



Adapt
for Change

Adaptation to climate change by improving the success of reforestation in semi-arid areas

BOAS PRÁTICAS DE REFLORESTAÇÃO

Sector das Florestas em Zonas Semi-áridas



INTRODUÇÃO	3
INTRODUCTION	3
REFLORESTAÇÕES EM PORTUGAL	4
REFORESTATIONS IN PORTUGAL	4
REFLORESTAÇÕES NO SEMIÁRIDO	5
REFORESTATIONS IN THE SEMIARID REGION	5
OBJECTIVOS DO EBOOK	6
GOALS FOR THE EBOOK	6
REFLORESTAÇÕES AVALIADAS	7
REFORESTATIONS EVALUATED	7
FICHAS	9
REGENERAÇÃO NATURAL DA FLORESTA	11
NATURAL REGENERATION OF THE FOREST	11
BIODIVERSIDADE E HABITAT	15
BIODIVERSITY AND HABITAT	15
BIOMASSA E PRODUTIVIDADE	20
BIOMASS AND PRODUCTIVITY	20
QUALIDADE DO SOLO	25
SOIL QUALITY	25
RESILIÊNCIA ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS	29
RESILIENCE TO CLIMATE CHANGE	29
SÍNTESE E NOTAS FINAIS	34
SYNTHESIS AND FINAL REMARKS	34
REFERÊNCIAS	37
FICHA TÉCNICA	37



Agradecimentos: aos parceiros ICNF – Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas, pela disponibilização de dados sobre reflorestações; ao IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera, pela disponibilização de dados climáticos; à Direção Regional de Agricultura e Pescas do Alentejo, em particular à Eng. Joana Almodovar; e a todos os agricultores e proprietários florestais do Alentejo e Algarve, e à ANCPA - Associação Nacional dos Criadores do Porco Alentejano, que colaboraram nesta iniciativa.

Este *ebook* foi desenvolvido no âmbito do projecto **AdaptForChange** (<http://echanges.fc.ul.pt/projetos/adaptforchange/>), que visou melhorar o sucesso de reflorestações em zonas semiáridas e promover a adaptação das florestas às alterações climáticas. O projecto foi focado no território português sob maior aridez, por ser o mais susceptível à degradação do solo e às alterações climáticas. Com o objectivo de mitigar e contrariar estes efeitos, as zonas mais áridas foram alvo de várias acções de reflorestação durante as últimas décadas. As áreas florestais contribuem para o sequestro de carbono, para recuperar e conservar o solo e a água, e para aumentar a resiliência face a eventos extremos (ondas de calor, chuvas torrenciais, etc.). Além disso, espera-se que as áreas reflorestadas facilitem, a médio-prazo, a recuperação da vegetação nativa e que contribuam para aumentar a biodiversidade (ex. proporcionando habitat para diferentes espécies), sobretudo se realizadas com a flora autóctone. Contudo, os resultados das acções de reflorestação a todos estes níveis raramente foram avaliados, limitando-se na maioria dos casos a uma inspecção/intervenção periódica de modo a garantir a manutenção de uma densidade mínima de árvores pré-estabelecida. Este *ebook* visa colmatar esta lacuna, fornecendo informação sobre o sucesso de diferentes tipos de reflorestação realizadas nas últimas décadas, face a diferentes objectivos, avaliando o respectivo contributo para os *Serviços do Ecossistema* mais importantes nestas regiões semiáridas.

This *ebook* is an output of the project **AdaptForChange** (<http://echanges.fc.ul.pt/projetos/adaptforchange/>) aiming at improving the success of reforestations in semiarid areas and promote the adaptation of those forests to climate change. The project was focused in the Portuguese areas of greater aridity, since they are the most susceptible to land degradation and to climate change. To mitigate and counteract those negative effects, many reforestations were made in the last decades. Forests contribute for carbon sequestration, recover and preserve soil and water, and to increase resilience in face of extreme events (heat waves, torrential rains, etc.). Furthermore, in the medium-term reforested areas are expected to facilitate the re-colonization of native vegetation and contribute to increase biodiversity (e.g. providing habitat for different species), particularly the ones based on autochthonous tree species. However, the results of these reforestations have hardly been evaluated considering all these aspects. In most cases, only tree density is inspected or evaluated, to guarantee a pre-determined minimum number of trees per area. This *ebook* aims at fulfilling that gap, providing information about the success of the most common types of reforestations made in the last decades. Furthermore, success is evaluated regarding different objectives and ecosystem services provided by these reforestations that are fundamental to these semiarid areas.

Desde o século XIX que a área ocupada pela floresta tem vindo a aumentar em Portugal (Mendes e Dias, 2002). Actualmente, a floresta é o uso do solo dominante em Portugal continental, ocupando 35,4% do território. A execução de acções de reflorestação tem vindo a ser apoiada por diferentes programas de financiamento desde meados do século XX (Tabela 1). Os objectivos dos programas de reflorestação alternaram entre a intervenção em áreas públicas (antes de 1974) e em áreas privadas, passando pela supressão das necessidades da indústria da celulose até à conversão de terrenos agrícolas pouco produtivos ou de terras marginais em floresta, sobretudo depois da entrada de Portugal na União Europeia.

Since the XIX century that the forest area has been increasing in Portugal (Mendes and Dias, 2002). Nowadays, forest is the dominant land use in continental Portugal, occupying 35.4% of the territory. Reforestation actions have been supported by several financing programmes since the mid XX century (Table 1). The objectives for those programmes varied from intervention in public (before 1974) or private properties, to fulfil the needs of the paper industry or to convert low productivity land or marginal land into forest, mainly after the integration of Portugal in the European Union.

Tabela 1. Programas de financiamento para reflorestações e beneficiação de povoamentos florestais. Fonte: DGRF 2006a.

Table 1: Financing programmes for reforestations and improvement of previous forestations. Source: DGRF 2006a.

DATA DATE	PLANO DE FINANCIAMENTO FINANCING PLAN	ÁREA REFLORESTADA AREA
1938 - 1964	Plano de Povoamento Florestal	327 523 ha
1964 - 1983	Fundo de Fomento Florestal	126 934 ha
1981 - 1988	Projecto Florestal Português/Banco Mundial	131 908 ha
1988 - 1996	Programa de Acção Florestal (PAF)	325 344 ha
1991 - 1993	Regulamento (CEE) 2080/91	18 203 ha
1994 - 1999	Programa de Desenvolvimento Florestal (PAMAF)	226 262 ha
1994 - 1999	Regulamento (CEE) 2080/92	173 372 ha
2000 - 2006	AGRO	133 430 ha
2000 - 2006	RURIS	33 021 ha
2004 - a decorrer (on going)	Fundo Florestal Permanente	...

Os objectivos de uma reflorestação num determinado local dependem do respectivo contexto edafoclimático, social e histórico. Estes não se resumem aos fins produtivos (preponderantes nas áreas climáticas mais favoráveis), visando igualmente a conservação da biodiversidade, a protecção do solo e o recreio (DGRF 2006b). Nas áreas de maior aridez, dada a sua elevada susceptibilidade à degradação do solo e à desertificação, os ecossistemas florestais desempenham um papel chave sobretudo nos serviços de suporte, como a produtividade primária, e nos serviços de regulação, como a protecção do solo, a conservação da água e a regulação climática (Pereira et al., 2009). Acresce que as zonas áridas são simultaneamente muito vulneráveis às alterações climáticas, prevendo-se o agravamento dos constrangimentos climáticos (temperaturas mais elevadas e precipitação mais escassa e irregular) e, consequentemente, maior incidência de fogos e provavelmente de pragas. É por isso essencial não só perceber se as reflorestações estão a cumprir os objectivos propostos para as zonas áridas, mas também avaliar a sua resiliência num cenário de alterações climáticas. Em Portugal, as zonas de maior aridez (de clima seco sub-húmido e semiárido) têm vindo a ser reflorestadas sobretudo com três espécies chave: a azinheira, o sobreiro e o pinheiro-manso.

O Inventário Florestal Nacional de 2010 identificou 328 578 ha ocupados por reflorestações de azinheira, 730 399 ha de sobreiro e 173 716 ha de pinheiro-manso (ICNF 2016). Os dados disponíveis mostram que entre 1995 e 2010, a área alvo de projectos de reflorestação com azinheira decresceu 3%, com sobreiro aumentou 6% e com pinheiro-manso aumentou 54%. Os projectos de reflorestação submetidos entre 2013 e 2016 contemplaram 53 659 ha, sendo que 16% foram de sobreiro (8 432ha), 9% foram de pinheiro-manso (4 887ha) e apenas 2% foram de azinheira (1 029ha). Na região do Alentejo houve 280 projectos aprovados e validados, ocupando 6 101 ha (ICNF 2016).

