

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

VIABILIDADE DE ESPÉCIES RIPÍCOLAS NA IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DE ENGENHARIA NATURAL EM CENÁRIOS DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Dissertação de Mestrado em Arquitetura Paisagista

David Machado Miguel

Orientação: Professor Doutor Mário Gabriel Santiago dos Santos

Professora Doutora Edna Carla Janeiro Cabecinha da Câmara Sampaio



Vila Real, 2020

“Não existe Plano B, porque não existe Planeta B” - Ban Ki Moon

AGRADECIMENTOS

A realização da presente dissertação foi um grande marco na minha vida, deste modo, gostaria de agradecer a todos os que contribuíram tanto de forma direta como indireta no processo de concretização deste trabalho.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus orientadores e professores Mário Santos Edna Cabecinha e, pela dedicação na orientação deste trabalho, por todo o apoio, paciência e esforço prestado durante a realização deste projeto.

À cooperativa Rupestris, pelo apoio e disponibilização do espaço e materiais para a realização deste trabalho.

Ao Luís Lamas pelo grande ajuda e apoio prestado durante todo o processo e pela experiência transmitida na elaboração de alguns passos para a realização do trabalho.

Aos meus colegas, que me acompanharam durante este percurso académico e, em especial, aos meus colegas António Martins e Sérgio Pascoal, pelo seu apoio durante toda esta jornada.

À minha família, em especial aos meus pais, pelo carinho, amor, compreensão e esforço para poderem estar presente em todos os meus momentos do percurso académico. Agradeço imenso pelas palavras e apoio, permitindo-me levantar de maus momentos e nunca desanimar perante as dificuldades.

Ao meu irmão por me ajudar na elaboração deste trabalho de uma forma mais correta.

A ti, Inês Costa, por acreditares em mim e estares sempre presente, nos bons e maus momentos, por todo o apoio e amor incondicional.

Um agradecimento sincero a todos vós...

RESUMO

O crescimento populacional implica uma maior procura por recursos naturais de forma a garantir a sobrevivência da espécie. Esta procura por um bem limitado, traz implicações no bom funcionamento dos ecossistemas. Muitas alterações apresentam impactos na biodiversidade e nos serviços dos ecossistemas, quer a uma escala local como numa escala global, normalmente associados a eventos extremos, tais como cheias, inundações, furacões, tempestades, incêndios, etc.

Numa tentativa de minimizar estes impactos negativos, foram criadas várias abordagens sócio ecológicas que poderão gerar diversos benefícios para a natureza e para o ser humano.

A Engenharia Natural é uma das soluções que, com o uso de material proveniente da natureza, permite o restauro dos ecossistemas que tenham sido degradados por ação do homem ou pela Natureza. Esta engenharia utiliza maioritariamente, plantas ou parte de plantas, como sementes, estacas, troncos, na execução da sua intervenção.

Considerando as previsões de alterações climáticas expectáveis, é importante estudar quais as consequências dessas alterações sobre a vegetação e, consequentemente, as técnicas de Engenharia Natural onde essa vegetação é integrada.

Neste âmbito, o presente trabalho procurou testar os efeitos que uma alteração na pluviosidade poderá acarretar sobre a viabilidade da utilização da técnica de estacaria com três espécies ripícolas comumente utilizadas em Engenharia Natural: *Alnus glutinosa*, *Populus alba* e *Salix atrocinerea*.

Os resultados obtidos, através dos vários indicadores de viabilidade estudados, mostram que uma redução progressiva da pluviometria, simulando um cenário pluviométrico negativo, afetam negativamente as espécies, tanto sazonalmente como anualmente. A espécie *Populus alba* apresentou alguma sensibilidade na resposta, o *Salix atrocinerea* muita sensibilidade enquanto o *Alnus glutinosa* foi severamente afetado pela redução na pluviometria. No entanto, nos casos onde se aumentaram os valores de pluviometria, todas as espécies apresentaram grande sensibilidade quando confrontados com condições secas e quentes que ocorreram no final da experiência.

Palavras-chave: Soluções baseadas na Natureza; Engenharia Natural; Alterações Climáticas; Manipulação Pluviométrica.

ABSTRACT

The growing population has increasingly demanded resources, which are limited, to meet their needs, with implications for ecosystems' functioning. Many changes have impacts on biodiversity and ecosystem services, both globally and locally, as well as linked to extreme events such as floods, hurricanes, storms, fires, etc.

In order to try to minimize these impacts, there are several socio-ecological approaches can generate various benefits for nature and humans.

Natural Engineering is one of the solutions that, with the use of material from nature, allows the restoration of ecosystems that have been degraded by human activity or by Nature. This engineering uses mostly plants or part of plants, such as seeds, cuttings, trunks, in the execution of its intervention. Considering the expected climatic changes, it is important to study the impacts of these changes on vegetation and, consequently, on natural engineering techniques.

In this context, this work has tested the effects of a change in future rainfall on the feasibility of using the piling technique with three riparian species commonly used in Natural Engineering, *Alnus glutinosa*, *Populus alba*, and *Salix atrocinerea*.

The results obtained, through the various viability indicators studied, show that a progressive reduction in rainfall, simulating a negative rainfall scenario, negatively affect species, both seasonally and annually. *Populus alba* shows some sensitivity in the response, *Salix atrocinerea* a lot of sensitivity while *Alnus glutinosa* was severely affected by the reduction in rainfall. However, in cases where rainfall values were increased, all species dissipated great sensitivity when faced with dry and hot conditions that occurred at the end of experience.

Keywords: Nature based solutions; Bioengineering; Climate change; Rainfall manipulations.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. RECUPERAÇÃO DE ECOSISTEMAS DEGRADADOS	1
1.2. A IMPORTÂNCIA DAS SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA NUM CONTEXTO GLOBAL	4
1.3. SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA, UM TERMO EMERGENTE NO COMBATE ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS	8
1.3.1 CENÁRIOS E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS	9
1.4. O MATERIAL VEGETAL COMO ELEMENTO CONSTRUTIVO – ENGENHARIA NATURAL	11
1.4.1 EFEITO DO CLIMA NO MATERIAL VEGETAL	13
Temperatura	14
Precipitação	14
2. MATERIAL E ABORDAGEM METODOLÓGICA	17
2.1. OBJETIVOS	17
2.2. ÁREA DE ESTUDO	18
2.2. A ESCOLHA DO MATERIAL VEGETAL	19
2.2.1 <i>Alnus glutinosa</i>	20
2.2.2 <i>Populus alba</i>	21
2.2.3 <i>Salix atrocinerea</i>	22
2.3 METODOLOGIA DO TRABALHO	23
2.3.1 Estudo prévio	23
2.3.2 Estrutura do ensaio e instalação do material vegetal	25
2.3.3 Processo da manipulação e análise	29
3. RESULTADOS	33
3.1 DADOS METEOROLÓGICOS	33
3.2. DADOS DE DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO	34
3.2.1. Desenvolvimento das estacas Durante a experiência	34
<i>Alnus glutinosa</i>	34
<i>Populus alba</i>	36
<i>Salix atrocinerea</i>	38
3.3. RESULTADOS FINAIS (JUNHO)	40
3.3.1. Intra-Espécie	40
<i>Alnus glutinosa</i>	40
<i>Populus alba</i>	48
<i>Salix atrocinerea</i>	56
3.2.2. Comparações Inter-Espécies	64
4. DISCUSSÃO	78
Desenvolvimento das estacas durante o estudo	78
Comparações inter-espécie	79
5. CONCLUSÃO	88
6. BIBLIOGRAFIA	90
ANEXOS	1
ANEXO 1 – ETAPAS DE ELABORAÇÃO DO TRABALHO	1

ANEXO 2 – PROCESSOS DE MANIPULAÇÃO	13
ANEXO 3 – DADOS DOS RESULTADOS.....	16
ANEXO 4- DADOS DE RESULTADOS FINAIS	42
ANEXO 5- COMPARAÇÕES DOS CENÁRIOS PLUVIOMÉTRICO INTER-ESPÉCIE.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplos do declínio global na natureza, nomeadamente da biodiversidade, causadas por pressões diretas ou indiretas (IPBES, 2019).....	3
Figura 2 - Conceito global das soluções baseadas na natureza para abordagens relacionadas com os ecossistemas (IUCN, 2016).	7
Figura 3 - Localização da área de estudo (Limite vermelho) na Cooperativa Rupestris (Limite Amarelo) no Campus da Universidade Trás-os-Montes e Alto dourado. Fontes: Google Earth	18
Figura 4 - Área da Cooperativa Rupestris (limite verde) e zona da instalação do ensaio (Limite Vermelho). Fonte: Google Earth (2020).....	18
Figura 5 - Modelo da estrutura do ensaio, contendo quatro retângulos com valores aproximadamente 0,25 cm ²	25
Figura 6 - Localização e disposição das estruturas inseridas no local definitivo da experiência.	25
Figura 7 - Amostra da terra vegetal utilizada nos ensaios, proveniente de um solo florestal.	26
Figura 8 - Preenchimento dos vários ensaios com terra vegetal, aproximadamente 6 cm, após a colocação do plástico.	26
Figura 9 - Reforço da estrutura de cobertura dos ensaios, inserindo nos postes na parte superior da estrutura.....	27
Figura 10 - Dimensões do material vegetal obtido. Da esquerda para a direita encontram-se as seguintes espécies: Salix atrocinerea, Populus alba e Alnus glutinosa.....	28
Figura 11 - Instalação das estacas nos vários retângulos dos ensaios, contendo 30 estacas em cada um. Visível na imagem os ensaios da espécie Salix atrocinerea.....	28
Figura 12 - Colocação dos recipientes no terreno, com o encaixe do funil no topo de cada um.....	29
Figura 13 - Pulverizador Vito Agro com capacidade de 5L utilizado na rega dos tratamentos. Fonte: Vito-Tools, s.d.....	30

ÍNDICE DE TABELAS E GRÁFICOS

Tabela 1 - Descrição das etapas realizadas no Anteprojeto, para a realização da experiência.....	23
Tabela 2 - Valores de Cenários Pluviométricos.....	24
Tabela 3 - Tabela de Excel, como exemplo, dos valores de rega dos diferentes Cenários Pluviométricos.	30
Tabela 4 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos, para o número médio de ápices por estaca, em <i>Alnus glutinosa</i> , ajustando o valor de P com método de Bonferroni. Nove tratamentos foram considerados: O Controlo; os quatro tratamentos positivos e quatro tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativos; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$)......	40
Tabela 5 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos, para o número médio de ápices foliares por estaca, em <i>Alnus glutinosa</i> , ajustando o valor de p com método de Bonferroni. Nove tratamentos foram considerados: O Controlo; os quatro tratamentos positivos e quatro tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativos; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$)......	42
Tabela 6 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos, para o número médio de folhas por estaca, em <i>Alnus glutinosa</i> , ajustando o valor de p com método de Bonferroni. Nove tratamentos foram considerados: O Controlo; os quatro tratamentos positivos e quatro tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativos; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$)......	43
Tabela 7 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos, para o Tamanho médio de folhas por estaca, em <i>Alnus glutinosa</i> , ajustando o valor de p com método de Bonferroni. Oito tratamentos foram considerados: O Controlo; os quatro tratamentos positivos e três tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativos; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$)......	44
Tabela 8 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos, para o número de raízes por estaca, em <i>Alnus glutinosa</i> , ajustando o valor de p com método de Bonferroni. nove tratamentos foram considerados: O Controlo; os quatro tratamentos positivos e quatro tratamentos negativos juntamente com os valores de significância (Ns, não significativos; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$)	45
Tabela 9 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos, para o tamanho de raízes por estaca, em <i>Alnus glutinosa</i> , ajustando o valor de p com método de Bonferroni. Quatro tratamentos foram considerados: o Controlo, dois tratamentos positivos e um tratamento negativo.	46
Tabela 10 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos para número médio de ápices por estaca em <i>Populus alba</i> , ajustando o valor de p com método de Bonferroni. Nove tratamentos foram considerados: O Controlo; os quatro tratamentos positivos e quatro tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativos; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).	48
Tabela 11 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos para número médio de folhas por estaca na espécie <i>Populus alba</i> , ajustando o valor de P com método de Bonferroni. Nove ensaios foram considerados: O Controlo; os quatro tratamentos positivos e quatro tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).	50
Tabela 12 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos para número médio de folhas secas por estaca na espécie <i>Populus alba</i> , ajustando o valor de P com método de Bonferroni. Nove ensaios foram considerados: O Controlo; os quatro tratamentos positivos e quatro tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).	51
Tabela 13 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos para o tamanho médio de folhas por estaca na espécie <i>Populus alba</i> , ajustando o valor de P com método de Bonferroni. Oito ensaios foram considerados: O Controlo; os quatro tratamentos positivos e três tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$)......	53
Tabela 14 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos para o número de raízes por estaca na espécie <i>Populus alba</i> , ajustando o valor de P com método de Bonferroni. Nove ensaios foram considerados: O Controlo; os quatro tratamentos positivos e quatro tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$). Erro! Marcador não definido.	
Tabela 15 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos para o tamanho médio de raízes por estaca na espécie <i>Populus alba</i> , ajustando o valor de P com método de Bonferroni Oito ensaios foram considerados: O Controlo; os quatro tratamentos positivos e três tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$)......	55

