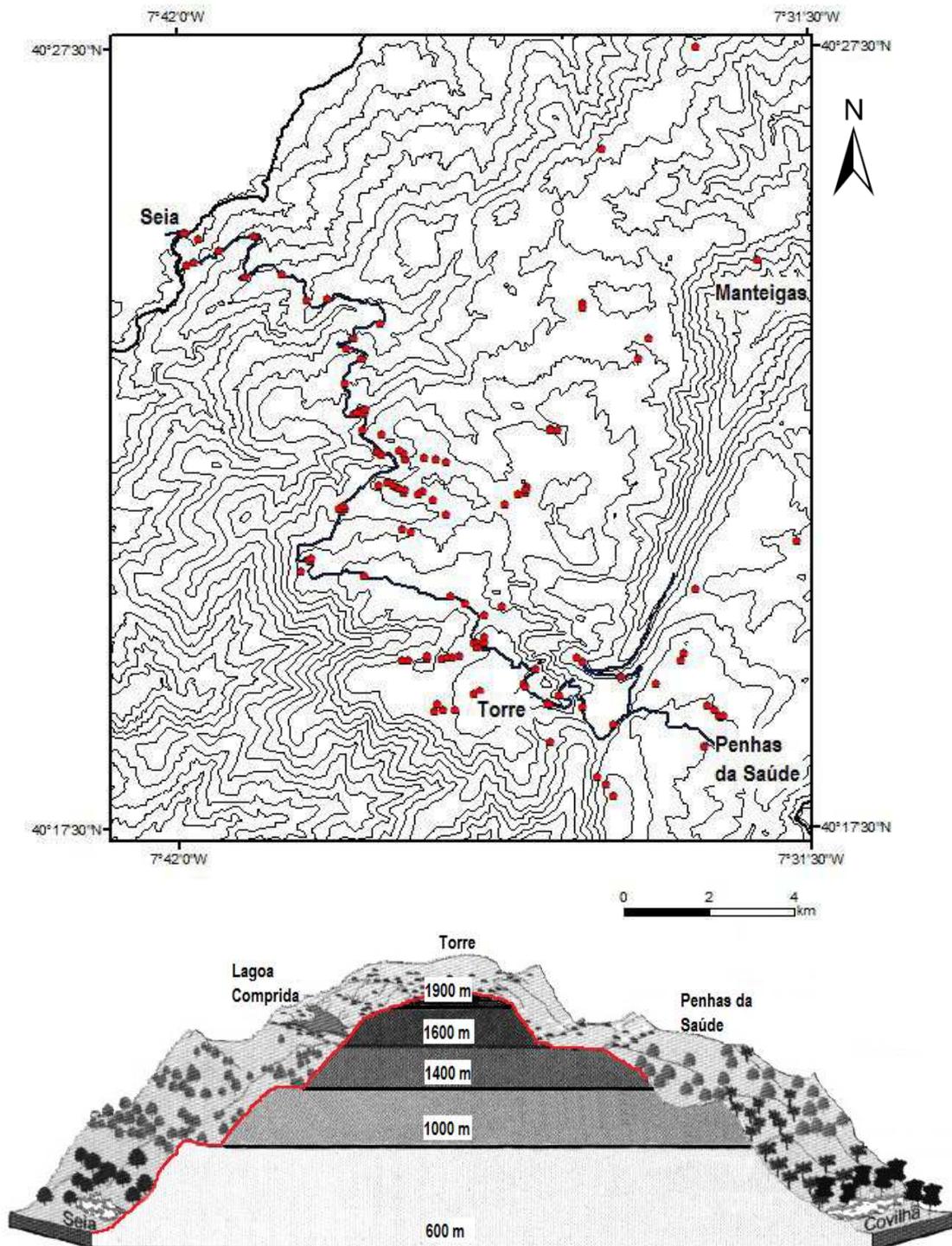


Figura 3.4. Locais de amostragem. Em cima, mapa bidimensional com curvas de nível de 100 em 100 m; pontos vermelhos indicam locais de amostragem e a linha azul a Estrada Nacional 339. Em baixo, corte da Serra; linha vermelha representa as altitudes amostradas (figura adaptada de Jansen, 2002).

Às espécies encontradas na área de amostragem adicionaram-se as espécies existentes nos herbários portugueses consultados de toda a zona do PNSE, resultando uma *checklist* das gramíneas do PNSE.

3.2.2. Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Como em cada um dos 120 pontos de colheita desta investigação foram colhidos vários exemplares de espécies diferentes foi necessário criar um sistema que permitisse organizar os dados de forma a aceder à distribuição específica de cada espécie. Para tal, criou-se um Sistema de Informação Geográfica.

O SIG foi criado em ArcView 9.2. Utilizou-se a informação cartográfica oficial cedida gratuitamente pelo Instituto Geográfico Português (www.igeo.pt) no âmbito do programa FIGIEE – cartografia 1/50.000 e altimetria 3D.

O SIG criado é constituído por:

1. Cartografia digital 1/50.000 de toda a área do PNSE associada a uma base de dados.
2. Base de dados constituída por três tabelas interligadas por *relates* (ligação entre tabelas a partir de um campo em comum): (1) tabela de espécies, géneros e alguns caracteres morfológicos (hábito, secção e inserção da folha); (2) tabela de pontos de colheita com respectivas coordenadas geográficas, altitude e localidade e (3) tabela de relação (figura 3.5).
3. *Shapefiles* da altimetria 3D do PNSE interligada com a tabela dos pontos de colheitas através de *join* (cria uma tabela de atributos onde os campos de uma tabela é associada à outra a partir de um campo em comum podendo este ser a localização espacial) e *relates*.

O SIG criado permite: (1) criar mapas de distribuição georeferenciados de cada espécie (2) conhecer a diversidade de espécies num determinado local (3) analisar o intervalo de altitude de cada espécie (4) verificar o padrão de distribuição das espécies pelos vários andares altitudinais (5) averiguar as altitudes em que as alterações na distribuição das espécies são mais significativas (6) constatar quais os caracteres mais frequentes em determinadas localidades ou altitudes.

O SIG pode ser melhorado e enriquecido pela adição de mais *shapefiles* com informação meteorológica (precipitação, temperatura, insolação, etc.), de coberto vegetal, tipo de solo,

cursos de água e lagoas, etc. Também podem adicionar-se mais tabelas com outras variáveis, como por exemplo: tipos de biótopos, diversos caracteres morfológicos, etc.

Tabela 3.2. Tabela *Taxon* relativa às espécies, géneros e alguns caracteres morfológicos de Poaceae no PNSE.

Taxon	Genero	Habito	Insercao_folha	Seccao
Agrostis castellana	Agrostis	Perene	Colmo	Involuta
Agrostis reuteri	Agrostis	Perene	Basal	Plana
Agrostis stolonifera	Agrostis	Perene	Colmo	Plana
Agrostis truncatula	Agrostis	Perene	Basal	Involuta
Aira caryophyllea	Aira	Anual	Colmo	Involuta
Aira praecox	Aira	Anual	Basal	Involuta
Anthoxanthum aristatum	Anthoxanthum	Anual	Basal	Plana
Antinoria agrostidea	Antinoria	Perene	Colmo	Plana
Arrhenatherum elatius	Arrhenatherum	Perene	Colmo	Plana
53 entradas no total	...	...	...	...

1-n

Tabela 3.3. Tabela de relação *PC_TAXON*.

ID_PC	Taxon
PC_05_1	Micropyrum tenellum
PC_05_1	Dactylis glomerata
PC_05_1	Holcus lanatus
PC_05_1	Briza maxima
PC_05_1	Bromus sterilis
PC_05_1	Lolium perenne
PC_05_1	Poa annua
PC_05_1	Vulpia bromoides
PC_05_1	Arrhenatherum elatius
PC_05_2	Bromus hordeaceus
PC_05_2	Lolium multiflorum
PC_05_2	Poa annua
PC_05_2	Micropyrum tenellum
PC_05_2	Dactylis glomerata
...	925 entradas no total

n-n

relate

relate

Tabela 3.4. Tabela *PC* referente aos pontos de colheita, respectivas coordenadas geográficas, altitude e localidade.

ID_PC	Coord_Y	Coord_X	Altitude (m)	Alt_1 (m)	Alt_2 (m)	Localidade
PC_05_1	40,419783333330	-7,696700000000	600	600-649	600-699	Seia
PC_05_2	40,413508333330	-7,694086111111	700	700-749	700-799	Between Seia and Sabugueiro
PC_05_3	40,418611111110	-7,693055555556	900	900-949	900-999	Between Seia and Sabugueiro
PC_05_4	40,410950000000	-7,669975000000	1000	1000-1049	1000-1099	Between Seia and Sabugueiro
PC_05_5	40,405461111110	-7,662905555556	1100	1100-1149	1100-1199	Between Seia and Sabugueiro
PC_05_6	40,395152777780	-7,651872222222	1200	1200-1249	1200-1299	Between Sabugueiro and Lagoa Comprida
PC_05_7	40,360277777780	-7,653611111111	1600	1600-1649	1600-1699	Below Lagoa Comprida (Cervunal next to the road)
PC_05_8	40,309580555560	-7,553327777778	1500	1500-1549	1500-1599	Penhas da Saúde
PC_05_9	40,381113888900	-7,650183333333	1420	1400-1449	1400-1499	Sabugueiro - Lagoa Comprida (Cocharil)
PC_05_10	40,381061111110	-7,647433333333	1450	1450-1499	1400-1499	Sabugueiro - Lagoa Comprida (Cocharil)
...	...	...	...	...	...	120 entradas no total

1-n

Figura 3.5. Estrutura da base de dados do SIG com indicação da lógica das associações entre as tabelas. PC = ponto de colheita.

3.2.3. Análise estatística

Alteração da composição das espécies de Poaceae com a altitude

Para definir os andares de vegetação do PNSE foi utilizado o método florístico qualitativo. Este método tem-se baseado na alteração altitudinal da composição específica de toda a vegetação (Goldsmith & Harrison, 1983). Neste estudo aplicou-se o mesmo método mas apenas para a família Poaceae. Esta família é conhecida na literatura por ser uma das famílias com maior importância numérica de espécies em zonas de altitude (Arslan *et al.* 1998; Cavieres *et al.*, 2000; Márquez *et al.*, 2004; Jansen, 2002) pelo que alterações na composição específica desta família podem ser indicativas do que ocorre com toda a vegetação. Além disso, as Poaceae são altamente adaptáveis (elevada plasticidade fenotípica) a ambientes instáveis, pelo que alterações ambientais sentidas na composição específica desta família têm de ser muito acentuadas.

Construiu-se uma matriz de presença e ausência de espécies (dados nominais) em cada elevação (100 em 100 m até aos 1400 m, e a partir deste, de 50 em 50 m). A classificação das altitudes sob estudo foi efectuada com uma análise de *Cluster* hierárquica com o Método da distância média entre *Clusters* (*Average linkage between groups*). Não existe um critério de agregação hierárquica ideal, sendo recomendável utilizar vários métodos para testar o grau de similaridade das soluções interpretáveis produzidas (Maroco, 2007). Verificou-se, no caso estudado, que as soluções eram, de facto, semelhantes, tendo-se concluído que a matriz de dados apresenta agrupamentos “naturais” e não “artefactuais”.

A medida de semelhança utilizada foi o coeficiente de *Jaccard*, adequado para dados nominais. Como critério de decisão sobre o n.º de *clusters* a reter, utilizaram-se a distância entre *clusters* e o *R-squared* como descrito em Maroco (2007) tendo-se escolhido a solução do menor número de *clusters* que reteve uma fracção considerável da variância total (cerca de 80 %).

De forma a verificar se as diferenças entre os *Clusters* são significativas deve proceder-se, de acordo com Pestana & Gageiro (2005), a uma MANOVA (*Multivariate Analysis of Variance*), seguida de várias ANOVAs (*Analysis of Variance*) *one-way*. Como a matriz é constituída por número elevado de variáveis é recomendável proceder-se a uma Análise de Componentes Principais (ACP) para reduzir a variância dos dados.

Para resumir a informação presente nas variáveis originais em componentes principais usou-se uma CATPCA (Categorical Principal Components Analysis) com o método de normalização do objecto principal (v. Maroco, 2007). Este método optimiza a distância entre os objectos (altitudes) e é recomendado quando o interesse da análise reside nas relações de

proximidade/dissimilaridade entre objectos. Usou-se como critério de retenção das componentes a regra da representação gráfica dos valores próprios em função de cada uma das componentes principais (*Scree plot*). A consistência interna de cada componente foi medida com o α de *Cronbach* (medida de fidelidade de cada dimensão e do modelo no geral o qual é tanto melhor quanto maior for este indicador).

A partir das componentes principais extraídas da análise CATPCA e com o objectivo de avaliar a existência de diferenças significativas entre os 5 *clusters* resultantes da Análise de *Clusters*, procedeu-se a uma MANOVA não-paramétrica como descrito em Maroco (2007) uma vez que, segundo o teste *M* de Box, o pressuposto da homogeneidade de covariâncias não era válido [*M* de Box = 60.689; $F = (12, 497.328) = 2.902$; $p = 0.001$]. Para identificar em que componentes ocorreram diferenças significativas e se os *clusters* diferem significativamente entre si recorreu-se ao teste de Kruskal-Wallis, seguido das comparações múltiplas de médias das ordens com o procedimento descrito por Maroco (2007). Considerou-se uma probabilidade de erro de tipo I (α) de 0.05.

Relação entre alguns caracteres morfológicos adoptados pelas gramíneas e a altitude

Para verificar se existe relação entre alguns caracteres morfológicos nas gramíneas e a altitude escolheram-se 3 caracteres conhecidos na literatura por estarem relacionados em grande medida pelas condições ambientais, especialmente pela temperatura: (1) hábito (**anual**, tipicamente mediterrânea ou **perene**, tipicamente euro-siberiano); (2) inserção da folha (essencialmente **basal**, mais protegida ou essencialmente no **colmo**, mais exposta) e (3) secção da folha (**plana**, típica de temperaturas não stressantes; **conduplicada**, **involuta** ou **convoluta**, todas protegendo uma face da folha das condições ambientais). Resolveu-se juntar os estados de carácter involuta e convoluta por se tratar de um tipo de enrolamento semelhante no número e disposição das células buliformes (várias células buliformes ao longo de toda a superfície de uma das faces). As folhas conduplicadas apresentam poucas células buliformes e apenas ao nível das nervuras centrais provocando o seu fecho total. Construiu-se uma matriz de dados contendo o número de espécies existentes em cada elevação (100 em 100 m até 1400 m, e a partir desta, de 50 em 50 m) que apresentam cada um destes estados de carácter (dados numéricos).

Para verificar a relação entre as variáveis originais “Anual” e “Vivaz”, “Basal” e “Colmo”, “Plana”, “Conduplicada” e “Involuta_Convoluta” e a altitude recorreu-se a um CATPCA com o método de

normalização *Symmetrical* (método adequado para estudar a relação entre os sujeitos e as variáveis, v. Maroco, 2007). Usou-se como critério de retenção das componentes a regra do *eigenvalue* superior a 1, em consonância com o *Scree-plot*. A consistência interna de cada componente foi medida com o α de *Cronbach*.

Posteriormente, como se identificaram de forma intuitiva *clusters* de altitudes, procedeu-se a uma análise de clusters hierárquica com o Método da distância média entre *Clusters* (*Average linkage between groups*) usando a distância euclidiana como medida de dissemelhança entre objectos. Não existe um critério de agregação hierárquica ideal, sendo recomendável utilizar vários métodos para testar o grau de similaridade das soluções interpretáveis produzidas (Maroco, 2007). Verificou-se, no caso estudado, que as soluções eram, de facto, semelhantes, tendo-se concluído que a matriz de dados apresenta agrupamentos “naturais” e não “artefactuais”.