The objectives of a reforestation are dependent on the edaphic-climatic, social and historical context of the area. They are more than just the primary production (which is the main goal in climatic favourable areas), including also the conservation of biodiversity, soil protection and recreational activities (DGRF 2006b). In areas with higher aridity, and thus higher susceptibility to land degradation and desertification, forest ecosystems have a key role for the support (like primary productivity) and regulation services (soil protection, water conservation or climate regulation) (Pereira et al., 2009). Moreover, arid areas are also highly vulnerable to climate change. Climate constraints are expected to worsen due to higher temperatures, and lower and more irregular precipitation, increasing the risk of fire and probably of plagues. It is thus essential not only to understand if reforestation are fulfilling the objectives proposed for the arid areas, but also to evaluate their resilience under a climate change scenario. In Portugal, areas with higher aridity (dry sub-humid and semiarid areas) have been reforested with 3 main species: holm-oak, cork-oak and stone-pine. The National Forestry Inventory in 2010 has identified 328 578 ha occupied by reforestation of holm-oak, 730 399 ha of cork-oak and 173 716 ha of stone-pine trees (ICNF 2016). The data available show that between 1995 and 2010 the area reforested with holm-oak decreased by 3%, with cork-oak increased 6% and with stone-pine increased 54%. Reforestation projects submitted between 2013 and 2016 (53 659 ha total), are 16% (8 432ha) of cork-oak, 9% (4 887ha) of stone-pine tree and only 2% (1 029ha) of holm-oak. In the *Alentejo* region, 280 projects were approved and validated, occupying 6 101 ha (ICNF 2016).

Neste *ebook* são apresentados os principais resultados da avaliação do sucesso de reflorestações realizadas nos últimos 30 anos em zonas semiáridas, no âmbito do projecto *AdaptForChange*. O estudo foi focado nas 3 espécies mais utilizadas em reflorestações nestas zonas: a azinheira, o sobreiro e o pinheiro-manso. Foram avaliados 5 objectivos distintos das reflorestações, aqui abordados como *serviços do ecossistema*: 1) regeneração natural da floresta; 2) biomassa e produtividade; 3) biodiversidade e estrutura do habitat; 4) qualidade do solo; 5) resiliência às alterações climáticas (Fig. 1).

Cada serviço é abordado numa ficha distinta, onde são referidas as características das reflorestações e as variáveis ambientais que mais influenciam ou condicionam esse serviço. Com base nos resultados, são ainda apresentadas recomendações sobre as práticas de implementação ou gestão de reflorestações que maximizam cada um dos serviços abordados.

Figura 1. Serviços do ecossistema avaliados nas reflorestações, descritos nas fichas do *ebook*.

Figure 1. Ecosystem services evaluated in the reforestations, described in the following chapters.

This ebook presents the main results obtained in the evaluation of the reforestation success from the last 30 years in the semiarid region, within the project *AdaptForChange*. The study focused the 3 main tree species used: holm-oak, cork-oak and stone-pine. Five objectives or ecosystem services were tackled: 1) natural forest regeneration; 2) biomass and productivity; 3) biodiversity and habitat structure; 4) soil quality; 5) resilience to climate change (Fig. 1).

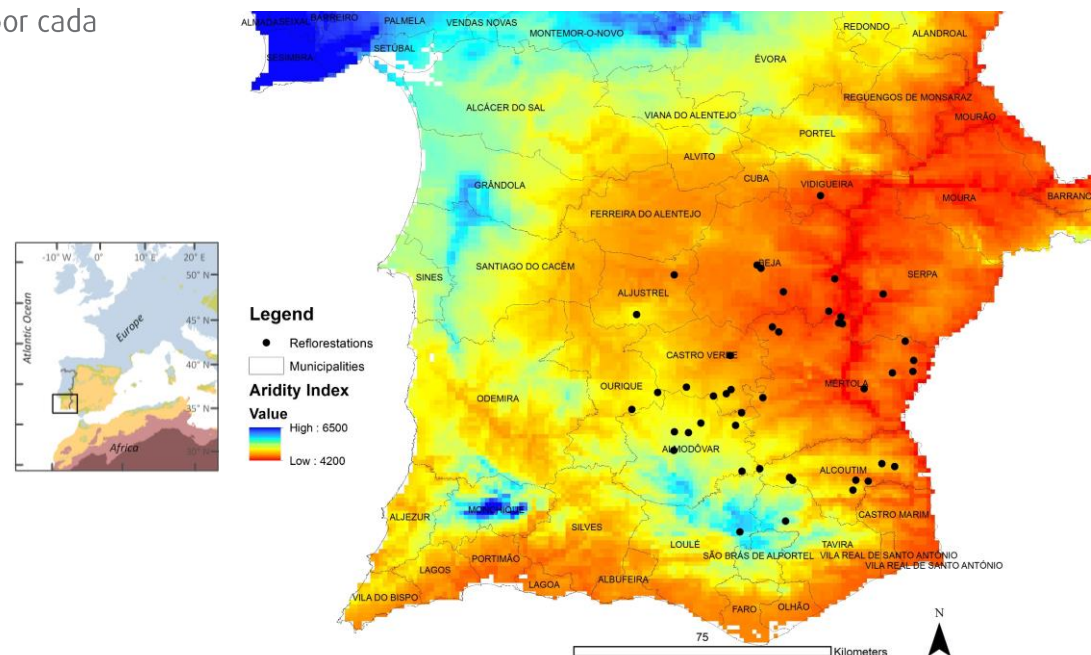
Each service has a dedicated chapter, where the main conditionings related to reforestation type or environmental variables are described. Finally, some guidelines are given regarding the best practices for implementation and management of reforestations in order to improve each ecosystem service.



Os resultados apresentados são baseados em informação recolhida no campo, em reflorestações situadas em áreas de clima semiárido e seco sub-húmido. O índice de aridez (Middleton & Thomas, 1992) nas reflorestações avaliadas variou entre os 0,42 e os 0,58 (Trabucco & Zomer, 2009) e a precipitação média anual variou entre os 519 e os 616 mm (Hijmans et al., 2005). Foram avaliadas 44 reflorestações distribuídas por 11 concelhos (Fig. 2). O número e a localização das reflorestações avaliadas foram condicionados pela informação disponível, isto é, pelo acesso a informação sobre a data de implementação, as espécies utilizadas, a localização, etc. Foram avaliadas reflorestações puras e mistas, de azinheira, sobreiro e pinheiro-manso, com idades compreendidas entre os 11 e os 37 anos (Fig. 3). Dentro de cada reflorestação, de modo a evitar a variabilidade que ocorre naturalmente devido a condições microclimáticas, a área de amostragem (Fig. 4) foi escolhida de entre as zonas com Radiação Solar Potencial semelhante. De seguida são apresentadas 5 fichas, uma por cada serviço do ecossistema avaliado.

Figura 2. Índice de aridez (escala $\times 10^{-4}$) e localização das 44 reflorestações avaliadas.

Figure 2. Aridity index (map scale $\times 10^{-4}$) and location of the 44 reforestation.



Results are based on field data collected in reforestation located in semiarid and dry sub-humid areas. The aridity index (Middleton & Thomas, 1992) of the sampled areas ranged between 0.42 and 0.58 (Trabucco & Zomer, 2009), while the average annual precipitation ranged between 519 and 616 mm (Hijmans et al., 2005). In total, 44 reforestation were evaluated, distributed by 11 municipalities (Fig. 2). The number and location of the reforestation were conditioned by accessibility to information regarding the establishment date, the precise location and the species used, among others. The reforestation evaluated were both pure (single species) and mixed, of holm-oak, cork-oak and stone-pine. Their ages ranged from 11 to 37 years (Fig. 3). Within each reforestation, the sampling area (Fig. 4) was selected among areas with similar Potential Solar Radiation, to avoid variability due to microclimatic conditions. The following chapters will present 5 ecosystem services evaluated.

Figura 3. Idades e número (entre parêntesis) das reforestações avaliadas.
Pmanso – pinheiro manso.

Figure 3. Age (axis) and number (in brackets) of the reforestations.
Pmanso – stone-pine tree; *Azinheira* – holm oak; *Sobreiro* – cork oak.

