



DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA VIDA

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Plantas Invasoras no Jardim Botânico da Universidade de Coimbra: Contribuição para a Elaboração de um Plano Gestão

Dissertação apresentada à Universidade de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ecologia, realizada sob a orientação científica das Professoras Doutoradas Elizabete Marchante e Paula Castro (Universidade de Coimbra).

Ricardo João Cruz Silva Simões

2014

Agradecimentos

Quero agradecer, em primeiro lugar, o apoio das minhas orientadoras Elizabete Marchante e Paula Castro, que me foi dado ao longo do desenvolvimento desta tese. Por nunca terem desistido de mim, e acreditarem em mim. Sem elas, nada disto seria possível.

Agradecer à minha família, à minha mãe pelo apoio e carinho que me deu ao longo desta etapa da minha vida.

Quero agradecer também aos meus amigos que me apoiaram e ajudaram neste percurso de aprendizagem e pelos bons momentos.

Quero também deixar uma palavra de apreço à minha namorada, que me ajudou, apoiou, e deu-me forças para continuar.

E ainda agradecer ao antigo jardineiro-chefe, Amândio, pela ajuda e informação que nos forneceu, que permitiu um melhor conhecimento acerca dos controlos usados no Jardim.

Índice

Resumo	1
Abstract	2
1. Introdução	4
1.1. Conceitos	5
1.1.1 Processo de Invasão.....	6
1.2. Características das plantas invasoras.....	7
1.3. Principais impactes associados à ação das plantas invasoras.....	8
1.4. As plantas invasoras em Portugal.....	9
1.4.1 Legislação.....	10
1.5. Gestão de espécies invasoras.....	11
1.6. O Jardim Botânico da Universidade de Coimbra.....	14
1.6.2. As plantas invasoras no do Jardim Botânico da UC.....	17
1.7. O caso particular de <i>Ailanthus altissima</i>	19
1.8. Sistemas de informação geográfica.....	20
1.9. Objectivos.....	21
2. Materiais e métodos	22
2.6. Local de estudo e espécies analisadas	23
2.7. Análise da distribuição espacial das espécies em estudo	23
2.8. Tipos de controlo efectuados para <i>Ailanthus altissima</i>	24
2.9. Análise da acessibilidade aos locais invadidos	24
2.10. Sistema de informação geográfica	25
3. Resultados	26
4. Discussão	34
4.6. Contributo para um plano de gestão	37
5. Conclusão	39
6. Referências	41
7. Anexos	47

Resumo

O Jardim Botânico da Universidade de Coimbra (JBUC) é composto essencialmente por espécies de plantas exóticas. A maioria destas espécies não são invasoras, mas algumas possuem comportamento invasor, causando problemas para a conservação do Jardim, sendo importante gerir de forma sustentável as áreas afectadas por estas espécies. Para tal, é necessário, em primeiro lugar, analisar a dimensão da invasão e identificar as suas possíveis causas.

Para este efeito, este trabalho focou-se no mapeamento das três espécies invasoras mais problemáticas (*Ailanthus altissima*, *Oxalis pes-caprae* e *Tradescantia fluminensis*) e ainda de uma quarta espécie, *Acanthus mollis*, que embora não listada como invasora na legislação Portuguesa, apresenta na mata do JBUC um potencial invasor preocupante. Foi também objectivo deste trabalho elaborar um reconhecimento mais detalhado (através de mapeamento das regiões invadidas com respectivo número de espécimes) de *A. altissima*, a espécie mais “agressiva” de todas as presentes no JBUC. Através de análises de campo e usando Sistemas de Informação Geográfica foi possível mapear as áreas invadidas, determinar o número de indivíduos em cada local, a cobertura vegetal destas espécies, a acessibilidade a cada área e conhecer o historial das acções de controlo de *A. altissima* realizados anteriormente no Jardim, tentando contribuir, assim, com informação relevante para um plano de gestão eficaz e fundamentado das plantas invasoras na mata do JBUC.

A espécie *A. altissima* encontra-se em elevado número na mata do Jardim e tentativas de controlar esta espécie apenas por corte simples mostraram ser ineficazes. No entanto, metodologias que incorporaram a injeção de herbicida mostraram ser mais eficazes no controlo desta espécie.

Oxalis pes-caprae e *T. fluminensis* são espécies existentes na mata também com uma distribuição bastante extensa. *Acanthus mollis* encontra-se também espalhada por toda a mata. Contudo, não deve ser uma prioridade para controlo, pois restringe de alguma forma a invasão do subcoberto por outras invasoras mais agressivas.

O mapeamento das áreas invadidas realizado neste trabalho conjuntamente com um estudo com base científica do controlo das espécies de plantas que existem na mata do JBUC, ajudará certamente na elaboração de um plano de gestão eficaz a longo prazo deste importante Jardim Botânico.

Palavras-chave: Jardim Botânico da Universidade de Coimbra; espécies invasoras; *Ailanthus altissima*; plano de gestão; controlo; SIG.

Abstract

The Botanical Garden of the University of Coimbra (BGUC) is composed mainly by exotic species. Most of these species are not invasive, but some have an invasive behavior, causing problems for the conservation of the Garden, being important to sustainably manage the areas affected by this type of species. For this it is necessary to identify and analyze the extent of the invasion and to identify possible causes.

To this purpose, this work focused on mapping the three most problematic invasive species (*Ailanthus altissima*, *Oxalis pes-caprae*, and *Tradescantia fluminensis*) and a fourth species, *Acanthus mollis*, though not listed as invasive in the Portuguese legislation, presents a concerning invasive potential in the woods of the BGUC. It was also an objective of this study to elaborate a more detailed acknowledgment (through mapping of invaded areas and respective number of specimens) of *A. altissima*, the more "aggressive" species of all. Through analysis of field work and using Geographic Informations Systems, it was possible to map the invaded areas, to determine the number of individuals for each site, vegetation cover of these species, the accessibility to each area, and previous types of control applied to *A. altissima* in the Garden, attempting this way, to contribute with relevant information to an effective management plan of the invasive plant species in the BGUC.

The species *A. altissima* is found in large number in the woods of the Garden and attempts to control this species only by simple cut of the trees proved to be ineffective. However, methods that incorporated the injection of herbicide have demonstrated to be most effective in controlling this species.

Oxalis pes-caprae and *T. fluminensis* are also species quite dispersed in the woods. *A. mollis* has been spread throughout the woods. However, it should not be considered a priority for control because somehow limits invasion at ground level by other invasive species.

The mapping of the invaded areas together with a scientific-based study about the control of plant species that inhabit the woods of the BGUC will certainly help in developing a and long-term and effective management plan of this important Botanical Garden.

KeyWords: Botanical Garden of the University of Coimbra; invasive species; *Ailanthus altissima*; management plan; control; SIG.

1 - Introdução

Actualmente, as invasões biológicas são um dos maiores problemas ecológicos, sendo muitas vezes responsáveis pela perda da biodiversidade (Mooney & Drake 1989; Almeida 2002; Gaertner *et al.* 2014). De facto, por todo o mundo, as espécies invasoras têm alterado ecossistemas, causando alterações a vários níveis, nomeadamente na estrutura das comunidades e paisagens (Williamson 1999; Wittenberg & Cock 2001; Gaertner *et al.* 2014). Para além dos impactes negativos em termos ambientais, as plantas invasoras também causam prejuízos consideráveis em termos económicos, por exemplo, na agricultura (Pimentel *et al.* 2005), e custos elevados em programas de controlo das espécies invasoras (Scalera 2010). Valores da União Europeia indicam estimativas de cerca de 10 mil milhões de euros anuais (Hulme *et al.* 2009) no combate a este problema. A elaboração de um plano de gestão para espécies invasoras bem planeado e sustentável é crucial para diminuir os impactes ambientais negativos que estas espécies causam, mas também para contribuir para uma eficiente gestão dos custos associados ao seu controlo (Marchante *et al.* 2005).

1.1. Conceitos

Apesar de existirem organismos com comportamento invasor de todos os reinos de seres vivos, para efeitos deste trabalho serão consideradas e discutidas as espécies de plantas invasoras.

Segundo Richardson *et al.* (2000) e referências nele contidas, uma planta *nativa* é originária de uma determinada região e cresce e mantém as suas populações dentro dos seus limites naturais. Uma espécie *exótica* (ou alienígena) é um *taxa* que foi introduzido numa determinada área de onde não é natural, tenha essa introdução sido intencional ou acidental como resultado da actividade humana (Richardson *et al.* 2000).

Algumas espécies exóticas são consideradas *casuais*, podendo florescer ocasionalmente numa determinada região, mas não formam populações auto-sustentáveis e contam com repetidas introduções para a sua persistência. Outras plantas exóticas podem *naturalizar-se*, *i.e.*, reproduzem-se de forma consistente e sustentam populações ao longo de muitos ciclos de vida sem a intervenção directa de seres humanos, mantendo-se em equilíbrio com as comunidades nativas (Richardson *et al.* 2000). Algumas espécies exóticas naturalizadas produzem descendência fértil em grande número, afastam-se para distâncias consideráveis da planta-mãe e espalham-se

por áreas extensas. Quando isso acontece, essas espécies denominam-se **invasoras** (Richardson *et al.* 2000).

Uma parte das plantas invasoras tem a capacidade de alterar o carácter, condição, forma ou natureza de uma área substancial dos ecossistemas que ocupam. Estas plantas têm muitos dos impactes associados já quantificados e são designadas espécies *transformadoras* (Richardson *et al.* 2000). Algumas plantas, não necessariamente exóticas, crescem em locais onde não são desejadas pelo Homem, por exemplo em culturas agrícolas, causando problemas económicos. Estas são denominadas de plantas *infestantes* (Humphries *et al.* 1991; Randall 1997).

1.1.1. Processo de invasão

Apenas algumas espécies de plantas exóticas podem ter um comportamento invasor/agressivo, ou seja, apenas uma pequena parte consegue fixar-se para além do seu local de introdução e criar populações capazes de se manterem sem intervenção directa do Homem. Quando isto acontece, a espécie classifica-se como naturalizada (Figura 1) e pode manter-se em equilíbrio durante bastante tempo (Ferreira 2011). Após a sua naturalização, o equilíbrio de algumas destas espécies pode ser interrompido devido a um qualquer estímulo (“facilitação”), dando origem ao processo de invasão biológica. Esta perturbação pode ser natural ou derivada de uma acção antropogénica (Cronk & Fuller 1995).

A distribuição de uma espécie invasora depende da sua taxa de reprodução, da eficiência dos seus mecanismos de dispersão e das características do *habitat* invadido. Como consequência, as espécies invasoras irão interagir de forma negativa com a flora e fauna nativa, podendo eventualmente estabilizar as suas populações na região (Cronk & Fuller 1995).

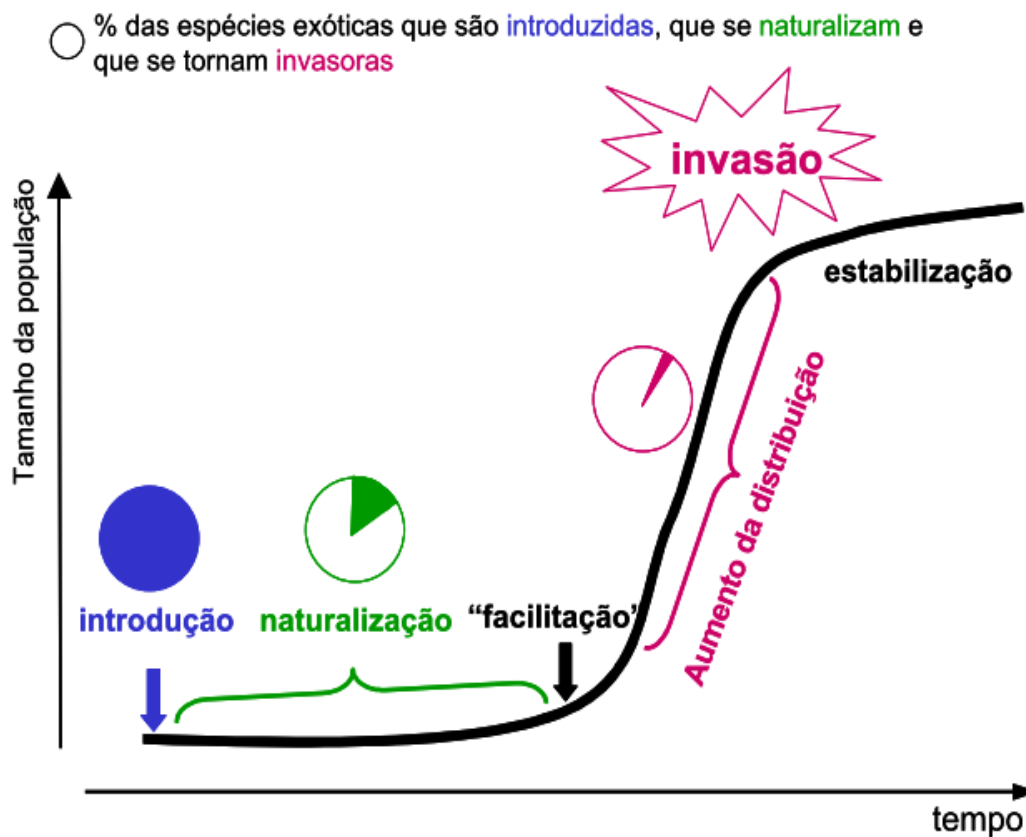


Figura 1 – Esquema representativo do processo de invasão biológica (Retirado de Marchante *et al.* 2001).