Como critério de decisão sobre o n.º de *clusters* a reter, usou-se o *R-squared* em consonância com a distância entre *clusters* como descrito em Maroco (2007) tendo-se escolhido a solução do menor número de *clusters* que reteve uma fracção considerável (87,66%) da variância total. A classificação de cada sujeito nos clusters retidos foi posteriormente refinada com o procedimento não-hierárquico *k-means*. Este procedimento só é aplicável a variáveis quantitativas (SPSS, 2007). A classificação dos caracteres em cada um dos clusters é mais rigorosa nos métodos não-hierárquicos pois a probabilidade de classificação errada de um determinado carácter num determinado cluster é menor (Maroco, 2007). Para identificar quais os caracteres com maior importância nos 4 *clusters* retidos, procedeu-se à análise estatística *F* da ANOVA dos clusters como descrito em Maroco (2007).

Todas as análises foram efectuadas com o software SPSS 15.0 (*Statistical Package for the Social Sciences*). Os outputs das análises apresentam-se em anexo. Alguns gráficos foram obtidos com SigmaPlot 8.0.

3.3. Resultados

3.3.1. Composição agrostológica

A área de estudo incluiu 53 espécies de Poaceae repartidas por 27 géneros. A figura 3.6 representa a variação altitudinal da riqueza específica de gramíneas onde é visível um decréscimo significativo do número de espécies a partir dos 1700 m de altitude. O intervalo de altitudes onde a riqueza específica é maior é entre 1400-1600 m.

A figura 3.7 representa o intervalo de altitudes de ocorrência de cada espécie. Constata-se que algumas espécies apresentam uma distribuição mais restrita que outras.

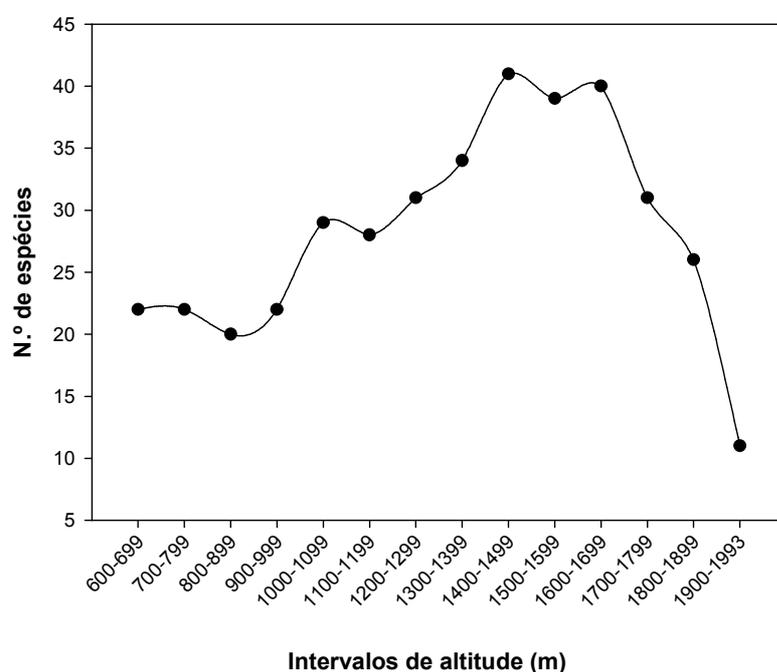


Figura 3.6. Variação altitudinal da riqueza específica em Poaceae entre 600-1993 m de altitude no PNSE. Evidente diminuição do número de espécies a partir de 1700 m de altitude; riqueza específica mais elevada entre 1400-1600 m.

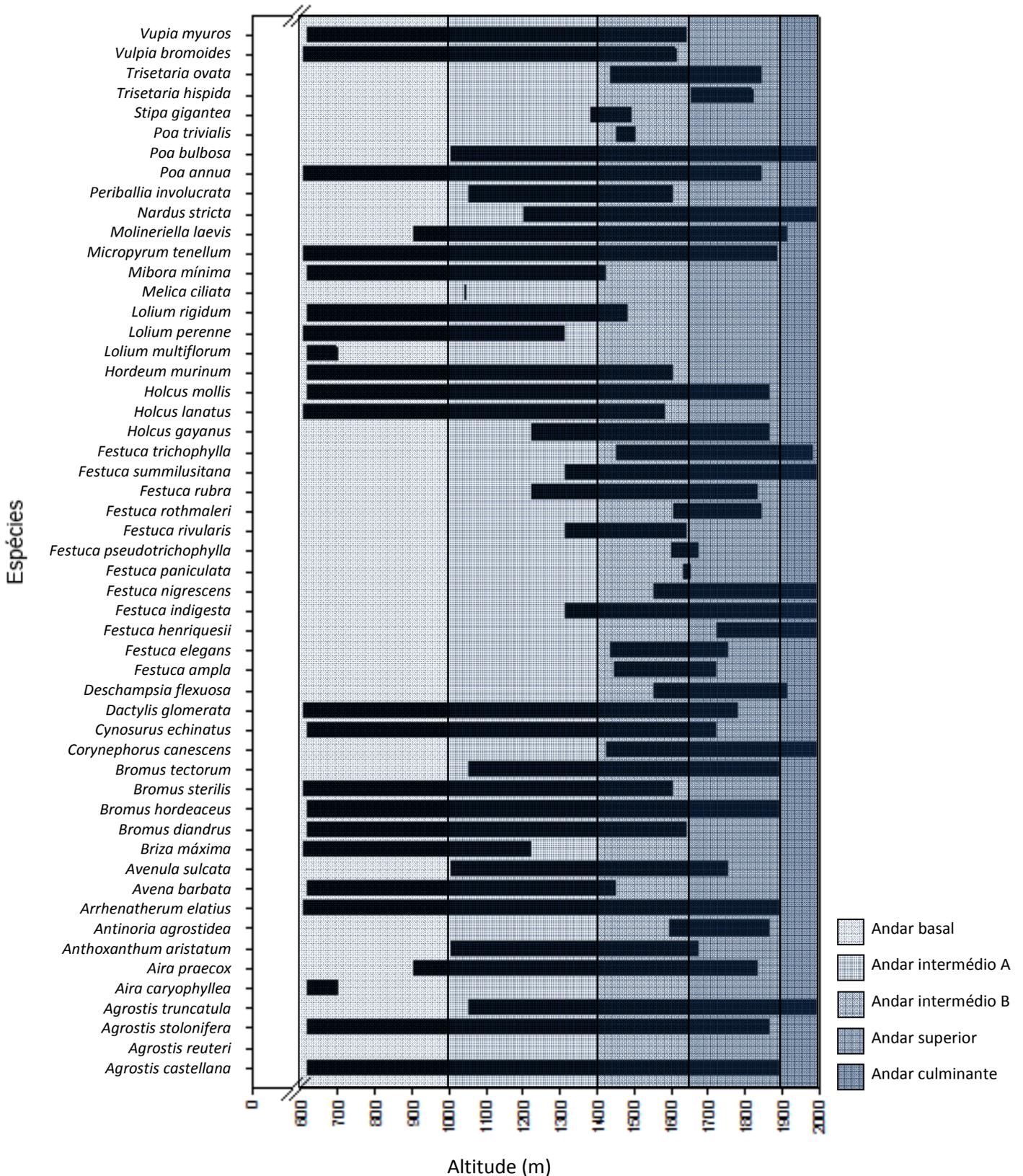


Figura 3.7. Intervalo de altitude de ocorrência de cada uma das 53 espécies colhidas. É possível observar que algumas espécies têm uma distribuição mais restritas que outras. Estão delimitadas com diferentes cores os andares de vegetação definidos pela análise florística qualitativa (figura 3.8).

3.3.2. Checklist

Na tabela 3.5. estão listadas as espécies de Poaceae do PNSE encontradas no âmbito do projecto POCI/BIA-BDE/60937/2004 e nos 6 maiores herbários do país consultados (COI, PO, LISU, LISI, LISE e AVE).

Tabela 3.5. Espécies de Poaceae encontradas no PNSE. A **negrito** estão as espécies colhidas no âmbito do projecto POCI/BIA-BDE/60937/2004; os vouchers destas espécies encontram-se depositados em COI. Para as espécies que foram consultadas em herbários os respectivos acrónimos estão indicados. Encontram-se assinaladas com (*) as espécies claramente ruderais e amplamente distribuídas por todo o país.

Género	Espécie	Herbário
Agrostis L.	<i>Agrostis canina</i> L.	LISI
	Agrostis reuteri Boiss.	AVE, COI, LISU
	Agrostis castellana Boiss. & Reut.	AVE, COI, LISI, LISU
	<i>Agrostis curtisii</i> Kerguelén *	COI, LISI
	<i>Agrostis tenerrima</i> Trin.	COI, LISU, PO
	Agrostis stolonifera L.	AVE, PO
	Agrostis truncatula Parl.	AVE, COI, LISI, LISU, PO
Aira L.	Aira caryophyllea L.	LISI, PO
	Aira praecox L.	COI, PO
Anthoxanthum L.	<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	COI
	Anthoxanthum aristatum Boiss.	AVE, LISI, LISU
Antinoria Parl.	Antinoria agrostidea (DC.) Parl.	AVE, COI, PO
Arrhenatherum Beauv.	Arrhenatherum elatius (L.) P.Beauv. ex J. & C.Presl	AVE, COI, LISU, PO
Avena L.	Avena barbata Link *	COI, LISU
Avenula (Dumort.) Dumort.	Avenula sulcata (Boiss.) Dumort.	COI
Brachypodium Beauv.	<i>Brachypodium phoenicoides</i> (L.) Roem. & Schult.	COI
	<i>Brachypodium sylvaticum</i> (Hudson) Beauv. *	COI
Briza L.	Briza maxima L. *	COI
	<i>Briza minor</i> L. *	COI
Bromus L.	Bromus diandrus Roth *	COI
	Bromus hordeaceus L. *	COI
	Bromus sterilis L. *	
	Bromus tectorum L.	LISU, PO
Corynephorus Beauv.	Corynephorus canescens (L.) Beauv.	AVE, COI, LISE, LISI, LISU, PO
Cynosurus L.	Cynosurus echinatus L. *	LISU, PO

	<i>Cynosurus effusus</i> Link	COI
Dactylis L.	Dactylis glomerata L. *	AVE, COI, PO
Danthonia DC.	<i>Danthonia decumbens</i> (L.) DC.	COI
Deschampsia Beauv.	<i>Deschampsia caespitosa</i> (L.) Beauv.	PO
	Deschampsia flexuosa (L.) Trin.	AVE, COI, LISI, PO
Digitaria Haller	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop. *	COI
Festuca L.	Festuca ampla Hack.	AVE, LISU, PO
	Festuca elegans Boiss.	AVE, COI, LISI, LISU
	Festuca henriquesii Hack.	AVE, COI, LISE, LISI, LISU, PO
	Festuca indigesta Boiss.	COI, LISE, LISI, LISU, PO
	Festuca nigescens Lam.	COI, LISE, LISI, LISU, PO
	Festuca paniculata (L.) Schinz & Thell.	COI, LISE
	Festuca pseudotrichophylla Patzke	COI
	Festuca rivularis Boiss.	COI, LISU
	Festuca rothmaleri (Litard.) Markgr.-Dann.	LISI, LISU, PO
	Festuca rubra L.	AVE, COI, LISE, PO
	Festuca summilusitana Franco & Rocha Afonso	COI, LISE, LISI
	Festuca trichophylla (Gaudin) K.Richt.	COI, LISI
Gaudinia Beauv.	<i>Gaudinia fragilis</i> (L.) Beauv. *	COI
Glyceria R.Br.	<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R.Br.	AVE
Holcus L.	Holcus gayanus Boiss.	COI, LISE, LISI, LISU, PO
	Holcus lanatus L.	COI, LISE, LISI, LISU
	Holcus mollis L.	COI, LISI, LISU, PO
Hordeum L.	Hordeum murinum L. *	
Koeleria Pers.	<i>Koeleria caudata</i> (Link) Steud.	COI, LISI, LISU, PO
	<i>Koeleria crassipes</i> Lange	COI, LISU
Lolium L.	Lolium multiflorum Lam. *	AVE, COI
	Lolium perenne L. *	AVE, LISU
	Lolium rigidum Gaudin *	
	<i>Lolium temulentum</i> L. *	LISU
Melica L.	Melica ciliata L.	COI
	<i>Melica minuta</i> L. *	COI
Mibora Adans.	Mibora minima (L.) Desv.	AVE, COI, LISE, LISI, LISU
Micropyrum (Gaudin) Link	<i>Micropyrum patens</i> (Brot.) Hack.	COI
	Micropyrum tenellum (L.) Desv.	AVE, COI, LISI
Molineriella Rouy	Molineriella laevis (Brot.) Rouy	AVE, LISE, LISI
Nardus L.	Nardus stricta L.	AVE, COI, LISU, PO
Periballia Trin.	Periballia involucreta (Cav.) Janka	LISE, LISI, PO
Poa L.	Poa annua L. *	COI, LISU, PO
	Poa bulbosa L.	AVE, COI, LISI, LISU, PO

	<i>Poa trivialis</i> L. *	AVE, COI, LISU
Pseudoarrhenatherum Rouy	<i>Pseudarrhenatherum pallens</i> (Link) Holub	PO
Setaria P.Beauv.	<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem. & Schult.	COI, LISI
Stipa L.	<i>Stipa gigantea</i> Link	LISU
Trisetaria Forssk.	<i>Trisetaria hispida</i> (Lange) Paunero	AVE, COI, LISI, PO
	<i>Trisetaria ovata</i> (Cav.) Paunero	AVE, COI, LISI, PO
Vulpia C.C.Gmel.	<i>Vulpia bromoides</i> (L.) Gray	AVE, COI, LISU, PO
	<i>Vulpia myuros</i> (L.) C.C.Gmel. *	AVE, COI, LISU

As espécies colhidas no transecto foram comparadas com as espécies de toda a zona do PNSE existentes nos herbários portugueses. Atendendo a que devem ser excluídos taxa claramente ruderais e amplamente distribuídos por todo o país, verifica-se que, da área de amostragem escolhida estão ausentes as seguintes espécies: *Agrostis canina*, *Agrostis tenerrima*, *Anthoxanthum odoratum*, *Brachypodium phoenicoides*, *Cynosurus effusus*, *Danthonia decumbens*, *Deschampsia caespitosa*, *Glyceria fluitans*, *Koeleria caudata*, *Koeleria crassipes*, *Micropyrum patens*, *Pseudarrhenatherum pallens* e *Setaria pumila*.

3.3.3. Análise estatística

3.3.3.1. Alteração da composição das espécies de Poaceae em altitude

- **Análise de Cluster.** A análise de *clusters* sobre o coeficiente de *Jaccard* entre as altitudes com o método da distância média entre *clusters* produziu o dendograma da figura 3.8. De acordo com o critério da Distância entre *Clusters* e *R-squared* foram retidos **5 clusters** que explicam 79,75% ($R-sq = 0.7975$) da variância total (figura 3.9). Os *clusters* formados individualizam 5 andares de altitude: (1) 600-999 m (2) 1000-1399 m (3) 1400-1649 m (4) 1650-1899 m (5) 1900-1993 m.