Tabela 16 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos para o número de ápices por estaca na espécie <i>Salix atrocinerea</i> , ajustando o valor de P com método de Bonferroni. Nove tratamentos foram considerados: O Controlo; os quatro tratamentos positivos e quatro tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativos; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).	57
Tabela 17 -. Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos para o número de folhas por estaca na espécie <i>Salix atrocinerea</i> , ajustando o valor de P com método de Bonferroni. Nove ensaios foram considerados: O Controlo; os quatro tratamentos positivos e quatro tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).	58
Tabela 18 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos para o tamanho das folhas por estaca na espécie <i>Salix atrocinerea</i> , ajustando o valor de P com método de Bonferroni. Oito ensaios foram considerados: O Controlo; os quatro tratamentos positivos e três tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).	60
Tabela 19 -- Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos para o número de raízes por estaca na espécie <i>Salix atrocinerea</i> , ajustando o valor de P com método de Bonferroni. Nove ensaios foram considerados: O Controlo; os quatro tratamentos positivos e três tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).	61
Tabela 20 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos para o tamanho das raízes por estaca na espécie <i>Salix atrocinerea</i> , ajustando o valor de P com método de Bonferroni. Nove ensaios foram considerados: O Controlo; os quatro tratamentos positivos e três tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).	63
Tabela 21 – Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre espécies (Ag, Pa, Sa) para o número de ápices, ajustando a probabilidade com método de Bonferroni juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).	64
Tabela 22 - Teste de Kruskal-Wallis para a diferença no número de ápices entre espécies (Ag, Pa, Sa) em diferentes tratamentos, com a mediana do número de ápices por espécie nos tratamentos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$), ajustando o valor de p com método de Bonferroni.....	65
Tabela 23 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre espécies (Ag, Pa, Sa) para o número de ápices em diferentes tratamentos, ajustando o valor de P com método de Bonferroni, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).	66
Tabela 24 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre espécies (Ag, Pa, Sa) para o número de folhas, ajustando o valor de P com método de Bonferroni (Ns, não significativo; **, $p < 0,05$; ***, $p < 0,001$).	67
Tabela 25 - Teste de Kruskal-Wallis para a diferença no número de folhas entre espécies (Ag, Pa, Sa) em diferentes tratamentos, com a mediana do número de folhas por espécie nos tratamentos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$), ajustando o valor de p com método de Bonferroni.....	68
Tabela 26 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre espécies (Ag, Pa, Sa) para o número de folhas em diferentes tratamentos, ajustando o valor de P com método de Bonferroni, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).	69
Tabela 27 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre espécies (Ag, Pa, Sa) para o tamanho médio das folhas, ajustando o valor de P com método de Bonferroni (Ns, não significativo; **, $p < 0,05$; ***, $p < 0,001$).	69
Tabela 28 - Teste de Kruskal-Wallis para a diferença no tamanho médio das folhas entre espécies (Ag, Pa, Sa) em diferentes tratamentos, com a mediana do tamanho médio das folhas por espécie nos tratamentos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$), ajustando o valor de p com método de Bonferroni.....	70
Tabela 29 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre espécies (Ag, Pa, Sa) para o tamanho médio das folhas em diferentes tratamentos, ajustando o valor de P com método de Bonferroni, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).	71
Tabela 30 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre espécies para o número de raízes, ajustando o valor de P com método de Bonferroni (Ns, não significativo; **, $p < 0,05$; ***, $p < 0,001$).	72
Tabela 31 - Teste de Kruskal-Wallis para a diferença no número de raízes entre espécies (Ag, Pa, Sa) em diferentes tratamentos, com a mediana do número de raízes por espécie nos tratamentos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$), ajustando o valor de p com método de Bonferroni.....	73

Tabela 32 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre espécies (Ag, Pa, Sa) para o número de raízes em diferentes tratamentos, ajustando o valor de P com método de Bonferroni, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).74

Tabela 33 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre espécies para o tamanho das raízes, ajustando o valor de P com método de Bonferroni (Ns, não significativo; **, $p < 0,05$; ***, $p < 0,001$).74

Tabela 34 - Teste de Kruskal-Wallis para a diferença no tamanho médio das raízes entre espécies (Ag, Pa, Sa) em diferentes tratamentos, com a mediana do tamanho das raízes (Na=não obtém valor) por espécie nos tratamentos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$), ajustando o valor de p com método de Bonferroni.75

Tabela 35 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre espécies (Ag, Pa, Sa) para o tamanho médio das raízes em diferentes tratamentos, ajustando o valor de P com método de Bonferroni, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).76

Tabela 36 - Resumo do desenvolvimento das espécies nos tratamentos, com a viabilidade das espécies e suas características fisiológicas. **Erro! Marcador não definido.**

Gráfico 1 - Comparação da Precipitação e Temperatura com a média anual para período do estudo, novembro de 2019 a julho de 2020, (IPMA e os valores do Clima Normal para a Cidade de Vila Real).33

Gráfico 2 - Comparação da Precipitação e Temperatura Média dos dados obtidos durante o estudo com os dados obtidos do Boletim Climatológico Normal da Cidade de Vila Real.33

Gráfico 3 - Quantidade de Folhas presentes no total de estacas em cada ensaio, no período de março a junho, para a Espécie *Alnus glutinosa*.35

Gráfico 4 - Tamanho médio das folhas presentes nas 30 estacas de cada ensaio, mostrando o desenvolvimento foliar ao longo dos meses para a espécie *Alnus glutinosa*. **Erro! Marcador não definido.**

Gráfico 5 - Desenvolvimento de ápices foliares ao longo dos meses na espécie *Populus alba*.36

Gráfico 6 - Quantidade de folhas ao longo dos meses da espécie *Populus alba*.37

Gráfico 7 - Tamanho médio das Folhas, ao longo dos meses, registados nas 30 estacas de cada tratamento na espécie *Populus alba*.37

Gráfico 8 - Desenvolvimento dos ápices foliares ao longo dos meses da espécie *Salix atrocinerea*.38

Gráfico 9 - Desenvolvimento foliar, ao longo dos meses, da espécie *Salix atrocinerea*39

Gráfico 10 - Desenvolvimento do Tamanho médio das folhas na espécie *Salix atrocinerea*, ao longo dos meses.39

Gráfico 11 - Gráfico de bigodes associado ao número de ápices por tratamento, em junho, para a espécie *Alnus glutinosa*.41

Gráfico 12 - Gráfico de bigodes associado ao número de ápices foliares por tratamento, em junho, na espécie *Alnus glutinosa*.42

Gráfico 13 - Gráfico de bigodes associado ao número de folhas por tratamento, em junho, para a espécie *Alnus glutinosa*.43

Gráfico 14 - Gráfico de bigodes associado ao tamanho médio das folhas por tratamento, em junho, para a espécie *Alnus glutinosa*.45

Gráfico 15 - Gráfico de bigodes associado ao número de raízes por tratamento, em junho, para a espécie *Alnus glutinosa*.46

Gráfico 16 - Gráfico de bigodes associado ao tamanho médio das raízes por tratamento, em junho para a espécie *Alnus glutinosa*.47

Gráfico 17 - Gráfico de bigodes associado ao número de ápices por tratamento, em junho para a espécie *Populus alba*.49

Gráfico 18 - Gráfico de bigodes associado ao número de folhas por tratamento, em junho para a espécie *Populus alba*.50

Gráfico 19 - Gráfico de bigodes associado ao número de folhas secas por tratamento, em junho na espécie *Populus alba*.52

Gráfico 20 - Gráfico de bigodes associado ao tamanho médio das folhas por tratamento, em junho na espécie *Populus alba*.53

Gráfico 21 - Gráfico de bigodes associado a quantidade de raízes por tratamento, em junho na espécie *Populus alba*.54

Gráfico 22 - Gráfico de bigodes associado ao tamanho médio das raízes por tratamento, em junho na espécie *Populus alba*.56

Gráfico 23 – Gráfico de bigodes associado ao número de ápices por tratamentos, em junho para a espécie <i>Salix atrocinerea</i>	57
Gráfico 24 Gráfico de bigodes associado ao número de folhas por tratamento, em junho para a espécies <i>Salix atrocinerea</i>	59
Gráfico 25 – Gráfico de bigodes associado ao tamanho médio das folhas por tratamento, em junho para a espécie <i>Salix atrocinerea</i>	60
Gráfico 26 – Gráfico de bigodes associado ao número de raízes por tratamento, em junho para a espécie <i>Salix atrocinerea</i>	62
Gráfico 27 - Análise estatística do tamanho médio das raízes presentes nas estacas, na espécie <i>Salix atrocinerea</i> no mês de junho.....	63
Gráfico 28 – Gráfico de bigodes associado ao número de ápices por espécie, em junho.	64
Gráfico 29 – Gráfico de bigodes associado ao número de folhas por espécie, em junho	67
Gráfico 30 – Gráfico de bigodes associado ao tamanho médio das folhas por espécie em junho.....	70
Gráfico 31 – Gráfico de bigodes associado ao número de raízes por espécies em junho.	72
Gráfico 32 – Gráfico de bigodes associado ao tamanho médio das raízes por espécie em junho.	75

LISTRA DE ABREVIATURAS

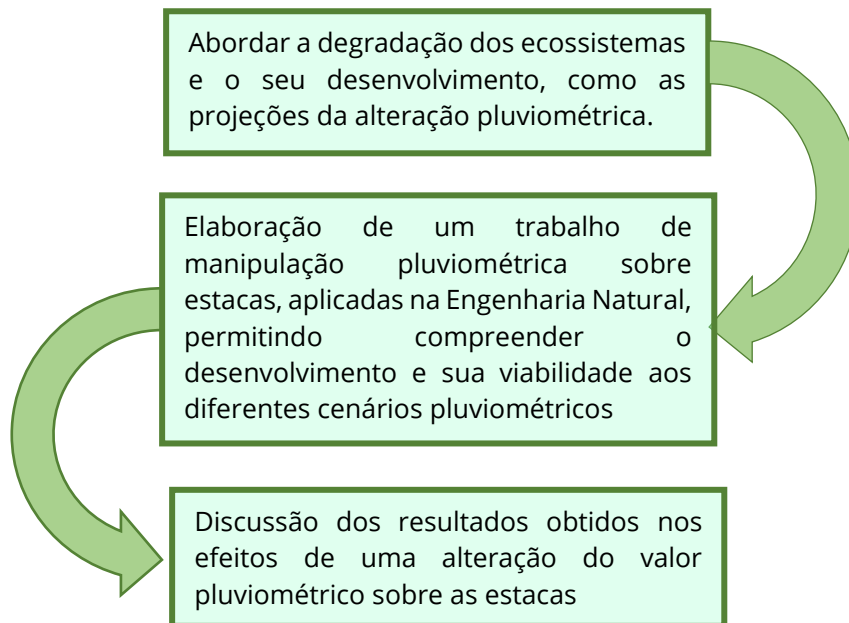
SBN – Soluções baseadas na Natureza

EN – Engenharia Natural

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho irá abordar os efeitos de uma alteração pluviométrica sobre a vegetação ripícola, aplicadas com a técnica de estacaria no restauro dos ecossistemas, onde se observará o seu desenvolvimento procurando compreender a viabilidade destas espécies.

Desse modo, o trabalho irá conter três etapas:



1.1. RECUPERAÇÃO DE ECOSISTEMAS DEGRADADOS

Ao longo dos anos, o Ser Humano aprendeu a utilizar diferentes recursos naturais, aplicando várias abordagens e técnicas para a sua sobrevivência e com esse conhecimento, apoderou-se de vários elementos da natureza (IPBES, 2018). Através da compreensão da sua importância e dos seus diversos recursos, moldou e continua a moldar os ecossistemas para satisfazer as suas necessidades (IUCN, 2016).

Porém, após a revolução industrial e devido a uma globalização da pressão antropogénica, surgiu uma degradação acentuada dos ecossistemas, criando enormes desequilíbrios tanto ao nível regional como global. Conjuntamente, estes problemas têm contribuído para um agravamento das alterações climáticas, demonstrado através do aumento da temperatura e/ou de uma maior frequência de fenómenos extremos (quer de cheias, quer de secas) (IPCC, 2007; Byrne, Lauenroth & Adler, 2013; Comissão Europeia, 2015; IPCC, 2015).

Desde então, a sociedade enfrenta desafios crescentes não só por questões associadas às alterações climáticas, mas também, com aquelas relacionadas com a segurança alimentar e o

abastecimento de recursos hídricos, num contexto de maior risco de catástrofes naturais. Nesta conjuntura, tem surgido a necessidade de adotar abordagens mais sustentáveis, não somente em resposta às necessidades das comunidades, mas em parte, também para a resolução dos diversos problemas ambientais (IUCN, 2016; IPBES, 2018). A saúde e o bem-estar humano estão intimamente ligados à integridade ecológica dos ecossistemas e aos seus serviços e benefícios, tais como alimentos, água, recursos, regulação de clima, proteção contra pragas e qualidade de água (Rapport, Constanza & McMichael, 1998; Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Comissão Europeia, 2010; TEEB, 2010; Fernandes & Freitas, 2011; IUCN, 2016; IPBES, 2019; Seddon et al, 2020).

No século XX, no decorrer dos anos 50, os Estados Unidos investiram em elementos paisagísticos naturais, denominadas infraestruturas verdes, com intuito de restaurar e sustentar os valores e funções ecológicas assim como os seus serviços (Sutton-Grier et al., 2018; Nações Unidas, 2020). A implementação destas estruturas visava melhorias no controlo de inundações, tratamento de águas e conservação dos ecossistemas (Sutton-Grier et al., 2018; IPBES, 2019; Nações Unidas, 2020). A partir dos anos 70, iniciou-se uma reflexão mais profunda sobre o direito ambiental e os serviços prestados pelos ecossistemas.

Mas foi, sobretudo, na década de 90, que se efetuou uma abordagem mais sistemática na promoção da conservação e restauro dos ecossistemas, visando uma gestão mais sustentável em resposta ao aumento da pressão antropogénica sobre estes sistemas (Rapport et al, 1998; IUCN, 2016; IPBES, 2018; Seddon et al., 2020).