1.2. Características das plantas invasoras

De um modo geral, as plantas invasoras com maior sucesso têm uma ou mais características que as ajudam no processo de invasão. Uma característica comum a muitas plantas invasoras é a capacidade de produzir um grande número de sementes com uma ampla área de dispersão. Outras plantas podem também reproduzir-se vegetativamente, originando novos indivíduos sem recurso a sementes (Silvertown 2008). Por exemplo, no caso de *Ailanthus altissima*, em condições em que haja destruição parcial da planta, ela é capaz de brotar e originar um novo indivíduo a partir dos estolhos (Kowarik 1995).

O rápido crescimento é outra das ferramentas habituais das plantas invasoras, o que as favorece em termos competitivos com a flora nativa. Em pouco tempo, estas

plantas atingem vários metros de altura e conseguem competir para a obtenção de luz solar, originando sombreamento e impossibilitando a flora nativa de obter este recurso.

Também a denominada “plasticidade fenotípica” é uma característica comum a muitas plantas invasoras, ou seja, as plantas podem alterar o seu crescimento ou de alguns órgãos consoante as condições ambientais com que se deparam, de modo a adaptarem-se mais rápida e facilmente ao ambiente local (Claridge & Franklin 2003; Constan-Nava & Bonet 2012).

Outra das capacidades/características importantes das invasoras é a tolerância que estas demonstram a uma ampla variedade de condições ambientais (Claridge & Franklin 2003). Isto permite-lhes naturalizarem-se em muitas regiões com condições climáticas diferentes, aumentando assim a sua capacidade de invasão.

Estas características são generalizadas, mas existem exceções, ou seja, estas características não garantem que uma espécie seja invasora e a ausência da maior parte destas características não impede que uma espécie tenha comportamento invasor (Williams & Meffe 1998).

1.3. Principais impactes associados à acção das plantas invasoras

Um dos impactes mais importantes relativos à problemática das invasoras é o declínio da biodiversidade (Ricciardi 2007; McGeoch *et al.* 2010). Este é, sem dúvida, o mais proeminente e alarmante de todos os impactes. Com a invasão e competitividade das plantas invasoras, as comunidades vegetais nativas sofrem várias alterações, desde a diminuição do número de indivíduos nas populações locais, até à possível extinção local de algumas espécies (Mooney & Drake 1989). Muitas plantas nativas sofrem pressão por parte das invasoras pela competição pelo espaço, luz solar, nutrientes, água e até por alelopatia (Gomez-Aparicio & Canham 2008).

As plantas invasoras não só são capazes de persistir e espalhar-se espacialmente num ecossistema, como também conseguem alterar os processos do mesmo como por exemplo, a sua hidrologia, ciclo de nutrientes ou erosão do solo (Vitousek & Walker 1989) e em alguns casos, alterar os regimes e intensidade de fogo (D’Antonio & Vitousek 1992). Tal deve-se ao facto de algumas espécies invasoras serem mais propícias a fogos, como são exemplo *Bromus tectorum*, *Arundo donax* e *Hyparrhenia rufa* (D’Antonio 2000), devido à germinação das suas sementes ser estimulada pelo fogo e provocar a alteração no seu regime. Estas alterações no ecossistema podem

colocar as espécies invasoras numa posição vantajosa e dominante perante as espécies nativas (Vitousek 1990; Walker & Vitousek 1991). Além dos impactes ambientais referidos anteriormente, estas plantas podem afectar ainda a saúde humana, provocando, por exemplo, alergias (Ballero *et al.* 2003).

Por último, importa frisar os impactes económicos associados a este tipo de plantas, custos que vão desde perdas na agricultura até aos associados ao controlo destas espécies. De acordo com Pimentel (2005), nos Estados Unidos da América, as plantas invasoras causam uma redução global de 12% na produtividade das culturas agrícolas, o que representa uma perda anual de cerca de US 32 bilhões de dólares.

Em termos de gestão, muitos recursos financeiros são investidos para prevenir, controlar e mitigar os efeitos das espécies invasoras. Ao longo dos últimos 15 anos, apesar da falta de uma estratégia ou de um instrumento financeiro específico para lidar com espécies exóticas invasoras, a Comissão Europeia contribuiu, financiando perto de 300 projectos de gestão e controlo, com um orçamento total superior a 132 milhões de euros (Scalera 2010).

1.4. As plantas invasoras em Portugal

Nos últimos anos, têm sido efectuados vários estudos acerca das plantas exóticas invasoras em Portugal (Almeida & Freitas 2000, 2002; Araújo *et al.* 2004; Marchante & Marchante 2007; Marchante *et al.* 2009; Aguiar *et al.* 2009; Forte *et al.* 2011). Almeida & Freitas (2012) referem 667 taxa de plantas exóticas, representando cerca de 18% da flora portuguesa. Baseado nos mesmos autores (Almeida 1999; Almeida & Freitas 2006), a evolução das espécies invasoras em Portugal aumentou significativamente desde 1850 até à actualidade (Figura 2). Hoje em dia, devido à evolução tecnológica e globalização, o Homem consegue facilmente mover-se pelo Mundo. Com esta globalização, também o transporte de espécies aumentou; estas conseguem assim ultrapassar várias barreiras geográficas que, de outro modo, não conseguiriam (Del Monte & Aguado 2003), explicando assim o aumento acentuado de plantas exóticas desde 1850.

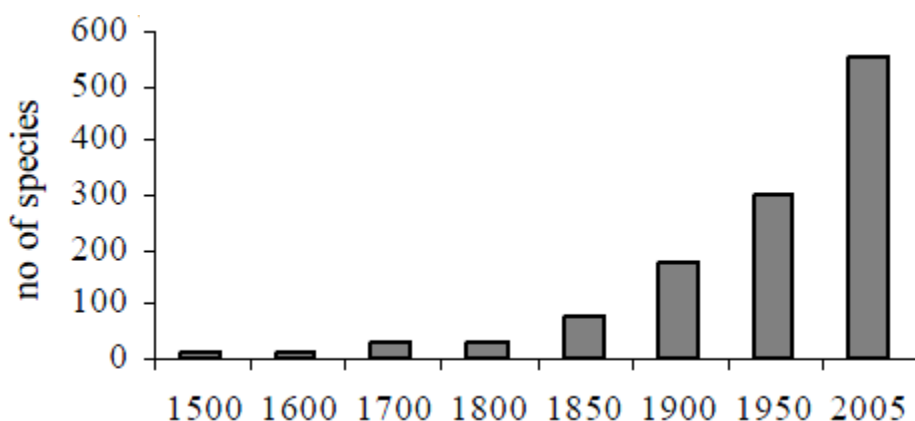


Figura 2 – Número de espécies exóticas em Portugal ao longo dos anos. (Retirado de Marchante *et al.* 2005. (Baseado em Almeida 1999; Almeida & Freitas 2006).

A expansão das espécies invasoras tem-se tornado actualmente um dos maiores problemas para as florestas nativas portuguesas, tornando-se num problema ambiental severo (Almeida & Freitas 2006). As acácias são das principais invasoras presentes em Portugal, como a mimosa (*Acacia dealbata* Link) e a austrália (*Acacia melanoxylon* R. Br., Marchante *et al.* 2008).

Em 2006/2007, 90% e 65% das associações florestais e municípios portugueses, respectivamente, assumiam ter espécies invasoras presentes nos seus territórios. No entanto, apenas 6% das associações florestais desenvolviam planos de controlo das espécies invasoras nos seus territórios, afirmando que estas acções estão fora dos seus deveres, enquanto 57% dos municípios tentavam implementar algumas metodologias ou planos para controlar as espécies invasoras (Marchante *et al.* 2011).

1.4.1. Legislação

Portugal possui um Decreto-Lei publicado em 1999 que regula a introdução de espécies exóticas em território nacional - Decreto-Lei nº 565/99, de 21 de Dezembro. Segundo este decreto, a introdução de espécies não-indígenas na Natureza pode sobretudo afetar a diversidade biológica e conseqüentemente as actividades económicas associadas ou mesmo a saúde pública, prevendo-se prejuízos irreversíveis, devido ao inerente aparecimento de situações de predação ou competição com as espécies nativas e a transmissão de agentes patogénicos ou de parasitas. Como agravamento, o controlo

ou a erradicação de uma espécie introduzida que se tornou invasora é um processo complexo e dispendioso.

No entanto, o conceito genericamente aceite de que uma maior diversidade biológica está estritamente relacionada, no imediato e a longo prazo, a um maior número de espécies na Natureza, obriga a que se enfatize o carácter pedagógico associado ao estabelecimento de princípios de conservação da integridade genética do património biológico autóctone e de prevenção das libertações intencionais ou acidentais de espécimes não indígenas que potencialmente causam alterações negativas nos sistemas ecológicos.

Nesse sentido, o DL 565/99 interdita a introdução intencional de espécies não indígenas em Portugal e incentiva a requisição de espécies autóctones apropriadas para os mesmos fins. Para as introduções acidentais, estabelecem-se medidas relativas à exploração de espécies não indígenas em local confinado, sendo que os estabelecimentos ou as entidades que as detenham devem ser sujeitas a licenciamento e ao cumprimento de normas mínimas preventivas de segurança.

O Anexo I do referido diploma lista as espécies exóticas presentes no território até à data e assinala entre essas as espécies consideradas invasoras. Para o caso das plantas, lista 29 espécies como invasoras.

1.5. Gestão de espécies invasoras

Para a elaboração de um bom plano de gestão, tal como referido anteriormente, deve primeiro, conhecer-se bem o processo de invasão da espécie-alvo. Cada caso é um caso, e como tal, é preciso agir de acordo com ele, ou seja, é preciso tomar medidas em consonância com o estado de invasão da espécie, conhecimento da área invadida, entre outros factores. No entanto, quanto mais se adiar a execução do plano, mais graves se tornarão os impactes causados, podendo alguns serem irreversíveis aumentando assim o custo na implementação de um plano de gestão e/ou medidas mitigadoras.

Existem principalmente três fases de actuação na gestão de plantas invasoras, dependendo do seu estado de invasão: **a) Prevenção; b) Detecção precoce e erradicação;** e **c) Controlo** (Wittenberg & Cock 2001).

a) Apostar na prevenção é a melhor forma de lidar com as plantas invasoras. Destina-se a impedir a introdução de espécies invasoras conhecidas, mas também a

introdução de outras espécies com potencial invasor e diminuir o seu uso numa determinada região.