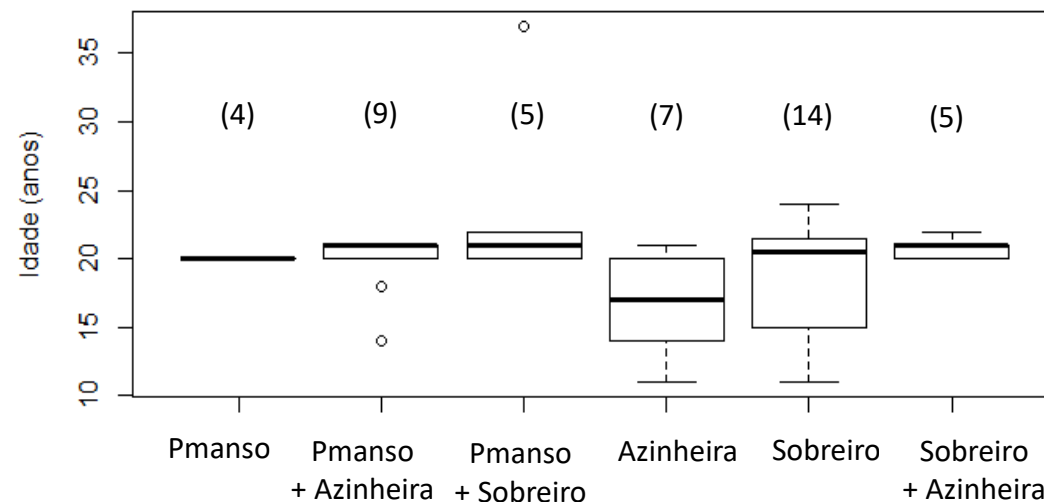
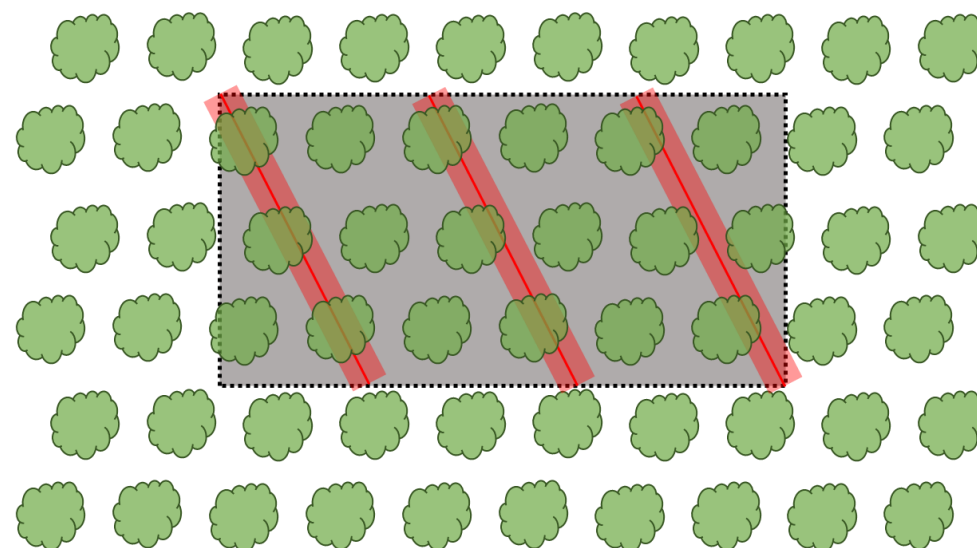
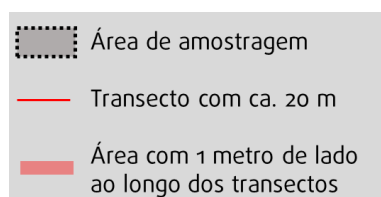


Figura 4. Exemplo de área de amostragem, marcada de modo a ocupar 3 entrelinhas e com uma área de 1000 m².

Figure 4. Example of a sampling area, occupying 3 tree inter-lines and with an area of 1000 m².





Adapt
for Change

Adaptation to climate change by improving the success of reforestation in semi-arid areas

FICHAS DE BOAS PRÁTICAS DE REFLORESTAÇÃO

Sector das Florestas em Zonas Semi-áridas





Adapt
for Change

Adaptation to climate change by improving the success of reforestation in semi-arid areas

Ficha 1

Regeneração Natural da Floresta

Natural regeneration of the forest

A regeneração natural da floresta é um serviço de suporte do ecossistema. O estabelecimento de plantas jovens nativas (quercíneas) nas reflorestações é essencial para garantir a sua presença no futuro e assim a sustentabilidade da floresta.

É IMPORTANTE PARA...

- ✓ Assegurar a regeneração e a sustentabilidade da floresta autóctone e a resiliência às alterações climáticas;
- ✓ Promover o sequestro de carbono;
- ✓ Aumentar a biodiversidade de espécies e habitats (alimento e abrigo);
- ✓ Prevenir a erosão e promover a fertilidade do solo.

Figura 4. Regeneração natural de azinheira (*Quercus ilex* subsp. *rotundifolia*) numa reflorestação.

Figure 4. Natural regeneration of holm-oak (*Quercus ilex* subsp. *rotundifolia*) in a reforestation.

The natural regeneration of the forest is an ecosystem support service. The establishment of young native plants (oaks) in reforestations is essential to ensure its presence in the future and thus the sustainability of the forest.

IT IS IMPORTANT TO...

- ✓ Ensure the regeneration and sustainability of the native forest, and resilience to climate change;
- ✓ Promote carbon sequestration;
- ✓ Increase species and habitat biodiversity (food and shelter);
- ✓ Prevent erosion and promote soil fertility.



O QUE MEDIMOS?

Foi registada a presença de todas as plântulas de quercíneas e medida a respectiva altura, ao longo de três faixas, em cada reflorestação (20x1 m).

PRINCIPAIS RESULTADOS

Não se observaram diferenças na regeneração natural de quercíneas entre diferentes tipos de reflorestação – assim, a presença de pinheiros não parece favorecer nem limitar a regeneração natural de quercíneas. No entanto, nas reflorestações puras de pinheiro-manso, não se observaram quaisquer plântulas de quercíneas.

Nas reflorestações dominadas por sobreiros, a regeneração é limitada principalmente pela aridez.

Nas reflorestações dominadas por azinheira, a regeneração é favorecida pela altura das árvores plantadas, verificando-se um aumento da regeneração em reflorestações com árvores acima dos 2 metros de altura.

WHAT DID WE MEASURE?

The presence of all oak seedlings and saplings was registered, and their height was measured, along three reforestation strips (20x1 m).

MAIN RESULTS

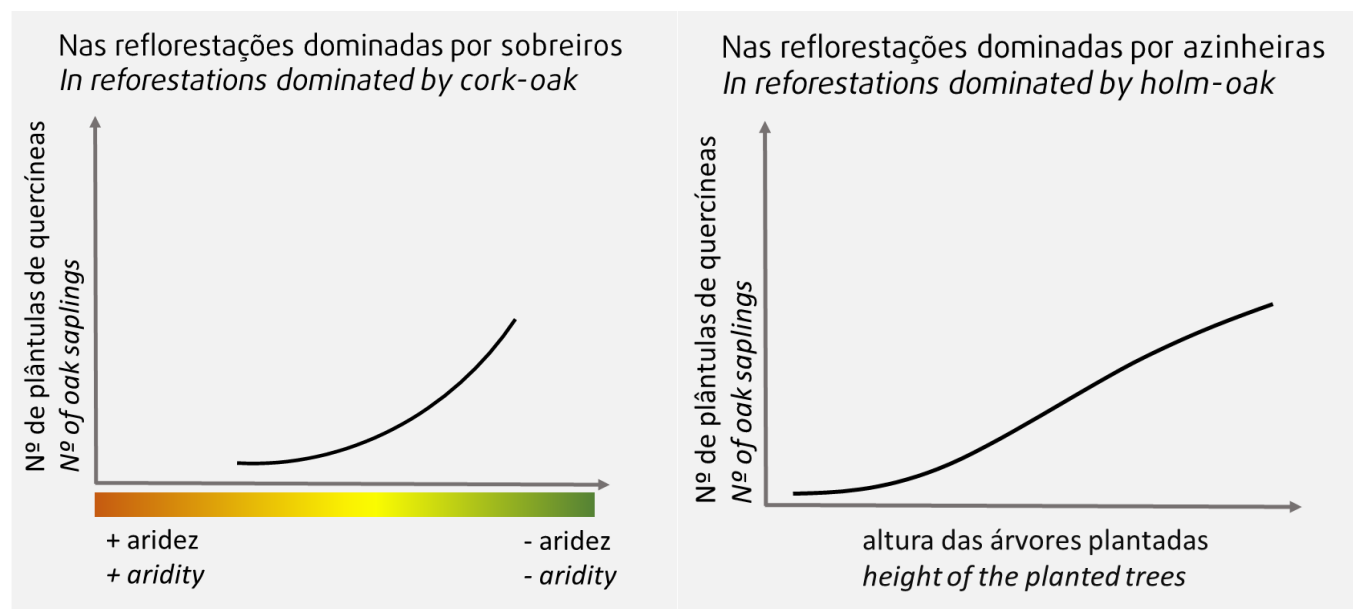
Our results show no differences of oak natural regeneration among reforestation types – this suggests that the presence of stone-pine neither promotes nor prevents oak natural regeneration. However, in pure stone-pine reforestations, we didn't observe any oak natural regeneration.