Recentemente, surgiu uma nova abordagem, denominada de Soluções Baseadas na Natureza (SBN), para responder a muitos destes desafios, reconhecendo a complexidade dos sistemas socio-ecológicos e o facto de estes apresentarem uma grande dinâmica e uma enorme capacidade de auto-reorganização, mutabilidade e capacidade de resiliência (Garmestani et al., 2013). Neste contexto, têm sido apresentadas diversas estratégias, não somente a nível europeu, mas a nível global, que salientam que a utilização sustentável da natureza é a base para a resolução de diversos desafios sociais (Rapport et al, 1998; Millennium Ecosystem Assessment, 2005; IUCN, 2016; Seddon et al., 2020)

De acordo com o último relatório da Plataforma Intergovernamental para a Biodiversidade e Serviços de Ecossistemas (IPBES, 2019), a degradação dos ecossistemas associada às atividades humanas está a ter um impacto negativo na saúde de pelo menos 3,2 mil milhões de pessoas, com custos estimados a rondar os 10% do produto bruto global anual em perda de biodiversidade e serviços de ecossistemas (Figura 1) (IPBES, 2019). Apesar do contexto atual, a restauração dos

ecossistemas é possível e pode gerar benefícios tangíveis que podem contribuir para o aumento da produção de alimentos e água potável, para a atenuação dos efeitos das alterações climáticas e adaptação às mesmas. Segundo a IPBES, o investimento na recuperação dos ecossistemas pode gerar benefícios muito superiores aos custos do investimento inicial (cerca de dez vezes), enquanto o custo da inação é pelo menos três vezes superior ao custo da restauração ativa dos ecossistemas. Por restauração de ecossistemas entende-se o apoio à recuperação de ecossistemas degradados, danificados e destruídos para recuperar a funcionalidade ecológica e fornecer os bens e serviços à sociedade (IPBES, 2019; Nações Unidas, 2020).

Internacionalmente, a importância da recuperação ou restauração dos ecossistemas tem sido reconhecida por diversas convenções e acordos internacionais ratificados por inúmeros países, incluindo Portugal, como o Plano Estratégico para a Biodiversidade 2020 e as suas Metas de Biodiversidade Aichi, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas e o Acordo de Paris, a Convenção das Nações Unidas de Combate às Alterações Climáticas, a Convenção de Ramsar, bem como o Plano Estratégico das Nações Unidas sobre Florestas 2017 – 2030.

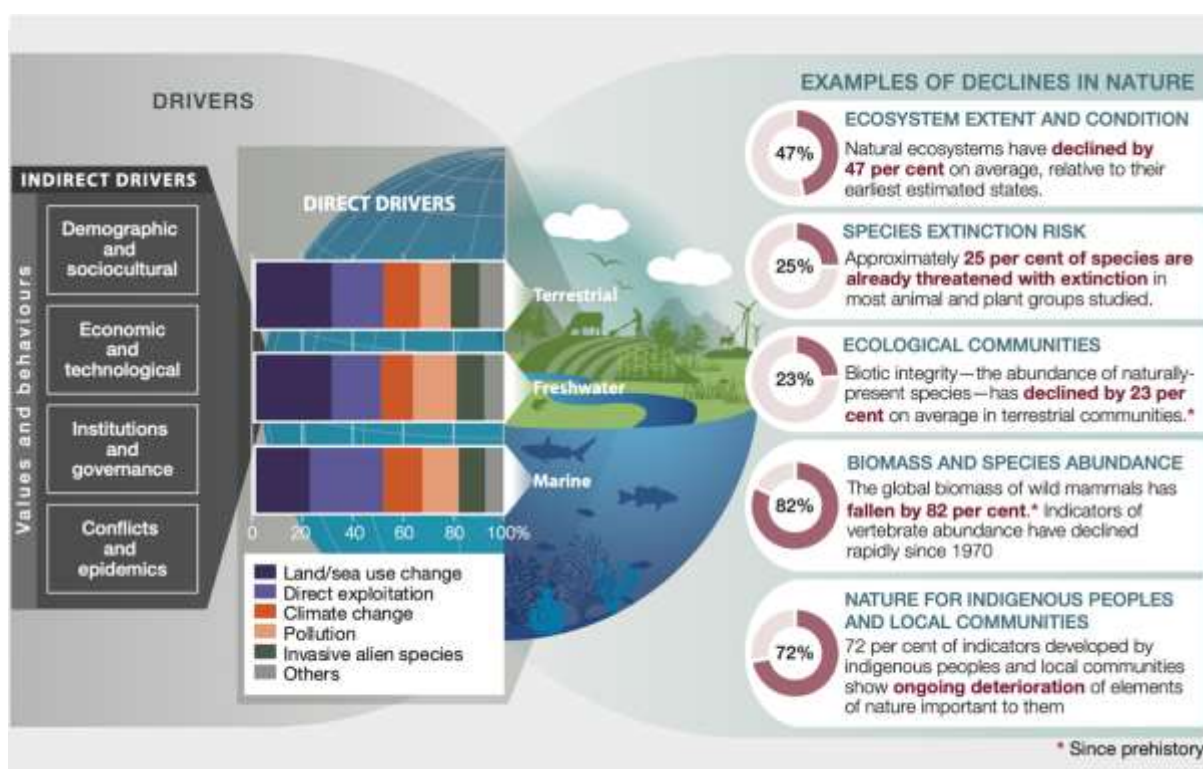


Figura 1 - Exemplos do declínio global na natureza, nomeadamente da biodiversidade, causadas por pressões diretas ou indiretas (IPBES, 2019).

No reconhecimento da necessidade do esforço concertado de todos os países na recuperação dos ecossistemas, de forma a alcançar um maior impacto nas paisagens a longo prazo, as Nações Unidas reforçaram a restauração dos ecossistemas, elegendo a próxima década 2021-2030 como a década da recuperação dos ecossistemas (Nações Unidas, 2020). A Assembleia Geral das Nações Unidas, pretende assim, aumentar maciçamente a restauração de ecossistemas degradados, como medida para combater as alterações climáticas, reforçando a conservação, a recuperação e a sustentabilidade da gestão dos ecossistemas, a conectividade paisagística e a biodiversidade. Focada na utilização de SBN para uma recuperação mais integrada dos ecossistemas, esta abordagem envolve uma gestão adaptativa, assegurando a resiliência da paisagem a longo prazo (Nações Unidas, 2020).

1.2. A IMPORTÂNCIA DAS SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA NUM CONTEXTO GLOBAL

Em 2005 surgiu a Avaliação dos Ecossistemas do Milénio (Millennium Ecosystem Assessment, MEA), foi o ponto de partida para uma consciencialização crescente da importância dos ecossistemas e seus serviços. A Millennium Ecosystem Assessment, (2005) forneceu uma forte base científica para as políticas subsequentes de promoção da conservação, restauração e gestão sustentável dos ecossistemas, focando também nos problemas crescentes de pressões impostas sobre os ecossistemas e respetivos serviços (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Já no final da década de 2000, surgiu a expressão "soluções baseadas na natureza", marcando uma importante mudança de perspetiva (IUCN, 2016). As comunidades locais eram beneficiárias passivas da natureza, mas também, podiam ser parte integrante na cogestão dos ecossistemas, protegendo, gerindo ou restaurando proactivamente os ecossistemas naturais, para enfrentar os grandes desafios sociais (IUCN, 2016).

Para alcançar o duplo objetivo de crescimento económico e sustentabilidade, a União Europeia planeia investir nas soluções baseadas na natureza (Comissão Europeia, 2010; Comissão Europeia, 2015; Nações Unidas, 2020). Esta nova abordagem é definida pela Comissão Europeia como soluções vivas inspiradas pela natureza, continuamente apoiadas por ela e utilizando-a, concebidas para enfrentar diversos desafios sociais de forma adaptável e eficiente em termos de recursos proporcionando, simultaneamente, benefícios económicos, sociais e ambientais (Comissão Europeia, 2015).

Através da "Estratégia da UE em matéria de biodiversidade até 2020", a Europa tem sido testemunha de diversas iniciativas políticas e científicas sobre os serviços de ecossistemas, nos últimos anos (Comissão Europeia, 2015). O papel vital da natureza na realização dos objetivos de política económica da UE é reconhecido na Estratégia da UE para as Infraestruturas Verdes (Comissão Europeia, 2013). A natureza não é vista apenas como uma fonte de matéria-prima, é a base de novas abordagens e soluções mais integradas. De um ponto de vista sistémico, um sistema natural consiste em subsistemas altamente produtivos e interligados, produzindo e reciclando bens de forma muito eficaz. Por outro lado, os ecossistemas evoluem para equilíbrios diversos entre a produtividade, a adaptabilidade e a resiliência (Maes & Jacobs, 2015).

Diferentes entidades têm vindo a associar-se às SBN (Nature-Based Solutions, NBS em Inglês) como uma alternativa mais capaz de atenuar os problemas socioambientais e privilegiando o bem-estar, pela diversidade de alternativas a executar (IUCN, 2016; Seddon et al, 2020).

Intervenções na proteção e restauro dos ecossistemas, impulsionando e incorporando estruturas verdes e azuis, permitirão criar uma melhoria no funcionamento e na capacidade de adaptação às alterações climáticas, mitigando muitos dos problemas socioambientais associados (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Comissão Europeia, 2010; Comissão Europeia, 2015; IPBES, 2019; Nações Unidas, 2020).

As soluções baseadas na natureza variam na forma como melhoram o funcionamento dos sistemas socio-ecológicos, mas salientam-se os seus contributos para a resiliência, resistência e recuperação às diferentes perturbações, tais como, incêndios, erosão hídrica e eólica, inundações, etc. (Comissão Europeia, 2010; IPBES, 2019; Seddon et al., 2020).

Estes tipos de soluções também dão oportunidade às comunidades para uma gestão mais sustentável e integrada entre os ecossistemas naturais e aos agroecossistemas, potencializando a segurança alimentar através do controlo de doenças e pragas. Dessa forma, esta abordagem tem como objetivos o bem-estar do ser humano e uma maior estabilidade económica, visando um desenvolvimento mais sustentável e integrativo, oferecendo assim, grandes benefícios para a manutenção ou aumento da biodiversidade e consequente aumento dos ecossistemas e respetivos serviços (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; IPBES, 2018; IPBES, 2019; Nações Unidas, 2020).

As soluções baseadas na natureza podem ser bastante rentáveis, não somente a nível de custo de implementação, como também pela gestão dos ecossistemas, associados à conservação e restauro dos mesmos (IUCN, 2016; Seddon et al, 2020), permitindo, de uma forma mais eficiente, alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, quer em contexto urbano, quer em

contexto rural, quando comparadas com infraestruturas cinzentas (mais baseadas na Engenharia Civil), sendo cruciais para alcançar a sustentabilidade global (IPBES, 2019).

Uma maior utilização de infraestruturas ecológicas e de outras abordagens baseadas nos ecossistemas pode ajudar a promover o desenvolvimento sustentável, reforçando simultaneamente a atenuação e a adaptação às alterações climáticas (TEEB, 2010; Fernandes & Freitas, 2011; Comissão Europeia, 2015; Sutton-Grier et al., 2018; IPBES, 2019). As soluções podem incluir a reabilitação de infraestruturas verdes e azuis, tais como, a criação e manutenção de espaços verdes e de massas de água, preservando ou maximizando a biodiversidade. Estas infraestruturas podem também complementar as infraestruturas cinzentas em áreas como a proteção contra inundações, a regulação da temperatura, a limpeza do ar e da água, entre outros, potenciando os benefícios para a saúde através da interação com a natureza (Fernandes & Freitas, 2011; Sutton-Grier et al., 2018; IPBES, 2019; Seddon et al., 2020)

Segundo Somarakis et al, (2019) as soluções baseadas na natureza abrangem diversos tipos de ações e níveis de intervenção nos ecossistemas, considerando o grau ou nível de intervenção e o tipo de engenharia aplicado, podem ser identificados três tipos principais de SBN:

Tipo 1 – Melhor proteção dos ecossistemas naturais

Sem intervenção ou com uma intervenção mínima nos ecossistemas, com o objetivo de manter ou melhorar a oferta de serviços de ecossistemas (SE), dentro e fora das áreas protegidas. Exemplo: estratégias de proteção e conservação nos ecossistemas terrestres.

Tipo 2 – Gestão mais sustentável e multifuncional dos ecossistemas

Definição e implementação de abordagens de gestão mais integradas que desenvolvam ecossistemas e paisagens sustentáveis e multifuncionais, melhorando a oferta de SE em comparação com o que seria obtido com uma intervenção mais convencional. Exemplos: gestão de espaços verdes urbanos extensivos e/ou a gestão da paisagem agrícola.

Tipo 3 - Conceção e gestão de novos ecossistemas

A restauração de ecossistemas degradados ou a criação de novos ecossistemas é abrangida por este tipo de abordagem. Inclui a criação e gestão de novos ecossistemas, procurando maximizar a oferta de SE. Exemplos: gestão intensiva de espaços verdes urbanos, a gestão urbana da água, a recuperação ecológica de ecossistemas terrestres degradados, entre outros.

Se olharmos para a definição da IUCN (2016) e para o enquadramento das SBN e considerando o amplo tipo de aplicações, esta deve ser vista como um conceito global - conceito chapéu - que compreenda toda uma gama de abordagens relacionadas com os ecossistemas, incluindo os diversos desafios sociais (Figura 2).

Para que novos conceitos, como as soluções baseadas na natureza perdurem, deve existir um entendimento claro e amplamente aceite dos fundamentos estabelecidos, incluindo não só definições e princípios, mas também parâmetros e quadros metodológicos (Brandt et al., 2013).