Para que a prevenção resulte é necessário ter legislação que regule a entrada de espécies exóticas e invasoras e que promova o controlo das já existentes no país; criar um sistema de exclusão de espécies com potencial invasor, com especialistas na área e técnicos treinados para a detecção precoce destas espécies e planear programas de quarentena quando necessário. Plantas que actualmente são consideradas invasoras, outrora pareciam não ter este tipo de comportamento, enquanto as suas populações eram de pequena dimensão. No entanto, mediante uma perturbação (normalmente uma perturbação antropogénica), algumas espécies podem tornar-se invasoras. A população humana é um vector de distribuição e introdução de espécies invasoras, mas por outro lado, é também o principal agente que pode ajudar na fase de prevenção. A consciencialização da população para os problemas das espécies invasoras com acções de sensibilização e informação são assim bastante importantes (Marchante *et al.* 2011) para que a prevenção seja mais eficaz

b) A detecção precoce e erradicação ocorrem quando uma espécie já foi introduzida numa determinada região. Nesta fase é necessário realizar uma monitorização do território afetado por forma a detectar as espécies logo após a sua introdução. Se detectadas precocemente, as plantas apresentam uma distribuição espacial ainda muito limitada, podendo considerar-se a sua erradicação com custos relativamente baixos. É necessário impedir a expansão da espécie invasora, caso contrário, a erradicação torna-se impossível e os custos para a sua gestão tornam-se cada vez mais elevados.

c) Caso a espécie já apresente uma distribuição alargada, nesta fase passa a ser mais indicado aplicar medidas de **controlo**. O controlo de espécies invasoras necessita de ser bem planeado, tendo em conta a dimensão da própria invasão, a identificação das possíveis causas, a avaliação dos diversos impactes (ambientais, económicos e de saúde pública), o estabelecimento de prioridades, a avaliação das metodologias de controlo adequadas, seguida de uma monitorização da recuperação da área controlada (Cronk & Fuller 1995). Existem três tipos principais de controlo frequentemente utilizados: **i)** controlo mecânico; **ii)** controlo químico e **iii)** controlo biológico.

i) O controlo mecânico pode ser realizado por remoção directa dos indivíduos da espécie alvo manualmente ou com recurso a ferramentas. Em muitos casos, as populações de plantas invasoras pouco dispersas podem ser controladas ou até mesmo

erradicadas através deste método. No entanto, é necessário um conhecimento do local e supervisão por técnicos conhecedores e treinados para escolher e aplicar de forma mais eficaz este tipo de controlo (Wittenberg & Cock 2001).

ii) No controlo químico, os herbicidas utilizados foram inicialmente desenvolvidos para o controlo de pestes na agricultura. Hoje em dia, alguns destes herbicidas estão disponíveis para o controlo de espécies invasoras, sendo usados para diminuir uma população para níveis aceitáveis (Wittenberg & Cock 2001). O uso destes métodos requer extrema atenção e cuidado, pois muitos dos herbicidas não são específicos e podem causar danos à flora e fauna local, ou persistirem no solo (Cronk & Fuller 1995). A maior parte das aplicações deste método requer o corte da planta e a aplicação logo de seguida do herbicida ou podem ser realizados pequenos cortes ao longo do tronco seguindo-se então a injeção do produto. É um método muito eficaz para algumas plantas lenhosas. Uma outra forma de aplicação pode ser através de pulverização. Um dos problemas deste método pode ser a incorrecta aplicação do herbicida ou utilização de concentrações desajustadas do mesmo, quando não realizada por recursos humanos qualificados (Campbell *et al.* 1990).

Vários factores afectam a eficácia deste tipo de tratamento, desde a qualidade do herbicida aplicado, da sua concentração, do método de aplicação e a época do ano em que é aplicado. Por vezes, torna-se necessário realizar testes para se atingir o melhor equilíbrio entre custo e eficácia do método (Cronk & Fuller 1995).

iii) O controlo biológico em comparação com os restantes métodos e, se bem sucedido, revela-se um método pouco dispendioso, permanente e auto-sustentável. No entanto, este tipo de controlo ainda não se encontra disponível em Portugal para controlar plantas invasoras, apesar de estar a ser considerado há alguns anos (Marchante *et al.* 2011). O controlo biológico é ecologicamente seguro quando a especificidade do agente usado é elevada; a grande desvantagem é a incerteza quanto ao nível de controlo que se pode atingir e a segurança quanto à especificidade do agente (Wittenberg & Cock 2001). Para garantir a segurança do agente, é necessário a realização de testes de especificidade, com diferentes espécies de plantas que se encontram no território no qual se propõe a sua introdução (Cronk & Fuller 1995). Mas, apesar dos riscos que apresenta, nomeadamente de poder produzir efeitos irreversíveis na comunidade em caso de invasão biológica do próprio agente introduzido, o controlo biológico deve ser uma opção a considerar e mesmo os mais cépticos admitem que deve ser considerado em alguns casos (Simberloff & Stiling 1996).

Em muitas situações não se aplica apenas um tipo de controlo, mas antes a combinação de vários tipos (controlo integrado) de forma a potenciar os efeitos de cada um.

1.6. O Jardim Botânico da Universidade de Coimbra

O Jardim Botânico da Universidade de Coimbra (JBUC) surge no âmbito da Reforma Pombalina de 1772 (Fonseca 2005; Henriques 1876), integrando o novo método de aprendizagem baseado na demonstração e observação. Como tal, deu-se primazia à existência de exemplares vivos, em contraposição aos exemplares de plantas do Gabinete de História Natural em que se viam apenas os “cadáveres, secos, macerados e embalsamados”.

Os trabalhos de construção do JBUC ocorreram junto ao Colégio de S. Bento (Fonseca 2005; Henriques 1876) e estenderam-se desde a alta da cidade até perto do rio Mondego ocupando actualmente cerca de 13 ha de terrenos, sua maior parte, doados pelos frades Beneditinos em 1774 (<http://www.uc.pt/jardimbotanico>). As obras de preparação prolongaram-se por várias décadas, devido principalmente ao acentuado declive do terreno. Em 1790 ficou concluído o quadrado central e entre 1814 e 1821, após as invasões francesas, realizaram-se outras obras importantes, entre as quais se destacam o gradeamento em ferro que veio de Estocolmo, os três terraços entre a rua central e a superior, e os canteiros para as plantas medicinais (escolas médicas). Em 1818 é realizada a feitura do pórtico principal, em 1822 o pórtico do lado sul e em 1844 a porta de ferro da entrada principal feita por Manuel Bernardes Galinha (Fonseca 2005; Henriques 1876).

Tendo o Jardim tido como primeiro responsável Domingos Vandelli, pode destacar-se a partir de 1791 o papel desempenhado pelo naturalista e botânico Avelar Brotero com várias publicações científicas, entre as quais a da primeira Flora Lusitana (1804). Ambos remodelaram o formato e a função do Jardim, exaltando o conhecimento das plantas “raras e preciosas” e a sua utilidade prática na farmácia e medicina. Assim, o Jardim Botânico da Universidade de Coimbra torna-se o maior e um dos mais antigos Jardins Botânicos do país, idealizado com o intuito de incrementar e complementar o estudo da História Natural e da Medicina. Apresenta um património dendrológico muito rico, com exemplares arbóreos de várias partes do Mundo (Paiva 2005), sendo que a maioria das árvores mais antigas e de grande porte foram plantadas entre a segunda

metade do século XIX e início do século XX, sob a direção de Júlio Henriques (1873-1918).

Hoje em dia, o Jardim Botânico de Coimbra promove programas de educação ambiental e cultural, que tem como objectivos sensibilizar a população para as questões ambientais e conservação da Natureza.

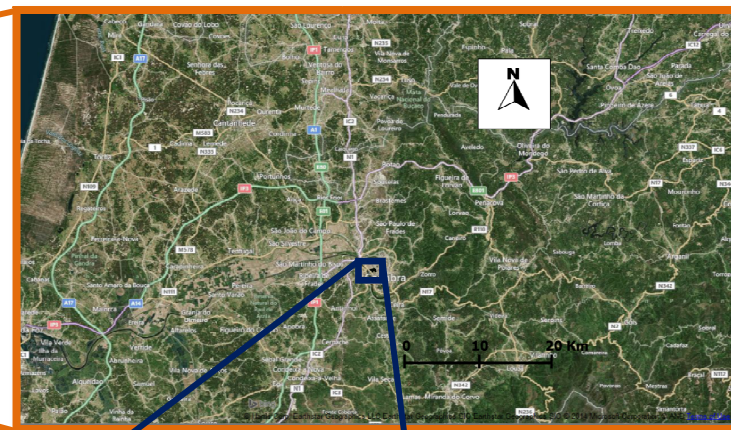
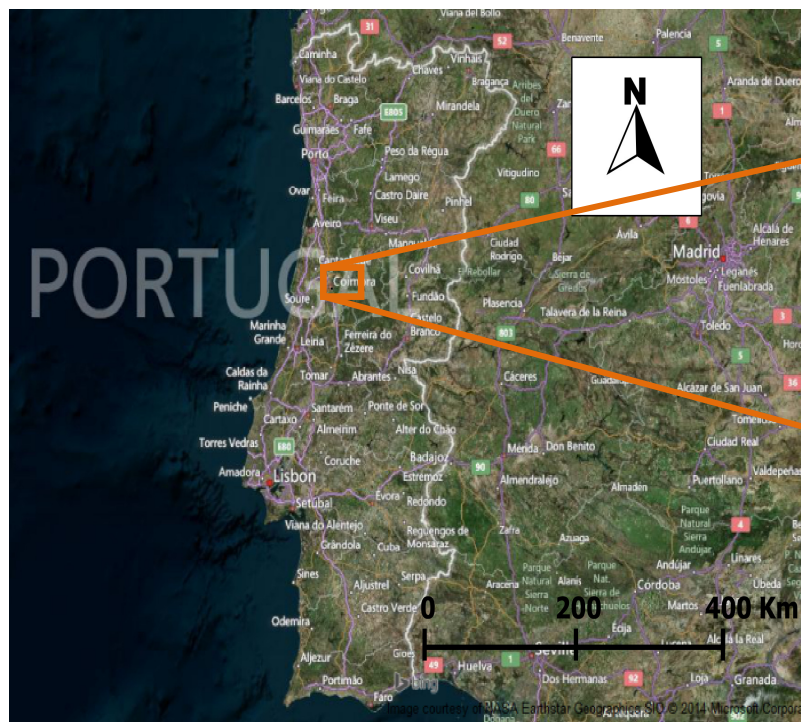


Figura 3 - Localização da área de estudo (A - Jardim Botânico da Universidade de Coimbra; B – Mata do Jardim Botânico da UC),

1.6.1. As plantas invasoras da mata do Jardim Botânico da Universidade de Coimbra

A parte da mata do Jardim Botânico da Universidade de Coimbra inclui principalmente espécies de plantas exóticas, sendo que a maioria não apresenta comportamento invasor. No entanto, algumas destas espécies têm apresentado potencial de dispersão, sendo uma ameaça para a conservação e manutenção das espécies existentes que fazem parte deste património natural. Após algumas tentativas de controlo, urge agora elaborar-se um planeamento mais eficiente e eficaz que controle as espécies não desejadas. As espécies invasoras mais problemáticas na mata do JBUC não são recentes e a sua introdução aconteceu há várias décadas, sendo a história da sua introdução e invasão, assim como a pesquisa acerca das plantas cultivadas, informação relevante para a elaboração do plano de gestão. A tabela 1 lista as espécies invasoras ou com potencial invasor, existentes na mata do JBUC, listagem esta baseada no: **a)** *Catalogo das plantas cultivadas no Jardim Botânico da Universidade de Coimbra no ano de 1878, (1879)* e **b)** no trabalho de campo efectuado na mata. Adicionalmente, foi utilizado o *website The Plant list* para pesquisa de sinónimos para a terminologia apresentada no documento acima mencionado.

Tabela 1 - Espécies presentes no Jardim Botânico da Universidade de Coimbra com potencial invasor.