In reforestations dominated by cork-oak, natural regeneration seems to be limited mainly by aridity.

In reforestations dominated by holm-oak, natural regeneration relates positively with height of planted trees. We observed an increase of regeneration in reforestations where trees were taller than 2m.

Figura 5. Esquemas da relação do nº de plântulas de quercíneas com a aridez, em reflorestações dominadas por sobreiro (esq.) e com a altura das árvores plantadas nas reflorestações dominadas por azinheira (dir.).

Figure 5. Relation of the number of oak seedlings with aridity, in reforestations dominated by cork-oak (left) and with the height of forest trees in reforestations dominated by holm-oak (right).



RECOMENDAÇÕES


Nas regiões semiáridas (índice de aridez < 0,5) as plântulas de quercíneas devem ser protegidas e apoiadas com medidas extraordinárias nos primeiros 2-3 anos de vida, como por exemplo: evitar a mobilização do solo, evitar o pastoreio através da construção de vedações ou do uso de protectores individuais, rega pontual nos meses mais secos, etc.

Caso a regeneração espontânea seja escassa, deverá considerar-se também a sementeira de quercíneas.

RECOMMENDATIONS

In semiarid areas (aridity index below 0.5) oak seedlings should be protected and supported during the first 2-3 years, by special measures such as: avoid mobilization of the soil; avoid grazing through the construction of fences or individual shelters; apply occasional irrigation during dryer periods, etc.

If natural regeneration is scarce, manual oak seeding should also be considered.

OBJECTIVO OBJECTIVE	ÍNDICE DE ARIDEZ ARIDITY INDEX	RECOMENDAÇÕES RECOMMENDED
Promover a regeneração de quercíneas PROMOTE OAK REGENERATION	> 0.5 Locais menos áridos LESS ARID AREAS	 protecção das plântulas SEEDLING PROTECTION
	< 0.5 Locais mais áridos MORE ARID AREAS	   protecção das plântulas SEEDLING PROTECTION
		  apoio à regeneração, por ex. rega pontual no verão; sementeira ASSISTANCE TO REGENERATION, E.G. OCCASIONAL IRRIGATION IN SUMMER, OAK SEEDING



Adapt
for Change

Adaptation to climate change by improving the success of reforestation in semi-arid areas

Ficha 2

Biodiversidade e habitat

Biodiversity and habitat

A biodiversidade é a base do funcionamento dos ecossistemas, sendo fundamental para a sua sustentabilidade e resiliência. A coexistência de diferentes espécies depende, em grande medida, da complexidade estrutural do habitat. A presença dos estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo origina uma estrutura vertical e horizontal diversa, criando microclimas e habitats distintos que proporcionam refúgio e alimentação para uma maior diversidade de organismos.

Biodiversity is the basis of ecosystem functioning, and is the key for its sustainability and resilience. The coexistence of different species largely depends on the structural complexity of the habitat. The presence of tree, shrub and herbaceous layers creates a diverse vertical and horizontal structure which provides distinct microclimates and habitats for a higher diversity of organisms.

Figura 6. Exemplos de espécies presentes em áreas reflorestadas (A) pisco de peito ruivo (*Erithacus rubecula*), (B) urze (*Erica sp.*) e (C) medronheiro (*Arbutus unedo*).

Figure 6. Example of species present in reforestation areas (A) European Robin (*Erithacus rubecula*), (B) heath (*Erica sp.*) and (C) strawberry tree (*Arbutus unedo*).



É IMPORTANTE PARA...

- ✓ assegurar a sustentabilidade e resiliência da floresta (diversidade de alimento e abrigo);
- ✓ promover a fertilidade do solo e prevenir a erosão (folhada diversa físico-quimicamente e cobertura do solo pelos vários estratos, que diminui a escorrência durante chuva torrenciais);
- ✓ melhorar a qualidade do ar (papel activo na remoção de poluentes);
- ✓ assegurar o sucesso da polinização (ex. abrigo e alimento para polinizadores);
- ✓ regulação climática, formando áreas com microclimas.

O QUE MEDIMOS?

A complexidade estrutural do habitat foi estimada com base na cobertura arbórea e arbustiva, e na biomassa de herbáceas em cada reflorestação. Foram registados todos os arbustos presentes ao longo de 3 transectos com ca. 20 m. A cobertura foi estimada através da percentagem do transecto “ocupada” por arbustos. Para estimar a biomassa de herbáceas, recolheu-se a biomassa aérea em 3 quadrados de 30x30 cm, sempre em linha de plantação, para evitar a variabilidade da entrelinha, que pode ter sido limpa ou não. Aquela foi depois seca e pesada, e traduzida em peso seco por hectare.

Figura 7. esquema representativo das reflorestações dominadas por pinheiros (à esq.), cujo sub-coberto é dominado pelo estrato arbustivo, e dominadas por quercíneas (à dir.), com um sub-coberto composto pelos estratos arbustivo e herbáceo.

Figure 7. scheme of reforestations dominated by stone-pine (left), where the understory is mainly composed of shrubs; and reforestation dominated by oak trees (right), where the understory is composed by shrubs and herbaceous layer.

IT IS IMPORTANT TO...

- ✓ ensure sustainability and forest resilience (diversity of food sources and shelter);
- ✓ promote soil fertility and prevent erosion (littler with diverse physic-chemical properties and soil cover with several strata, diminishing erosion during torrential rains);
- ✓ contribute to air quality (pollutants removal);
- ✓ ensure the success of pollination (e.g. shelter and food for pollinators);
- ✓ climatic regulation by creating areas with different microclimate.

WHAT DID WE MEASURE?

Habitat structural diversity was estimated at reforestations using tree and shrub cover, and herbaceous biomass. We registered all shrubs along 3 transects of about 20m. Shrub cover was estimated based on total percentage of transects covered by shrubs.

To estimate herbaceous biomass production, we collected all herbaceous plants in 3 quadrats of 30x30 cm, in each reforestation, always in plantation lines, to avoid variability of the inter-line, which in some cases was cleared and in others not. The collected biomass was dried, weighted, and used to calculate biomass per hectare.



Reforestações dominadas por pinheiro-mansô
Reforestation dominated by stone-pine

Reforestações dominadas por quercíneas
Reforestation dominated by oak trees

PRINCIPAIS RESULTADOS

Nas reflorestações dominadas por pinheiros observou-se uma maior cobertura de arbustos e menor produção de biomassa herbácea, comparativamente às reflorestações dominadas por quercíneas. Nestas últimas observou-se uma matriz mais equilibrada do estrato arbóreo, arbustivo e herbáceo, apresentando por isso maior complexidade estrutural.

Figura 8. Fotografias hemisféricas tiradas a cerca de 1 m do solo, viradas para a copa arbórea, numa reflorestação dominada por pinheiros (esq.) e dominada por quercíneas (dir.). Na primeira, as copas são mais fechadas e o sub-coberto é dominado por arbustos, sendo visível, inclusivamente, ramificações de esteva na fotografia; na segunda a copa é mais aberta, o que promove um sub-coberto onde se desenvolvem arbustos e herbáceas.

Figure 8. Hemispherical photos taken at 1 m above the ground towards the canopy, in a reforestation dominated by stone-pine (left) and dominated by oak trees (right). In the first photo (left), canopy is more closed, and the understory is dominated by shrubs. Some *Cistus ladanifer* branches are visible in the picture. In the second photo (right), the canopy is more open, under which both shrubs and grasses develop.

MAIN RESULTS

In reforestations dominated by stone-pine, we observed higher shrub cover and lower herbaceous biomass comparing with reforestations dominated by oak species. In the later, we observed a more balanced matrix of tree, shrub and herbaceous strata, thus a higher structural complexity.



RECOMENDAÇÕES

A criação de zonas com manejo diferenciado na mesma propriedade, por exemplo, zonas sem limpeza de matos ou com clareiras, pode promover a coexistência de zonas com estrato arbustivo e herbáceo, criando maior complexidade estrutural e maior diversidade de habitats.

RECOMMENDATIONS

Different types of management within the property, such as the creation of small areas without clearing or open tree canopy, promotes the coexistence of shrub and herbaceous patches, increasing structural complexity and habitat diversity.