Assim, estas abordagens não devem ser vistas apenas como formas eficientes de gerir os ecossistemas e resolver problemas específicos, mas devem ser incorporadas em políticas ambientais com base em normas e legislação, permitindo um desenvolvimento mais correto e sustentável dos ecossistemas, o que significa que serão aplicadas através de uma multiplicidade de intervenções, métodos e práticas (IUCN, 2016; Seddon et al., 2020)



Figura 2 - Conceito global das soluções baseadas na natureza para abordagens relacionadas com os ecossistemas (IUCN, 2016).

1.3. SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA, UM TERMO EMERGENTE NO COMBATE ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Prevê-se que as alterações climáticas se tornem cada vez mais um motor direto de mudanças na natureza com impactes diretos e indiretos para as pessoas, nas próximas décadas (IPCC, 2015). Diversos cenários mostram que o cumprimento dos objetivos de desenvolvimento sustentável e da visão de 2050 para a biodiversidade depende da tomada em consideração dos impactos das alterações climáticas na definição das metas e objetivos futuros (TEEB, 2010; Comissão Europeia, 2015; Seddon et al., 2020). Prevê-se que os impactos futuros das alterações climáticas sejam mais pronunciados nas próximas décadas, com efeitos relativos variáveis em função do cenário e da região geográfica. Os cenários projetam um aquecimento global progressivo provocando efeitos adversos nas alterações climáticas, na biodiversidade e no funcionamento dos ecossistemas, que se agravam, em alguns casos exponencialmente (IPCC, 2015; IPBES, 2019). Mesmo para um aquecimento global de 1,5°C a 2°C, é possível que parte das espécies apresentem reduções populacionais, sendo ainda possível a extinção de algumas das espécies (IPBES, 2018; IPBES, 2019). Estas alterações também afetarão negativamente a capacidade, nas zonas terrestres protegidas, para conservar espécies, existindo um aumento considerado na substituição das espécies locais e possibilitando a propagação exponencial de espécies invasoras (IPBES, 2019).

Segundo IPBES, 2019, “o uso de biodiversidade e dos serviços de ecossistemas (...) ajudam o Ser Humano em mitigar os efeitos das alterações climáticas”. É com esta abordagem que será possível definir ferramentas essenciais contra os impactos negativos das alterações climáticas, pois, um desequilíbrio nestes pode custar a perda da sua dinâmica e resiliência progredindo para problemas ainda mais severos. (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; TEEB, 2010; IPCC, 2015; IPBES, 2019). Conscientes deste problema global, grande parte dos países planearam adaptar os seus ecossistemas segundo as suas necessidades, do seu clima, região, tipo de habitat, etc., para mitigar os riscos das alterações climáticas locais. A utilização de técnicas de Engenharia Civil tem tido um grande foco no combate à erosão marítima e hídrica, porém, o investimento em estruturas verdes tem sido uma abordagem alternativa, pela capacidade de melhor os ecossistemas, regulação do microclima, serviços de ecossistema e bem-estar da comunidade (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Comissão Europeia, 2010; Comissão Europeia, 2013; IPCC, 2015; Sutton-Grier et al., 2018). Foi com esta noção que mais de metade dos países assinantes do Acordo

de Paris declararam que proteções dos ecossistemas seria a abordagem mais em conta, mesmo não sendo uma solução com total eficácia. Com o auxílio de outras abordagens, como o restauro, reflorestação, investimentos em estruturas verdes e azuis, gestão do ecossistema, uso de sistemas agroflorestais, entre outros, são expectáveis melhorias na eficácia da adaptação e mitigação dos problemas ambientais (Comissão Europeia, 2015; IUCN, 2016; Sutton-Grier et al., 2018; IPBES, 2019; Seddon et al., 2020). A Europa, com base nas alterações climáticas, optou por restaurar as linhas de água e como resultado, um sexto das intervenções, conseguiram reduzir os danos causados pela cheias e inundações, favorecendo de certo modo, a produção agrícola, a captação de carbono e o aumento das zonas de recreio, tendo ao mesmo tempo benefícios socioeconómicos representativos (Seddon et al, 2020).

A gestão das paisagens realizadas pela Arquitetura Paisagista permitira potencializar a melhoria dos ecossistemas e seus serviços, tal como melhorar o espaço para lazer e melhorar o bem-estar do ser humano. Aplicando a Engenharia Natural, nos projetos de Arquitetura Paisagista, numa intervenção de restauro dos ecossistemas, favorecerá uma melhoria das características mecânicas do espaço, através da aplicação de diversas espécies, recuperando a área de forma a se parecer mais naturalizado.

1.3.1 CENÁRIOS E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

As opções técnicas e científicas deverão apoiar-se nos cenários e modelos climáticos, intervindo antecipadamente em função das previsões. Segundo o IPCC (2015), a temperatura superficial do globo tende a subir, até ao final do século XXI entre 1,5 °C a 2,0 °C, juntamente com a intensidade e frequência de eventos extremos. As ondas de calor, as chuvas torrenciais e por consequência, as inundações, tornar-se-ão grandes problemas para a sociedade, a economia, para o setor agrícola e para os ecossistemas (ENSEMBLES, 2009; IPCC, 2015). Porém, segundo as previsões de modelos RCP 8.5, o fator de precipitação não é linear em todo o globo, pois é influenciado pela latitude e clima presente na região. Nas zonas de altas e baixas latitudes, como na zona equatorial do pacífico e zonas subtropicais húmidos, é expectável um aumento de precipitação média anual, já em zonas subtropicais secas e de latitude média, poderá acontecer uma redução da precipitação (Pires et al., 2010; IPCC, 2015).

No caso de Portugal Continental, este está situado numa zona de latitude média, tendo uma classificação de Köppen como clima temperado, dividindo-se em duas regiões: uma região de clima temperado com invernos chuvosos e verões secos e quentes (Csa) e outra região com invernos chuvosos e verões secos, mas pouco quentes (Csb) (IPMA, 2020).

Com esta classificação, o modelo RCP 8.5, projeta uma expectável diminuição na precipitação anual. A pluviometria em Portugal poderá ter uma redução de 21% do seu valor médio anual. Em zonas montanhosas do norte do país (Serra Peneda-Gerês) existe uma ocorrência de precipitação anual de aproximadamente 3000 mm, ao contrário da região do vale do Massueime, localizado na bacia hidrográfica do Douro, junto a Vila Nova de Foz Côa, precipita anualmente 300 mm, existindo anos em que chove menos, segundo as Normais Climatológicas de 1971-2000 (CIMDOURO, 2018; IPMA, 2020). Seguindo a projeção RTRATAMENTO8.5 e utilizando as duas regiões como exemplo, é expectável, que na Serra Peneda-Gerês, pode vir a precipitar aproximadamente 2370 mm anuais comparando aos 3000 mm das Normais Climatológicas. Contudo, na região do vale Massueime iria precipitar apenas 260 mm, ou mesmo menos, chegando a assemelhar-se a muitas regiões de Clima Desértico, segundo a classificação climática de Köppen (Pires et al, 2010; IPMA, 2020).

Todavia, as alterações de precipitação ao nível sazonal em Portugal são variáveis. As reduções mais sentidas são as estações de primavera e de verão, com uma percentagem de 32% e 71%, respectivamente (CIMDOURO, 2018). No outono projetam de igual modo um decréscimo significativo de 29% no final do século. Já as projeções para o inverno, a dúvida é mais acentuada, mas é possível um aumento da precipitação próximo a 27%, até ao final do século (CIMDOURO, 2018; IPMA, 2020).

É notório que no verão e na primavera possam existir mais períodos de seca devido à diminuição da precipitação, levando a diversas consequências na vegetação na primavera, por ser a época de maior desenvolvimento e ocorrência de floração de grande parte das espécies, tanto florestais como agrícolas. O aumento de precipitação no inverno pode resultar numa maior frequência de eventos extremos de precipitação, provocando cheias e inundações (Pires et al., 2010; CIMDOURO, 2018; Santos et al., 2019).

1.4. O MATERIAL VEGETAL COMO ELEMENTO CONSTRUTIVO – ENGENHARIA NATURAL

A Engenharia Natural (EN) combina técnicas de engenharia e biologia com o domínio construtivo, através da aplicação de material vegetal como sementes, plantas, partes de plantas (troncos, estacas, ramos) e comunidades vegetais, podendo recorrer a outros materiais como pedras, metais, materiais biodegradáveis etc., com o objetivo de melhorar e suportar o restauro dos ecossistemas (Studer & Zeh, 2014; EFIB, 2015; ECOSALIX, 2016; APENA, 2017; Operandum, 2019).

Ao longo dos séculos tem-se estudado o comportamento do material vegetal na aplicação da EN segundo a funcionalidade da técnica e o clima da sua instalação. Porém, estudos com a utilização de métodos científicos surgiram, essencialmente, após a Segunda Guerra Mundial, nos Alpes Austríacos, com o objetivo de compreender o comportamento e a viabilidade da técnica de estacaria (Schlüter, 1984). Após o desenvolvimeto de várias experiências, foi criada uma biblioteca de documentos com as várias técnicas de EN e as características biotécnicas da vegetação em estudo (Schlüter, 1984).

O sucesso que os estudos obtiveram, nos Alpes Austríacos, levou a que fossem introduzidos na Itália, com adaptações associadas à flora autóctone e às condições ambientais. Em Portugal, a sua aplicação iniciou-se posteriormente, utilizando grande parte da informação adquirida na Itália pelas semelhanças no clima e flora mediterrânica, com o intuito de potencializar a aplicação de EN em Portugal. Apenas no ano 2006 surge uma associação – Associação Portuguesa de Engenharia Natural – reconhecida pela EFIB (Federação Europeia de Engenharia Natural). As associações de EN mediterrânicas elaboraram documentos de referência para a sua prática, nomeadamente: “Manual de Técnicas de Engenharia Natural” e “Linhas Diretrizes para aplicação de Engenharia Natural e de Boas práticas de Gestão do Território em Meio Mediterrânico” (Bifulco & Rego, 2012; Correia, 2013; APENA, 2017).

A aplicação das diversas técnicas de EN têm como domínio construtivo o objetivo de recuperar e investir nas estruturas verdes, pretendendo consolidar e melhorar as funções ecológicas em áreas degradadas. Intervêm em zonas afetadas pela erosão hídrica e/ou eólica, incêndios, atividade antropogénica, ou simplesmente, para a melhoria dos ecossistemas de forma a mitigar problemas socio-ambientais tais como, cheias, incêndios e a diminuição de biodiversidade (Fernandes & Freitas, 2011; EFIB, 2015). As intervenções da EN aplicam variadas técnicas, focando-se, essencialmente, em zonas de grandes declives, linhas de água e nas suas

margens ou em zonas altamente perturbadas (Fernandes & Freitas, 2011; EFIB, 2015; ECOSALIX, 2016; APENA, 2017).

Um dos métodos mais utilizados na EN é o uso da estacaria (Fernandes e Freitas, 2011). Este é um processo de propagação vegetativa ou assexuada, permitindo a reprodução de qualquer planta individual com características geneticamente idênticas à Planta-Mãe (Brazão, 2009; Fernandes & Freitas, 2011; Melo, 2017; Peixoto, 2017). Neste processo de propagação, as estacas podem ser adquiridas de qualquer parte vegetativa, utilizando mais frequente, estacas de caules, pela sua simplicidade e baixo custo, no entanto podem ser utilizadas partes de folhas e raízes (Hartmann et al, 2002; Brazão, 2009).

As estacas caulinares podem ser classificados em três tipos, pela natureza do tecido do caule: lenhosas, semilenhosas e herbáceas. Segundo Hartmann et al., 2002, as estacas lenhosas, sendo colhidas normalmente no inverno, são maduras e dormentes. Já as semilenhosas são parcialmente jovens, normalmente com um ano e são colhidas, de preferência, no período de crescimento. As estacas herbáceas são adquiridas através de rebentos novos ou do ano, possuindo um tecido macio e suculento, sendo importante a sua propagação na primavera ou no início do verão.

O sucesso desta técnica de propagação vegetativa requer a presença de meristemas, usualmente encontrados no gomos ou ápices, permitindo a formação de um novo sistema radicular adventício e de folhas (Hartmann et al, 2002). De um modo geral, as raízes adventícias são formadas a partir de meristemas adormecidos presentes nos tecidos, que em condições favoráveis ao seu desenvolvimento, emergem como primórdios radiculares (Hartmann et al, 2002). A formação de raízes adventícias, provoca uma atividade metabólica considerável, desenvolvendo novos tecidos radiculares e ao surgimento de raízes dos tecidos do caule para o exterior (Hartmann et al, 2002; Brazão, 2009).

Após a sua estabilização radicular, a estaca avança para o desenvolvimento foliar, a quando em condições favoráveis, dando início ao desenvolvimento de gomos ou ápices axilares presentes nas estacas (Edwin et al., 2008). Através da sua atividade metabólica, a estaca avança para a brotação de gomos, formando pequenas folhas que desenvolverão, posteriormente,, em tamanho e quantidade (Hartmann et al, 2002; Edwin et al., 2008).

A EN utiliza este processo de propagação devido ao seu baixo custo e eficácia em áreas de grandes declives, como os taludes, essencialmente para consolidar o talude e evitar ações erosivas em grande escala, recorrendo nalguns casos à hidrossementeira para a consolidação e cobertura do solo num curto-médio prazo. Para auxiliar a vegetação, a EN é usada nos taludes de grande

declives, com reforço de troncos ou com a utilização de muros de gabião, permitindo um desenvolvimento das estacas e das sementes até alcançar uma ramificação radicular desejada para fixar o solo (Fernandes & Freitas, 2011).