Taxa	Família	Status
<i>Acacia longifolia</i> L.	Leguminosae	Invasora ¹
<i>Acacia melanoxylon</i> L.	Leguminosae	Invasora ¹
<i>Acacia retinodes</i> L.	Leguminosae	Invasora ¹
<i>Acanthus mollis</i> L.	Acanthaceae	Naturalizada com potencial invasora ²
<i>Agave americana</i> L.	Asparagaceae	Invasora ²
<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle	Simaroubaceae	Invasora ¹
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	Araucariaceae	Casual ³
<i>Arundo donax</i> L.	Poaceae	Invasora ²
<i>Cercis siliquastrum</i> L.	Leguminosae	Naturalizada com potencial invasora ²
<i>Cortaderia selloana</i> (Schult. & Schult.f.) Asch. & Graebn.	Poaceae	Invasora ²
<i>Erigeron bonariensis</i> L.	Compositae	Invasora ¹

<i>Taxa</i>	Família	Status
<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	Leguminosae	Casual com potencial invasor ²
<i>Hydrangea macrophylla</i> (Thunb.) Ser.	Hydrangeaceae	Naturalizada com potencial invasora ²
<i>Oxalis pes-caprae</i> L.	Oxalidaceae	Invasora ¹
<i>Phytolacca americana</i> L.	Phytolaccaceae	Invasora ²
<i>Pittosporum undulatum</i> Vent.	Pittosporaceae	Invasora ¹
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	Leguminosae	Invasora ¹
<i>Tradescantia fluminensis</i> Vell.	Commelinaceae	Invasora ¹
<i>Tropaeolum majus</i> L.	Tropaeolaceae	Naturalizada com potencial invasora ²

¹Segundo o Anexo I do Decreto-Lei nº 565/99; ²Segundo Marchante *et al.* 2014; ³espécie observada a germinar frequentemente na mata, apesar de não ser conhecido o seu potencial invasor em Portugal.

Actualmente, na mata do Jardim Botânico da UC existem quatro espécies com um comportamento mais agressivo do que as restantes, apresentando uma distribuição espacial mais ampla, estando três delas classificadas como invasoras na legislação portuguesa (Tabela 1): *Ailanthus altissima*, *Oxalis pes-caprae*, *Tradescantia fluminensis*. Uma quarta espécie, *Acanthus mollis*, apresenta elevado potencial invasor, encontrando-se bastante dispersa na mata do JBUC, muito para além das áreas de introdução originais.

Ailanthus altissima (Mill.) Swingle está actualmente distribuída por todo o território de Portugal Continental e também nalgumas ilhas da Madeira e Açores (Marchante *et al.* 2014). A sua introdução deve-se essencialmente a motivos ornamentais em espaços urbanos e estabilização de margens de estradas (Almeida 1999). É considerada pela legislação Portuguesa como uma espécie invasora e é provavelmente uma das plantas invasoras mais agressivas existente no território português. Uma vez que é a planta invasora mais problemática no JBUC, este trabalho foca-se principalmente nesta espécie.

Oxalis pes-caprae L., também conhecida como azeda, da família Oxalidaceae, é originária da África do Sul (Região do Cabo) e está incluída na legislação como invasora (Tabela 1). Invade grande parte do Mediterrâneo, onde foi introduzida, e possui enorme reprodução vegetativa (Gimeno *et al.* 2006; Putz 1994).

Tradescantia fluminensis Vell., também presente na legislação portuguesa como invasora, comumente conhecida por erva-da-fortuna, pertencente à família

Commelinaceae é originária da América do Sul, e é uma das maiores invasoras da Nova Zelândia e Austrália (Standish *et al.* 2001).

Acanthus mollis L., da família Acanthaceae, originária do Mediterrâneo (Rezanca *et al.* 2009), com grande dispersão espacial pela mata do JBUC, embora não esteja incorporada na lista de invasoras em Portugal (pelo menos por enquanto).

1.7. O caso particular de *Ailanthus altissima*

Também conhecida como espanta-lobos ou árvore-do-céu, *Ailanthus altissima* é uma árvore de folha caduca da família Simaroubaceae. É originária da China, e nos últimos 250 anos, tem invadido muitas regiões da Europa e América do Norte (Patrick & Shepard 2003). A sua primeira introdução, para fins ornamentais, na Europa crê-se ter ocorrido por equívoco por volta de 1751 (Ferret 1985). Desde a sua introdução na Europa, a espécie foi usada por companhias de produção de seda, aumentando a sua área de cultivo (Ferret 1985). *Ailanthus altissima* foi usada como uma planta ornamental, como uma árvore de reflorestação de áreas perturbadas e para a produção de lenha (Hu 1979; Ferret 1985). Hoje em dia, é uma das principais invasoras da Europa e América do Norte (Almeida 1999).

Ailanthus altissima é uma espécie invasora pioneira que rapidamente se espalha por regiões perturbadas. Capaz de rebentar vigorosamente a partir da raiz e tronco, como também produzir um número considerável de sementes (Patrick & Shepard 2003), esta espécie apresenta um crescimento juvenil rápido (Miller 1990). Por reprodução vegetativa possui um crescimento de cerca de 3 a 4 metros no primeiro ano, enquanto as suas plântulas, resultantes de germinação, podem chegar a ter entre 1 a 2 metros no primeiro ano (Adamik & Braun 1957; Hu 1979; Miller 1990). O crescimento vigoroso desta espécie pode prolongar-se por mais 4 anos. A árvore pode atingir uma altura entre 15 a 24 metros (Harlow *et al.* 1996) e não aparenta ser limitada por condições precárias. É tolerante a várias gamas de pH (Miller 1990), a baixos níveis de sais solúveis no solo e baixos níveis de fósforo (Plass 1975) e a condições de poluição (Ferret 1985).

As raízes da *A. altissima* desenvolvem-se perto da superfície, o que permite uma capacidade de rebentação adventícia (Miller 1990). Os rebentos que crescem a partir da raiz desta planta, podem estender-se até pelo menos 27 metros de distância da planta-mãe (Illick & Brouse 1926). Esta espécie produz ainda químicos alelopáticos tóxicos

para a maioria das espécies de plantas que crescem perto dela (Gomez-Aparicio & Canham 2008) e podem inibir o crescimento de insectos (Kraus *et al.* 1994; Heisey 1996).

1.8. Sistemas de informação geográfica

De forma geral um Sistema de Informação Geográfico (SIG) é um sistema usado para armazenamento, recuperação, mapeamento e exibição de informação georreferenciada (dados identificados de acordo com suas localizações), (<http://webgis.wr.usgs.gov/>), permitindo interpretar os dados para compreender as relações, padrões e tendências espaciais (<http://www.esri.com/>). Este sistema permite a ligação ou integração da informação que dificilmente se associa através de outros meios. Assim, os SIG podem usar e conjugar combinações de vários tipos de parâmetros relacionando-os sempre com a sua componente espacial.

Os SIG são assim uma ferramenta importante pelo apoio fornecido na tomada de decisão, que envolve a integração de dados georreferenciados num ambiente orientado para a resolução de problemas, nomeadamente aqueles em que a componente espacial está bastante presente (Esteves 2010). A utilização destes sistemas específicos permitem a manipulação, relação e interpretação entre dados espaciais e outro tipo de dados, sejam eles ecológicos, biológicos ou de outra origem. Este facto possibilita aos utilizadores destes sistemas inferir sobre um estudo com uma diversificada e volumosa quantidade de informação para análise. É uma ferramenta por excelência na análise e simulação de cenários alternativos de intervenção no território e projecção da aplicação de políticas de planeamento (Esteves 2010).

O SIG pode ser usado para investigações científicas, gestão de recursos e planeamento do desenvolvimento, inclusivamente, em muitos trabalhos para gestão de espécies invasoras. Como exemplo, citam-se alguns trabalhos, como é o caso do mapeamento e modelação da erradicação de *Sesbania punicea* (Robison *et al.* 2013), da prevenção da invasão de várias espécies de plantas na Florida, EUA (Iacona *et al.* 2014), cruzamento de dados espaciais de áreas invadidas em África do Sul com dados retirados de programas SIG com informação da transpiração total de diversas áreas (Meijninger & Jarman 2014) e na distribuição espacial de espécies invasoras marinhas (Murray *et al.* 2014).

1.9. Objetivos

Este trabalho visa ser um contributo para a elaboração de um plano de gestão das plantas invasoras na mata do Jardim Botânico da Universidade de Coimbra. Para tal, foram detectadas e mapeadas quatro espécies invasoras com maior representatividade na mata, nomeadamente, a árvore-do-céu (*Ailanthus altissima*), as azedas (*Oxalis pes-caprae*), a erva-da-fortuna (*Tradescantia fluminensis*) e o acanto (*Acanthus mollis*). Adicionalmente, para a espécie mais problemática, *A. altissima*, foram ainda mapeados outros parâmetros indicadores da sua presença e dispersão na mata, informação útil para a gestão desta espécie.

Esta informação, conjugada com a capacidade de se elaborarem mapas explicativos da situação em que se encontra o JBUC relativamente a estas espécies invasoras, revela-se de extrema importância como ferramenta de comunicação por excelência, sendo igualmente importante no auxílio de elaboração de um plano de gestão, nas metodologias de controlo a adoptar em cada uma destas áreas e para a tomada de decisão

Além do conhecimento da distribuição actual destas espécies invasoras ser um importante contributo para a sua gestão, este trabalho contribuirá ainda com sugestões para a gestão efectiva destas espécies, partindo dos resultados obtidos.

2 – Materiais e Métodos

2.1. Local de estudo e espécies analisadas

Para a realização desta tese, foi efectuado trabalho de campo na mata do Jardim Botânico da Universidade de Coimbra (Figura 3) localizado no centro de Portugal, na cidade de Coimbra com o propósito de reconhecer as áreas invadidas por quatro espécies invasoras ou com potencial invasor – *Ailanthus altissima*, *Oxalis pes-caprae* e *Tradescantia fluminensis* e , *Acanthus mollis*.

2.2. Análise da distribuição espacial das espécies em estudo

Primeiramente, percorrendo a mata do JBUC e com o auxílio a GPS (sistema de navegação por satélite – Global Position System) e mapas pré-existentes do Jardim Botânico da Universidade de Coimbra, foram localizadas e mapeadas todas as espécies-alvo deste estudo usando o *software* Quantum GIS (www.qgis.org). De modo a compreender melhor a extensão e o histórico de invasão da espécie *A. altissima* foram ainda analisados: **a)** o número de espécimes existentes em cada área onde foi detetada a sua presença, quer através da contagem dos mesmos ou por estimativa para as áreas maiores e com maior densidade; **b)** a sua densidade¹ e **c)** o tamanho dos espécimes, através da medição do diâmetro da árvore à altura do peito (DAP, aproximadamente 1,5 m), como indicador da idade e tempo de invasão no local; os espécimes foram classificados em 5 classes de dimensão: < 2 cm; 2 – 5 cm; 5 – 10 cm; 10 – 20 cm e > 20 cm. Para as restantes espécies (*O. pes-caprae*, *T. fluminensis* e *A. mollis*), tratando-se de espécies herbáceas, foi determinada apenas a percentagem de cobertura de cada espécie, categorizada igualmente em 5 classes: < 20 %; 20 – 40 %; 40 – 60 %; 60 – 80 % e > 80 % de cobertura do solo.

¹ O facto de algumas das áreas invadidas se situarem em zonas muito declivosas e sendo os polígonos (áreas) desenhados e os mapas apresentados em 2D, por vezes o valor pode ser subvalorizado, uma vez que não se recorreu a um MDT (modelo digital de terreno). Esta situação pode interferir na determinação final dos valores reais da densidade de *A. altissima*, sobrestimando-os. No entanto, foi sempre feito o esforço para que este número fosse o mais correto possível, através das várias visitas feitas aos locais.

Todas as espécies em estudo são mais facilmente detectáveis em determinadas épocas do ano. Por exemplo, *O. pes-caprae* produz flor na Primavera, sendo mais visível, enquanto *A. mollis* seca completamente no Verão e *A. altissima*, tratando-se de uma espécie caduca, também é mais facilmente visível quando tem folhas. Deste modo foi necessário executar o trabalho de campo ao longo de vários meses (entre Novembro de 2013 a Junho de 2014) para que se recolhessem e registassem todos os dados considerados nos objectivos deste trabalho.