OBJECTIVO OBJECTIVE	RECOMENDAÇÕES RECOMMENDED
Promover a complexidade estrutural do habitat PROMOTE STRUCTURAL COMPLEXITY OF THE HABITAT	 promover as reflorestações em baixa densidade de modo a permitir a existência de clareiras LOW DENSITY REFORESTATIONS TO MAINTAIN OPEN AREAS  definir zonas sem limpeza de matos, evitando corte e pastoreio DEFINE AREAS WITHOUT SHRUB CLEARING, AND PROTECTION FROM GRAZING



Adapt
for Change

Adaptation to climate change by improving the success of reforestation in semi-arid areas

Ficha 3

Biomassa e Produtividade

Biomass and Productivity

A biomassa produzida pelas árvores, arbustos e espécies herbáceas é um indicador da produtividade do ecossistema. Este parâmetro relaciona-se com a sustentabilidade ecológica e económica de uma região. A produção de biomassa depende sobretudo da fertilidade do solo e do clima, mas também da competição entre espécies para esses recursos (nutrientes do solo e água).

É IMPORTANTE PARA...

- ✓ fornecer alimento (ex. bolotas, pastagem) e matéria-prima para construção e combustível (ex. madeira, cortiça);
- ✓ regular o clima (por ensombramento, influência na infiltração da precipitação, conservação e disponibilidade de água);
- ✓ melhorar a qualidade do ar (remoção de poluentes);
- ✓ promover o sequestro de carbono;
- ✓ prevenir a erosão e promover a fertilidade do solo (ex. cobertura de herbáceas).

The biomass of trees, shrubs and herbaceous species is an indicator of the productivity of the ecosystem. This parameter is related to the ecological and economical sustainability of a region. Biomass production depends mainly on soil fertility and climate, but also from competition between species for those resources (soil nutrients and water).

IT IS IMPORTANT TO...

- ✓ food supply (e.g. acorns, pastures) and raw materials for construction and fuel (e.g. wood, cork);
- ✓ climate regulation (e.g. through shading, water infiltration, conservation and availability);
- ✓ improve air quality (pollutants removal);
- ✓ promote carbon sequestration and storage;
- ✓ erosion control (e.g. through herbaceous cover) and promotion of soil fertility.

O QUE MEDIMOS?

Em cada reflorestação, foram avaliados os estratos arbóreo, arbustivo e herbáceo. Foi determinado o número de árvores numa área de 0,1 ha, e medida a altura de todas as árvores com um hipsómetro. Para cerca de 1/3 das árvores, foi medido o diâmetro à altura do peito (DAP) e diâmetro da copa. A produtividade arbórea foi também estimada através do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Foram registados e medidos todos os arbustos presentes ao longo de 3 transectos com ca. 20 m. Foi também recolhida e pesada (depois de seca) a biomassa produzida por espécies herbáceas em 3 quadrados 30x30 cm, e posteriormente calculada a biomassa produzida por unidade de área.

PRINCIPAIS RESULTADOS

Nas reflorestações dominadas por pinheiros (onde se incluem as puras e as misturadas com quercíneas em que compoñham >50% das árvores) observou-se uma menor produção de biomassa de herbáceas e maior produtividade arbórea (estimada através do NDVI), comparativamente às reflorestações dominadas por quercíneas (misturadas com pinheiro ou puras). Relativamente ao crescimento das quercíneas, estas cresceram mais (maior altura e diâmetro do tronco) nas reflorestações só de quercíneas, do que nas reflorestações mistas de quercíneas e pinheiros. Isto sugere um efeito competitivo por parte dos pinheiros, limitante para o crescimento das quercíneas.

Figura 9. Recolha da biomassa de espécies herbáceas num quadrado de 30x30 cm.

Figure 9. Collection of herbaceous biomass in a 30x30 cm square.

WHAT DID WE MEASURE?

In each reforestation, trees, shrubs and herbaceous layers were evaluated. The number of trees was determined in an area of 0.1 ha and tree height was measured with a hypsometer. For about 1/3 of the trees, diameter at breast height (DBH), and canopy diameter were measured. Additionally, tree productivity was estimated by the NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Shrub cover was measured along three 20 m transects. Herbaceous aboveground biomass was collected in 3 squares of 30x30 cm and weighted (dry mass), to calculate the biomass produced per unit area.

MAIN RESULTS

Reforestation dominated by pines (mixed with oaks, composing >50% of the trees, or pure) showed a lower production of herbaceous biomass and higher tree biomass (evaluated through NDVI) than those dominated by oaks (mixed with pines or pure).

Regarding the growth of oak trees, these showed higher growth rates (higher tree height and trunk diameter) in pure oak reforestation than in mixed plantation with oaks and pines. This indicates that the growth of oak trees is limited by competition with pines.



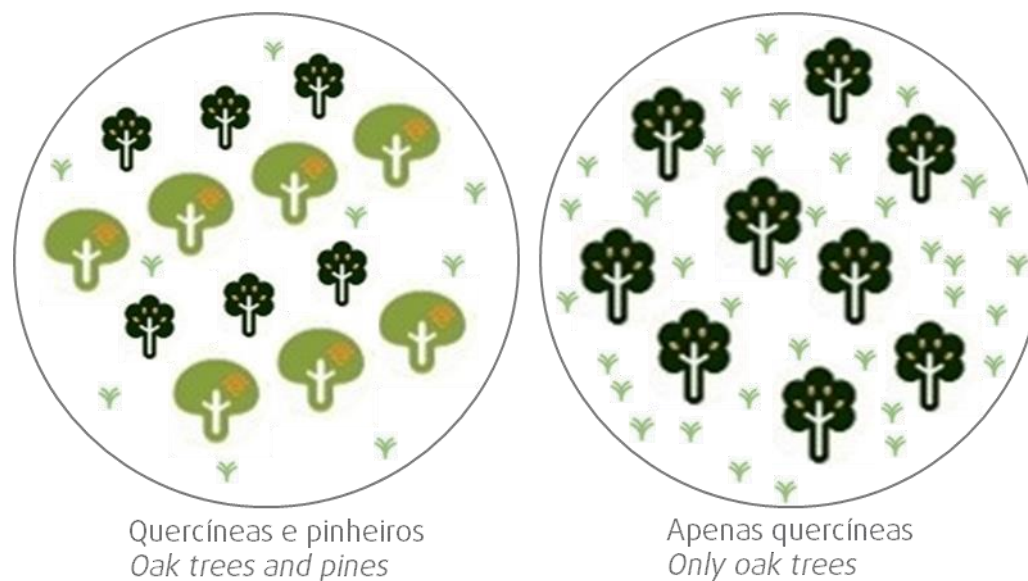
Figura 10. Reflorestação com quercíneas.

Figure 10. Oak tree reforestations.



Figura 11. Esquema representativo de reflorestações compostas por pinheiros e quercíneas (esq.), onde há uma maior produtividade arbórea, mas as quercíneas são menores e há menor produção de biomassa herbácea; e uma reflorestação composta apenas por quercíneas (dir.), onde estas são maiores e há maior produtividade herbácea.

Figure 11. Scheme of reforestations composed of both stone-pine and oak trees (left), where tree productivity is high, but oak trees are smaller and there is low herbaceous biomass productivity; and reforestations composed only by oak trees (right), where the trees are bigger and there is higher herbaceous biomass productivity.








RECOMENDAÇÕES

O tipo de reflorestação (mista ou apenas de quercíneas) e a densidade da plantação devem adaptar-se aos objectivos pretendidos: produzir biomassa arbórea (ex. maior produção de madeira), arbustiva (ex. produção de frutos e diversidade estrutural do habitat) ou herbácea (ex. cobertura do solo ou pastagens). Por exemplo, as reflorestações puras de quercíneas com baixa densidade, promovem o crescimento das quercíneas e, simultaneamente, a manutenção do estrato herbáceo (pastagens) e arbustivo.

RECOMMENDATIONS

The type of reforestation (only oak species or mixed with stone-pine) and tree density should be in accordance to the objectives: to promote tree biomass (acorns or wood), shrub biomass (e.g. fruits and biodiversity) or herbaceous biomass (e.g. soil protection and pastures). For instance, low density pure oak reforestations promote the growth of oak trees and, at the same time, the maintenance of herbaceous and shrub layers.