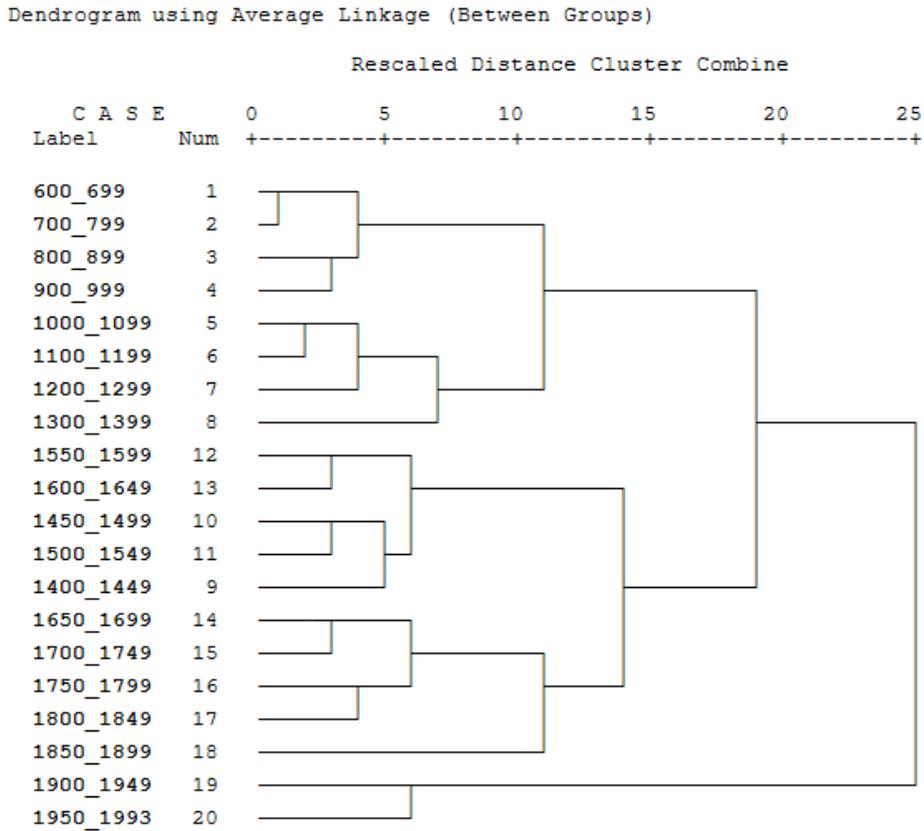


Figura 3.8. Dendrograma da Análise de *Clusters* com o método da Distância média entre *clusters* e usando o coeficiente de *Jaccard* como medida de semelhança. Agrupamento dos intervalos de altitudes mais semelhantes entre si de acordo com a composição de espécies de *Poaceae*.

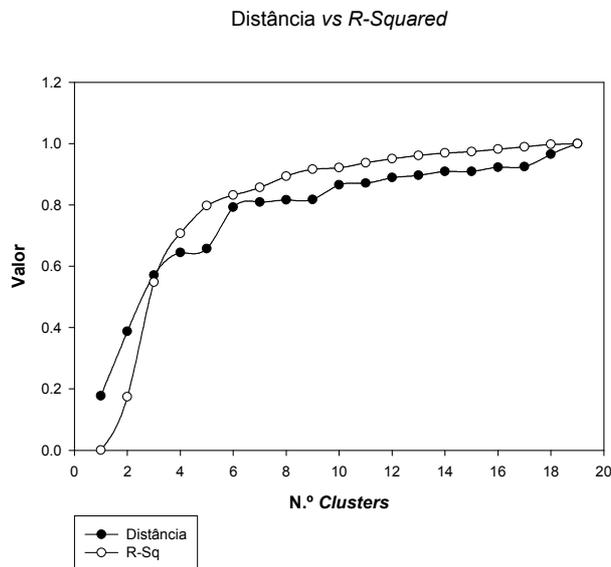


Figura 3.9. Gráfico da distância entre *clusters* e do *R-squared*, critérios para definir o número de *clusters* a reter da Análise de *Clusters* anterior. Segundo a distância entre *clusters* pode reter-se entre 4 e 6 *Clusters*. Segundo a análise do *R-squared*, os ganhos de variabilidade retida por mais do que 5 *Clusters* são relativamente pequenos quando comparados com a evolução de 1 para 5 *Clusters*.

- **CATPCA.** De acordo com a regra da representação gráfica dos valores próprios em função de cada uma das componentes principais é possível resumir a informação das variáveis em três componentes ortogonais que explicam 74,75% da variância total das variáveis originais (figura 3.10).

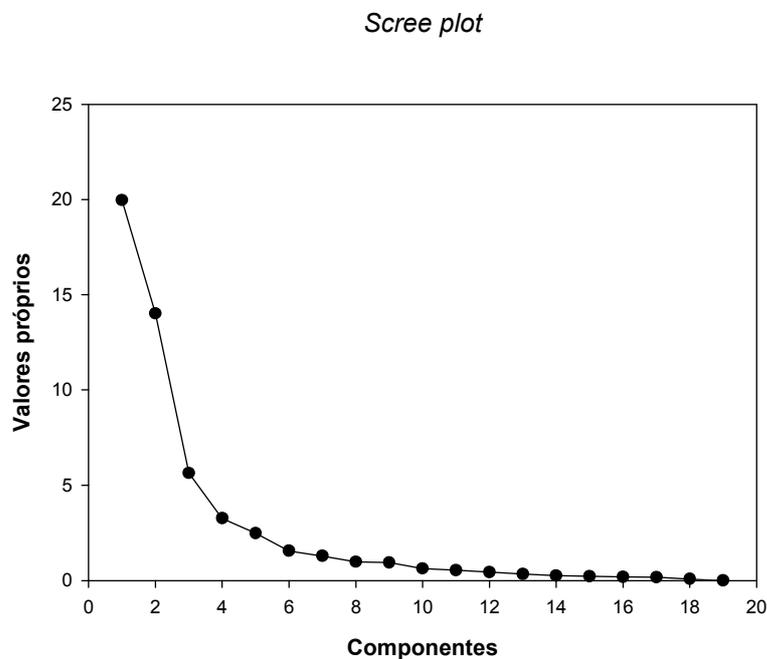


Figura 3.10. Representação gráfica (*Scree plot*) dos valores próprios em função de cada uma das componentes principais respectivas. Seleccionam-se as três primeiras componentes porque o declive da linha reduz-se significativamente da 4ª para a 5ª componente.

Na tabela 3.6 reproduzem-se a realização de cada objecto em cada uma das componentes pedidas, a percentagem de variância explicada e a consistência interna. Todas as componentes extraídas apresentam uma consistência interna elevada, determinada por valores elevados de α de Cronbach.

Tabela 3.6. Componentes principais extraídas da análise CATPCA, com os respectivos *eigenvalues*, % de variância explicada, α de Cronbach e “peso” de cada objecto (altitudes). As três componentes extraídas explicam 74.75% da variância total.

	Dimensões/componentes		
	1	2	3
600_699	-0.87118	-0.46651	0.311195
700_799	-0.87118	-0.46651	0.311195
800_899	-0.7742	-0.39255	0.188269
900_999	-0.74021	-0.27221	0.172982
1000_1099	-0.67259	0.036339	-0.08502
1100_1199	-0.63713	0.03361	-0.06897
1200_1299	-0.52486	0.173089	-0.09602
1300_1399	-0.36349	0.337031	-0.33045
1400_1449	-0.12463	0.605679	-0.43529
1450_1499	-0.00185	0.619189	-0.42379
1500_1549	0.119602	0.569575	-0.30868
1550_1599	0.241305	0.576716	-0.11391
1600_1649	0.367345	0.618377	0.04816
1650_1699	0.691381	0.368581	0.43429
1700_1749	0.645447	0.229514	0.409958
1750_1799	0.718043	0.075466	0.423668
1800_1849	0.729335	-0.10104	0.418275
1850_1899	0.619416	-0.38343	0.164239
1900_1949	0.763179	-1.03774	-0.51681
1950_1993	0.686273	-1.12319	-0.5033
Eigenvalue	19.963	14.016	5.638
Variância explicada	37.667%	26.445%	10.638%
α de Cronbach	0.968	0.947	0.838

A partir desta tabela é possível construir um mapa perceptual tridimensional que permite a identificação de grupos de altitudes (*clusters*) de uma forma intuitiva (figura 3.11). Os pontos mais próximos correspondem a altitudes mais semelhantes entre si em relação à presença e ausência de espécies. Os grupos formados coincidem com os grupos resultantes da Análise de *Cluster* realizada em cima.

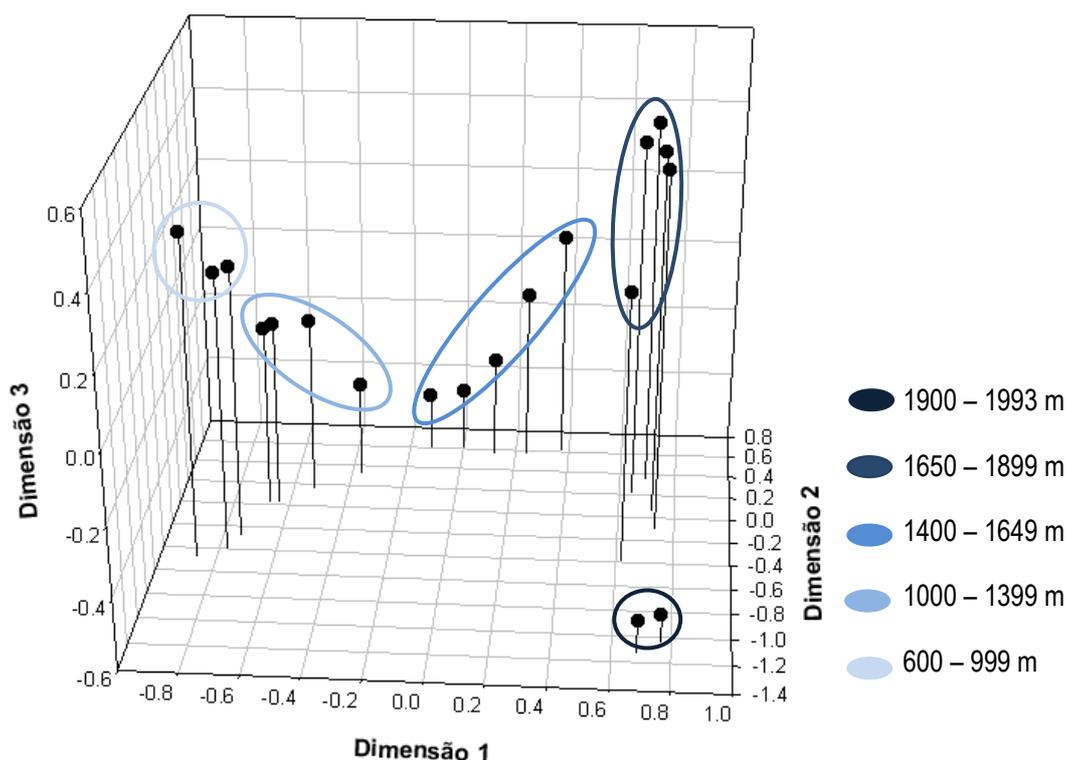


Figura 3.11. Mapa perceptual tridimensional dos objectos (altitudes), de acordo com os componentes principais extraídos da análise CATPCA. Os círculos a azul indicam os conjuntos de pontos mais próximos.

- **MANOVA.** De acordo com a MANOVA não paramétrica existem diferenças estatisticamente significativas entre as distribuições pelas componentes e/ou pelos *clusters* ($X^2(12) = 50.388$; $N = 20$; $p < 0.001$). O teste de *Kruskal-Wallis* indica que ocorrem diferenças significativas entre os *clusters* para todas as componentes: comp1 ($W^2_{kw}(4) = 17.722$; $N = 20$; $p < 0.001$); comp2 ($W^2_{kw}(4) = 16.521$; $N = 20$; $p < 0.001$); comp3 ($W^2_{kw}(4) = 16.238$; $N = 20$; $p < 0.001$). Finalmente, as comparações múltiplas das médias das ordens revelam que, em todos os componentes, **todos os *clusters* diferem significativamente entre si** ($p < 0.05$).

3.3.3.2. Relação entre alguns caracteres morfológicos adoptados pelas gramíneas e a altitude

- **CATPCA.** Para resumir a informação presente nas variáveis originais em componentes principais usou-se uma CATPCA com o método de normalização *Symmetrical* (v. Maroco, 2007). De acordo com a regra do *eigenvalue* superior a 1 em consonância com o *Scree-plot*, é possível resumir a informação relacional entre as variáveis em duas componentes ortogonais que explicam 98.61% da variância total das variáveis originais (figura 3.12).

Scree plot

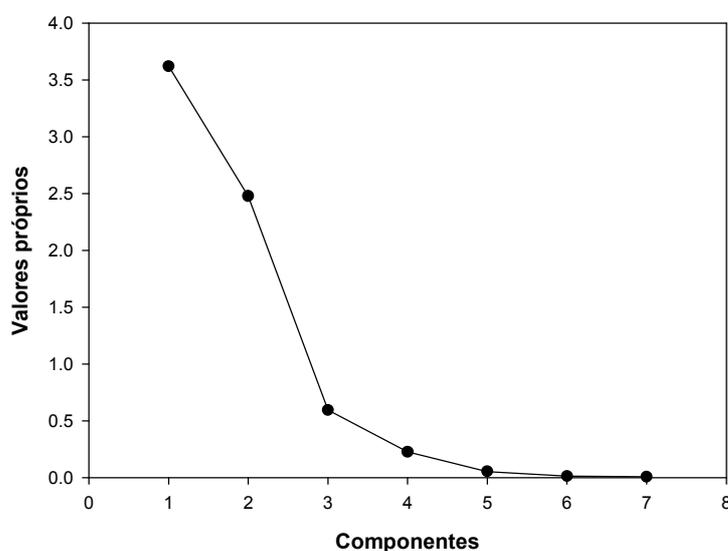


Figura 3.12. Representação gráfica (*Scree plot*) dos valores próprios em função de cada uma das componentes principais respectivas. Seleccionam-se as duas primeiras componentes porque o declive da linha reduz-se significativamente da 3ª para a 4ª componente.

Na tabela 3.7 reproduzem-se os “pesos” de cada variável em cada componente, a percentagem de variância explicada e a consistência interna. De acordo com os “pesos” de cada variável em cada componente verifica-se que na 1ª componente são os estados de carácter “vivaz”, “basal”, “conduplicado” e “involuto_convoluta” que apresentam maiores valores. Por outro lado, os estados de carácter “anual”, “colmo” e “plana” têm pesos elevados na 2ª componente. Ambas as componentes apresentam uma consistência interna muito elevada ($\alpha = 0.869$ para a 1ª componente; para a 2ª componente $\alpha = 0.775$)

Tabela 3.7. Componentes principais extraídas da análise CATPCA, com os respectivos eigenvalues, % de variância explicada, α de Cronbach e pesos de cada variável. As duas componentes extraídas explicam 98.61% da variância total. A **negrito** destacam-se os “pesos” significativos de cada variável em cada componente.

	Dimensões/componentes	
	1	2
Vivaz	1.101	-0.336
Anual	-0.189	1.215
Basal	1.135	0.210
Colmo	-0.392	1.161
Plana	-0.160	1.223
Conduplicada	1.142	-0.049
Involuto_Convoluto	1.105	0.297
Eigenvalue	3.923	2.980
Variância explicada	56.047%	42.564%
α de Cronbach	0.869	0.775

A figura 3.13 ilustra o posicionamento de cada altitude no mapa bidimensional das duas componentes retidas e a sua posição relativa às variáveis originais. É possível distinguir de forma intuitiva 5 grupos ou *clusters* de altitudes: (1) 600-999 m; (2) 1000-1399; (3) 1400-1649 m; (4) 1650-1899 m e (5) 1900-1993. Também é possível distinguir os 2 grupos de caracteres com pesos distintos entre as componentes, como visto em cima. Continuando a analisar a figura podemos concluir sobre as relações entre os objectos e as variáveis e afirmar que os grupo das altitudes inferiores a 1400 m estão mais próximo do grupo dos estados de carácter “anual”, “colmo” e “plana”. Por outro lado, os grupos de altitudes acima de 1400 m estão mais próximos do grupo dos estados de carácter “vivaz”, “basal”, “conduplicado” e “involuto_convoluta”.