2.3. Tipos de controlo efectuados no passado para *Ailanthus altissima*

Por forma a obter-se informação sobre os tipos de controlo de *A. altissima*, foi realizada uma entrevista ao então jardineiro-chefe (30 de Janeiro de 2013), Sr. Amândio, um dos trabalhadores mais antigos do JBUC e por isso com mais informação histórica sobre esta espécie. A entrevista consistiu essencialmente em perceber onde terá *A. altissima* sido introduzida pela primeira vez, para onde se dispersou posteriormente na mata do Jardim Botânico da UC, que tipos de controlo foram efectuados, local e a eficácia dos mesmos no controlo desta espécie. Sempre que possível tentou obter-se informação sobre o mês e o ano em que foram realizadas as acções de controlo.

2.4. Análise da acessibilidade aos locais invadidos por *A. Altíssima*

Um dos factores igualmente importante para elaboração de um plano de gestão, diz respeito ao grau de dificuldade de acesso aos locais a serem intervencionados. Esta informação é relevante para se planearem as acções de controlo mais adequadas para os locais (ex. escolha de metodologias, material necessário, entre outros). Para tal, foi tido em conta o declive, a densidade e altura da vegetação em cada área invadida. A análise destes dois parâmetros permitiu classificar o grau de acessibilidade a cada local em três classes: fácil, moderado e difícil.

2.5. Sistema de informação geográfica

Os dados recolhidos foram incluídos num Sistema de Informação Geográfica (SIG), ou seja, foi criada uma base de dados em que todo o tipo de dados (ex. biológicos, grau de acessibilidade aos locais) foram relacionados com a componente espacial. O programa usado para este trabalho foi o Quantum GIS, um programa *open source* similar ao ArcGIS[®]. As áreas invadidas foram delimitadas (polígonos) com o auxílio a mapas existentes e com recurso ao GPS, obtendo-se a localização exata de cada área onde está presente cada espécie e a actual dimensão da sua dispersão. Foi posteriormente completada a base de dados de cada espécie (tabela de atributos) com os respectivos detalhes: do número de indivíduos, classes de diâmetro, densidade e acessibilidade para *A. altissima* e a cobertura vegetal para as restantes espécies.

3 - Resultados

A espécie invasora *Ailanthus altissima* encontra-se bastante dispersa na mata do Jardim Botânico da Universidade de Coimbra (Figura 4), contando actualmente com um número aproximado de 2500 espécimes presentes nesta mata (Anexo I). Ainda assim, é possível observar áreas maiores onde o número de indivíduos é muito elevado, enquanto noutras quer a área invadida quer o número de espécimes são relativamente pequenos (Figura 4, Anexo I).

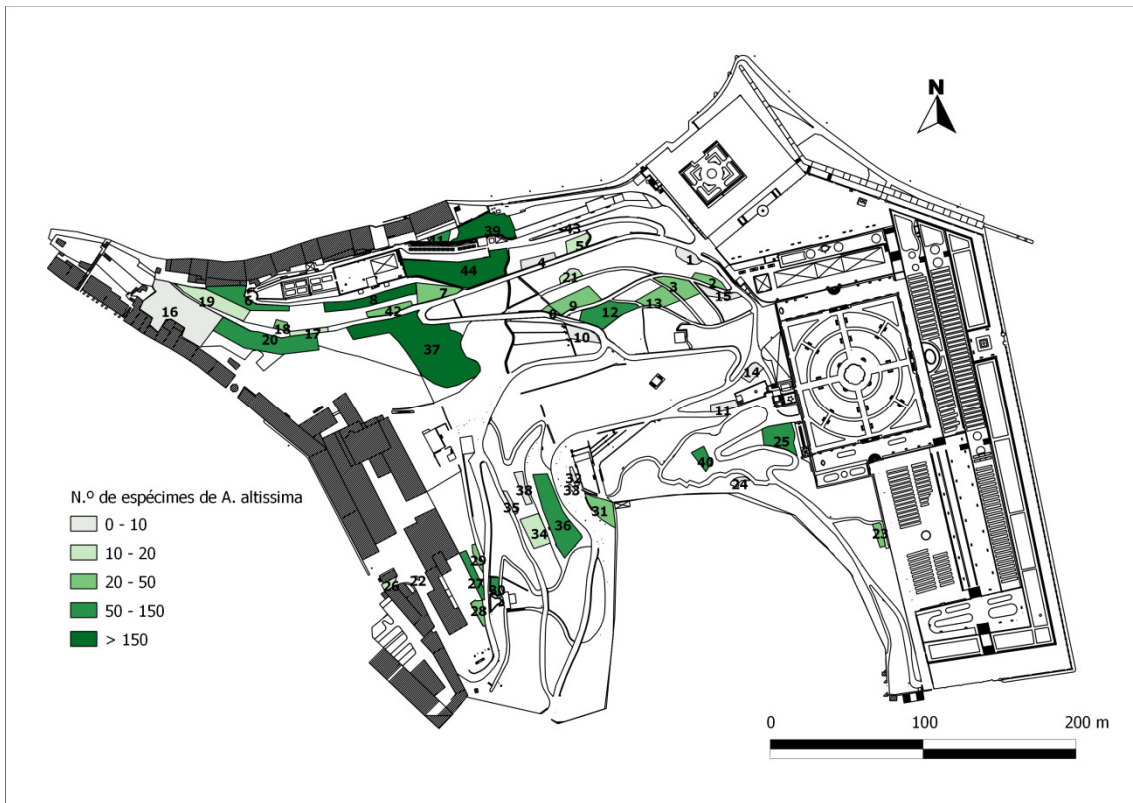


Figura 4 - Distribuição espacial de *Ailanthus altissima* na mata do JBUC.

O número de indivíduos de *A. altissima* é superior na região mais a norte da mata (polígonos 8, 30, 37 e 44), onde se observam manchas maiores, com 150 a 400 indivíduos cada, comparativamente com outras áreas da mata mais a Sul (Figura 4), onde se observaram manchas com menos de 150 indivíduos. Apesar de ser na parte norte da mata que se observaram as áreas invadidas de maior dimensão, nem sempre estas áreas correspondem a uma maior densidade de *A. altissima* (Figura 5).



Figura 5 - Densidade média de *Ailanthus altissima* nas áreas amostradas.

De facto, algumas das áreas extensas (ex. polígonos 34, 36, 37 e 44) apresentam uma densidade menor desta espécie quando comparado com áreas de pequena dimensão, onde, todavia, a densidade é mais elevada (ex. 14, 25, 27 e 30).

O diâmetro médio dos indivíduos de *A. altissima* é bastante diverso nas diferentes manchas, variando desde valores inferiores a 2 cm até indivíduos com aproximadamente 20 cm de diâmetro (Figura 6). Apesar desta variabilidade, observou-se que na maioria das manchas o diâmetro médio dos indivíduos não ultrapassa os 10 cm. Em muitas parcelas os espécimes presentes são de dimensões semelhantes, embora por vezes seja possível observar indivíduos de pequenas e de grandes dimensões na mesma parcela (Figura 6, Anexo I).

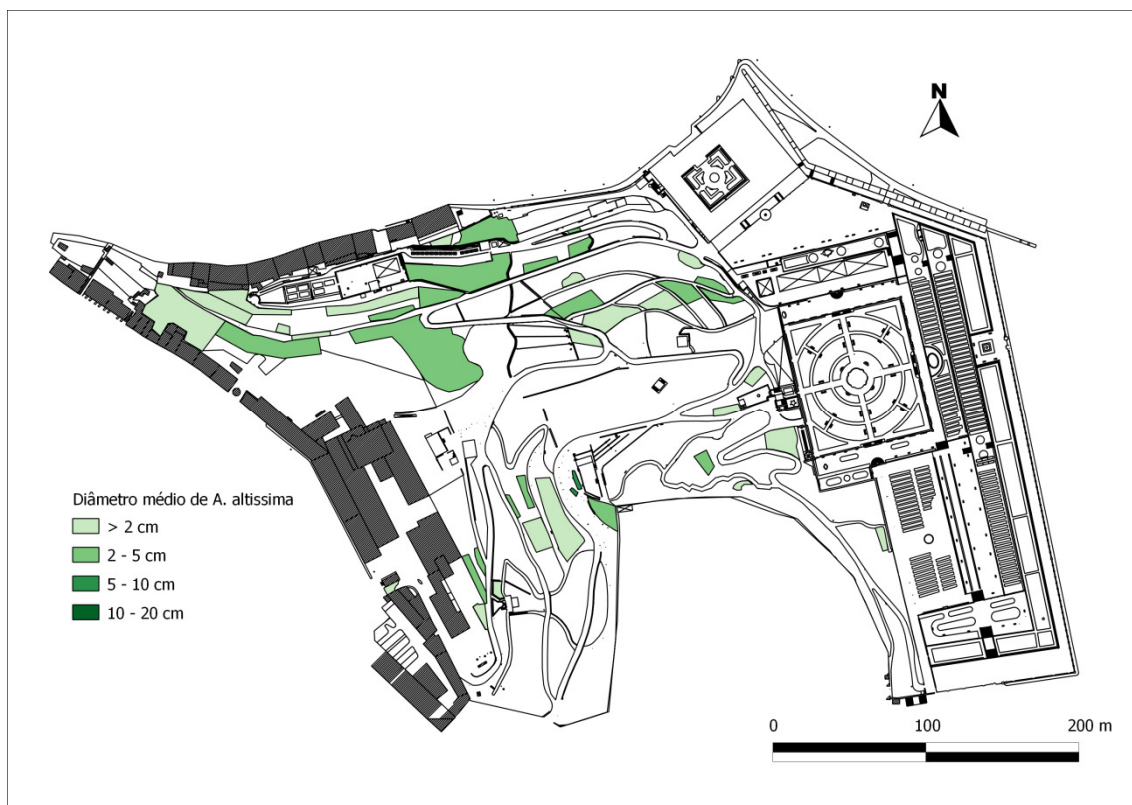


Figura 6 - Classes de diâmetro dominante de *Ailanthus altissima* em cada área amostrada.

No Jardim Botânico da Universidade de Coimbra, segundo entrevista a um dos jardineiros mais experientes e que trabalhava há mais tempo no Jardim, os primeiros espécimes de *A. altissima* localizavam-se na região norte da mata, junto do Portão da Traição (polígono 39, Figura 4). Pelo menos um dos indivíduos presentes nesta área era feminino, pelo que se pensa que possa ter dado origem aos restantes espécimes que se encontram actualmente na mata. Estes espécimes foram cortados em 2005 e 2012 (Figura 7), sem aplicação de herbicidas, pelo que viriam mais tarde a dar origem a vários rebentos na encosta norte. Também em 2012, foi realizada uma metodologia diferente de controlo, utilizando-se desta vez a injeção de herbicida no tronco dos espécimes.

O sucesso destas operações foi variável: nas zonas sujeitas a corte simples, observaram-se vários indivíduos a rebentar de touça ou de raiz; na zona onde foi injectado herbicida no tronco, as plantas secaram e morreram, sem qualquer reprodução vegetativa registada até ao momento.