OBJECTIVO OBJECTIVE	RECOMENDAÇÕES RECOMMENDATIONS
Promover a biomassa arbórea a curto-prazo INCREASE TREE BIOMASS ON THE SHORT-TERM	 promover reflorestações de pinheiros REFORESTATIONS WITH PINES
Promover o crescimento de quercíneas INCREASE OAK TREES GROWTH	 promover reflorestações puras de quercíneas em baixa densidade LOW DENSITY PURE OAK REFORESTATIONS  evitar reflorestações mistas de pinheiros e quercíneas, ou reduzir a competição pelos pinheiros (ex. desbaste) AVOID MIXED PINE AND OAKS REFORESTATIONS OR REDUCE PINE COMPETITION E.G. THROUGH PINE THINNING
Promover a biomassa herbácea INCREASE HERBACEOUS BIOMASS	 reflorestações de quercíneas em baixa densidade LOW DENSITY OAK REFORESTATIONS  evitar reflorestações mistas de pinheiros e quercíneas, ou reduzir a competição pelos pinheiros (ex. desbaste) AVOID MIXED PINE AND OAKS REFORESTATIONS OR REDUCE PINE COMPETITION E.G. THROUGH PINE THINNING



Adapt
for Change

Adaptation to climate change by improving the success of reforestation in semi-arid areas

Ficha 4

Qualidade do solo

Soil quality

A qualidade do solo determina a sua fertilidade e a capacidade de armazenar e disponibilizar água e nutrientes para as plantas. É por isso um dos principais condicionantes da produtividade dos ecossistemas e consequentemente da sustentabilidade ecológica e económica de uma região. Além disso, as características do solo (e a sua maior ou menor capacidade para suportar plantas) determinam também a resiliência do ecossistema a perturbações (ex. erosão, pastoreio) e às alterações climáticas.

É IMPORTANTE PARA...

- ✓ aumentar a produtividade primária do ecossistema (disponibilidade de água e nutrientes);
- ✓ promover o sequestro de carbono;
- ✓ prevenir a erosão;
- ✓ manter a resiliência a perturbações e às alterações climáticas.

Figura 12. Recolha de amostras compostas de solo (até 15 cm de profundidade).

Figure 12. Collection of composite soil samples (until 15 cm depth).

The quality of the soil determines its fertility and capability to provide water and nutrients to vegetation. It is, therefore, a major factor affecting ecosystem productivity and, consequently, the ecological and economic sustainability of a region. Additionally, soil characteristics, (and its capability to support vegetation) are also determinant to ecosystem resilience to disturbances (ex. erosion or grazing) and to climate change.

IT IS IMPORTANT TO...

- ✓ increase the productivity of the ecosystem (availability of nutrients and water);
- ✓ promote carbon sequestration and storage;
- ✓ erosion prevention;
- ✓ maintain resilience to disturbance and to climate change.



O QUE MEDIMOS?

Em cada reflorestação foi recolhida uma amostra composta por 4 subamostras (recolhidas aleatoriamente) dos primeiros 15 cm de solo, excluindo a primeira camada de folhada, musgo ou líquenes, se presente. O solo foi crivado (crivo 2 mm) e na fracção crivada foi medido o conteúdo em matéria orgânica, carbono e azoto.

A proporção de solo descoberto foi medida em 3 transectos de ca. de 20 m, em cada reflorestação.

PRINCIPAIS RESULTADOS

Não se observaram diferenças no conteúdo em matéria orgânica nem na percentagem de solo descoberto entre reflorestações dominadas por pinheiros (mista ou puras) e dominadas por quercíneas (mistas ou puras). No entanto, verificámos uma relação entre a proporção de solo descoberto e o índice de aridez, em que reflorestações localizadas em locais mais áridos têm maior proporção de solo descoberto.

Figura 13. Relação da proporção de solo descoberto nas reflorestações, com o índice de aridez do local.

Figure 13. Relation between bare soil and the aridity index in reforestation.

WHAT DID WE MEASURE?

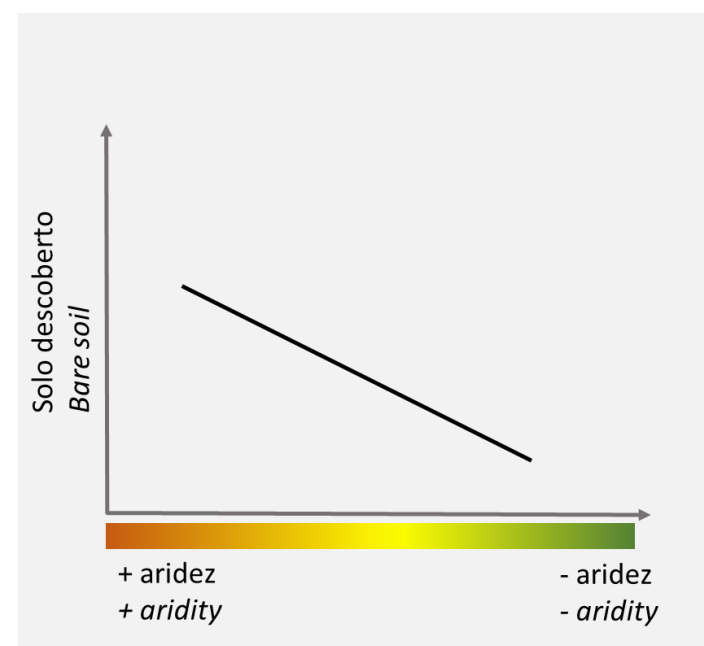
Composite soil samples, made with random 4 sub-samples, from the first 15 cm of the soil profile were collected at each reforestation, excluding the first layer of litter, moss or lichen if present. The sample was sieved with a 2mm mesh and the resulting fraction was used to determine the content of organic matter, nitrogen and carbon.

The proportion of bare soil was determined along 3 transects of about 20m in each reforestation.

MAIN RESULTS

Our results don't show differences for organic matter content and for the percentage of bare soil among different types of reforestation – if dominated by pines (mixed or pure) or if dominated by oak trees (mixed or pure).

Nevertheless, we observed higher bare soil cover with increasing aridity.



RECOMENDAÇÕES

Os diferentes tipos de reflorestação estudados contribuem de igual forma para a formação do solo (matéria orgânica) e para a sua cobertura (medido através da percentagem de solo descoberto), indicando que, na escala de tempo estudada (i.e. reflorestações com um máximo de 35 anos), não há um tipo de reflorestação que maximize este serviço em relação aos outros.

RECOMMENDATIONS

The different types of reforestation studies equally contribute to soil formation (organic matter) e for soil cover (measured by the percentage of bare soil). This suggests that, with the time frame studied (reforestations with a maximum of 35 years), there is no reforestation type that maximizes this ecosystem service over others.

OBJECTIVO	RECOMENDAÇÕES
OBJECTIVE	recommendations
Promover o teor de matéria orgânica no solo	 é indiferente optar por reflorestações puras ou mistas de quercíneas ou de pinheiros, para atingir este objectivo
PROMOTE SOIL ORGANIC MATTER CONTENT	IT IS INDIFFERENT TO IMPLEMENT PURE OR MIXED REFORESTATIONS WITH OAKS OR PINES
Promover a cobertura do solo para reduzir a erosão	 é indiferente optar por reflorestações puras ou mistas de quercíneas ou de pinheiros, para atingir este objectivo
PROMOTE SOIL COVER TO REDUCE EROSION	IT IS INDIFFERENT TO IMPLEMENT PURE OR MIXED REFORESTATIONS, WITH OAKS OR PINES



Adapt
for Change

Adaptation to climate change by improving the success of reforestation in semi-arid areas

Ficha 5

Resiliência às alterações climáticas

Resilience to climate change

As zonas de maior aridez são as mais susceptíveis às alterações climáticas, que já se fazem sentir no Alentejo, onde se tem verificado um aumento da aridez nas últimas décadas. Menor precipitação, distribuída de forma mais irregular e temperaturas mais elevadas podem reduzir a produtividade dos ecossistemas, aumentar a incidência de fogos e provavelmente de pragas. A maior ou menor gravidade destas alterações depende da resiliência dos ecossistemas, que assenta na presença de espécies adaptadas à aridez e capazes de atenuar os efeitos climáticos (por ex. através da regulação do clima), menos susceptíveis ao fogo e às pragas. Uma maior diversidade de espécies e de actividades também aumenta o leque de possibilidades, reduzindo os riscos de apostar numa só espécie ou actividade que pode ficar comprometida num cenário de maior aridez.

É IMPORTANTE PARA...

- ✓ assegurar a manutenção da produtividade do ecossistema (disponibilidade de água e nutrientes);
- ✓ regular o clima (capacidade de infiltração e conservação de água e atenuação de ondas de calor);
- ✓ promover o sequestro de carbono;
- ✓ prevenir a erosão;
- ✓ reduzir os riscos de perda ecológica e económica num cenário mais árido.