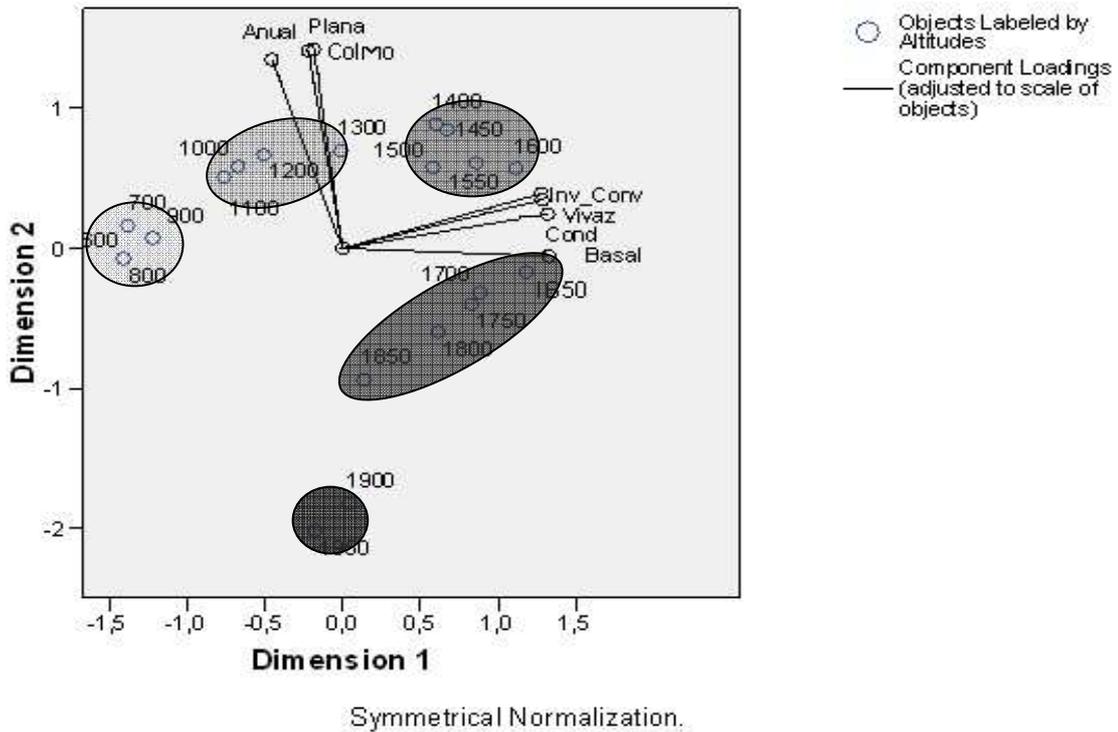


Figura 3.13. Posicionamento de cada altitude no mapa bidimensional definido pelas duas componentes principais retidas e a sua posição relativa às variáveis originais [caracteres morfológicos: hábitos anual e vivaz (Anual, Vivaz), folhas basais e no colmo (Basal, Colmo), folhas conduplicadas (Cond), involuta/convoluta (Inv_Conv) e planas (Plana)], após CATPCA. Os círculos a cinzento indicam os conjuntos de pontos mais próximos.

- **Análise de Clusters.** A Análise de *Clusters* sobre as distâncias euclidianas entre as altitudes com o método da Distância média entre *Clusters* produziu o dendograma da figura 3.14. De acordo com o critério *R-squared*, foram retidos **4 clusters** que explicam 87,66% da variância total (figura 3.15)

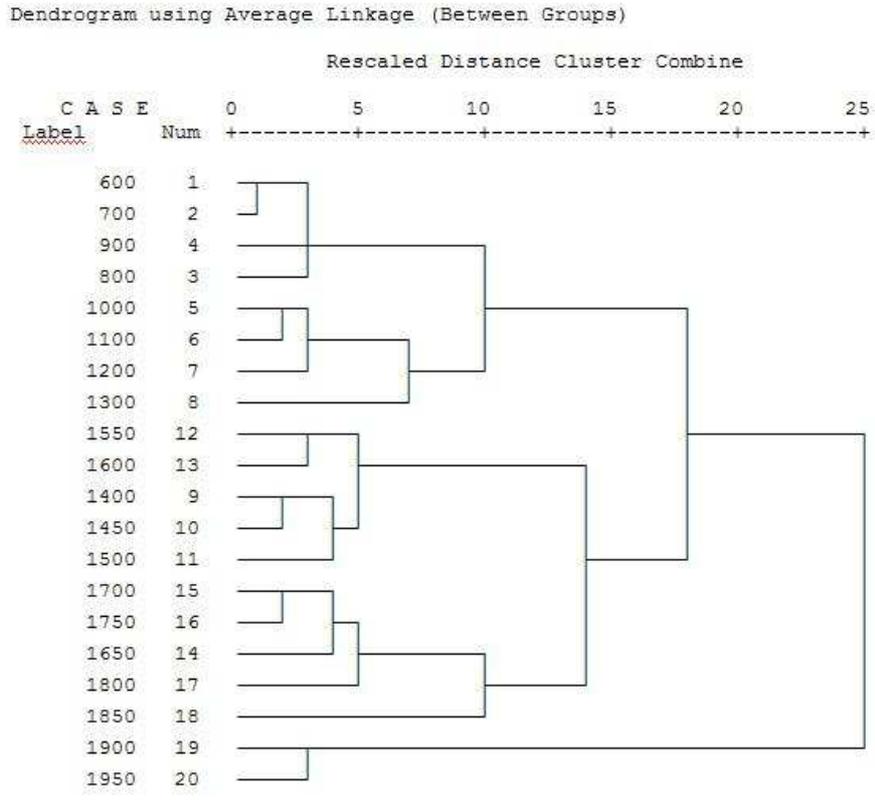


Figura 3.14. Dendrograma da análise de *clusters* com o método da distância média entre *clusters* e usando a distância euclidiana como medida de dissimilaridade. Agrupamento de intervalos de altitudes de acordo com alguns caracteres morfológicos das espécies de Poaceae.

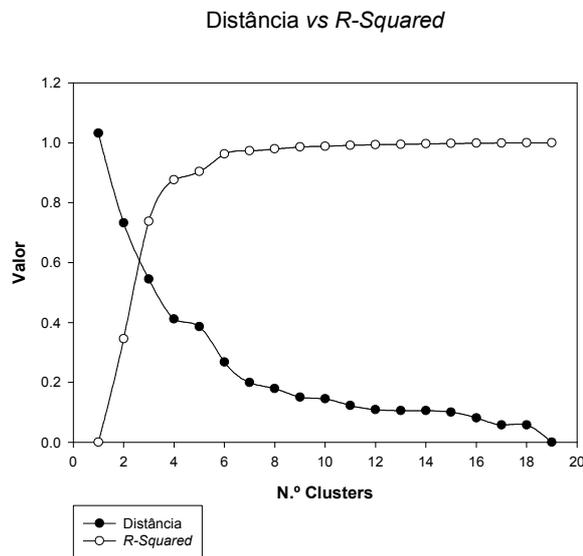


Figura 3.15. Gráfico da distância entre *Clusters* e do *R-squared*, critérios para definir o número de *clusters* a reter da Análise de *Clusters* anterior. Segundo a distância entre *Clusters* e análise do *R-squared* podem reter-se 4 *clusters*. Os ganhos de variabilidade retida por mais do que 4 *Clusters* é relativamente pequeno quando comparada com a evolução de 1 para 4 *Clusters*.

A classificação de cada uma das 20 altitudes na solução refinada com o método *k-Means* com $k = 4$ encontra-se na tabela 3.8.

Tabela 3.8. Classificação das altitudes em 3 *clusters* pelo método *k-Means* com $k = 4$.

Cluster	Altitudes	Distância ao centro do cluster
1	1650_1699	6.779
	1700_1749	2.857
	1750_1799	2.358
	1800_1849	2.227
	1850_1899	9.826
2	600_699	4.155
	700_799	4.155
	800_899	5.914
	900_999	3.482
	1000_1099	5.180
	1100_1199	4.189
	1200_1299	7.558
	1300_1399	7.489
3	1900_1949	1.581
	1950_1993	1.581
4	1400_1449	3.122
	1450_1499	2.021
	1500_1549	2.102
	1550_1599	2.901
	1600_1649	5.635

Na tabela 3.9 apresentam-se as médias (centros) dos *clusters* para cada variável e a estatística *F* para cada variável. Pela análise da tabela é possível verificar que o *cluster* 1 (1650-1900 m) corresponde ao grupo de altitudes onde os caracteres “Vivaz” e “Basal” apresentam médias mais elevadas, o *cluster* 2 (600-1400 m) apresenta médias mais elevadas nos caracteres “Anual”, “Colmo” e “Plana”, o *cluster* 3 (1900-1993 m) corresponde ao grupo de altitudes com médias mais elevadas nos caracteres “Vivaz” e “Basal” e finalmente, o *cluster* 4 (1400-1650 m) apresenta médias elevadas em todos os caracteres excepto no “Conduplicado” e “Involuto_Convoluto”. A variável que aparentemente permite diferenciar mais os clusters é o carácter “Colmo” ($F= 208.391$), seguido de “Plana” ($F= 89.863$) e “Anual” ($F= 62.373$).

Tabela 3.9. Centros (médias) dos *clusters* e estatística *F* para cada variável. A **negrito** destacam-se as médias mais elevadas das variáveis em cada *cluster*.

Dimensão	Centro do <i>cluster</i>				<i>F</i>
	1	2	3	4	
Vivaz	20	9	10	20	33.233
Anual	8	16	1	17	62.373
Basal	18	5	10	19	22.904
Colmo	10	20	0	19	208.391
Plana	13	21	1	22	89.863
Conduplicado	6	1	4	6	23.627
Involuto_Convoluto	9	3	5	10	21.126

3.4. Discussão

3.4.1. Alteração da composição das espécies de Poaceae em altitude

O método florístico qualitativo baseado na alteração altitudinal da composição específica das gramíneas, através da análise de *cluster* permitiu definir 5 andares de vegetação na Serra da Estrela (figura 3.8):

- **Andar basal:** abaixo de 1000 m de altitude

24 espécies: *Agrostis castellana*, *Agrostis stolonifera*, *Aira caryophyllea*, *Aira praecox*, *Arrhenatherum elatius*, *Avena barbata*, *Briza maxima*, *Bromus diandrus*, *Bromus hordeaceus*, *Bromus sterilis*, *Cynosurus echinatus*, *Dactylis glomerata*, *Holcus lanatus*, *Holcus mollis*, *Hordeum murinum*, *Lolium multiflorum*, *Lolium perenne*, *Lolium rigidum*, *Mibora minima*, *Micropyrum tenellum*, *Molineriella laevis*, *Poa annua*, *Vulpia bromoides*, *Vulpia myuros*.

- **Andar intermédio A:** de 1000 a 1400 m de altitude

36 espécies: *Agrostis castellana*, *Agrostis stolonifera*, *Agrostis truncatula*, *Aira praecox*, *Anthoxanthum aristatum*, *Arrhenatherum elatius*, *Avena barbata*, *Avenula sulcata*, *Briza maxima*, *Bromus diandrus*, *Bromus hordeaceus*, *Bromus sterilis*, *Bromus tectorum*, *Cynosurus echinatus*, *Dactylis glomerata*, *Festuca indigesta*, *Festuca rivularis*, *Festuca rubra*, *Festuca summilusitana*, *Holcus gayanus*, *Holcus lanatus*, *Holcus mollis*, *Hordeum murinum*, *Lolium perenne*, *Lolium rigidum*, *Melica ciliata*, *Mibora minima*, *Micropyrum tenellum*, *Molineriella laevis*, *Nardus stricta*, *Periballia involucrata*, *Poa annua*, *Poa bulbosa*, *Stipa gigantea*, *Vulpia bromoides*, *Vulpia myuros*.

- **Andar intermédio B:** de 1400 a 1650 m de altitude

47 espécies: *Agrostis castellana*, *Agrostis reuteri*, *Agrostis stolonifera*, *Agrostis truncatula*, *Aira praecox*, *Anthoxanthum aristatum*, *Antinoria agrostidea*, *Arrhenatherum elatius*, *Avena barbata*, *Avenula sulcata*, *Bromus diandrus*, *Bromus hordeaceus*, *Bromus sterilis*, *Bromus tectorum*, *Corynephorus canescens*, *Cynosurus echinatus*, *Dactylis glomerata*, *Deschampsia flexuosa*, *Festuca ampla*, *Festuca elegans*, *Festuca indigesta*, *Festuca nigrescens*, *Festuca paniculata*, *Festuca pseudotrichophylla*, *Festuca rivularis*, *Festuca rothmaleri*, *Festuca rubra*, *Festuca summilusitana*, *Festuca trichophylla*, *Holcus gayanus*, *Holcus lanatus*, *Holcus mollis*, *Hordeum murinum*, *Lolium rigidum*, *Mibora minima*, *Micropyrum tenellum*, *Molineriella laevis*, *Nardus stricta*, *Periballia involucrata*, *Poa annua*, *Poa bulbosa*, *Poa trivialis*, *Stipa gigantea*, *Trisetaria ovata*, *Vulpia bromoides*, *Vulpia myuros*.

- **Andar superior:** de 1650 a 1900 m de altitude

36 espécies: *Agrostis castellana*, *Agrostis stolonifera*, *Agrostis truncatula*, *Aira praecox*, *Anthoxanthum aristatum*, *Antinoria agrostidea*, *Arrhenatherum elatius*, *Avenula sulcata*, *Bromus hordeaceus*, *Bromus tectorum*, *Corynephorus canescens*, *Cynosurus echinatus*, *Dactylis glomerata*, *Deschampsia flexuosa*, *Festuca ampla*, *Festuca elegans*, *Festuca henriquesii*, *Festuca indigesta*, *Festuca nigrescens*, *Festuca paniculata*, *Festuca pseudotrichophylla*, *Festuca rothmaleri*, *Festuca rubra*, *Festuca summilusitana*,

Festuca trichophylla, *Holcus gayanus*, *Holcus mollis*, *Micropyrum tenellum*, *Molineriella laevis*, *Nardus stricta*, *Poa annua*, *Poa bulbosa*, *Poa trivialis*, *Stipa gigantea*, *Trisetaria hispida*, *Trisetaria ovata*.

- **Andar culminante:** acima de 1900 m de altitude

11 espécies: *Agrostis truncatula*, *Corynephorus canescens*, *Deschampsia flexuosa*, *Festuca henriquesii*, *Festuca indigesta*, *Festuca nigrescens*, *Festuca summilusitana*, *Festuca trichophylla*, *Molineriella laevis*, *Nardus stricta*, *Poa bulbosa*.

De acordo com a análise da composição específica de gramíneas o andar basal tem como limite superior 1000 m de altitude. A última povoação encontrada ao longo do gradiente altitudinal foi o Sabugueiro (1050 m) e, por isso, é sensivelmente a partir deste nível que a influência humana decresce, justificando a existência de um andar de vegetação abaixo dos 1000 m de altitude.

Também de acordo com a análise da composição específica das gramíneas, existem 2 andares intermédios de 1000 a 1400 m e de 1400 a 1650 m de altitude. O andar intermédio B (1400-1650 m) caracteriza-se por ser a área mais rica em espécies (figura 3.6). É a partir de 1400 m de altitude que surgem os planaltos inferiores (1400-1550m) os quais, de acordo com Mora (2006), individualizam uma unidade climotopológica particular caracterizada por temperaturas baixas, ventos fortes e precipitação elevada.

Acima de 1600 m de altitude, a análise da composição específica de gramíneas revelou 2 andares: (1) andar superior (1650 – 1900 m) e (2) andar culminante (acima de 1900 m). O andar superior caracteriza-se por um gradual decréscimo do número de espécies (figura 3.6). Estende-se principalmente pelos planaltos intermédios (1600-1750 m) os quais constituem uma unidade climotopológicas específica caracterizada por temperatura média anual mais baixa do que o planalto inferior, precipitação anual superior, alguma queda de neve e período curto de solo coberto de neve (Mora, 2006) e ainda por parte do planalto culminante

A partir de 1900 m ocorre uma redução brusca do número de espécies. Este andar ocorre no planalto culminante (acima de 1850 m) o qual corresponde à unidade climotopológica mais extrema da Serra da Estrela (Mora, 2006) caracterizada por apresentar as temperaturas mais baixas, ventos muito fortes, precipitação muito elevada, forte insolação, elevados valores de radiação solar incidente, frequente queda de neve no semestre frio e sua permanência no solo durante várias semanas.