Em zonas ripícolas, o uso das estacas funciona como elemento de construção de algumas técnicas como o entrelaçado vivo ou as fascinas, mas a estaca também serve como material vegetativo para acelerar o processo da recuperação das margens dos rio, permitindo uma rápida instalação da vegetação no local (Fernandes & Freitas, 2011; Prada & Azipe, 2009).

Com a combinação de estacaria e rolos de pedra, é possível diminuir a velocidade do fluxo de água, permitindo uma maior circulação de água próximo da margem. Através da porosidade criada pelos rolos de pedra e posterior sistema radicular da estacaria, libertam-se grandes concentrações de água do solo, permitindo uma melhor oxigenação do solo (Florineth, 2007; Fernandes e Freitas, 2011; Studer e Zeh, 2014; EFIB, Janeiro, 2015).

1.4.1 EFEITO DO CLIMA NO MATERIAL VEGETAL

A prática da EN está inteiramente dependente de várias características do local, tais como o solo, a topografia, o material vegetal e o clima, influenciando assim, a própria seleção de técnicas (Schiechtl, 1973; Fernandes & Freitas, 2011; Studer & Zeh, 2014).

Entende-se por clima os fatores como a precipitação, temperatura, humidade, ventos e luminosidade de uma determinada região (Sandra, 2017). Estes fatores influenciam os habitats e, consequentemente, as espécies presentes em cada região, sendo importante a escolha da vegetação adaptada ao contexto local (Kane County Master Gardeners, 2014). O clima é decisivo no desenvolvimento do material vegetal e no sucesso da intervenção da EN, por ser um material vivo, cuja sobrevivência depende de vários fatores, como a temperatura, a disponibilidade de água, solo, etc (Fernandes & Freitas, 2011; Kane County Master Gardeners, 2014).

Apesar do conhecimento existente da vegetação, adquirido através de estudos biotécnicos da planta, também é importante entender os vários efeitos que a temperatura e precipitação provocam na vegetação, com o objetivo de realizar com sucesso as técnicas e aplicações de EN. O material vegetal vivo (estacas, sementes e plantas) utilizado na EN necessita de luz, calor e água para se desenvolver na sua plenitude, por isso, variações nestes fatores podem afetar positiva ou negativamente o desenvolvimento da planta (Fernandes & Freitas, 2011; Kane County Master Gardeners, 2014).

As respostas fisiológicas da vegetação aos diferentes fatores são extensas e muito complexas, necessitando de muitos estudos e elaboração de vários testes para compreender o desenvolvimento e os seus efeitos.

Temperatura

Geralmente, as plantas apresentam um melhor desenvolvimento com o aumento da temperatura, aumentando o seu metabolismo, atividade fotossintética, etc, e, consequentemente, necessitam de mais água para os seus processos (Cortes, 2011). Porém, quando a temperatura atinge determinados limites, tanto em temperaturas baixas como altas, a planta pode chegar a um estado crítico de sobrevivência, provocando alterações, por vezes irreversíveis (Cortes, 2011; Lissar et al, 2012).

No clima mediterrânico, como o de Portugal Continental, as altas temperaturas e a baixa disponibilidade de água estão inteiramente associadas ao período do estio. Como resposta às altas temperaturas, a vegetação procura arrefecer, até menos 5°C que a temperatura do ar. Para isso, as plantas utilizam a transpiração, através dos estomas nas folhas, necessitando da disponibilidade de água para tal (Begon et al, 1990). Como resposta à falta de água, a vegetação possui alguns mecanismos de defesa como: o fecho dos estomas, a diminuição do crescimento das partes aéreas e o aumento do sistema radicular. Estes mecanismos potencializam a redução ou paragem da atividade fotossintética, permitindo à planta evitar a diminuição do potencial hídrico (Munné-Bosch & Alegre, 2004). Porém em secas prolongadas, a planta não resiste, acabando por diminuir o seu potencial hídrico, levando à perda das folhas mais velhas, de forma a reduzir a transpiração e direcionar os seus recursos (água e nutrientes) para onde são mais necessárias (normalmente para as folhas mais novas) (Munné-Bosch & Alegre, 2004; Cortes, 2011).

Precipitação

A disponibilidade de água proveniente de chuva, orvalho, gelo, neve e/ ou linhas de água, é um fator decisivo no desenvolvimento da planta, desta forma, o seu excesso ou escassez representam condições adversas para a maioria das plantas, dependendo da espécie (Bifulco & Rego, 2012; Lissar et al, 2012).

O excesso de água no solo reduz a quantidade de oxigénio presente no solo, criando um ambiente subterrâneo adverso, sujeitando as plantas a danos e perda de raízes, contribuindo ainda para doenças fúngicas (Santini, Collalti, & Valentini, 2014). Adicionalmente, as chuvas intensas provocam um aumento da erosão e compactação do solo. Estes problemas causam uma

diminuição da porosidade do solos, afetando a presença do volume de água e oxigénio no solo, contribuindo para uma instabilidade da vegetação (Fernandes & Freitas, 2011; Kane County Master Gardeners, 2014).

A água é um dos principais elementos de transporte de minerais e de seiva mas também nos processos de fotossíntese. A falta de água irá afetar a sua atividade estomática e metabólica, limitando as trocas gasosas com a atmosfera e o seu desenvolvimento (Lisar, S. et al, 2012; Kane County Master Gardeners, 2014; Santini, M. et al., 2014).

Por ser um elemento tão importante para a vegetação, a pluviometria foi o fator mais abordado neste trabalho, de modo a compreender que tipo de comportamento e desenvolvimento a vegetação apresenta perante a variação pluviométrica.

2. MATERIAL E ABORDAGEM METODOLÓGICA

2.1. OBJETIVOS

Compreendida a importância de várias abordagens ambientais, tais como as Soluções baseadas na Natureza (SbN) e a Engenharia Natural (EN) para a mitigação e adaptação das alterações climáticas, e para melhorar os ecossistemas e seus serviços, neste trabalho pretende-se contribuir com a previsão de respostas, à variação da disponibilidade de água, de material vegetal vivo (Estacas) na aplicação de técnicas de EN para o restauro de áreas degradadas.

Especificamente, pretende-se:

- Entender o desenvolvimento das estacas de diferentes espécies, nomeadamente das espécies *Alnus glutinosa*, *Populus alba* e *Salix atrocinerea*, ao longo do período estudado e para diferentes cenários pluviométricos - [+12.5%; +25%; +50%; +100%]; e [-12,5%; -25%; -50% e -100%]; definidos de acordo com o *RTRATAMENTO 8.5 (IPCC) e PAIAC*.
- Comparar as diferentes respostas das três espécies nos diferentes cenários, permitindo perspetivar diferenças no seu desenvolvimento;
- Compreender a viabilidade das espécies selecionadas para aplicação em técnicas de Engenharia Natural, considerando possíveis cenários pluviométricos futuros.

2.2. ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho realizou-se nos terrenos associados à Cooperativa Rupestris inseridos na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) (Figura 3), na cidade de Vila Real. A Cooperativa Rupestris foi fundada por alunos da UTAD, a 5 de junho de 2014, com os objetivos de orientar visitas guiadas ao Jardim Botânico da UTAD (JB-UTAD), produção e comercialização de espécies vegetais (com maior incidência em ervas medicinais e aromáticas) e organização de eventos de sensibilização ambiental.

Num dos terrenos, próximo da estufa principal, foi instalada a estrutura associada ao presente trabalho, com total exposição solar e coordenadas $41^{\circ}17'16''$ N e $7^{\circ}44'17''$ W (Figura 3).



Figura 4 - Localização da área de estudo (Limite vermelho) na Cooperativa Rupestris (Limite Amarelo) no Campus da Universidade Trás-os-Montes e Alto douro. Fontes: Google Earth



Figura 3 - Área da Cooperativa Rupestris (limite verde) e zona da instalação do ensaio (Limite Vermelho). Fonte: Google Earth (2020)

2.2. A ESCOLHA DO MATERIAL VEGETAL

A escolha do material vegetal para este trabalho baseou-se em espécies autóctones de ampla distribuição geográfica em Portugal e, normalmente, utilizadas em EN (Fernandes e Freitas, 2011; Boas, 2020; JBUTAD, 2020).

Estas espécies caracterizam-se pela sua eficácia na consolidação de solos, devido ao seu rápido desenvolvimento, mas também pelas características potenciais para o melhoramento do solo e habitats, tanto através do sistema radicular como pelo fornecimento de matéria vegetal ao solo (Fernandes & Freitas, 2011; GISD, 2015; Biorede, 2020; Boas, 2020; Sousa, 2020)

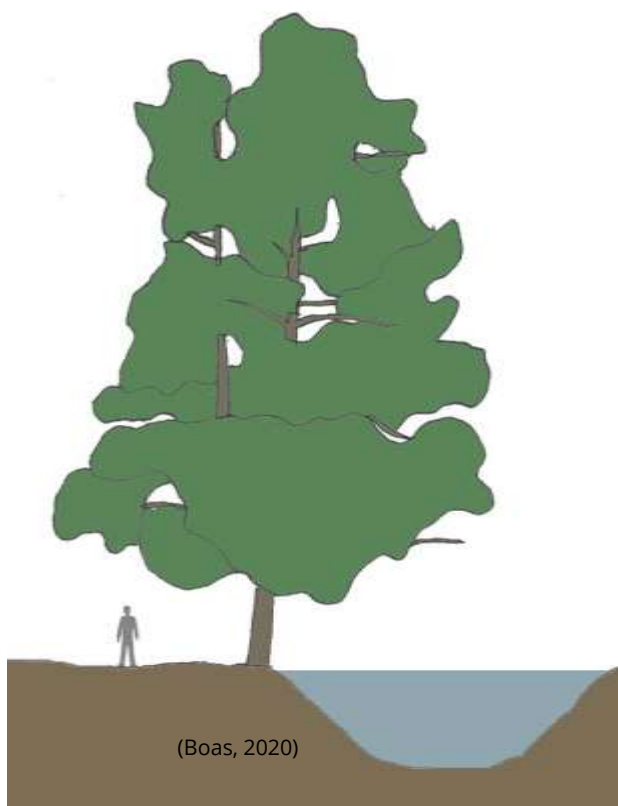
Foram escolhidas três espécies para este trabalho: *Alnus glutinosa*, *Populus alba* e *Salix atrocinerea*, cuja recolha do material vegetal foi realizado na envolvente do local da experiência, inseridas no JB-UTAD, a partir da mesma planta-mãe de cada espécie, por forma a controlar possíveis diferenças genéticas e comportamentais (JBUTAD, 2020)

2.2.1 ALNUS GLUTINOSA

O *Alnus glutinosa*, conhecido vulgarmente por Amieiro, é uma árvore caducifólia de crescimento rápido, podendo alcançar os 30 metros de altura e com uma longevidade de 150 anos. Apresenta um tronco liso pardo quando jovem, gretando ao longo dos anos, obtendo uma cor acinzentada.

As folhas do Amieiro são arredondadas, dentadas nas suas bordas e chanfradas na ponta da folha. Apresenta uma cor escura na página superior e uma tonalidade mais clara na página inferior.

As inflorescências masculinas são amentilhos pendentes amarelos, já as inflorescências femininas são amentilhos ovoides, em forma de pinha (Biorede, 2020; Boas, 2020; IBUTAD, 2020).



Habitat: O *Alnus glutinosa* encontra-se principalmente em zona ripícolas, apreciando zonas húmidas e exigindo humidade constante. Tem uma capacidade de suportar longos períodos com o sistema radicular submergido. É uma espécie pioneira e apresenta a capacidade de fixar o azoto atmosférico, a partir de simbioses com certos organismos, sendo um benefício para as restantes plantas.

O amieiro é uma grande fonte de alimento para muitas espécies de insetos, como as borboletas e mariposas, mas também para algumas espécies de pequeno porte de pássaros, no inverno (Biorede, 2020; Boas, 2020; IBUTAD, 2020).

2.2.2 POPULUS ALBA



O *Populus alba* mais conhecido como Choupo-branco é uma árvore caducifólia de crescimento rápido, podendo atingir entre 20 e 25 metros de altura, podendo ter até 150 anos. O seu tronco é robusto apresentando uma cor branca ou acinzentada, quando adulta, sendo mais lisa nos exemplares jovens.

As folhas do Choupo-branco são sinuadas e dentadas, apresentam na página superior uma cor verde-escuro enquanto na página inferior uma cor branca ou verde-cinza. As suas inflorescências são unissexuadas, agrupando-se em amentos. Os masculinos com brácteas mais pilosas, já as femininas com brácteas pilosas ovada-lanceoladas (Biorede, 2020; Boas, 2020; JBUTAD, 2020).

Habitat: Os *Populus alba* encontram-se geralmente em solos húmidos, podendo aparecer em ambientes urbanos e zonas ripícolas, suportando bem a salinidade. Esta espécie oferece alimento a uma gama de espécies de larvas de borboletas.

O sistema radicular do *Populus alba* é muito agressivo no âmbito urbano, danificando as condutas subterrâneas, sendo aconselhado a sua plantação junto dos edifícios a mais de 12 metros de distância.

Esta espécie apresenta uma facilidade de produzir híbridos com outras espécies do mesmo género (Biorede, 2020; Boas, 2020; JBUTAD, 2020).



2.2.3 SALIX ATROCINEREA



(Felipe Castilla, 2020)

Habitat: O *Salix atrocinerea* habita normalmente em zona húmidas e alagadas. Encontra-se, essencialmente, em zonas ripícolas, necessitando de humidade edáfica permanente. É resistente a ventos fortes, porém não tolera ventos marítimos. O *Salix atrocinerea* apresenta a particularidade de possibilitar a criação de híbridos com membros do mesmo género *Salix* (Biorede, 2020; Boas, 2020; JBUTAD, 2020).