Areas with higher aridity are more sensitive to climate change. The effects are already affecting the *Alentejo* region, where aridity has been increasing in the past decades. Decreased and more irregular precipitation, coupled with increased temperatures can affect ecosystem productivity, increase the occurrence of fires and probably of plagues. The severity of these changes is inversely related with the resilience of the ecosystem. This depends on the presence of species adapted to aridity and capable of mitigate climate change effects (ex. climatic regulation), species less prone to suffer with fire and plagues. Additionally, higher diversity of species and activities in the ecosystem increases the possibility of adaptation to climate change, by decreasing the risk of high losses under a climate change scenario.

IT IS IMPORTANT TO...

- ✓ ensure the maintenance of ecosystem productivity (availability of water and nutrients);
- ✓ climate regulation (improving water infiltration and mitigating heat waves);
- ✓ promote carbon sequestration;
- ✓ prevent erosion;
- ✓ reduce the risk of ecological and economic loss due to increased aridity.

O QUE MEDIMOS?

Para comparar os principais tipos de reflorestação, fez-se uma classificação qualitativa de cada espécie-chave (azinheira, sobreiro e pinheiro-mansão) relativamente a 5 critérios cruciais para a resiliência, com base nos resultados obtidos e em bibliografia publicada. Para cada um dos critérios atribuiu-se um valor indicativo da sua contribuição para a resiliência do ecossistema (1 – baixa; 2 – média; 3 – alta):

Sequestro de carbono: pinheiro (3) > sobreiro (2) > azinheira (1)

Resiliência ao fogo: sobreiro (3) > azinheira (2) > pinheiro (1)

Resiliência a pragas: azinheira = sobreiro = pinheiro (2)

Resiliência à aridez: azinheira (3) > sobreiro (2) > pinheiro (2)

Diversificação de actividades: azinheira (3) > sobreiro (2) > pinheiro (1)

O valor atribuído a cada espécie foi baseado, respectivamente para cada critério, na taxa de crescimento das árvores, na capacidade de sobrevivência ao fogo, na sensibilidade a pragas, no óptimo climático ecológico e na diversidade de actividades que tipicamente se desenvolvem nestas florestas.

PRINCIPAIS RESULTADOS

Atendendo aos critérios considerados, as reflorestações dominadas por azinheira e por sobreiro (puras ou mistas) aparentam, de uma forma geral, uma maior resiliência (maior área do gráfico) num cenário de alterações climáticas, do que as dominadas por pinheiro (Fig. 14).

WHAT DID WE MEASURE?

To compare different types of reforestation, we made a qualitative classification, based on our results and on published bibliography, for each tree species (holm-oak, cork-oak and stone-pine), considering 5 criteria that are crucial for ecosystem resilience. For each criteria, we attributed a value for its contribution to the ecosystem's resilience (1 – low resilience, 2 – medium, 3 – high resilience):

Carbon sequestration: stone-pine (3) > cork-oak (2) > holm-oak (1)

Resilience to fire: cork-oak (3) > holm-oak (2) > stone-pine (1)

Resilience to plagues: holm-oak = cork-oak = stone-pine (2)

Resilience to aridity: holm-oak (3) > cork-oak (2) > stone-pine (2)

Diversity of activities: holm-oak (3) > cork-oak (2) > stone-pine (1)

The value attributed to each species was based, respectively for each criterion, on the growth rate of trees, on the ability to survive fire, on the susceptibility to plagues, on the optimum ecological climate, and on the diversity of activities that can be typically developed in these forests.

MAIN RESULTS

Within the evaluated criteria, reforestations dominated by oaks (mixed and pure) are, in general terms, more resilient to climate change, than those dominated by stone-pine (higher area in the graphic of Fig. 14).



Figura 14. Comparação dos vários serviços do ecossistema, para os 3 tipos de reflorestação.

Figure 14. Scores for each ecosystem service, among 3 different reforestation types.

RECOMENDAÇÕES

Adequar o tipo de reflorestação aos objectivos não só de curto prazo, mas sobretudo num cenário de alterações climáticas. O tipo de reflorestações a adoptar e as estratégias de gestão das mesmas devem ter em conta os critérios que se pretende maximizar em cada caso/contexto.

RECOMMENDATIONS

We recommend to choose the reforestation type having into account not only the short-time objectives, but also the predicted scenario of climate change. The type of reforestation, and the management applied, should be in accordance with the criteria to be promoted in each case/context.

OBJECTIVO OBJECTIVE	RECOMENDAÇÕES RECOMMENDED
Reduzir susceptibilidade ao fogo REDUCE FIRE RISK	<p>↻ reflorestações puras ou mistas dominadas por quercíneas REFORESTATIONS DOMINATED BY, OR COMPOSED ONLY OF, OAK SPECIES</p> <p>↻ evitar reflorestações dominadas por pinheiro, sobretudo em declives AVOID REFORESTATIONS DOMINATED BY PINES, ESPECIALLY IN SLOPES</p> <p>↻ faixas de descontinuidade da vegetação nas reflorestações MAINTAIN STRIPS CLEARED OF VEGETATION WITHIN REFORESTATIONS</p>
Reduzir susceptibilidade a pragas REDUCE SUSCEPTIBILITY TO PLAGUES	<p>↻ reduzir a perturbação do solo, de modo a não destruir as raízes superficiais, em reflorestações dominadas por quercíneas AVOID SOIL DISTURBANCE TO PREVENT ROOT DAMAGE IN REFORESTATIONS DOMINATED BY OAK SPECIES</p> <p>↻ reforçar procedimentos que evitem a propagação de pragas e doenças (ex. desinfecção de maquinaria e materiais) em reflorestações dominadas por quercíneas REINFORCE PROCEDURES THAT AVOID PLAGUES AND DISEASES (E.G. DISINFECT MACHINERY AND MATERIALS) IN REFORESTATIONS DOMINATED BY OAK SPECIES</p>
Reduzir susceptibilidade à aridez REDUCE SUSCEPTIBILITY TO ARIDITY	↻ reflorestações de quercíneas, sobretudo de azinheira, que tem maior tolerância à aridez REFORESTATIONS WITH OAK SPECIES, ESPECIALLY HOLM-OAK, WHICH HAS HIGHER TOLERANCE TO ARIDITY
Sequestro de carbono a curto prazo SHORT-TERM CARBON SEQUESTRATION	↻ reflorestações com pinheiro-manso REFORESTATIONS WITH STONE-PINE
Diversificar espécies e actividades, como forma de adaptação às alterações climáticas DIVERSITY OF SPECIES AND ACTIVITIES, AS AN ADAPTATION MEASURE	<p>↻ reflorestações puras ou mistas dominadas por quercíneas (mais biodiversidade e potencial para diversificar actividades como pastoreio, apicultura, caça, etc.) REFORESTATIONS PURE OF MIXED OF OAK SPECIES (HIGHER BIODIVERSITY AND POTENTIALLY HIGHER DIVERSITY OF ACTIVITIES, SUCH AS GRAZING, BEEKEEPING, HUNTING, ETC.)</p> <p>↻ promover maior heterogeneidade no coberto vegetal nas reflorestações PROMOTE HETEROGENEITY AMONG THE VEGETATION IN REFORESTATIONS</p>



Adapt
for Change

Adaptation to climate change by improving the success of reforestation in semi-arid areas

Síntese e notas finais Synthesis and final remarks

A avaliação das reflorestações das zonas semiáridas durante as últimas décadas, sob o ponto de vista dos principais serviços do ecossistema nessas áreas, é uma ferramenta importante que permite, não só diagnosticar a situação actual, mas também elaborar recomendações sobre as práticas de implementação ou gestão de reflorestações que maximizam cada um dos serviços abordados.

ADEQUAR O TIPO DE REFLORESTAÇÃO AOS OBJECTIVOS E CONTEXTO

De uma forma geral, os resultados obtidos sugerem que o tipo de reflorestação adoptado, as características das reflorestações (ex. densidade de plantação) e a sua gestão (ex. limpeza de matos), devem ser repensadas e planeadas de forma mais flexível, tendo em conta os objectivos/serviços que se pretende maximizar em cada caso, bem como o contexto climático e topográfico dos locais a reflorestar. Por exemplo, se o objectivo for promover o crescimento de quercíneas, a utilização de pinheiro-mansinho em reflorestações mistas não é benéfica a médio-prazo (15-20 anos), pelo que as reflorestações devem ser planeadas e geridas nesse sentido.

The evaluation of reforestations from semiarid areas executed in the past decades, based on ecosystem services, is an important tool for diagnosing their current situation and also to elaborate recommendations of the best implementation and management practices to maximize those services.