O critério fisionómico/paisagístico utilizado por Pinto da Silva & Teles (1980) e Jansen (2002) delimitou apenas 3 andares de vegetação (tabela 3.1 e figura 3.3) e em altitudes diferentes daqueles delimitados por estes critérios florísticos qualitativos. Analisando esta metodologia fica claro que as categorias onde os elementos florísticos mais evidentes considerados por aqueles

autores estão ausentes. Essa ausência, no tempo presente, é determinada por factores antropogénicos (corte e incêndios) e não representa climaxes vegetacionais naturais. A classificação proposta é baseada exclusivamente numa família mas é mais fina e traduz melhor o que efectivamente florística e climaticamente se passa na Serra da Estrela.

3.4.2. Relação entre alguns caracteres morfológicos adoptados pelas gramíneas e a altitude

Os *clusters* obtidos com os caracteres morfológicos coincidiram com 4 dos 5 *clusters* obtidos a partir da composição específica de gramíneas, diferenciando-se apenas pelo andar basal mais alargado (até 1400 m) (figura 3.14).

Verifica-se que em maiores altitudes (acima de 1400 m), onde as temperaturas são menores, as gramíneas são preferencialmente vivazes, com folhas inseridas principalmente na base, conduplicadas, involutas ou convolutas (figura 3.13 e da tabela 3.9). Exemplos dessa associação de caracteres morfológicos são a maioria das *Festuca*, *Corynephorus canescens*, *Nardus stricta*, etc. Em oposição, a baixas altitudes (abaixo de 1400 m), onde as temperaturas são mais elevadas, as espécies são maioritariamente anuais, com folhas inseridas principalmente ao longo do colmo e planas) (figura 3.13 e da tabela 3.9). Exemplos dessa associação de caracteres morfológicos são *Lolium*, *Aira caryophyllea*, *Briza máxima*, etc.

A restrição das gramíneas anuais a baixas altitudes é consistente com o que ocorre com outras zonas de montanha (Villagrán *et al.*, 1981; Cavieres *et al.*, 2000; Bliss, 1971). As plantas anuais devem completar o seu ciclo de vida dentro de uma única estação de crescimento. Como o período favorável ao crescimento decresce com a altitude, as anuais não conseguem completar o seu ciclo de vida em altitudes elevadas. Além disso, em altitudes elevadas, a germinação pode ser inibida devido às temperaturas baixas do solo (Kudo, 1991). O domínio das gramíneas perenes nas altitudes superiores deve-se à sua capacidade de tolerância a temperaturas de congelamento e aos seus órgãos subterrâneos de armazenamento (rizomas e bolbos) (Márquez, *et al.*, 2006).

As folhas inseridas principalmente na base da planta permitem manter as zonas meristemáticas junto ao solo onde as temperaturas são superiores, evitando a danificação dos tecidos. Além disso, cria-se um microclima em torno da planta cujas temperaturas mais elevadas podem evitar o congelamento da água do solo mantendo-a disponível para a planta e evitando a sua

desidratação. A desidratação ocorre frequentemente nas células dos tecidos superiores à camada de neve que cobre o solo devido à formação de gelo no meio extracelular. As células buliformes são células da epiderme modificadas de parede fina que quando desidratadas sofrem retracção do citoplasma, da membrana e da parede provocando a dobração conduplicada, involuta ou convoluta da folha (consoante a disposição das células buliformes ao longo da folha). Desta forma, diminui a superfície de contacto da folha com o exterior e com as suas temperaturas baixas, reduzindo a formação de gelo no apoplasto e consecutiva desidratação dos tecidos. Estas são, portanto, estratégias estruturais de adaptação a baixas temperaturas. Como essas condições são mais acentuadas em elevadas altitudes é compreensível que as espécies adotem essas estratégias estruturais.

3.5. Conclusão

Os andares individualizados pela Análise de *Clusters* evidenciam uma relação significativa com as unidades climotopológicas de Mora (2006) e, portanto, a vegetação parece surgir como resposta ao clima, à exposição, à topografia, às áreas em que a neve se mantém durante mais tempo, bem como aos sistemas de brisas de montanha e de vale. A complexidade climática parece reflectir-se na distribuição das gramíneas.

A delimitação dos andares altitudinais de vegetação baseada em métodos fisionómicos/paisagísticos, embora rápidos e fáceis de aplicar, são subjectivos e conduzem à perda de informação relevante sobre a distribuição das espécies. Por outro lado, o método seguido baseado na composição das espécies de uma família em particular (Poaceae), embora mais moroso, foi detalhado e permitiu envolver factores ambientais na delimitação altitudinal das espécies.

Em altitudes diferentes existem condições climáticas diferentes às quais as gramíneas respondem adoptando diferentes estratégias estruturais e funcionais justificando-se, assim, a relação evidenciada pelas análises realizadas entre os caracteres morfológicos escolhidos e a altitude.

A Análise de *Clusters* realizada com os caracteres morfológicos delimitou andares de vegetação semelhantes aos obtidos com a análise florística qualitativa. Desta forma, verifica-se que este é outro método para delimitação de andares de vegetação, este não baseado na fisionomia/paisagem, nem na análise florística qualitativa ou quantitativa, mas sim baseado em caracteres morfológicos influenciados pelas condições térmicas.

Realizar uma análise florística baseada na composição e abundância relativa de toda a vegetação teria grande interesse para verificar se está em consonância com os resultados deste estudo.

Capítulo 4
Conclusão Geral



4. Conclusão Geral

O estudo das Poaceae de altitude do PNSE tem enorme relevância por diversos motivos: (1) existem poucos estudos detalhados sobre a distribuição da família na Serra da Estrela; (2) as Poaceae são consideradas uma das famílias com maior importância numérica de espécies em altitude; (3) importância ecológica fundamental dos campos de gramíneas naturais de altitude; (4) valor económico elevado das pastagens naturais locais; (5) as zonas de altitude apresentam condições macro- e microclimáticas particulares que criam microhabitats únicos e proporcionam o aparecimento de endemismos animais e vegetais e (6) as comunidades vegetais de altitude são particularmente vulneráveis às alterações climáticas e funcionam como “indicadores ecológicos”.

No entanto, para esse estudo ser bem sucedido é essencial realizar uma boa identificação das espécies e esta depende de uma chave de identificação adequada. Chaves multiacesso são ideais para famílias onde o número de caracteres disponíveis para a identificação é limitado, o caso das Poaceae. A chave multiacesso criada no âmbito deste trabalho revelou resultados muito positivos, permitindo identificações rápidas e com elevada taxa de sucesso.

O estudo da distribuição das espécies de Poaceae na Serra da Estrela tem impacto no esforço global para compreender os efeitos das alterações climáticas a nível local e a nível mundial. Para delimitação dos andares de vegetação, o método florístico qualitativo é mais objectivo do que o critério fisionómico/paisagístico porque, apesar de mais moroso, baseia-se em medições e na amostragem da vegetação, um método mais detalhado para a descrição e delimitação da vegetação. Neste estudo aplicou-se este método para a família Poaceae, uma das famílias com maior importância numérica de espécies em zonas de altitude do PNSE e altamente adaptável a ambientes instáveis (elevada plasticidade fenotípica), pelo que alterações ambientais com consequência na composição específica desta família têm de ser muito acentuadas. A Análise de *Clusters*, baseada na composição específica de Poaceae em altitude, delimitou 5 andares de vegetação que não correspondem aos 3 andares delimitados por Pinto da Silva & Teles (1980) e Jansen (2002). Este resultado está em concordância com o verificado em outros trabalhos (Cavieres et al., 2000), ou seja, os métodos fisionómicos/paisagísticos são altamente subjectivos e perdem informação relevante sobre a distribuição das espécies.

Interessantemente, os clusters delimitados pelo método florístico qualitativo evidenciaram uma relação significativa com as complexas unidades climotopológicas de Mora (2006). A complexidade climática do PNSE parece, pois, reflectir-se na distribuição das gramíneas.

As análises realizadas evidenciaram uma relação estreita entre a altitude e os estados de caracteres escolhidos. Estes constituem respostas estruturais e funcionais adoptadas pelas gramíneas mediante as alterações climáticas que se fazem sentir com a altitude, principalmente as alterações na temperatura.

A Análise de *Clusters* realizada utilizando os caracteres morfológicos delimitou andares de vegetação semelhantes aos obtidos com a análise florística qualitativa. Desta forma, apresenta-se aqui um outro método de delimitação de andares de vegetação não baseado na fisionomia/paisagem, nem na análise florística qualitativa ou quantitativa, mas baseado em caracteres morfológicos influenciados essencialmente pelas condições térmicas.

Bibliografia

- Allan J.D. & Flecker A.L. (1993). Biodiversity conservation in running waters: Identifying the major factors that threaten destruction of riverine species and ecosystems. *Bioscience* **43**: 32-43.
- Arslan, G.G., Gokçeoglu, M. & Rehder, H. (1998). Vegetation mosaic around the first center of tourism development in the Uludag Mountain, Bursa-Turkey. *Journal of Botany* **22**: 317-326.
- Barker N.P., Clark L.G., Davis J.I., Duvall M.R., Guala G.F., Hsiao C., Kellogg E.A., Linder H.P., Mason-Gamer R.J., Mathews S.Y., Simmons M.P., Sorong R.J., Spangler R.E. (2001). Phylogeny and subfamilial classification of the grasses (Poaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden* **88**: 373-457.
- Bellingham, P.J. (1998). Shrub succession and invisibility in a New Zealand montane grassland. *Australian Journal of Ecology* **23**: 562-573.
- Bliss, L.C. (1971). Arctic and alpine plant life cycle. *Annual Review of Ecology and Systematics* **2**: 405-438.
- Cavieres, A. L., Peñaloza, A. & Arroyo, M. K. (2000). Altitudinal vegetation belts in the high-Andes of central Chile (33°S). *Revista Chilena de Historia Natural* **73**: 331-344.
- Chapman, G.P. (2002). *The Biology of Grasses*. CAB International: UK.
- Clayton, W.D. & Renvoize, S.A. (1986). *Genera Graminum: Grasses of World*. Her Majesty's Stationery Office: London.
- European Environment Agency (2004). *Impacts of Europe's Changing Climate. An Indicator-Based Assessment*. EEA Report No 2/2004, European Environment Agency: Copenhagen.

- Ferreira, M., Cingolani, A., Ezcurra, C. & Bran, D. (1998). High-Andean vegetation and environmental gradients in northwestern Patagonia, Argentina. *Journal of Vegetation Science* **9**: 307-316.
- Fitter, A.H. & Hay, R.K.M. (1995). *Environmental Physiology of Plants*. Academic Press: London.
- Franco, J.M. & Afonso, M. L. R. (1998). *Nova Flora de Portugal*. **3 Gramineae**. Escolar Editora: Lisboa.
- Gates, D. & Schmerl, R. (eds.) (1975). *Perspectives of Biophysical Ecology*. Springer-Verlag: New York.
- Goldsmith, F.B. & Harrison, C.M. (1986). *Description and Analysis of Vegetation*. In: Moore, P.D. & Chapman, S.B. (eds.) *Methods in plant ecology*: 437-524. Blackwell Scientific Publications: Oxford.
- Groombridge, B. & Jenkins, M.D. (2002). *World Atlas of Biodiversity. Earth's Living Resources in the 21st Century*. California University Press: Berkeley.
- Häfliger, E. & Scholz, H. (1980). *Grasses Weeds 1*. CIBA-GEIGY Ltd.: Basle.
- Hedge, I.C. & Lamond, J. M. (1972). *Umbelliferae, multi-access-key to the Turkish genera*. In: Davis, P. H. (ed.), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. **4**: 280-288. Edinburgh University Press: Edinburgh.
- Henriques, J.A. (1883). *Expedição científica à Serra da Estrela em 1881*. Secção de botânica: Relatorio. Imprensa Nacional: Lisboa.
- Heywood, V.H., Brummitt, R.K., Culham, A. & Seberg, O. (2007). *Flowering Plant Families of the World*. Royal Botanic Gardens: Kew.
- Huggett, R.J. (1995). *Geoecology. An evolutionary approach*. Routledge: Londres.

- Ingrouille, M. & Eddie, B. (2006). *Plants, Diversity and Evolution*. Cambridge University Press: United Kingdom.
- Jansen, J. (2002). *Guia geobotânico da Serra da Estrela*. Instituto da Conservação da Natureza: Lisboa.
- Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogg, E.A. & Stevens, P.F. (1999). *Plant Systematics: A Phylogenetic approach*. Sinauer Associates, Inc.: Sunderland.
- Kudo, G. (1991). Effects of snow-free period on the phenology of alpine plants inhabiting snow patches. *Arctic and Alpine Research* **23**: 436-443.
- Marinelli, J. (ed.) (2004). *Plant*. Dorling Kindersley Limited: London.
- Maroco, J. (2007). *Análise estatística com utilização do SPSS*. Edições Sílabo: Lisboa.
- Márquez, E.J., Fariñas, M.R., Briceño, B. & Rada, F.J. (2004). Distribution of grasses along an altitudinal gradient in a Venezuelan paramo. *Revista Chilena de Historia Natural* **77**: 649-660.
- Márquez, E.J., Rada, F. & Fariñas, M.R. (2006). Freezing tolerance in grasses along an altitudinal gradient in the Venezuelan Andes. *Springer-Verlag* **150**: 393-397.
- Mora, C. (2006). *Climas da Serra da Estrela: características regionais e particularidades locais dos planaltos e do alto do Vale do Zêzere*. Tese de Doutoramento submetida à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, Portugal.
- Morse, D.R., Tardivel, G.M. & Spicer, J. (1996). A Comparison of the effectiveness of a dichotomous key and a multi-Access key to Woodlice. *Technical Report* 14-96, University of Kent, Computing Laboratory, University of Kent, Canterbury, UK.
- Pauli, H., Gottfried, M. & Grabherr, G. (2003). Effects of climate change on the alpine and nival vegetation of the Alps. *Journal of Mountain Ecology* **7**: 9-12.

- Pestana, M.H. & Gageiro, J.N. (2005). *Análise de dados para Ciências Sociais: a Complementaridade do SPSS*. Edições Sílabo: Lisboa.
- Pinto da Silva, A.R. & Teles, A.N. (1980). *A Flora e a vegetação da Serra da Estrela*. Serviço Nacional de Parques, Reservas e Património Paisagístico: Lisboa.
- Prince, S.D. (1986). *Data analysis*. In: Moore P.D. & Chapman S.B. (eds.) *Methods in plant ecology*: 437-524. Blackwell Scientific Publications: Oxford.
- Sanz-Elorza, M., Dana, E.D., González, A. & Sobrino, E. (2003). Changes in the high-mountain vegetation of the Central Iberian Peninsula as a probable sign of global warming. *Annals of Botany* **92**: 273-280.
- SPSS (2007). *SPSS Base 16.0 User's Guide*. SPSS Inc: Chicago.
- Theurillat, J.P. & Guisan, A. (2001). Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: a review. *Kluwer Academic Publishers* **50**: 77-109.
- Tutin, T.G., Heywood, V.H., Burges, N.A., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S.M. & Webb, D.A. (eds.) (1980). *Flora Europaea. 5 Alismataceae to Orchidaceae (Monocotyledones)*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Vieira, G. T. & Ferreira, A. B. (1998). General characteristics of the glacial geomorphology of the Serra da Estrela. In Vieira, G. T. (ed), *Glacial and Periglacial Geomorphology of the Serra da Estrela. Guidebook for the field-trip*. IGU Commission on Climate Change and Periglacial Environments, 26-28 August 1998, CEG and Department of Geography, University of Lisbon: 37-48.
- Villagrán, C., Armesto, J. & Arroyo, M.T.K. (1981). Vegetation in a high Andean transect between Turi and Cerro León in northern Chile. *Vegetatio* **48**: 3-16.
- Worboys, M. & Duckham, M. (2004). *GIS: A Computing Perspective*. CRC Press: London.