O *Salix atrocinerea* conhecido como Borracheira-preta ou Salgueiro preto, é uma pequena árvore ou arbusto caducifólia, não ultrapassando os 10 m de altura. O seu tronco é liso de casca cinzenta, mas ao longo do tempo torna-se fendida com coloração acastanhada nas ranhuras.

As folhas do *Salix atrocinerea* são simples, lanceoladas com ápice agudo ou obtuso de base arredondada, com nervuras muito verdes na página superior e esbranquiçadas com pelos compridos e macios na página inferior.

As suas inflorescências são agrupadas em amentilhos, anteriores às folhas, surgindo na base para o cimo, densamente pilosas (Biorede, 2020; Boas, 2020; JBUTAD, 2020).



(Lagoas, 2020)

2.3 METODOLOGIA DO TRABALHO

A preparação do ensaio e das experiências incorpora três grandes etapas: Estudo prévio, a construção das estruturas e os processos de manipulação pluviométricas, realizados entre o meses de novembro de 2019 e junho de 2020.

2.3.1 ESTUDO PRÉVIO

Na primeira etapa foram consultados diferentes trabalhos e publicações, para compreender as abordagens em experiências de manipulação pluviométrica e das estruturas realizadas para alcançar os seus resultados (Byrne et al, 2013; Yahdjian & Sala, 2002)

As várias etapas realizadas, desde a definição das estruturas até à definição dos valores a serem usados para este trabalho, encontram-se descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição das etapas realizadas no Anteprojecto, para a realização da experiência

<u>Entendimento dos cenários pluviométricos</u>	• <i>Análise a documentos (RTRATAMENTO 8.5 e PAIAC) para compreender os possíveis cenários pluviométricos num futuro próximo;</i> • <i>Refletir sobre as alterações climáticas e possíveis valores a estudar.</i>
<u>Esboço da estrutura e compreensão do funcionamento do trabalho</u>	• <i>Reflexão de alguns problemas associados aos trabalhos anteriores;</i> • <i>Criação de um pequeno esboço da estrutura que irá receber a experiência, adaptado dos trabalhos de manipulação referidos;</i> • <i>Entender um método de captação da pluviosidade e a partir desse valor captado, a realização do trabalho.</i>
<u>Definição dos valores dos Cenários Pluviométricos</u>	• <i>Com base na análise dos documentos RTRATAMENTO 8.5 e PAIAC, definiu-se os valores dos cenários pluviométricos: [+12.5%; +25%; +50%; +100%]; e [-12,5%; -25%; -50% e -100%];</i> • <i>Ao estipular estes valores pluviométricos espera-se visualizar uma alteração gradual ou possível alteração extrema, do desenvolvimento das espécies vegetais.</i>

Foram, desse modo, definidos três grupos de tratamentos: um grupo para simular o aumento da pluviosidade e outro grupo a diminuição da pluviosidade, tendo como referência um terceiro grupo em que a situação pluviométrica não é manipulada, ou seja, sujeita às condições naturais, resultando na seguinte tabela (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores de Cenários Pluviométricos

Cenários Pluviométricos				
<u>De Controlo</u>	<i>Condições metrológicas do local</i>			
<u>Positivos</u>	+12,5 %	+25,0 %	+50,0 %	+100,0 %
<u>Negativos</u>	-12,5 %	-25,0 %	-50,0 %	-100,0 %

As variações de pluviosidade escolhidas foram obtidas a partir dos modelos e estudos dos cenários de alteração climática expectáveis para esta região da Península Ibérica (IPCC, 2007; ENSEMBLES, 2009; CIMDOURO, 2018). Como referido, é expectável uma redução de 21% da pluviosidade em Portugal, com elevadas variações sazonais e regionais. Desse modo, é importante incorporar outros valores para entender a evolução da vegetação, fase à redução progressiva pluviométrica, até chegar ao valor previsto (aproximadamente -25%, referindo nos modelos -21%). É do mesmo modo importante incorporar diferentes valores, tanto de uma redução severa (-50% e -100%) como no aumento de pluviometria (+12,5%; +25%; +50; +100%), podendo simular anos atípicos, ou estações como no inverno, onde se prevê um aumento de 27% da pluviosidade.

Da mesma forma, foram definidos vários indicadores para a análise do desenvolvimento da vegetação, obtendo os seguintes indicadores:

Indicadores
Número de ápices
Número de ápices a brotar
Número de ápices foliares
Número de folhas
Área foliar
Número de raízes
Dimensão das raízes

2.3.2 ESTRUTURA DO ENSAIO E INSTALAÇÃO DO MATERIAL VEGETAL

A etapa da construção do ensaio (Anexo 1) teve início no dia 21 de outubro com a construção de sete estruturas de madeira com uma área de 1 m². Cada quadrado de 1 m² foi subdividindo, posteriormente, em retângulos, de 1 m por 0,25 m², resultando, aproximadamente, em 0,25 m² (Figura 5).



Figura 5 - Modelo da estrutura do ensaio, contendo quatro retângulos com 0,25 m², s aproximadamente.

As estruturas do ensaio foram colocadas no local definitivo, junto da Cooperativa Rupestris, agrupando-as em pares, de forma a permitir uma organização por espécie e tratamento, facilitando a leitura e as operações posteriores (Figura 6).



Figura 6 - Localização e disposição das estruturas inseridas no local definitivo da experiência.

Após a construção da estrutura-base do ensaio, deu-se início à instalação da estrutura e cobertura do fundo, com o intuito de minimizar a influência da humidade do solo no ensaio e evitar possíveis interferências entre os tratamentos. Cobriu-se o fundo e as divisórias com plástico, permitindo assim, uma melhor isolação de cada tratamento, minimizando o deslocamento de água entre eles. Criaram-se pequenos furos na base para permitir o escoamento da água, evitando desta forma, encharcamentos.

Após a instalação das caixas no seu local e com a cobertura do plástico, estas foram preenchidas com terra vegetal de origem florestal (Figura 7), adquirida nas proximidades da localização do ensaio, preenchendo sensivelmente 6 cm de altura (Figura 8).



Figura 7 - Amostra da terra vegetal utilizada nos ensaios, proveniente de um solo florestal.



Figura 8 - Preenchimento dos vários ensaios com terra vegetal, aproximadamente 6 cm, após a colocação do plástico.

De seguida, iniciou-se a construção da estrutura de cobertura, com o corte e instalação de postes de madeira (fornecidos pela Cooperativa Rupestris), com cerca de 60 e 80 cm, a 20 cm de distância das caixas do ensaio, permitindo controlar a precipitação (adaptado de Yahdjian e Sala, 2002). A inclinação da estrutura, através da diferença de altura dos postes, permitiu uma escorrência superficial da água, auxiliado por um poste no centro da estrutura. Após esta fase foi colocado o plástico sobre a estrutura, criando o coberto e a aba lateral. Posteriormente realizou-se um reforço da estrutura com a fixação de postes de madeira na zona superior da estrutura permitindo maior rigidez e estabilidade, corrigindo alguns problemas identificados (Figura 9).



Figura 9 - Reforço da estrutura de cobertura dos ensaios, inserindo nos postes na parte superior da estrutura.

Com a conclusão da estrutura, iniciou-se a seleção, das espécies a partir de plantas-mãe presentes na JB-UTAD, colhendo ramos das espécies *Alnus glutinosa*, *Populus alba* e *Salix atrocinerea* próximos do local do ensaio. Foram produzidas estacas dos ramos recolhidos, colocados sobre um recipiente de água para hidratação das mesmas. As dimensões das estacas rondaram aproximadamente os 12,5 cm, tendo como referência a presença de quatro ápices, permitindo o enterro de 2 desses ápices (Figura 10) (Faria et al, 2008; Prada & Azipe, 2009).

A inserção das 30 estacas em cada tratamento (Figura 11) foi auxiliada por um pau de diâmetro similar às estacas, permitindo a inserção da estaca na terra sem grandes danos, pressionando a terra em volta da estaca para fixar e criar uma pequena cova.



Figura 10 - Dimensões do material vegetal obtido. Da esquerda para a direita encontram-se as seguintes espécies: *Salix atrocinerea*, *Populus alba* e *Alnus glutinosa*.



Figura 11 - Instalação das estacas nos vários retângulos dos ensaios, contendo 30 estacas em cada um. Visível na imagem os ensaios da espécie *Salix atrocinerea*.

2.3.3 PROCESSO DA MANIPULAÇÃO E ANÁLISE

Antes do início dos ensaios, colocaram-se três recipientes com capacidade de 500 ml, dispersos pelo terreno, adicionando um funil com uma área bocal de 63,6 cm² no topo do recipiente (Figura 12), permitindo, dessa forma, a acumulação de precipitação ocorrida no dia e determinação dos valores para os tratamentos manipulativos.



Figura 12 - Colocação dos recipientes no terreno, com o encaixe do funil no topo de cada um.

Os recipientes funcionam como medida-base para adquirir os valores para a rega dos ensaios. A medição dos valores dos recipientes foi realizada com uma seringa de 60 ml de capacidade, com a anotação dos valores obtidos numa tabela Excel, procedendo de uma forma mais simples aos próximos cálculos. Para obter o valor exato da precipitação ocorrida no ensaio, efetuaram-se cálculos para transpor o valor captado nos recipientes para a área do ensaio. Dividindo a área do ensaio pela área bocal do funil, obteve-se um índice, como se pode constatar na seguinte equação:

$$\frac{2500 \text{ cm}^2}{63.6 \text{ cm}^2} = 39,31$$

Após a obtenção do valor do índice, ao multiplicar pelo valor médio acumulado dos recipientes obtêm-se o valor base da rega, ou seja, a quantidade de precipitação ocorrida no ensaio de Controlo. Aplicando, ao valor base da rega, as diferentes percentagens de cada tratamento, é possível calcular os valores exatos para a rega dos diferentes tratamentos (Anexo 2). Obtendo todos os valores da rega para os diferentes tratamentos dos cenários pluviométricos (TRATAMENTO) criou-se um documento Excel para introdução dos dados recolhidos (Tabela 3).

Tabela 3 - Tabela de Excel, como exemplo, dos valores de rega dos diferentes Cenários Pluviométricos.

Precipitação nos recipientes									
Média (ml)	Recipiente 1		Recipiente 2		Recipiente 3				
37,0 ml	29,0 ml		39,0 ml		43,0 ml				

Cenários Pluviométricos									
Valor base	+12,50 %	+25 %	+50 %	+100 %		-12,5 %	-25 %	-50 %	-100 %
1,50 L	1,60 L	1,80 L	2,25 L	3,00 L		1,30 L	1,10 L	0,70 L	0,00 L

A colheita da precipitação diária dos recipientes foi efetuada às 9 horas da manhã, possibilitando calcular a quantidade de precipitação captada no dia anterior, anotando os valores na tabela Excel e realizando ao mesmo tempo os cálculos para a rega dos ensaios. Após este procedimento, os recipientes vazios voltaram a ser colocadas no mesmo local, possibilitando a acumulação da precipitação do dia que se segue até as 9 horas da manhã do seguinte dia. Simultaneamente, procedeu-se à introdução dos valores de precipitação e da temperatura máxima, mínima e média diária, elaborados pela IPMA, para a cidade de Vila Real (IPMA, 2020).

O processo da rega foi efetuado com um dispersor Vito Agro com capacidade de 5 L (Figura 13), adicionando a quantidade respetiva de cada TRATAMENTO, regando toda a área, em cada retângulo de 0,25 cm², de forma uniforme.

**Figura 13** - Pulverizador Vito Agro com capacidade de 5L utilizado na rega dos tratamentos. Fonte: Vito-Tools, s.d.

A partir do mês de março iniciou-se a monitorização das partes aérea das estacas, quantificando o número de ápices, a quantidade de folhas, a área foliar, a quantidade de flores, entre outras métricas, avaliando assim, de certa forma, o desenvolvimento progressivo das estacas de cada ensaio. Esta análise foi realizada de forma manual com observações quantitativas, juntamente com medições das folhas no seu comprimento, largura e raio, com auxílio de uma régua.

Os valores finais do comprimento, largura e raio são obtidos pela média dos diferentes valores calculados nas folhas, medindo no máximo 10 folhas aleatórias de cada estaca. O resultado deste método permite a criação de uma média da área das folhas. Os cálculos referentes à área das folhas, realizou-se através da sua semelhança com as várias formas geométricas.

O *Salix atrocinerea* adquire uma folha com uma forma mais lanceolada, permitindo a multiplicação do comprimento pela largura (sendo 1/3 do comprimento) com a extração da área exterior da folha.

$$A = CxLx0,7$$

O *Populus alba* contém uma folha com margem sinuada e dentada semelhante a um círculo retirando, da mesma forma, o excesso da área entre o círculo e a forma da folha, resultando na seguinte formula.

$$A = \pi r^2 x 0,7$$

As folhas de *Alnus glutinosa* assemelham-se a um círculo, por isso, tornou-se mais prático a utilização da fórmula do círculo, sendo aproximadamente igual à anterior.

$$A = \pi r^2$$

No final de junho, elaborou-se a análise, tanto da parte aérea como radicular, realizando o tratamento para a obtenção dos resultados desejados da experiência realizada. Procedeu-se em primeiro lugar à análise da parte aérea, após a conclusão dessa etapa. Deu-se início à extração cuidadosa das estacas de cada tratamento.

Após a observação da parte aérea, procedeu-se à observação do sistema radicular, quantificando as raízes adventícias basais (raízes do caule da estaca que se apresentam, no máximo, a 1 cm da zona de corte) e das raízes adventícias laterais (raízes do caule da estaca que

se apresentam a cima de 1 cm do local do corte da estaca). Este processo decorreu entre os dias 26 e 29 de junho.