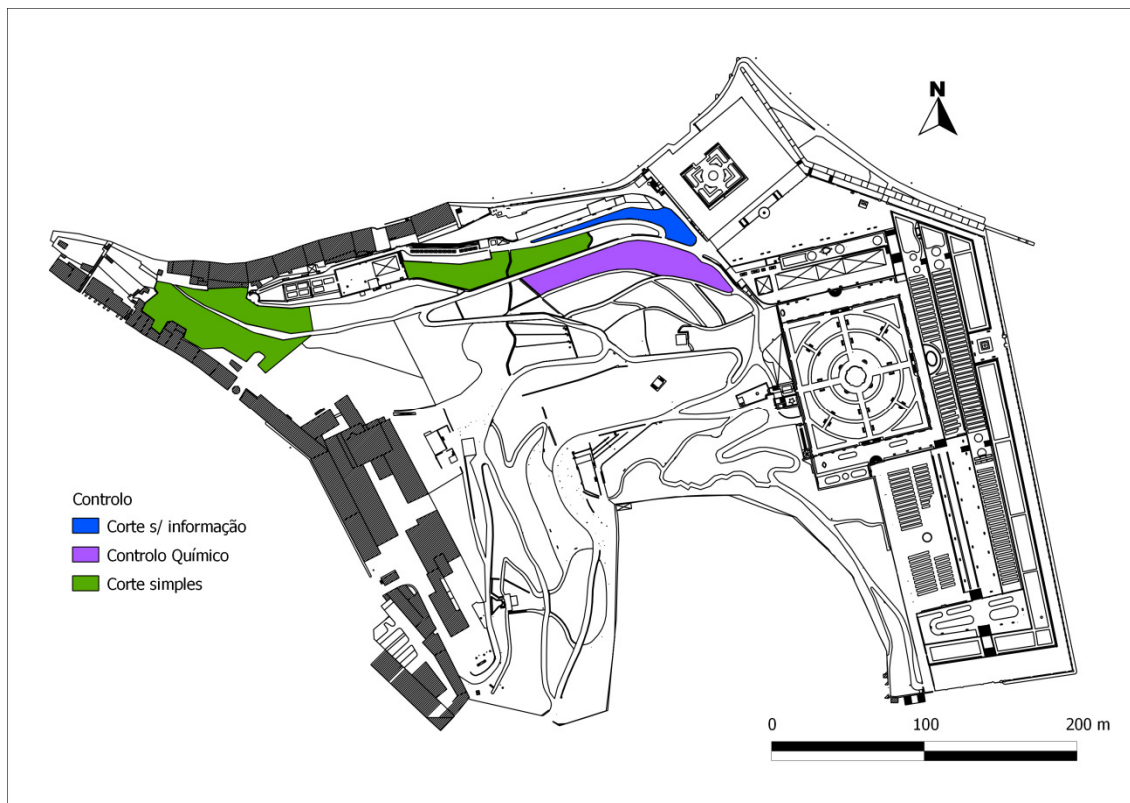


Figura 7 - Tipos de controlo usados recentemente para a espécie *Ailanthus altissima*.

Apesar de uma parte das áreas invadidas por *A. altissima* serem de fácil ou moderada dificuldade de acesso, algumas parcelas encontram-se em áreas bastante declivosas, onde o acesso é muito dificultado (Figura 8).



Figura 8 - Grau de dificuldade de acesso aos locais com presença de *Ailanthus altissima*.

Além da presença de *A. altissima*, foi também registada a distribuição de três outras plantas invasoras muito dispersas na mata do Jardim Botânico da UC: *Oxalis pes-caprae*, *Tradescantia fluminensis* e *Acanthus mollis*.

A presença de *O. pes-caprae* restringe-se em algumas áreas na parte norte da mata (Figura 9), geralmente associada a bermas de canteiros ou caminhos (zonas mais perturbadas).

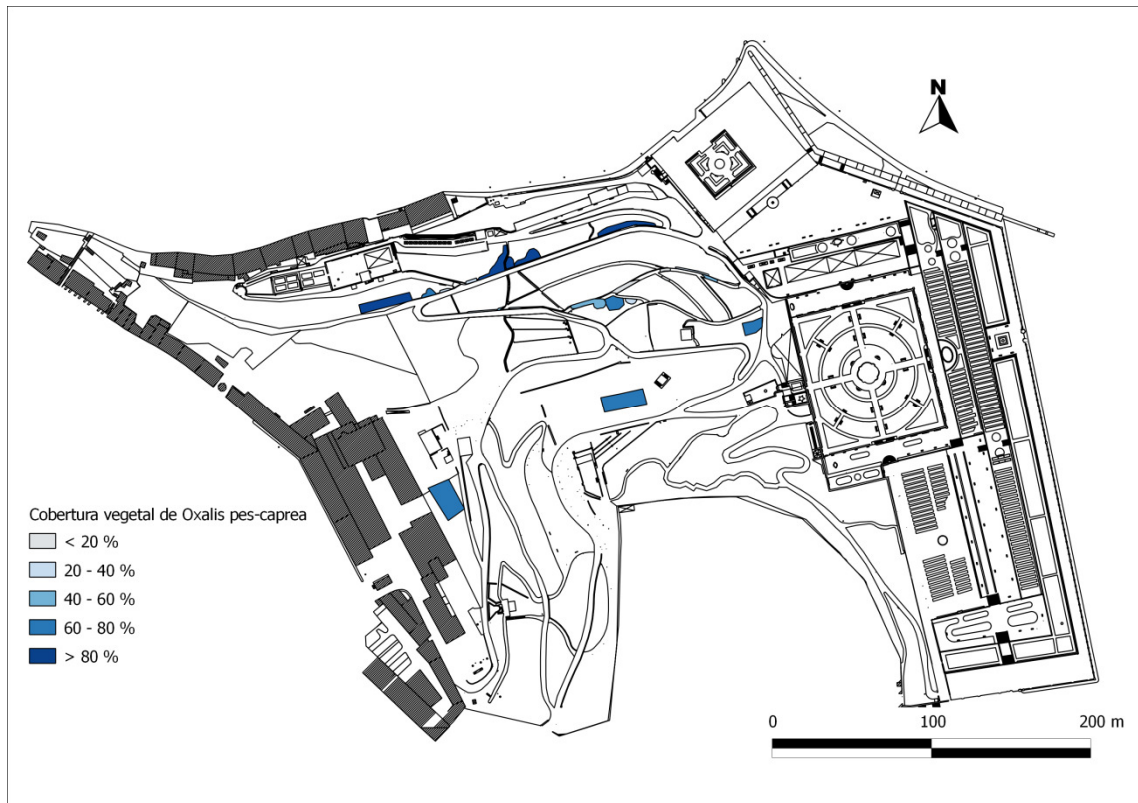


Figura 9 - Distribuição espacial e percentagem de cobertura vegetal de *Oxalis pes-caprae*.

Tradescantia fluminensis encontra-se principalmente na zona central da mata (Figura 10), formando tapetes densos com uma grande densidade, correspondendo frequentemente a percentagens de cobertura superiores a 60% ou mesmo 80%, embora ocupe uma percentagem pequena relativamente a toda a mata.

Das três espécies (*O. pes-caprae*, *T. fluminensis* e *A. mollis*), a mais frequente é *A. mollis*, presente em grande extensão da mata (Figura 11); em muitas das áreas onde está presente, a percentagem de cobertura do solo por esta espécie é superior a 80%, formando mantos quase contínuos.

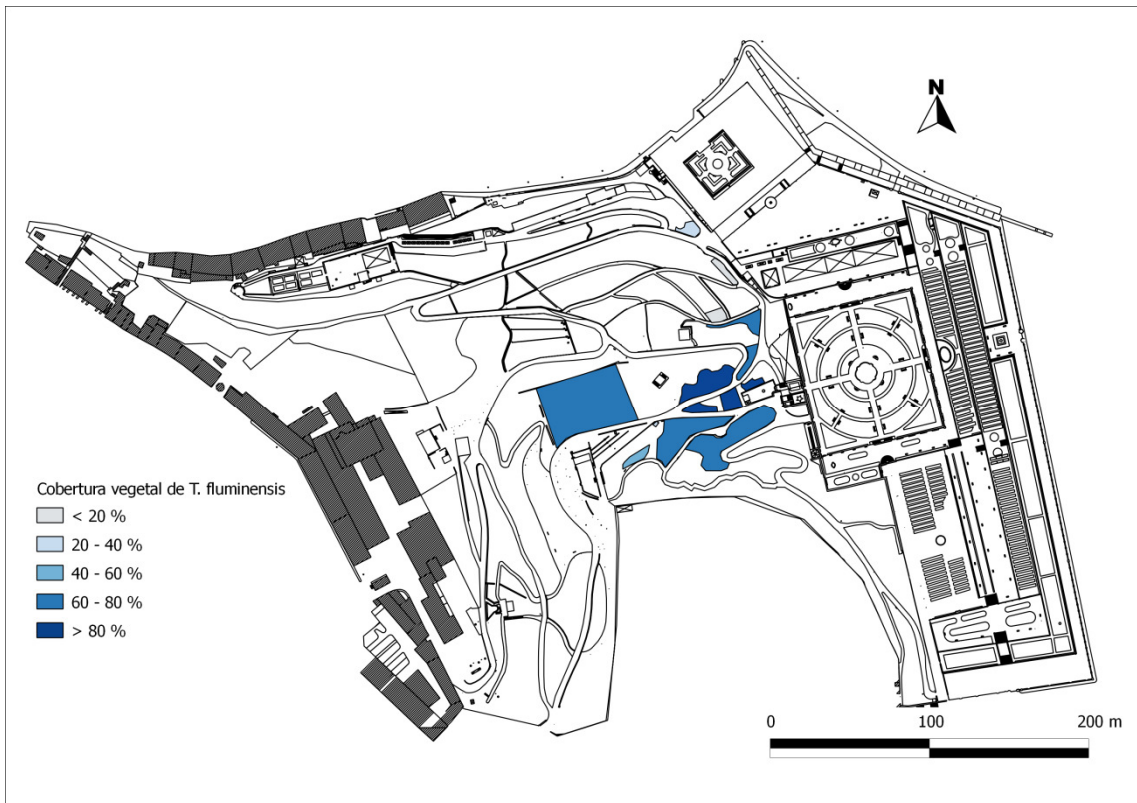


Figura 10 - Distribuição espacial e percentagem de cobertura vegetal de *Tradescantia fluminensis*.

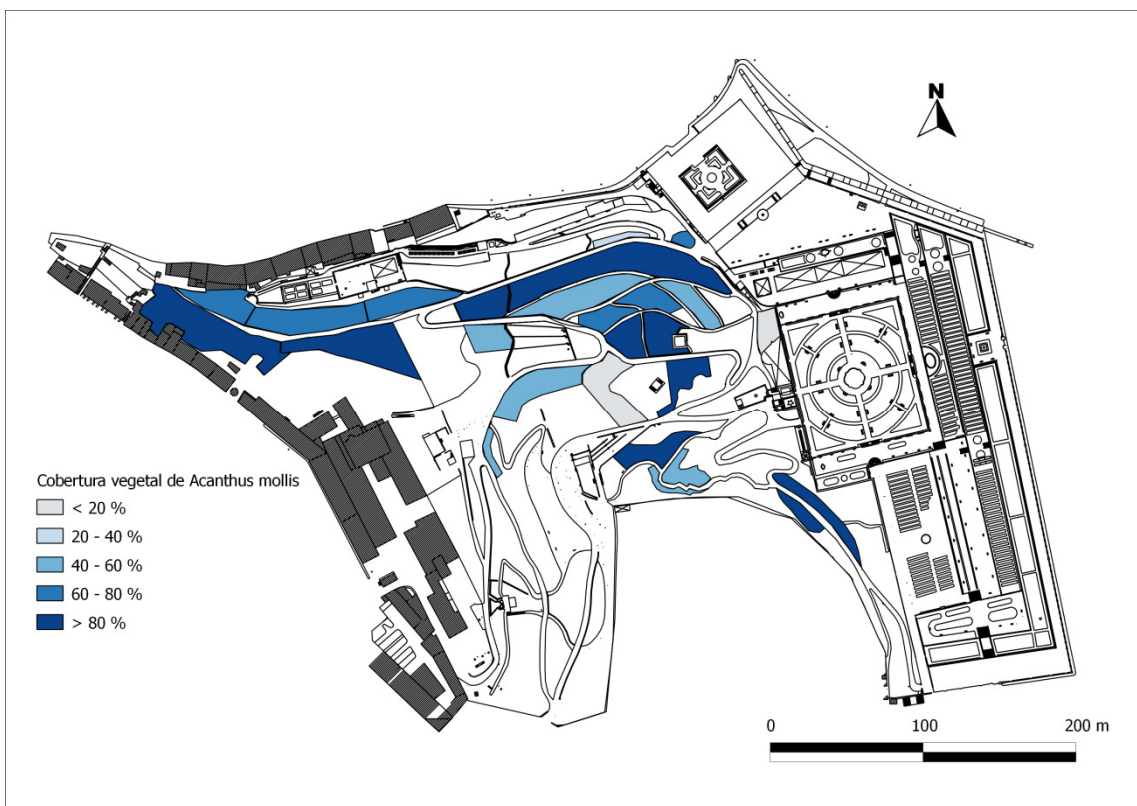


Figura 11 - Distribuição espacial e percentagem de cobertura de *Acanthus mollis*.