Anexo 1. Outputs das análises estatísticas com SPSS 15.0

1. Altitudinal changes in species composition

Cluster Analysis

Case Processing Summary^b

Cases							
Valid		Rejected				Total	
		Missing Value		Out of Range Binary Value ^a			
N	Percent	N	Percent	N	Percent	N	Percent
20	100,0	0	,0	0	,0	20	100,0

a. Value different from both 1 and 0.

b. Average Linkage (Between Groups)

Average Linkage (Between Groups)

Agglomeration Schedule

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	1	2	1,000	0	0	9
2	5	6	,966	0	0	8
3	12	13	,925	0	0	13
4	10	11	,923	0	0	10
5	14	15	,909	0	0	12
6	3	4	,909	0	0	9
7	16	17	,897	0	0	12
8	5	7	,889	2	0	14
9	1	3	,871	1	6	16
10	9	10	,866	0	4	13
11	19	20	,818	0	0	19
12	14	16	,817	5	7	15
13	9	12	,809	10	3	17
14	5	8	,793	8	0	16
15	14	18	,658	12	0	17
16	1	5	,644	9	14	18
17	9	14	,571	13	15	18
18	1	9	,388	16	17	19
19	1	19	,178	18	11	0

CATPCA - Principal Components Analysis for Categorical Data

Multiple Correspondence

[DataSet1] F:\spss\composicao_especies.sav

Warnings

Discretization for string variable Altitudes was not specified. It is set to RANKING.
To obtain scatterplots of pairs of dimensions in stead of a matrix scatterplot you can use the NDIM keyword with the PLOT subcommand: NDIM(d1,d2) produces scatterplots of dimension d1 plotted against all higher dimensions up to d2.

Credit

Multiple Correspondence
Version 1.0
by
Data Theory Scaling System Group (DTSS)
Faculty of Social and Behavioral Sciences
Leiden University, The Netherlands

Case Processing Summary

Valid Active Cases	20
Active Cases with Missing Values	0
Supplementary Cases	0
Total	20
Cases Used in Analysis	20

Iteration History

Iteration Number	Variance Accounted For		Loss
	Total	Increase	
17 ^a	13,205806	,000005	39,794194

a. The iteration process stopped because the convergence test value was reached.

Model Summary

Dimension	Cronbach's Alpha	Variance Accounted For		
		Total (Eigenvalue)	Inertia	% of Variance
1	,968	19,963	,377	37,667
2	,947	14,016	,264	26,445
3	,838	5,638	,106	10,638
Total		39,617	,747	
Mean	,942 ^a	13,206	,249	24,917

a. Mean Cronbach's Alpha is based on the mean Eigenvalue.

Objects

Object Scores

Altitudes	Dimension		
	1	2	3
600_699	-,871	-,467	,311
700_799	-,871	-,467	,311
800_899	-,774	-,393	,188
900_999	-,740	-,272	,173
1000_1099	-,673	,036	-,085
1100_1199	-,637	,034	-,069
1200_1299	-,525	,173	-,096
1300_1399	-,363	,337	-,330
1400_1449	-,125	,606	-,435
1450_1499	-,002	,619	-,424
1500_1549	,120	,570	-,309
1550_1599	,241	,577	-,114
1600_1649	,367	,618	,048
1650_1699	,691	,369	,434
1700_1749	,645	,230	,410
1750_1799	,718	,075	,424
1800_1849	,729	-,101	,418
1850_1899	,619	-,383	,164
1900_1949	,763	-1,038	-,517
1950_1993	,686	-1,123	-,503

Object Principal Normalization.

Object Contributions

Altitudes	Mass	Inertia	Contribution								
			Of Point to Inertia of Dimension			Of Dimension to Inertia of Point			Total		
			1	2	3	1	2	3			
600_699	,050	,064	,101	,041	,046	,596	,171	,076	,843		
700_799	,050	,064	,101	,041	,046	,596	,171	,076	,843		
800_899	,050	,047	,080	,029	,017	,639	,164	,038	,841		
900_999	,050	,042	,073	,014	,014	,659	,089	,036	,785		
1000_1099	,050	,050	,060	,000	,003	,451	,001	,007	,460		
1100_1199	,050	,032	,054	,000	,002	,629	,002	,007	,638		
1200_1299	,050	,029	,037	,006	,004	,470	,051	,016	,537		
1300_1399	,050	,033	,018	,021	,051	,203	,175	,168	,545		
1400_1449	,050	,051	,002	,069	,089	,015	,361	,186	,562		
1450_1499	,050	,041	,000	,072	,084	,000	,472	,221	,693		
1500_1549	,050	,035	,002	,061	,045	,020	,458	,134	,612		
1550_1599	,050	,034	,008	,063	,006	,086	,491	,019	,596		
1600_1649	,050	,046	,018	,072	,001	,148	,420	,003	,570		
1650_1699	,050	,053	,063	,026	,089	,450	,128	,177	,755		
1700_1749	,050	,040	,055	,010	,079	,526	,067	,212	,805		
1750_1799	,050	,043	,068	,001	,084	,595	,007	,207	,808		
1800_1849	,050	,047	,071	,002	,082	,567	,011	,187	,765		
1850_1899	,050	,048	,051	,028	,013	,401	,154	,028	,583		
1900_1949	,050	,099	,077	,204	,126	,293	,541	,134	,968		
1950_1993	,050	,103	,063	,239	,119	,228	,610	,123	,960		
Active Total	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000		

Object Principal Normalization.

MANOVA não-paramétrica

NPAR TESTS

/K-W=Comp1 Comp2 Comp3 BY Grupos(1 5)

/MISSING ANALYSIS

/METHOD=EXACT TIMER(5).

NPar Tests

[DataSet2] F:\spss\dadospca.sav

Kruskal-Wallis Test

Ranks

	Grupos	N	Mean Rank
Comp1	1	4	2,50
	2	4	6,50
	3	5	11,00
	4	5	16,60
	5	2	18,00
	Total	20	
Comp2	1	4	4,75
	2	4	11,25
	3	5	18,00
	4	5	10,60
	5	2	1,50
	Total	20	
Comp3	1	4	14,50
	2	4	8,00
	3	5	6,20
	4	5	17,20
	5	2	1,50
	Total	20	

Test Statistics^{a,b}

	Comp1	Comp2	Comp3
Chi-Square	17,722	16,521	16,238
df	4	4	4
Asymp. Sig.	,001	,002	,003
Exact Sig.	,000	,000	,000
Point Probability	,000	,000	,000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Grupos

ANOVA

ONEWAY

RComp1 RComp2 RComp3 BY Grupos

/MISSING ANALYSIS

/POSTHOC = LSD ALPHA (.05) .

Oneway

[DataSet2] F:\spss\dadospca.sav

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Rank of Comp1	Between Groups	619,800	4	154,950	51,997	,000
	Within Groups	44,700	15	2,980		
	Total	664,500	19			
Rank of Comp2	Between Groups	577,800	4	144,450	24,991	,000
	Within Groups	86,700	15	5,780		
	Total	664,500	19			
Rank of Comp3	Between Groups	567,900	4	141,975	22,046	,000
	Within Groups	96,600	15	6,440		
	Total	664,500	19			

Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) Grupos	(J) Grupos	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Rank of Comp1	1	2	-4,000000*	1,220656	,005	-6,60177	-1,39823
		3	-8,500000*	1,158016	,000	-10,96825	-6,03175
		4	-14,100000*	1,158016	,000	-16,56825	-11,63175
		5	-15,500000*	1,494992	,000	-18,88850	-12,31350
	2	1	4,000000*	1,220656	,005	1,39823	6,60177
		3	-4,500000*	1,158016	,001	-6,96825	-2,03175
		4	-10,100000*	1,158016	,000	-12,56825	-7,63175
		5	-11,500000*	1,494992	,000	-14,88850	-8,31350
	3	1	8,500000*	1,158016	,000	6,03175	10,96825
		2	4,500000*	1,158016	,001	2,03175	6,96825
		4	-6,600000*	1,091788	,000	-7,92709	-3,27291
		5	-7,000000*	1,444299	,000	-10,07845	-3,92155
	4	1	14,100000*	1,158016	,000	11,63175	16,56825
		2	10,100000*	1,158016	,000	7,63175	12,56825
		3	5,600000*	1,091788	,000	3,27291	7,92709
		5	-1,400000	1,444299	,048	-4,47845	1,67845
	5	1	15,500000*	1,494992	,000	12,31350	18,68850
		2	11,500000*	1,494992	,000	8,31350	14,68850
		3	7,000000*	1,444299	,000	3,92155	10,07845
		4	1,400000	1,444299	,048	-1,67845	4,47845
Rank of Comp2	1	2	-6,500000*	1,700000	,002	-10,12346	-2,87654
		3	-13,250000*	1,612762	,000	-16,68752	-9,81248
		4	-6,850000*	1,612762	,002	-9,28752	-2,41248
		5	3,250000	2,082066	,039	-1,18782	7,68782
	2	1	6,500000*	1,700000	,002	2,87654	10,12346
		3	-6,750000*	1,612762	,001	-10,18752	-3,31248
		4	,650000	1,612762	,043	-2,78752	4,08752
		5	9,750000*	2,082066	,000	5,31218	14,18782
	3	1	13,250000*	1,612762	,000	9,81248	16,68752
		2	6,750000*	1,612762	,001	3,31248	10,18752
		4	7,400000*	1,520526	,000	4,15908	10,64092
		5	16,500000*	2,011467	,000	12,21266	20,78734
	4	1	5,850000*	1,612762	,002	2,41248	9,28752
		2	-,650000	1,612762	,043	-4,08752	2,78752
		3	-7,400000*	1,520526	,000	-10,84092	-4,15908
		5	9,100000*	2,011467	,000	4,81266	13,38734
	5	1	-3,250000	2,082066	,039	-7,68782	1,18782
		2	-9,750000*	2,082066	,000	-14,18782	-5,31218
		3	-16,500000*	2,011467	,000	-20,78734	-12,21266
		4	-9,100000*	2,011467	,000	-13,38734	-4,81266
Rank of Comp3	1	2	6,500000*	1,794436	,003	2,67525	10,32475
		3	8,300000*	1,702351	,000	4,67152	11,92848
		4	-2,700000	1,702351	,134	-6,32848	,92848
		5	13,000000*	2,197726	,000	8,31566	17,68434
	2	1	-6,500000*	1,794436	,003	-10,32475	-2,67525
		3	1,800000	1,702351	,307	-1,82848	5,42848
		4	-9,200000*	1,702351	,000	-12,82848	-5,57152
		5	6,500000*	2,197726	,010	1,81566	11,18434
	3	1	-8,300000*	1,702351	,000	-11,92848	-4,67152
		2	-1,800000	1,702351	,307	-5,42848	1,82848
		4	-11,000000*	1,604992	,000	-14,42096	-7,57904
		5	4,700000*	2,123205	,043	,17450	9,22550
	4	1	2,700000	1,702351	,134	-,92848	6,32848
		2	9,200000*	1,702351	,000	5,57152	12,82848
		3	11,000000*	1,604992	,000	7,57904	14,42096
		5	15,700000*	2,123205	,000	11,17450	20,22550
	5	1	-13,000000*	2,197726	,000	-17,68434	-8,31566
		2	-6,500000*	2,197726	,010	-11,18434	-1,81566
		3	-4,700000*	2,123205	,043	-9,22550	-,17450
		4	-15,700000*	2,123205	,000	-20,22550	-11,17450

*. The mean difference is significant at the .05 level.

2. Relation between some morphological characters and altitude

CATPCA - Principal Components Analysis for Categorical Data

[DataSet3] F:\spss\caracteres3.sav

Credit

CATPCA
Version 1.1
by
Data Theory Scaling System Group (DTSS)
Faculty of Social and Behavioral Sciences
Leiden University, The Netherlands

Case Processing Summary

Valid Active Cases	14
Active Cases with Missing Values	6
Supplementary Cases	0
Total	20
Cases Used in Analysis	20

Iteration History

Iteration Number	Variance Accounted For		Loss		
	Total	Increase	Total	Centroid Coordinates	Restriction of Centroid to Vector Coordinates
14 ^a	6,902785	,000004	7,097215	2,467419	4,629796

a. The iteration process stopped because the convergence test value was reached.

Model Summary

Dimension	Cronbach's Alpha	Variance Accounted For	
		Total (Eigenvalue)	% of Variance
1	,869	3,923	56,047
2	,775	2,980	42,564
Total	,998 ^a	6,903	98,611

a. Total Cronbach's Alpha is based on the total Eigenvalue.

Variance Accounted For

	Centroid Coordinates			Total (Vector Coordinates)		
	Dimension		Mean	Dimension		Total
	1	2		1	2	
Vivaz	,975	,689	,832	,907	,074	,981
Anual	,858	,991	,925	,027	,963	,990
Basal	,995	,868	,932	,965	,029	,994
Colmo	,493	,936	,715	,115	,879	,994
Plana	,670	,987	,829	,019	,975	,994
Cond	,993	,494	,743	,976	,002	,978
Inv_Conv	,963	,618	,791	,915	,058	,972
Active Total	5,949	5,584	5,766	3,923	2,980	6,903
% of Variance	84,981	79,770	82,376	56,047	42,564	98,611

Correlations Original Variables

	Vivaz	Anual	Basal	Colmo	Plana	Cond	Inv_Conv
Vivaz	1,000	-,099	,977	-,515	,144	,044	,966
Anual	-,099	1,000	-,109	,608	,634	-,157	-,091
Basal	,977	-,109	1,000	-,440	,033	-,050	,978
Colmo	-,515	,608	-,440	1,000	,228	-,241	-,401
Plana	,144	,634	,033	,228	1,000	,069	,096
Cond	,044	-,157	-,050	-,241	,069	1,000	-,127
Inv_Conv	,966	-,091	,978	-,401	,096	-,127	1,000
Dimension	1	2	3	4	5	6	7
Eigenvalue	3,286	1,905	1,106	,461	,220	,015	,007

Correlations Transformed Variables

	Vivaz	Anual	Basal	Colmo	Plana	Cond	Inv_Conv
Vivaz	1,000	,098	,977	-,065	,144	,926	,966
Anual	,098	1,000	,009	,972	,987	-,198	,085
Basal	,977	,009	1,000	-,179	,033	,963	,978
Colmo	-,065	,972	-,179	1,000	,972	-,368	-,100
Plana	,144	,987	,033	,972	1,000	-,177	,096
Cond	,926	-,198	,963	-,368	-,177	1,000	,920
Inv_Conv	,966	,085	,978	-,100	,096	,920	1,000
Dimension	1	2	3	4	5	6	7
Eigenvalue	3,923	2,980	,047	,033	,015	,001	,001

Objects

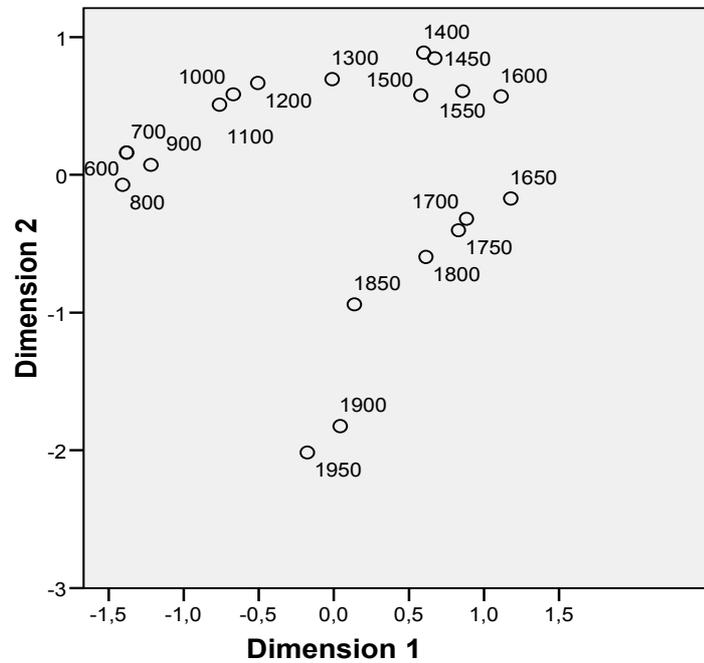
Object Scores

Altitudes	Dimension	
	1	2
600	-1,380	,162
700	-1,380	,162
800	-1,407	-,073
900	-1,219	,072
1000	-,670	,585
1100	-,761	,509
1200	-,506	,667
1300	-,011	,695
1400	,599	,887
1450	,673	,846
1500	,580	,578
1550	,858	,609
1600	1,114	,570
1650	1,179	-,172
1700	,884	-,319
1750	,830	-,402
1800	,614	-,596
1850	,137	-,941
1900	,043	-1,824
1950	-,176	-2,016

Symmetrical Normalization.