Procedeu-se, posteriormente, à medição do comprimento das raízes com o auxílio de uma folha milimétrica, de quadrículas de 1 mm e de uma régua. Optou-se por medir até 15 raízes adventícias basais selecionadas aleatoriamente. Já no caso das raízes adventícias laterais, procedeu-se a medições de até 10 raízes.

Após a análise da parte aérea e radicular, introduziram-se os valores numa tabela de Excel, permitindo a criação de uma base de dados para análise estatística. Após a conclusão da experiência, procedeu-se a uma análise descritiva da evolução mensal de cada espécie e tratamento (Cenário Pluviométrico, CP) permitindo entender o desenvolvimento de cada ensaio, ocorrido em cada mês, ao nível global, e uma comparação entre o Controlo e os diferentes tratamentos globais e por espécie.

Foram utilizados testes não paramétricos, como o teste de Spearman's, para perceber eventuais correlações entre variáveis (McDonald, 2009; Laerd statistics, 2020), o teste de Kuskal-Wallis (KW) permitiu discriminar eventuais diferenças significativas nos resultados obtidos entre espécies e/ou tratamentos (Laerd statistics, 2020) e por fim, o teste de comparações múltiplas de Steel-Dwass, para perceber as diferenças nos valores das variáveis entre as espécies e/ou tratamentos

3. RESULTADOS

3.1 DADOS METEROLÓGICOS

Durante o período de estudo, de novembro de 2019 a julho de 2020, salientam-se os valores de precipitação elevada associada aos meses de novembro e dezembro (Gráfico 1), com valores 83% e 73% superiores à normal climatológica de Vila Real (anos 1971-2001) (Anexo 3). Por outro lado, os meses de janeiro, fevereiro e março (inverno) caracterizaram-se como secos, com 23%, 47% e 65% respetivamente, aos valores associados à normal (Anexo 3). A primavera foi, em geral, considerada como seca a muito seca (devido a reduções em relação à normal entre 26 e 100%), excetuando-se o mês de abril, com valores acima da média, 52%.

Ao nível da temperatura média, esta foi superior à normal em todos os meses, exceto no mês de junho. Salientam-se janeiro, fevereiro e maio, sendo que, fevereiro de 2020 foi classificado como o mês mais quente já registado em Vila Real (desde 1931).

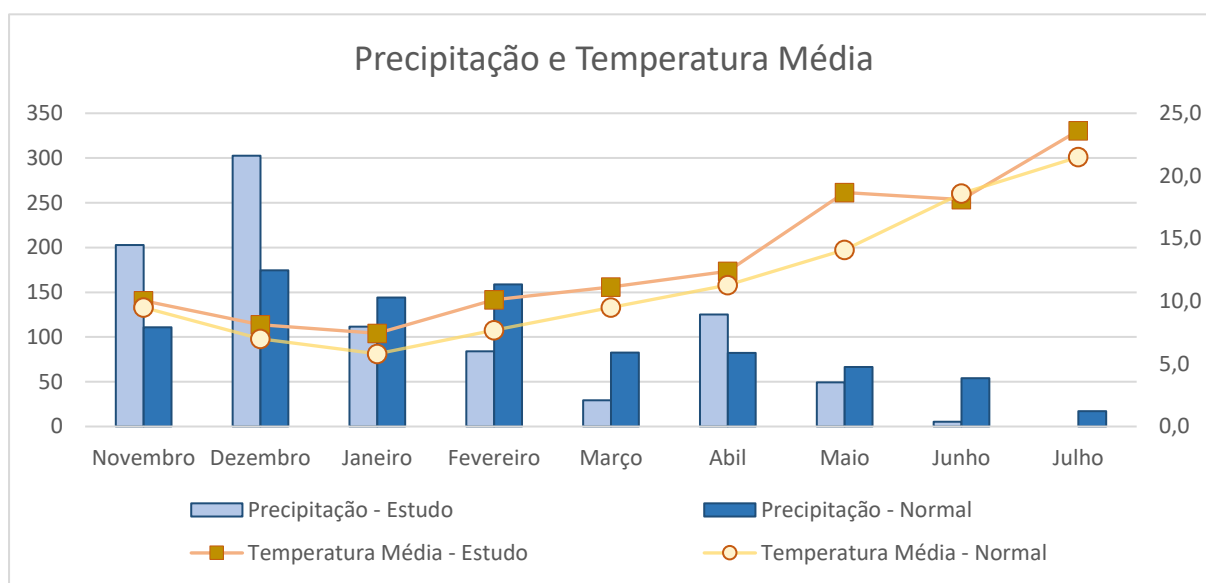


Gráfico 1 – Comparação da Precipitação e Temperatura com a média anual para período do estudo -novembro de 2019 a julho de 2020 (IPMA e os valores do Clima Normal para a Cidade de Vila Real).

3.2. DADOS DE DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO

3.2.1. DESENVOLVIMENTO DAS ESTACAS DURANTE A EXPERIÊNCIA

Alnus glutinosa

Ao longo dos meses de março e junho, nos ensaios da espécie *Alnus glutinosa*, registou-se uma flutuação pronunciada do número total de ápices por tratamento (Gráfico 2). Salientando-se, em geral, um aumento do número de ápices até ao mês de maio, com uma redução posterior em junho para os tratamentos positivos e Controlo e um comportamento inverso para os tratamentos negativos (excluindo o tratamento -100%, onde não foram registados quaisquer ápices) (Gráfico 2).

Durante o período de março a maio, nos ensaios, verificou-se um aumento no número total de folhas, mais significativo na primeira fase de desenvolvimento nos tratamentos positivos (Gráfico 3). No período posterior, entre maio e junho, verificou-se uma redução nos tratamentos positivos e um comportamento inverso nos tratamentos negativos -25,0% e -50,0% (exceto nos tratamentos -12,5% e -100,0% onde não foram registadas quaisquer folhas) (Gráfico 3).

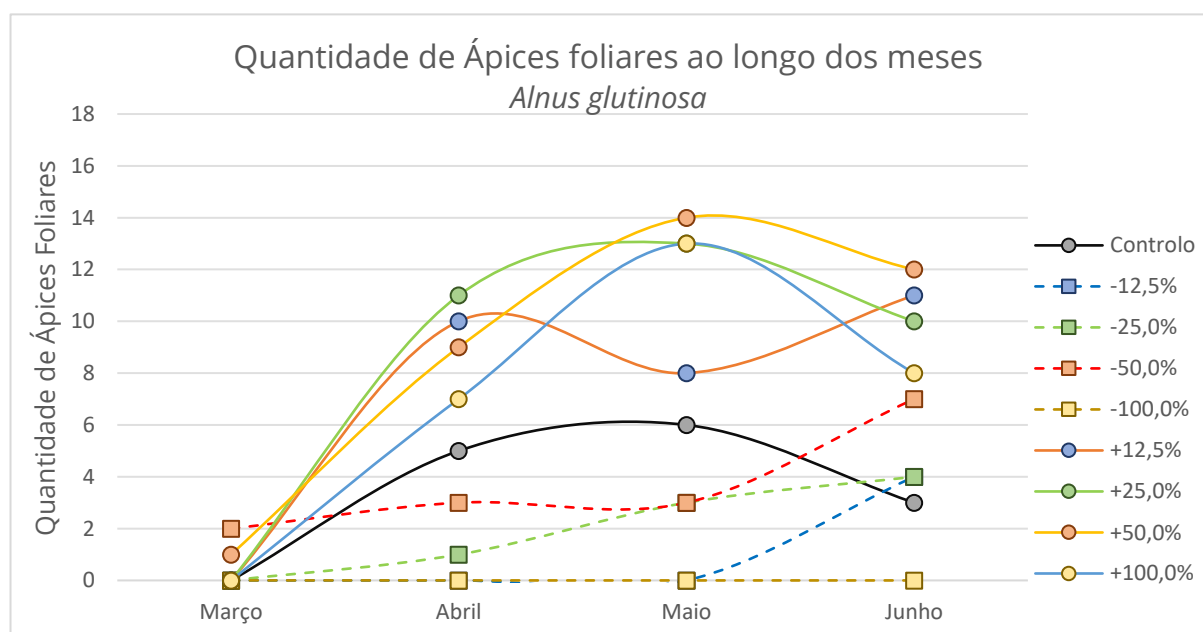


Gráfico 2 - Desenvolvimento de Ápices Foliares ao longo dos meses do estudo, da espécie *Alnus glutinosa*.

De um modo geral detetou-se um aumento no tamanho das folhas entre o mês de março e abril, obtendo-se valores mais elevados no tratamento -25,0% e depois nos tratamentos positivos.

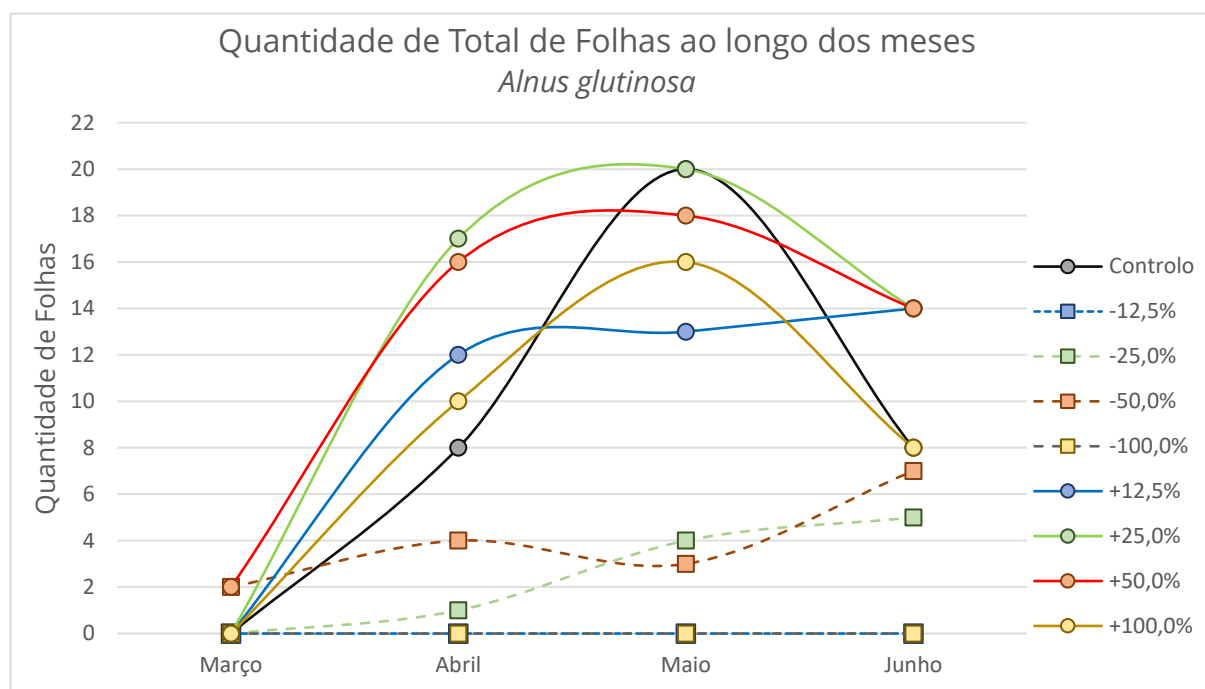


Gráfico 3 - Quantidade de Folhas presentes no total de estacas em cada ensaio, no período de março a junho, para a Espécie *Alnus glutinosa*.

Porém no mês de maio, ocorreu uma redução substancial na maioria dos tratamentos, existindo um aumento notório no tratamento +50,0% e um pequeno aumento no Controlo e no tratamento -25,0% (Gráfico 4).

Posteriormente, as folhas reduziram-se quase na totalidade, com a presença de valores extremamente baixos.

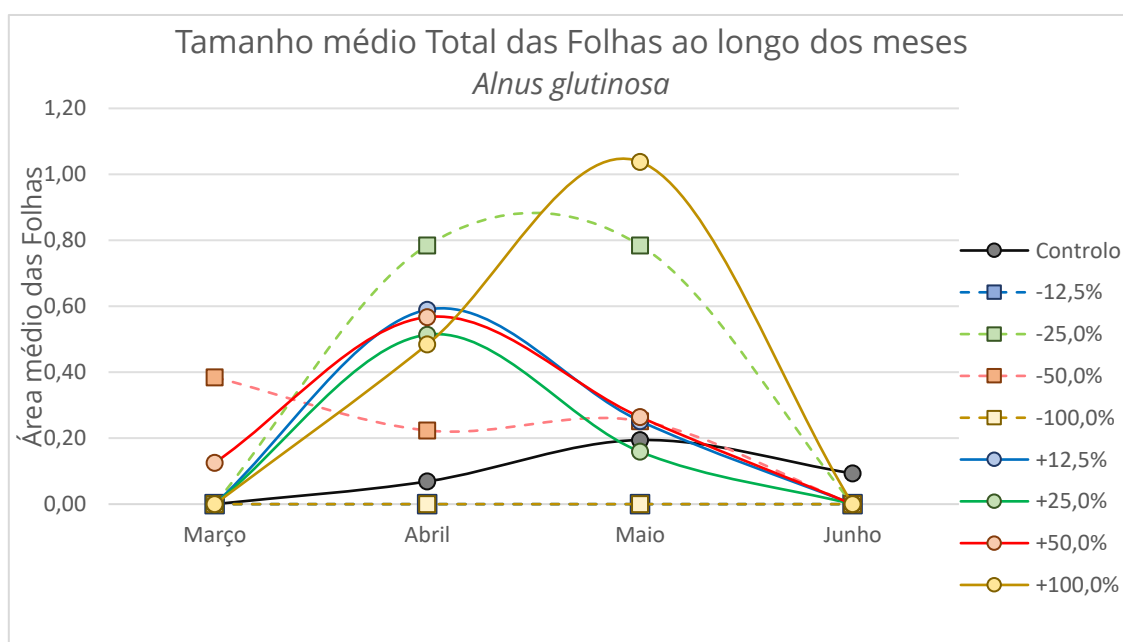


Gráfico 4 - Tamanho médio das folhas presentes nas 30 estacas de cada ensaio, mostrando o desenvolvimento foliar ao longo dos meses para a espécie *Alnus glutinosa*.