4 - Discussão

Ailanthus altissima existe em grande número na mata do Jardim Botânico da Universidade de Coimbra. No entanto, existe uma assimetria na sua distribuição. Os dados recolhidos relativos à sua distribuição, densidade e tamanhos corroboram o que foi dito pelo jardineiro, Sr. Amândio, que informou que o processo de invasão ter-se-á iniciado a Norte do Jardim (junto ao Portão da Traição), onde se localiza actualmente um número bastante elevado de *A. altissima*, e onde foram realizadas mais tentativas de controlo por corte simples (Figura 7), comparativamente com a restante região, mais a Sul da mata. Conjugando os dois factores – início da invasão e vários cortes simples – o número de indivíduos tornou-se bastante mais elevado.

Como a característica mais predominante desta invasora é a reprodução vegetativa, o corte simples proporcionou a sua rápida invasão nas regiões mais a norte. A Sul não foram usadas metodologias de controlo e a vegetação já existente poderá não ter permitido a germinação e crescimento de muitas sementes desta espécie, pelo que esta região possui um número de espécimes inferior.

Embora tenham sido realizadas diversas tentativas de controlo ao longo dos últimos anos, essencialmente através de corte simples dos espécimes, continua a existir um elevado número de espécimes de *A. altissima* por toda a mata, corroborando resultados anteriores que mostram que o corte simples não é a metodologia mais indicada para o controlo desta espécie (Meloche & Murphy 2006), originando vários rebentos no processo. Contrariamente ao que acontece com o corte simples, com a injeção de herbicida feita no passado, em algumas áreas da mata (Figura 7) obteve-se bons resultados, parecendo ser uma metodologia mais adequada ao controlo eficaz desta espécie. Apesar desta metodologia implicar duas acções distanciadas no tempo (primeiro a injeção de herbicida e, aproximadamente um ano depois, o corte dos espécimes mortos), esta revela-se bastante mais eficaz, uma vez que não promove a formação de novos rebentos e consequente formação de novos indivíduos que reinvadem rapidamente e alastram para áreas vizinhas.

Para o uso do método de controlo através de aplicação de herbicida, é necessário que os espécimes tenham um diâmetro superior a 5 cm (invasoras.uc.pt), para que o pequeno corte atinja o alburno das plantas sem as cortar totalmente. Em áreas com grande densidade (Figura 8), muitos dos espécimes estão certamente ligados entre si. Este facto permite que o herbicida que venha a ser injectado nos indivíduos de maiores dimensões, seja transportado para os espécimes mais pequenos e futuros rebentos, acabando também por secá-los. Muitos dos locais onde se localiza esta espécie possuem

um declive acentuado, e com a ajuda do mapa de acessibilidade (Figura 8), contribui-se para que se realizem as escolhas mais adequadas e exequíveis de controlo.

Os valores apresentados na tabela A1, em anexo e nos mapas estão bastante próximos da situação actual da mata do JBUC. Apenas nos locais de muito difícil acesso (Figura 8), com declive muito acentuado e com vegetação alta e muito densa, o número de espécimes centra-se numa estimativa, baseada na amostragem (3 a 5 quadrados) dentro dessas áreas e na contabilização do n.º de espécimes/m².

Apesar dos resultados irem ao encontro do esperado (manipulação dos dados em QGIS), o n.º de espécimes de *A. altissima* parece um pouco sobrevalorizado (aproximadamente 2500). No entanto, muitos destes espécimes são ainda de pequena dimensão (Figura 4 e 6, Tabela A1, em anexo), o que sugere que estas áreas estão num processo acelerado de invasão por esta espécie ou que estavam previamente invadidas e foram sujeitas a controlo (Figura 7), pelo que os espécimes agora presentes resultam de rebentos de raiz ou estolhos (como é demonstrado nas áreas 16 e 20 da figura 4, previamente controladas e com diâmetros inferiores a 5 cm). Outra hipótese pode relacionar-se com algumas ações de controlo que tenham sido realizadas mas que não foram facultadas na altura da entrevista ao jardineiro-chefe e que tenham resultado em rebentos mais novos.

Relativamente às espécies *Oxalis pes-caprae* e *Tradescantia fluminensis*, estas localizam-se em margens de caminhos, escadas e outras regiões que apresentem, mais perturbação e zonas mais húmidas, respectivamente. *Oxalis pes-caprae* também se localiza nos muros, e *T. fluminensis* costuma ocupar o subcoberto de *A. mollis*. Apesar da sua expansão não ser preocupante, são espécies com comportamento invasor que merecem ter a atenção de quem gere este espaço, uma vez que são dotadas de estratégias de sobrevivência e de dispersão que a qualquer altura lhes permite ocupar outros locais.

Verificou-se ainda que *Acanthus mollis* mostra grande capacidade de dispersão, espalhando-se por toda a mata com uma cobertura vegetal muito elevada. O seu controlo poderá não ser premente na medida em que numa mata onde dominam espécies exóticas, a sua ausência poderia levar a que outras espécies (como por exemplo *O. pes-caprae* ou *T. fluminensis*) ocupassem o seu lugar. Acrescenta-se também o facto de que embora se consiga espalhar pela mata, esta espécie não se encontra fora do Jardim Botânico da UC nem existe de forma abundante nas proximidades. No entanto, dependendo dos objectivos existentes para esta área (por ex. o aumento de

biodiversidade), a identificação da sua localização é um factor crucial a ter em conta quando se definirem objectivos e prioridades de gestão.

4.1. Contributo para um plano de gestão

De todas as espécies invasoras analisada, *A. altissima* deve ser considerada uma prioridade de intervenção, devido aos danos causados e ao seu significativo processo de invasão existente na mata do Jardim Botânico da UC, sendo uma ameaça para outras espécies deste local.

Como foi referido anteriormente, o controlo através de injeção de herbicida é a melhor metodologia de controlo para *A. altissima*. O corte simples deverá ser evitado, pois só irá degradar mais a região afectada e potenciar o rebentamento. Este tipo de controlo destina-se a espécimes com 5 cm ou superior de diâmetro do tronco. O herbicida deve ser injectado directamente no sistema vascular das plantas, através da realização de vários golpes no tronco, usando um machado ou serrote, num ângulo de 45° até ao alburno e injectado imediatamente cerca de 1 ml de herbicida. Estes cortes devem ser realizados à mesma altura do tronco (invasoras.uc.pt).

Em áreas de elevada densidade, a aplicação de herbicida nos espécimes maiores acabará por se alastrar para espécimes mais pequenos que estejam conectados com estes, sendo apenas necessário injectar herbicidas nos espécimes maiores. A melhor altura para se realizarem estas acções de controlo será quando a espécie estiver a apostar no crescimento vegetativo e quando as suas folhas se encontram bem desenvolvidas, ou seja desde meados da Primavera até meados do Verão, para que o herbicida possa facilmente ser transportado por toda a planta e ter uma maior eficácia. Em alternativa, em situações em que a anterior não funcione, para os espécimes mais jovens com um tronco inferior a 5 cm, sendo muito difícil o uso de cortes sem danificar a planta e acabar por partir o tronco, a aplicação foliar de herbicida limitada à espécie-alvo pode ser considerado.

A ideia-chave é controlar todos os espécimes de *A. altissima*. Mas caso isso não seja possível, o controlo deverá começar precisamente nas áreas menos invadidas e onde é mais fácil o seu controlo, antes que estas áreas aumentem de tamanho e se torne cada vez mais difícil e dispendioso o seu controlo.

A prevenção, detecção precoce e monitorização devem ser uma prioridade. Após a aplicação das várias metodologias, é necessário uma monitorização constante por

peçoal qualificado/treinado para o efeito de modo a que a prevenção ou re-invasão seja detectada atempadamente.

Apesar do controlo biológico ainda não estar disponível em Portugal, foram já realizados trabalhos nos Estados Unidos da América, mais concretamente por Harris *et al.* (2013), com o uso do fungo *Verticillium albo-atrum* para controlar *A. altissima* e tem-se mostrado, a curto prazo, uma solução eficaz. Este controlo biológico ainda necessita de ser monitorizado a longo prazo para verificar se não interfere de forma negativa com as restantes espécies nativas, mas em princípio, será uma opção viável. De todas as metodologias, é a que possui custos mais baixos e é auto-sustentável, se for bem-sucedida.

As áreas com cobertura vegetal de *Oxalis pes-caprae* são mais pequenas (Figura 9), porquanto o arranque manual será a metodologia preferencial: o arranque deve ser realizado na época das chuvas, de forma a facilitar a remoção dos bolbilhos (existindo o cuidado para não restar qualquer bolbilho, caso contrário, poderá originar outra invasão). Seguidamente, deve existir uma monitorização frequente, uma vez que é muito difícil proceder à remoção total dos bolbilhos apenas através de uma só intervenção.

Para *Tradescantia fluminensis*, o método de arranque manual pode ser o melhor método a utilizar. O seu arranque deve ser realizado na época das chuvas, por forma a facilitar a remoção do sistema radicular, certificando-se que não permaneçam fragmentos de maiores dimensões no solo. Também é possível usar herbicida, pulverizando-o na espécie-alvo. Em algumas regiões onde não existe mais nenhuma vegetação à volta desta espécie, o uso de herbicida não será um risco muito elevado.

É aconselhável alguma medida para não permitir que *Acanthus mollis* prolifere e, com isto, manter os níveis de biodiversidade desejados ao nível do solo. No entanto, considerando que estas duas espécies (*O. pes-caprae* e *T. fluminensis*) apresentam alguma distribuição no sub-coberto de *A. mollis*, estas podem facilmente invadir estes locais caso *A. mollis* seja removida.

5 - Conclusão

Com este trabalho foi possível concluir que a presença de espécies invasoras na mata do Jardim Botânico da Universidade de Coimbra é significativa. A mais problemática, *Ailanthus altissima*, possui elevado potencial invasor, estando a espécie presente em maior número e ocupando uma grande extensão, apresentando uma reprodução vegetativa vigorosa e crescimento rápido. Os controlos através de corte simples efectuados anteriormente no Jardim têm-se mostrado ineficientes a longo prazo, ao contrário do uso de injeção de herbicida no tronco, que se mostrou muito mais eficaz, sem ocorrer a formação de novos rebentos na área controlada.

Um plano de gestão bem organizado, com base científica e recursos humanos qualificados, proporcionará um melhor controlo de plantas invasoras no JBUC. A elaboração de um plano de gestão com base na informação aqui apresentada poderá ser mais eficiente, uma vez que agora existe o conhecimento das áreas actualmente invadidas, quais as espécies com maior prioridade de serem controladas, número de indivíduos existentes em cada parcela e quais as melhores metodologias a aplicar no seu controlo.