Object Points Labeled by

Object Points Labeled by Altitudes



Symmetrical Normalization.

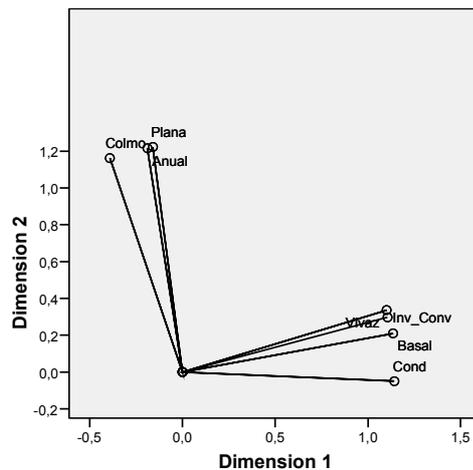
Component Loadings

Component Loadings

	Dimension	
	1	2
Vivaz	1,101	,336
Anual	-,189	1,215
Basal	1,135	,210
Colmo	-,392	1,161
Plana	-,160	1,223
Cond	1,142	-,049
Inv_Conv	1,105	,297

Symmetrical Normalization.

Component Loadings

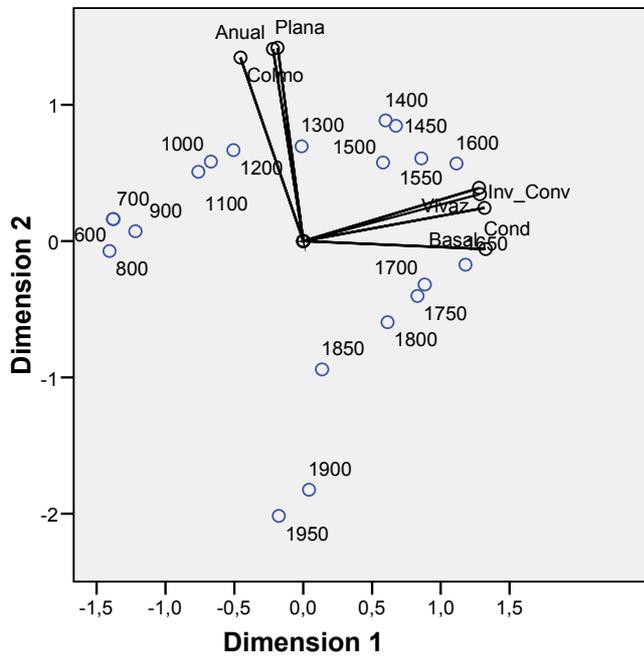


Symmetrical Normalization.

Biplot Component Loadings and Objects

Objects Labeled by

Biplot



○ Objects Labeled by Altitudes
— Component Loadings (adjusted to scale of objects)

Symmetrical Normalization.

Cluster Analysis

Case Processing Summary^a

Cases					
Valid		Missing		Total	
N	Percent	N	Percent	N	Percent
20	100,0	0	,0	20	100,0

a. Average Linkage (Between Groups)

Average Linkage (Between Groups)

Agglomeration Schedule

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	1	2	,000	0	0	7
2	15	16	1,732	0	0	11
3	5	6	1,732	0	0	9
4	9	10	2,449	0	0	10
5	12	13	3,000	0	0	12
6	19	20	3,162	0	0	19
7	1	4	3,162	1	0	8
8	1	3	3,263	7	0	15
9	5	7	3,669	3	0	14
10	9	11	4,334	4	0	12
11	14	15	4,511	0	2	13
12	9	12	5,359	10	5	17
13	14	17	5,973	11	0	16
14	5	8	8,021	9	0	15
15	1	5	11,591	8	14	18
16	14	18	12,339	13	0	17
17	9	14	16,343	12	16	18
18	1	9	21,981	15	17	19
19	1	19	30,974	18	6	0

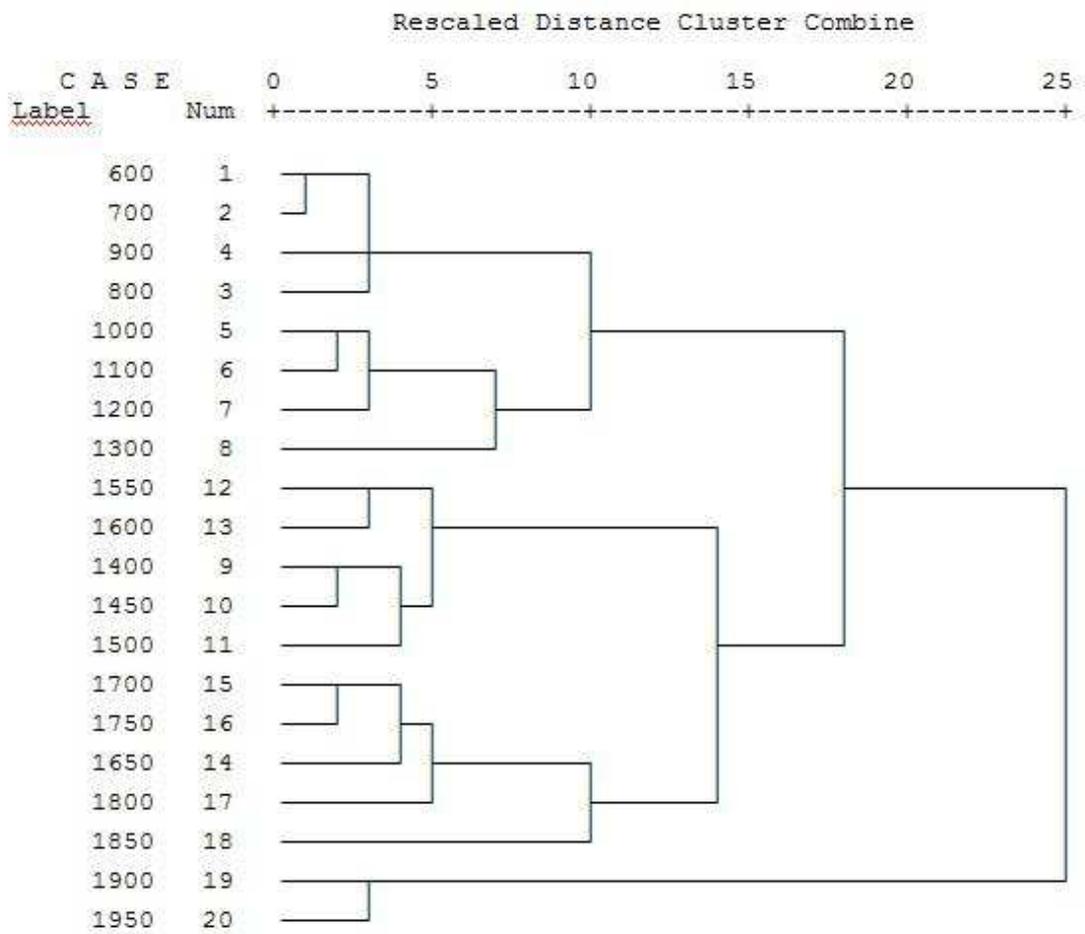
Cluster Membership

Case	4 Clusters
1: 600	1
2: 700	1
3: 800	1
4: 900	1
5: 1000	1
6: 1100	1
7: 1200	1
8: 1300	1
9: 1400	2
10: 1450	2
11: 1500	2
12: 1550	2
13: 1600	2
14: 1650	3
15: 1700	3
16: 1750	3
17: 1800	3
18: 1850	3
19: 1900	4
20: 1950	4

Dendrogram

* * * * * H I E R A R C H I C A L C L U S T E R A N A L Y S I S *
 * * * * *

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)



K-Means Analysis

Quick Cluster

[DataSet1] F:\spss\caracteres3.sav

Initial Cluster Centers

	Cluster			
	1	2	3	4
Vivaz	15	11	9	23
Anual	5	18	0	16
Basal	11	8	9	22
Colmo	9	21	0	17
Plana	9	22	1	20
Cond	4	1	4	8
Inv_Conv	7	6	4	11

Iteration History^a

Iteration	Change in Cluster Centers			
	1	2	3	4
1	6,692	3,832	1,581	3,378
2	1,502	1,600	,000	2,499
3	1,695	,000	,000	1,922
4	,000	,000	,000	,000

- a. Convergence achieved due to no or small change in cluster centers. The maximum absolute coordinate change for any center is ,000. The current iteration is 4. The minimum distance between initial centers is 14,799.

Cluster Membership

Case Number	Altitudes	Cluster	Distance
1	600	2	4,155
2	700	2	4,155
3	800	2	5,914
4	900	2	3,482
5	1000	2	5,180
6	1100	2	4,189
7	1200	2	7,558
8	1300	2	7,489
9	1400	4	3,122
10	1450	4	2,021
11	1500	4	2,102
12	1550	4	2,901
13	1600	4	5,635
14	1650	1	6,779
15	1700	1	2,857
16	1750	1	2,358
17	1800	1	2,227
18	1850	1	9,826
19	1900	3	1,581
20	1950	3	1,581

Final Cluster Centers

	Cluster			
	1	2	3	4
Vivaz	20	9	10	20
Anual	8	16	1	17
Basal	18	5	10	19
Colmo	10	20	0	19
Plana	13	21	1	22
Cond	6	1	4	6
Inv_Conv	9	3	5	10

Distances between Final Cluster Centers

Cluster	1	2	3	4
1		23,533	21,750	15,720
2	23,533		32,550	19,783
3	21,750	32,550		35,885
4	15,720	19,783	35,885	

ANOVA

	Cluster		Error		F	Sig.
	Mean Square	df	Mean Square	df		
Vivaz	204,513	3	6,154	16	33,233	,000
Anual	203,453	3	3,262	16	62,373	,000
Basal	253,220	3	11,056	16	22,904	,000
Colmo	270,413	3	1,298	16	208,391	,000
Plana	282,107	3	3,139	16	89,863	,000
Cond	39,963	3	1,691	16	23,627	,000
Inv_Conv	50,501	3	2,390	16	21,126	,000

The F tests should be used only for descriptive purposes because the clusters have been chosen to maximize the differences among cases in different clusters. The observed significance levels are not corrected for this and thus cannot be interpreted as tests of the hypothesis that the cluster means are equal.

Number of Cases in each Cluster

Cluster	1	5,000
	2	7,000
	3	2,000
	4	6,000
Valid		20,000
Missing		,000

Anexo 2. Estrutura e fichas exemplificativas do guia de campo “Gramíneas de altitude do PNSE”

Estrutura do guia de campo: c. 200 páginas

Agradecimentos	1 pág.
Índice	2 pág.
Introdução	8 pág.
As Poaceae	
O PNSE e as Poaceae (os cervunais)	
Expedições	
A quem se dirige o livro	
Objectivo do livro	
As Poaceae	3 pág.
Caracteres	
Chave de multiacesso de identificação	
Chaves dicotómicas vs chave de multiacesso.....	1 pág.
A utilização da chave multiacesso.....	8 pág.
1 ficha/espécie/página = 53	
Ilustrações/espécie/página = 53	
Mapa/espécie/página = 53	
Total	159 pág.
Instruções para colheita e montagem de gramíneas	11 pág.
Glossário	4 pág.
Bibliografia aconselhada	3 pág.

***Corynephorus canescens* (L.) Beauv.**

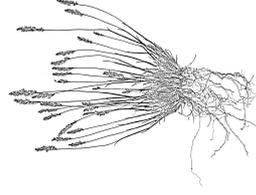
ADFILMPQSWX

Família – Poaceae

Subfamília – Pooideae

Tribo – Aveneae

Erva-pinchoneira



A sua arista inconfundível dá origem ao seu nome – *Corynephorus* – que deriva do grego e significa “carregar um bastão”, referindo-se à extremidade da arista, que é alargada e se assemelha à extremidade de um bastão.

Descrição geral

Erva vivaz, cespitosa. Colmos com 20-100 cm lisos. Folhas 0.3-0.8 mm, ásperas para o ápice. Ligula das folhas com 0.5-3 mm de comprimento, obtusa. Panicula com 5-16 cm de comprimento, frouxa; ramos da inflorescência menores que as espiguetas. Espiguetas com duas flores hermafroditas. Glumas desiguais e de igual ou maior tamanho do que as flores. Arista geniculada, inserida junto à base da lema, sobressaindo desta até c. 5 mm. *Floresce de Maio a Julho*.

Caracteres distintivos

A arista desta espécie é muito peculiar. É articulada a meio, no ponto de articulação possui um anel de pêlos curtos o artícuo inferior é alaranjado a castanho-escuro e retorcido na maturidade, o superior é hialino e aclavado. Este carácter torna esta espécie inconfundível.

Habitat e ecologia

C. canescens estende-se de Espanha, a Itália, interior da Rússia e até Escandinávia. O seu leque de adaptabilidade é extraordinário encontrando-se das dunas litorais até às grandes altitudes. Pode encontrar-se por quase todo o Portugal Continental e ocupa solos preferencialmente arenosos, como todas as espécies deste género, e é calcífuga. No PNSE esta espécie é característica dos prados cuminais xerófitos graças ao seu sistema radicular muito desenvolvido, suportando ambientes muito frios e secos e sujeitos a ventos fortes. A vegetação típica destes prados desenvolve-se com maior sucesso nos solos arenosos do Planalto Central, mas ocorre também a menores altitudes em redor dos cumes e cristas sujeitos a ventos frios e secos. A espécie aparece a partir de 1400m e encontra-se até ao cume da serra.

A Erva-pinchoneira é utilizada em muitos países para jardins. Os seus densos tufos de folhas verde-prateadas e a sua elegante inflorescência tomam-na atractiva como ornamental.