ADAPT THE REFORESTATION TO OBJECTIVES AND CONTEXT

In general, our results suggest that the type of reforestation, its characteristics (such as tree density) and its management (e.g. shrub clearing) should be planned in a more flexible way, taking into account the aims/services and also climatic and topographic context of each area. For example, if the objective is to promote oak growth, mixed reforestation of pines and oaks are not beneficial in the medium-term (15-20 years), so these reforestations should be planned and managed accordingly.

PROMOVER MAIOR HETEROGENEIDADE NAS REFLORESTAÇÕES COMO FORMA DE ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

A promoção de uma maior heterogeneidade espacial nas reflorestações, por exemplo, através da redução da densidade de plantação, ou da criação de áreas com diferentes densidades de árvores ou com gestão diferenciada - áreas sem limpeza de mato, áreas com clareiras para promover o estrato herbáceo - dentro da mesma propriedade, pode ser importante para promover a biodiversidade e alargar o leque de actividades económicas possíveis nestas áreas (ex. pastoreio, apicultura, caça, etc.). Esta diversificação é crucial para a resiliência dos ecossistemas (ex. mantendo a produtividade sob diversas condições) e para a diversificação das fontes de rendimento das populações num cenário de alterações climáticas.

PROMOTE HIGHER HETEROGENEITY IN REFORESTATIONS AS AN ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE

Increase the spatial heterogeneity in reforestation, by reducing tree density or by creating areas with diverse tree density or without shrub clearance, in order to promote both shrub and herbaceous patches, may promote biodiversity and allow a diversity of economic activities (e.g. grazing, beekeeping, hunting, etc.). These are crucial to promote ecosystem resilience (ex. maintaining productivity constant) and to diversify income sources for local populations in a scenario of climate change.

TIPO DE REFLORESTAÇÃO

REFORESTATION TYPE

	REGENERAÇÃO NATURAL DAS FLORESTAS FOREST NATURAL REGENERATION	BIODIVERSIDADE E ESTRUTURA DO HABITAT BIODIVERSITY AND HABITAT STRUCTURE	BIOMASSA E PRODUTIVIDADE BIOMASS AND PRODUCTIVITY	QUALIDADE DO SOLO SOIL QUALITY	RESILIÊNCIA ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS RESILIENCE TO CLIMATE CHANGE
DOMINADA POR PINHEIRO DOMINATED BY PINES	↔	↓	↑ arbórea trees	↔	↓
DOMINADA POR SOBREIRO DOMINATED BY CORK-OAK	↔	↑	↑ herbácea herbaceous	↔	↑
DOMINADA POR AZINHEIRA DOMINATED BY HOLM-OAK	↔	↑	↑ herbácea herbaceous	↔	↑

GESTÃO DA REFLORESTAÇÃO

REFORESTATION MANAGEMENT

	REGENERAÇÃO NATURAL DAS FLORESTAS FOREST NATURAL REGENERATION	BIODIVERSIDADE E ESTRUTURA DO HABITAT BIODIVERSITY AND HABITAT STRUCTURE	BIOMASSA E PRODUTIVIDADE BIOMASS AND PRODUCTIVITY	QUALIDADE DO SOLO SOIL QUALITY	RESILIÊNCIA ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS RESILIENCE TO CLIMATE CHANGE
REDUÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTAÇÃO REDUCE TREE DENSITY		↑	↑		
DESBASTE DE PINHEIROS PINE THINNING	↑	↑	↑ quercíneas e herbáceas oaks and herbaceous		↑
ZONAS DE PROTECÇÃO À HERBIVORIA* AREAS OF GRAZING EXCLUSION	↑	↑	↑		
REGA PONTUAL NO VERÃO** OCCASIONAL IRRIGATION DURING SUMMER	↑	↑	↑		
ZONAS SEM LIMPEZA DE MATOS AREAS WITHOUT SHRUB CLEARANCE	↑	↑	↑	↑	↑

* protecção do pastoreio através de vedação ou instalação de protectores individuais nas plântulas de quercíneas | grazing exclusion using fences or tree shelters around oak seedlings.

** durante os primeiros 2-3 anos das plântulas | during the first 2-3 years of the seedlings.

- DGRF 2006a. Estratégia Nacional para as Florestas. Versão Intermédia para Discussão Pública. Direcção Geral dos Recursos Florestais, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Lisboa, pp. 28-33.
- DGRF 2006b. Plano Regional de Ordenamento Florestal do Baixo Alentejo. Direcção-Geral dos Recursos Florestais. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G. & Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25, 1965-1978.
- ICNF 2016. Divisão de Apoio à Produção Florestal e Valorização dos Recursos Silvestres / Departamento de Gestão e Produção Florestal. Regime jurídico aplicável às acções de arborização e re-arborização (RJAAR). Principais indicadores (outubro de 2013 a julho de 2016). Nota informativa.
- Mendes, A.M.S.C. & Dias, R.S. 2002. Financial Instruments of Forest Policy in Portugal in the 1980s and 1990s. In Andreas Ottitsch, Ilpo Tikkanen & Pere Riera eds. *Financial Instruments of Forest Policy*. EFI Proceedings. Joensuu. Finland. European Forest Institute. No 42: pp. 95-116.
- Middleton, N. & Thomas, D. 1992. *World Atlas of Desertification*: United Nations Environmental Programme. Arnold.
- Pereira, H. M., Domingos, T., Marta-Pedroso, C., Proença, V., Rodrigues, P., Ferreira, M., & Nogal, A. 2009. Uma avaliação dos serviços dos ecossistemas em Portugal. *Ecossistemas e Bem-Estar Humano-Avaliação para Portugal do Millenium Ecosystem Assessment*, 687-716.
- Trabucco, A. & Zomer, R. 2009. Global aridity index (global-aridity) and global potential evapo-transpiration (global-PET) geospatial database. CGIAR Consortium for Spatial Information. Published online, available from the CGIAR-CSI GeoPortal at: [http://www.csi.cgiar.org/\(2009\)](http://www.csi.cgiar.org/(2009).). Global Aridity Index (Global-Aridity) and Global Potential Evapo-Transpiration (Global-PET) Geospatial Database. In. CGIAR Consortium for Spatial Information.

BOAS PRÁTICAS DE REFLORESTAÇÃO – Sector das Florestas em zonas semiáridas

Para Citação: Nunes A. et al. (2016), *Boas práticas de reflorestação – Sector das Florestas em zonas semiáridas*, Fundação Faculdade de Ciências Universidade de Lisboa, Lisboa, 37pp. [versão: 01 Março de 2017]

URL: <http://echanges.fc.ul.pt/projetos/adaptforchange/>

Autores: Alice Nunes, Melanie Köbel, Adriana Príncipe, Helena Serrano, Cristina Soares, Pedro Pinho, Paula Matos, André Vizinho, Maria Bastidas, Maria José Roxo, Cristina Branquinho

Edição: FFCUL – Fundação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Design de Infografia e paginação: Ana Caldas, Melanie Köbel e Helena Serrano

Iniciativa projecto *AdaptForChange*: FFCUL-cE3c, ADPM, FCSH-UNL, CChange



Parceiros: ICNF – Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas; IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera.



FINANCIAMENTO

Através dos fundos *EEA Grants* e *Norway Grants*, a Islândia, Liechtenstein e Noruega contribuem para reduzir as disparidades sociais e económicas e reforçar as relações bilaterais com os países beneficiários na Europa. Os três países doadores cooperam estreitamente com a União Europeia através do Acordo sobre o Espaço Económico Europeu (EEE). Para o período 2009-14, as subvenções do *EEA Grants* e do *Norway Grants* totalizam o valor de 1,79 mil milhões de euros. A Noruega contribui com cerca de 97% do financiamento total. Estas subvenções estão disponíveis para organizações não-governamentais, centros de investigação e universidades, e sectores público e privado nos 12 Estados-membros integrados mais recentemente na União Europeia, Grécia, Portugal e Espanha. Há uma ampla cooperação com entidades dos países doadores, e as actividades podem ser implementadas até 2016. As principais áreas de apoio são a protecção do ambiente e alterações climáticas, investigação e bolsas de estudo, sociedade civil, a saúde e as crianças, a igualdade de género, a justiça e o património cultural.

O projecto *AdaptForChange* está integrado no Programa AdaPT, gerido pela Agência Portuguesa do Ambiente, IP (APA), enquanto gestora do Fundo Português de Carbono (FPC), tendo recebido o valor total de 103.377,60 euros, co-financiado a 85% pelo *EEA Grants* e a 15% pela FPC. O objectivo do projecto *AdaptForChange* é melhorar o sucesso da reflorestação em zonas semiáridas e promover a adaptação das florestas às alterações climáticas.

Programa AdaPT