6 – Referências

Referências

- Adamik, K. and F. E. Braun. 1957. *Ailanthus altissima* as pulpwood. TAPPI 40:522-526.
- Aguiar, C. & al. (Eds) 2009: Das Plantas e das Pessoas. – <http://plantas-e-pessoas.blogspot.com>.
- Almeida & Freitas 2002: Acerca de algumas plantas vasculares invasoras em Portugal continental. – Stud. Bot. (Salamanca) 21: 27-35.
- Almeida & Freitas, H. 2000: A flora exótica e invasora de Portugal. – Portugaliae Acta Biol. 19(1-4): 159-176.
- Almeida, J. D. 1999. Flora exótica subespontânea de Portugal continental (plantas vasculares). 2.^a ed. Catálogo das plantas vasculares exóticas que ocorrem subespontâneas em Portugal continental e compilação de informações sobre estas plantas. – Coimbra.
- Araújo, P. V. & al. (Eds) 2004: Dias com Árvores. – <http://dias-com-arvores.blogspot.com>.
- Campbell PL, Bell RS, Kluge RL (1990). Identifying the research requirements for the control of silver wattle (*Acacia dealbata*) in Natal. South African Forestry Journal. 155: 37-41.
- Claridge K, Franklin SB (2002) Compensation and plasticity in an invasive plant species, Biological Invasions 4: 339-347.
- Constán-Nava S, Bonet A (2012) Genetic variability modulates the effect of habitat type and environmental conditions on early invasion success of *Ailanthus altissima* in Mediterranean ecosystems. Biological Invasions 14: 2379-2392.
- Cronk QB, Fuller JL (1995) Plant Invaders. Chapman & Hall. London. UK.
- D'Antonio CM (2000), Plant Invasion and Global Changes. In: Mooney HA, Hobbs RJ Invasive Species in a changing World. Island Press. Washington, DC USA
- D'Antonio CM, Vitousek PM (1992) Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. Annual Review of Ecology and Systematics, 23: 63-87.
- Del Monte JP, Aguado PL (2003) Survey of the non-native plant species in the Spanish Iberia in the period 1975-2002. – Fl. Medit. 13: 241-259.
- Esteves FF (2010) O contributo dos SIG para compreender a relação entre os episódios extremos de temperatura e de variabilidade térmica na época de transição

- Primavera-Verão e a ocorrência de enfartes do miocárdio no concelho do Porto. Universidade do Porto, Porto.
- Feret PP (1985) *Ailanthus*: Variation, cultivation, and frustration. J. Arboric. 11(12): 361–368.
- Ferreira SCC (2011) Estudo sobre a composição florística da reserva natural das dunas de são jacinto e proposta de intervenção na *Acacia longifolia*. Trabalho final de curso. Instituto Politecnico de Viseu. Viseu: 14-17.
- Fonseca FT (2005) Jardim Botânico de Coimbra – Um Museu Vivo. Rua Larga, 8: 2-3.
- Gaertner M, Biggs R, Te Bees M, Hui C, Molofsky J, Richardson DM (2014) Invasive plants as drivers of regime shifts: identifying high-priority invaders that alter feedback relationships. Diversity and Distributions, (Diversity Distrib.) 20: 733 – 744.
- Gimeno I, Vila M, Hulme PE (2006) Are islands more susceptible to plant invasion than continents? A test using *Oxalis pes-caprae* L. in the western Mediterranean. Journal of Biogeography 33: 1559-65.
- Gómez-Aparicio L, Canham CD (2008) Neighbourhood analyses of the allelopathic effects of the invasive tree *Ailanthus altissima* in temperate forests. Journal of Ecology.
- Harris PT, Cannon GH, Smith NE, Muth NZ (2013) Assessment of plant community restoration following Tree-of-Heaven (*Ailanthus altissima*) control by *Verticillium albo-atrum*. Biological Invasions. 15:1887-1893.
- Heisey RM (1996) Identification of an allelopathic compound from *Ailanthus altissima* and characterization of its herbicidal activity. American Journal of Botany 83: 192-200.
- Henriques JA (1876) O Jardim Botânico da Universidade de Coimbra. Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Henriques JA (1879) Catálogo das plantas cultivadas no Jardim Botânico da Universidade de Coimbra no ano de 1878. Coimbra. Imprensa da Universidade de Coimbra.
- <http://www.theplantlist.org/>, acedido em 19 de Setembro de 2013.
- Hu, S. 1979. *Ailanthus*. Arnoldia 39(2):29–50.
- Hulme P.E., Pysek P, Nentwig W, Vilà M (2009). Will threat of biological invasions unite the European Union? Science, 40-41.

- Humphries, S.E., Groves, R.H. & Mitchell, D.S. (1991), Plant invasions of Australian ecosystems. *Kowari*, 2, 1–134.
- Iacona GD, Price FD, Armsworth PR (2014) Predicting the invadedness of protected areas. *Diversity and Distributions* 20, 430-439.
- Illick JS, Brouse EF (1926) The *Ailanthus* tree in Pennsylvania. Pennsylvania Department of Forests and Water Bulletin 38: 1-29.
- Kowarik I (1995) Clonal growth in *Ailanthus altissima* on a natural site in West Virginia. *Journal of Vegetative Science* 6: 853-856.
- Kraus W, Koll-Weber M, Maile R, Wunder T, Vogler B (1994) Biologically active constituents of tropical and subtropical plants. *Pure and Applied Chemistry* 66: 2347-2352.
- Marchante H, Freitas H, Hoffmann JH (2011) Assessing the suitability and safety of a well-known bud-galling wasp, *Trichilogaster acaciaelongifoliae*, for biological control of *Acacia longifolia* in Portugal. *Biol Control* 56: 193-201.
- Marchante H, Marchante E, Freitas H (2005) Plantas Invasoras em Portugal – fichas para identificação e controlo. Ed. dos autores. Coimbra.
- Marchante H, Morais M, Freitas H, Marchante E (2008) Guia prático para a identificação de Plantas Invasoras em Portugal Continental. Coimbra. Imprensa da Universidade de Coimbra.
- Marchante H, Morais M, Freitas H, Marchante E (2014) Guia prático para a identificação de Plantas Invasoras em Portugal. Coimbra. Imprensa da Universidade de Coimbra. 207 pp.
- Marchante, E. & Marchante H. 2007: As exóticas e invasoras. – Pp. 179-198 In: Sande Silva, J. (Coord. ed.), *Do freixo à bétula, as outras espécies da floresta Portuguesa*. – Coleção Árvores e Florestas de Portugal, 5.
- McGeoch MA, Butchart SHM, Spear D, Marais E, Kleynhans EJ, et al. 2010. Global indicators of biological invasion: species numbers, biodiversity impact and policy responses. *Divers. Distrib.* 16: 95–108.
- Meijninger WML & Jarmain C (2014) Satellite-based annual evaporation estimates of invasive alien plant species and native vegetation in South Africa. *Water SA* Vol. 40.
- Meloche C, Murphy SD (2006). Managing tree-of-heaven (*Ailanthus altissima*) in parks and protected areas: A case study of Rondeau Provincial Park (Ontario, Canada). *Environmental Management* 37: 764-772.

- Miller, J.H., 1990. *Ailanthus altissima*, pp. 101–105. In Burns, R.M. and B.H. Honkala (Eds.). *Silvics of North America, Vol. 2: Hardwoods*. USDA Agricultural Handbook #654.
- Ministério do Ambiente, 1999. Decreto-Lei n.º 565/99.
- Mooney, H.A. and J.A. Drake (1989) Biological invasions: a SCOPE program overview, pp. 491-506. In J.A. Drake *et al* (eds.), *Biological invasions: a global perspective*. John Wiley, Sons. New York, USA
- Murray CC, Gartner H, Gregr EJ, Chan K, Pakhomov E, Therriault T (2014) Spatial distribution of marine invasive species: environmental, demographic and vector drivers. *Diversity and Distributions* 20, 824-836.
- Paiva J (2005) Dendrodiversidade relevante – As árvores do Jardim Botânico. *Rua Larga* 8: 4 -7.
- Pimentel, D. 2005. Environmental consequences and economic costs of alien species. In: Inderjit (ed.), *Invasive Plants: Ecological and Agricultural Aspects*. Birkhauser Verlag, pp. 269-276.
- Plantas invasoras em Portugal (2013) *Ailanthus altissima*. Disponível em <http://invasoras.uc.pt>. Consultado em 09/07/2014.
- Putz N (1994) Vegetative spreading of *Oxalis-pes-caprae* (oxalidaceae). *Plant Systematics and Evolution* 191: 57-67.
- Randall, J.M. (1997) Defining weeds of natural areas. *Assessment and Management of Plant Invasions* (ed. by J.O. Luken & J.W. Thieret), pp. 18–25. Springer-Verlag, New York.
- Rezanka T, Rezanka P, Sigler K (2009) Glycosides of aryl-naphthalene lignans from *Acanthus mollis* having axial chirality. *Phytochemistry* 70: 1049-54.
- Ricciardi A (2007) Are modern biological invasions an unprecedented form of global change? *Conserv. Biol.* 21: 329–336.
- Richardson DM, Pysek P, Rejmánek M, Barbour MG, Panetta, FD, West CJ (2000). Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, 6: 93-107.
- Robison R, Barve N, Owens C, Darin GS, DiTomaso JM (2013) Mapping and Eradication Prioritization Modeling of Red Sesbania (*Sesbania punicea*) Populations. *Environmental Management* 52: 19-28.
- Scalera R. 2010. How much is Europe spending on invasive alien species? *Biological Invasions*, 12: 173-177.

- Silvertown J - International Journal of Plant Sciences, 2008.
- Simberloff D, Stiling P (1996) Risks of species introduced for biological control. *Biological conservation* 78: 185-192.
- Standish RJ (2002) Experimenting with methods to control *Tradescantia fluminensis*, an invasive weed of native forest remnants in New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology* 26: 161-70.
- Standish RJ, Robertson AW, Williams PA (2001) The impact of an invasive weed *Tradescantia fluminensis* on native forest regeneration. *Journal of Applied Ecology* 38: 1253-63.
- Van Wilgen BW, Richardson DM (2014) Challenges and trade-offs in the management of invasive alien trees. *Biological Invasions* 16:721-734.
- Vitousek PM (1990) Biological invasions and ecosystems processes: towards an integration of population biology and ecosystem studies. *OIKOS* 57: 7-13. Copenhagen.
- Vitousek PM, Walker LR (1989) Biological invasion by *Myrica faya* in Hawaii: plant demography, nitrogen fixation, ecosystem effects. *Ecological Monographs* 59: 247-265.
- Walker RL, Vitousek PM (1991). An Invader Alters Germination and Growth of Native Dominant Tree in Hawai'i. *Ecology* 72:1449–1455
- Williams JD, Meffe GK (1998) Non indigenous species: 117- 129.
- Williamson, M. 1999. Invasions. *Ecography*. 22: 5-12
- Wittenberg, R., Cock, M.J.W. (eds.) 2001. *Invasive Alien Species: A Toolkit of Best Prevention and Management Practices*. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, xvii - 228.

7 – Anexos

Tabela A1 - Polígonos, número de espécimes, área e diâmetro de *Ailanthus altissima* em cada uma das áreas invadidas na mata do JBUc.

N.º do polígono	N.º de espécimes A. <i>altissima</i>	Área (m ²)	Densidade	Classes de diâmetro (cm)			
				<2	2-5	5-10	10-20
0	32	30.89	1.036	5	17	10	0
1	10	109	0.092	10	0	0	0
2	50	101.8	0.491	20	30	0	0
3	50	217.5	0.23	10	40	0	0
4	10	114.8	0.087	0	10	0	0
5	20	118.8	0.168	0	20	0	0
6	105	335.8	0.313	100	0	1	4
7	30	248.1	0.121	0	30	0	0
8	250	382.6	0.653	189	45	16	0
9	50	289.6	0.173	20	30	0	0
10	10	150.6	0.066	10	0	0	0
11	10	92.19	0.108	10	0	0	0
12	139	376.8	0.369	114	22	0	3
13	27	214.7	0.126	24	3	0	0
14	3	95.11	0.032	3	0	0	0
15	7	108.7	0.064	3	4	0	0
16	10	1122	0.009	10	0	0	0
17	20	76.87	0.26	20	0	0	0
18	40	46.79	0.855	40	0	0	0
19	20	380.2	0.053	20	0	0	0
20	100	766.9	0.13	50	50	0	0
21	20	78.75	0.254	20	0	0	0
22	4	3.94	1.015	4	0	0	0
23	24	72.62	0.33	13	8	3	0
24	3	38.53	0.078	3	0	0	0
25	70	308.8	0.227	68	2	0	0
26	15	41.14	0.365	15	0	0	0
27	100	142.4	0.702	40	60	0	0
28	30	81.26	0.369	30	0	0	0
29	32	56.59	0.565	3	17	12	0
30	52	57.3	0.908	28	24	0	0
31	50	214.5	0.233	21	22	7	0
32	7	32	0.219	0	0	7	0
33	3	12.89	0.233	0	0	3	0
34	20	257.2	0.078	20	0	0	0
35	9	39.78	0.226	2	5	2	0
36	60	677.5	0.089	28	26	6	0
37	300	1880	0.16	70	180	50	0

ID	N.º de espécimes A. <i>altissima</i>	Área m ²	Densidade	Classes de diâmetro (cm)			
				< 2	2-5	5-10	10-20
38	10	96.5	0.104	0	10	0	0
39	400	471.9	0.848	80	320	0	0
40	58	106.2	0.546	27	28	3	0
41	84	68.82	1.221	57	27	0	0
42	40	132.1	0.303	0	40	0	0
43	4	17.97	0.223	0	4	0	0
44	160	966.6	0.166	75	85	0	0
Total	2548	3143	3272	1262	1159	120	7