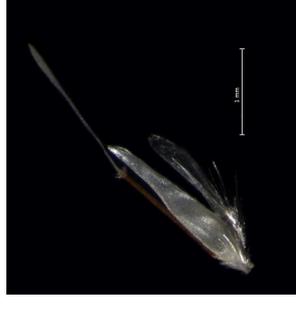
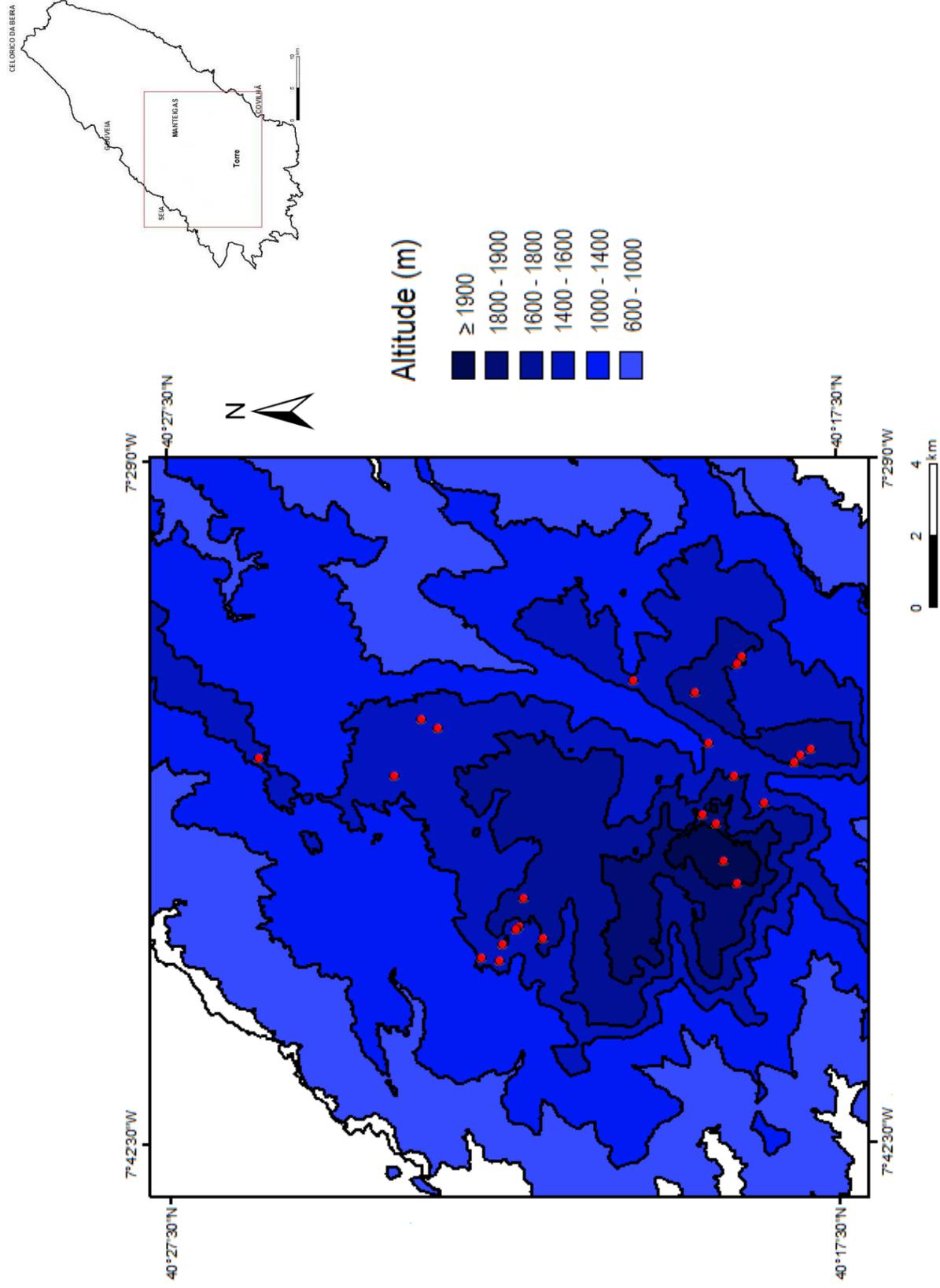


Fig. ... – De cima para baixo: população de *C. canescens*; a planta e o seu extenso sistema radicular; pormenor da planta e de sua panicula; pormenor da espiguetta biflora; pormenor de uma flor e de sua arista.



Mapa de distribuição de *Corynephorus canescens* pelos vários andares de altitude; os pontos de coleta estão georeferenciados.

***Molineriella laevis* (Brot.) Rouy**

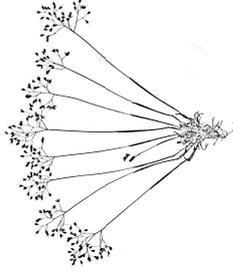
ACGILMOQSVY

Família – Poaceae

Subfamília – Pooideae

Tribo – Aveneae

Erva-de-fina-maior



Bastante comum nas zonas de média e elevada altitude do PNSE, esta espécie forma extensos mantos rasteiros amarelados entrecortados com o roxo das *Agrostis truncatula* os quais embelezam os campos da Serra da Estrela e a vista dos caminhanthes.

Descrição geral

Erva anual. Colmos até 35 cm, erectos ou geniculados. Folhas 1-2 mm de largura, lígula com c. 3 mm de comprimento. Panicula com 3-7cm de comprimento, frouxa; os ramos muito mais longos do que as espiguetas. Espiguetas com duas flores hermafroditas. Glumas subiguais, elípticas, mais finas e transparentes do que a lema. Arista com 0.7-2 mm, recta, não emergindo do ápice da espiguetta. Anteras com 0.7-1.2 mm de comprimento. *Floresce de Abril a Junho.*

Caracteres distintivos

O aspecto geral desta espécie é muito semelhante ao de *Aira caryophyllea*. No entanto, as suas glumas são mais curtas do que as flores e a arista está inserida na metade superior da lema.

Geografia e ecologia

Distribui-se pela Península Ibérica e noroeste de África. Surge vulgarmente em sítios secos e descampados e, preferencialmente, em solos ácidos. Em Portugal encontra-se um pouco por todo o território, excepto no litoral alentejano e Algarve.

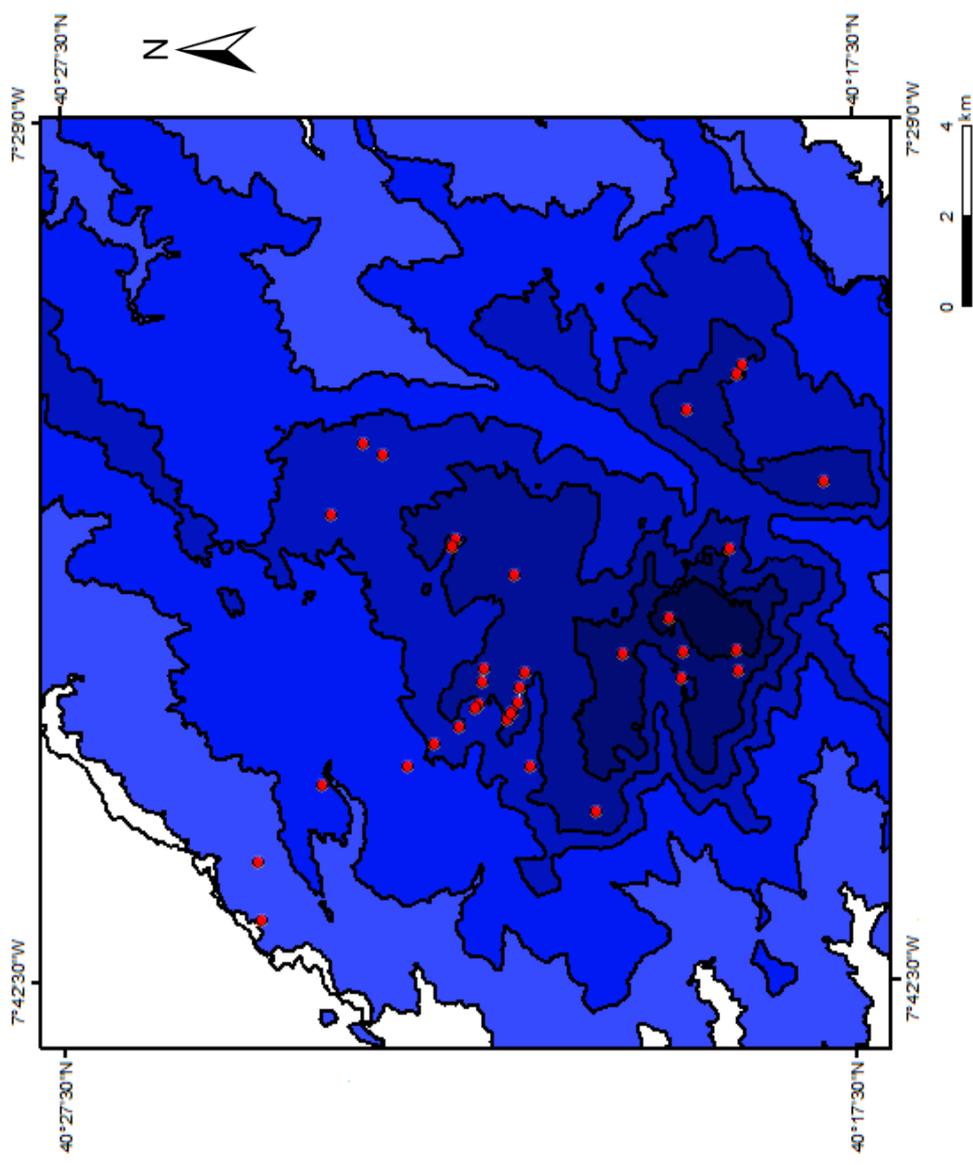
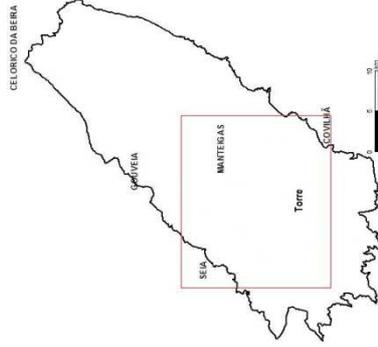
No PNSE ocorre entre os 900-1910m de altitude, sendo vulgar em associação com *Agrostis truncatula* e *Aira praecox*. *M. laevis* aparece nos prados terófitos e nos biótopos sazonalmente inundados.

Com a altitude as temperaturas diminuem drasticamente assim como a biodiversidade. No entanto, *M. laevis* é uma das poucas plantas anuais que atingem as áreas mais elevadas da Serra.



À esquerda, espiguetta de *Aira caryophyllea*, à direita espiguetta de *M. laevis*.

Fig. ... – De cima para baixo: mantos de *M. laevis*; pormenores da panicula; pormenores da espiguetta bifida; comparação entre as espiguetas de *Aira caryophyllea* e *M. laevis*.



Mapa de distribuição de *Molineriella laevis* pelos vários andares de altitude; os pontos de colheita estão georeferenciados.

***Agrostis truncatula* Parl.**

ACGHLMPR

Família – Poaceae

Subfamília – Pooideae

Tribo – Aveneae

Linho-de-raposa

Esta pequena graminea apresenta, antes da floração, folhas basais pomniaguas e hirtas que mais fazem lembrar um ouriço. No entanto, quando chega a Primavera, emergem do interior das bainhas, delicadas panículas que em pouco tempo alteram a paisagem formando extensos e belos mantos arroxeados.

Descrição geral

Erva vivaz. Colmos com 8-60 cm, erectos ou ascendentes, glabros. Folhas com 0.3-2 mm de largura; lígulas com 0.5-2 mm de comprimento. Panicula com 3-15 cm de comprimento. Espiguetas unifloras. Glumas subiguais, truncadas, maiores do que a espiguetas. Lema geralmente mútica, por vezes prolongada numa arístula dorsal ou subterminal. Anteras com c. 1 mm de comprimento. *Floresce de Maio a Agosto.*

Caracteres distintivos

A. truncatula distingue-se facilmente das outras espécies de *Agrostis* porque apresenta os ramos da panicula maiores do que o comprimento das espiguetas, possui glumas truncadas e a pálea nunca ultrapassa a metade do comprimento da lema.

Geografia e ecologia

Encontra-se a Norte e Noroeste da Península Ibérica e no Norte de África. Ocorre em matos baixos, clareiras de matas, prados de sequeiro e encostas rochosas, em locais geralmente secos e de altitude. Em Portugal, distribui-se a norte e noroeste. No PNSE ocorre nos prados terofíticos e cuminais xerofíticos, entre 1000 m e o topo da Serra.

Esta graminea aparentemente delicada faz parte do número reduzido de espécies que sobrevivem nas altitudes mais elevadas do Parque.

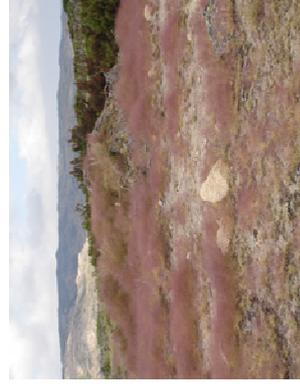
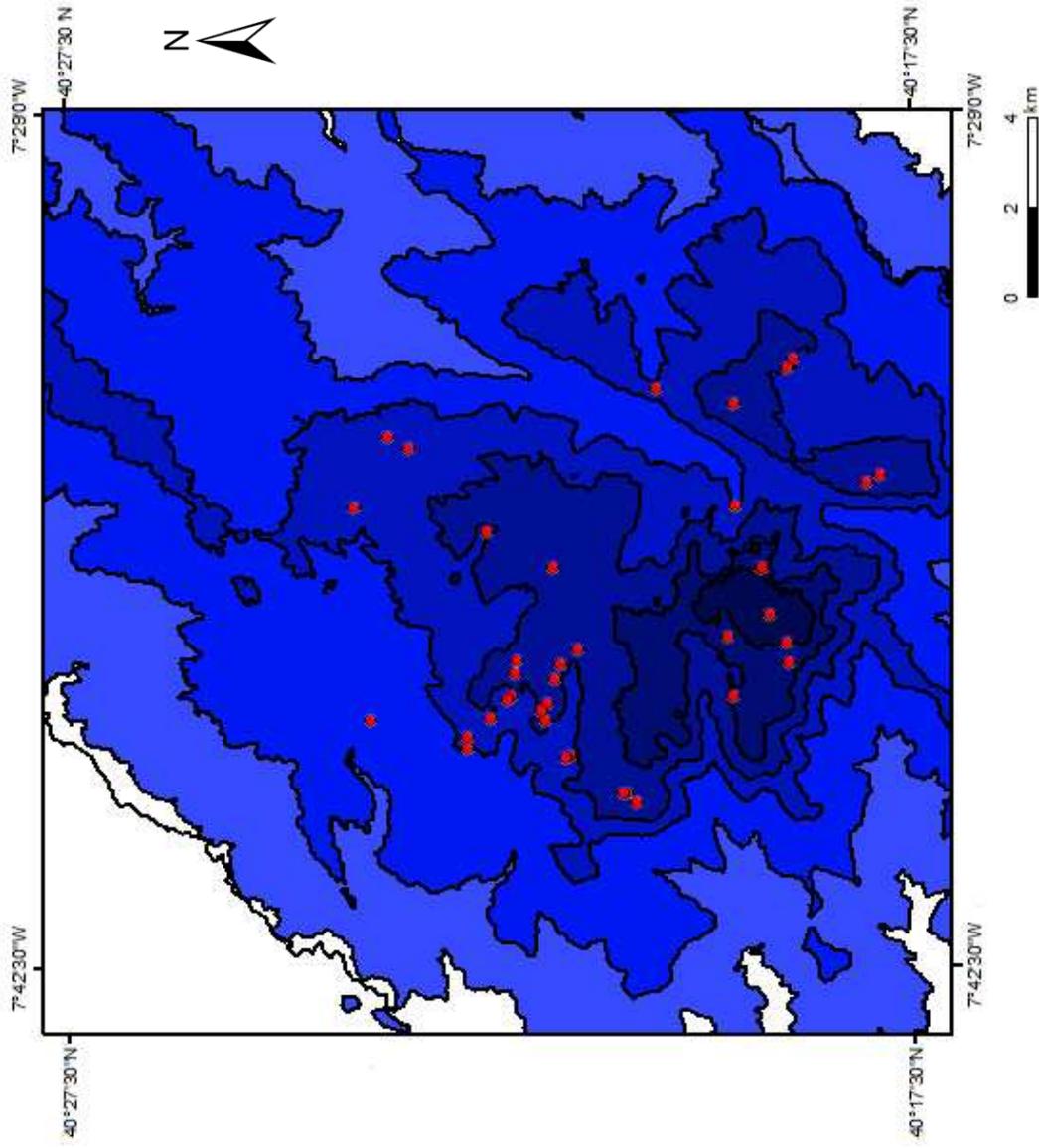
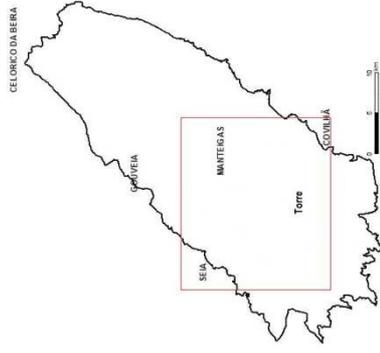


Fig. ... – De cima para baixo: mantos de *A. truncatula* (Poios Brancos); panículas emergindo das bainhas; pormenores da panicula; pormenores da espiguetas uniflora.



Mapa de distribuição de *Agrostis truncatula* pelos vários andares de altitude; os pontos de colheita estão georeferenciados.