Populus alba

Na espécie *Populus alba*, foi detetado um aumento crescente do número de ápices foliares, uma estabilização do seu número durante maio e junho e um decréscimo do seu valor em alguns tratamentos (com a exceção do tratamento -100%) (Gráfico 5).

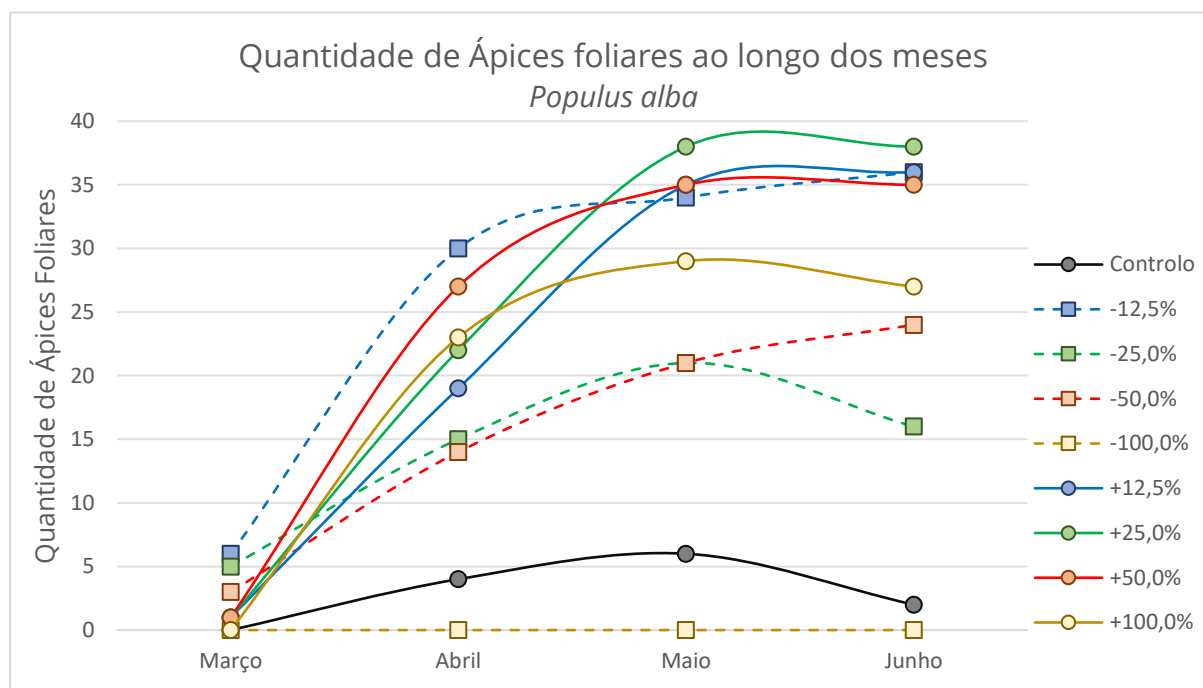


Gráfico 5 - Desenvolvimento de ápices foliares ao longo dos meses na espécie *Populus alba*.

Ao nível do número de folhas, excetuando o tratamento -100,0%, pode-se observar um aumento gradual ao longo dos meses, existindo um aumento mais significativo para os tratamentos positivos, exceto o tratamento +100%, entre abril e maio (Gráfico 6). Nos tratamentos negativos, o aumento do valor total de folhas não é tão expressivo quanto os tratamentos positivos, até maio, exceto no caso do tratamento -12,5%.

No que se refere ao tamanho das folhas, existe um aumento nos valores, entre duas a três vezes superior, nos tratamentos negativos durante os vários meses, exceto no tratamento -100,0%, comparativamente aos tratamentos positivos e Controlo (Gráfico 7).

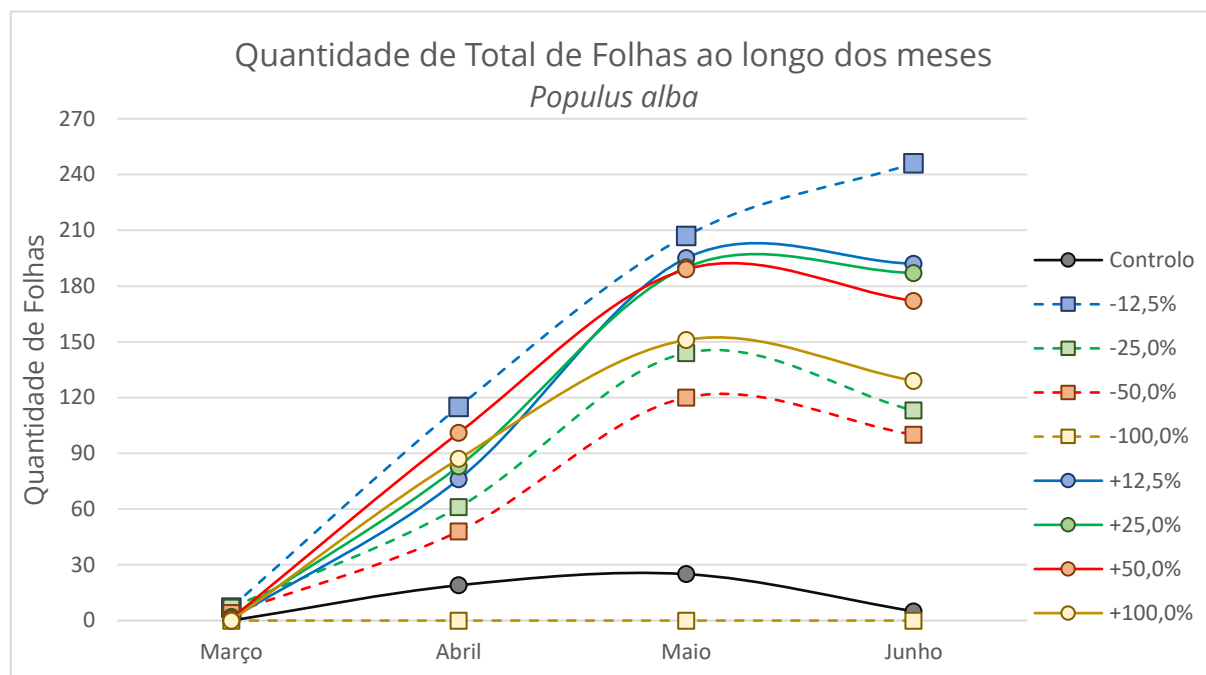


Gráfico 6 - Quantidade de folhas ao longo dos meses da espécie *Populus alba*.

O tamanho médio das folhas aumentou nos tratamentos negativos, enquanto nos tratamentos positivos ocorreu uma estagnação dos valores e até uma diminuição depois de maio.

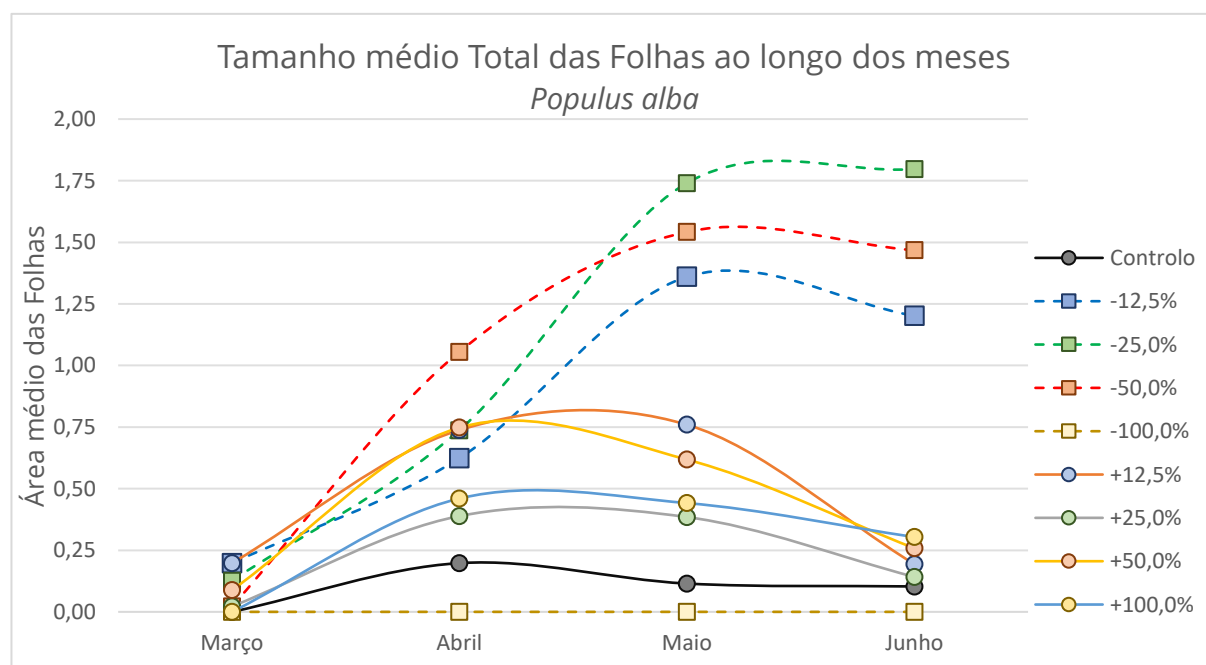


Gráfico 7 - Tamanho médio das Folhas, ao longo dos meses, registados nas 30 estacas de cada tratamento na espécie *Populus alba*.

Salix atrocinerea

Na espécie *Salix atrocinerea* foram registadas várias oscilações do número de ápices foliares em todos os tratamentos (Gráfico 8). No final, o Controlo apresentou o maior número de ápices foliares e o tratamento -100,0% não apresenta qualquer atividade neste parâmetro.

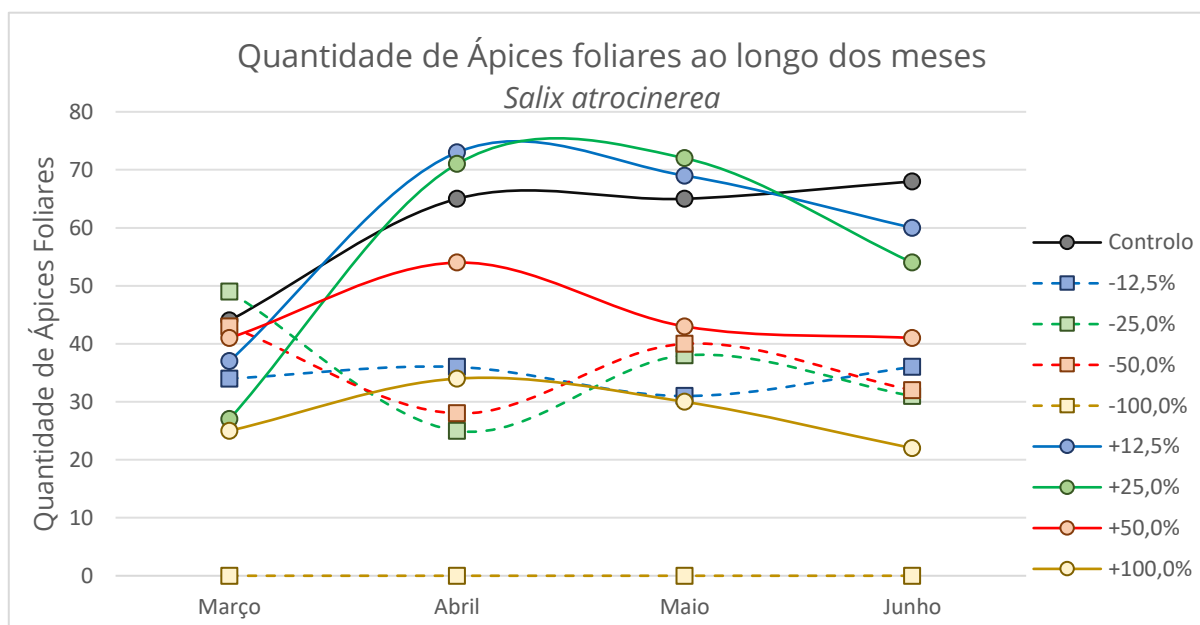


Gráfico 8 - Desenvolvimento dos ápices foliares ao longo dos meses da espécie *Salix atrocinerea*.

O número de folhas aumentou durante o início do estudo (março a abril), sendo mais visível nos tratamentos positivos (Gráfico 9). Já nos tratamentos negativos observou-se uma manutenção ou diminuição destes. Depois do mês de abril ocorreu uma descida do número de folhas em todos os tratamentos. O tratamento -100% não apresenta qualquer alteração pela inexistência de folhas.

Durante o primeiro período do estudo (março e abril) observou-se um aumento nas dimensões das folhas, mais significativo nos tratamentos negativos e com valores muito superiores aos restantes ensaios (Gráfico 10). Posteriormente sucedeu-se uma diminuição significativa, nomeadamente nos tratamentos positivos, enquanto os tratamentos negativos obtiveram um aumento comparativamente ao mês anterior, apresentando folhas com dimensões 3 vezes maiores que os tratamentos positivos até maio e junho.

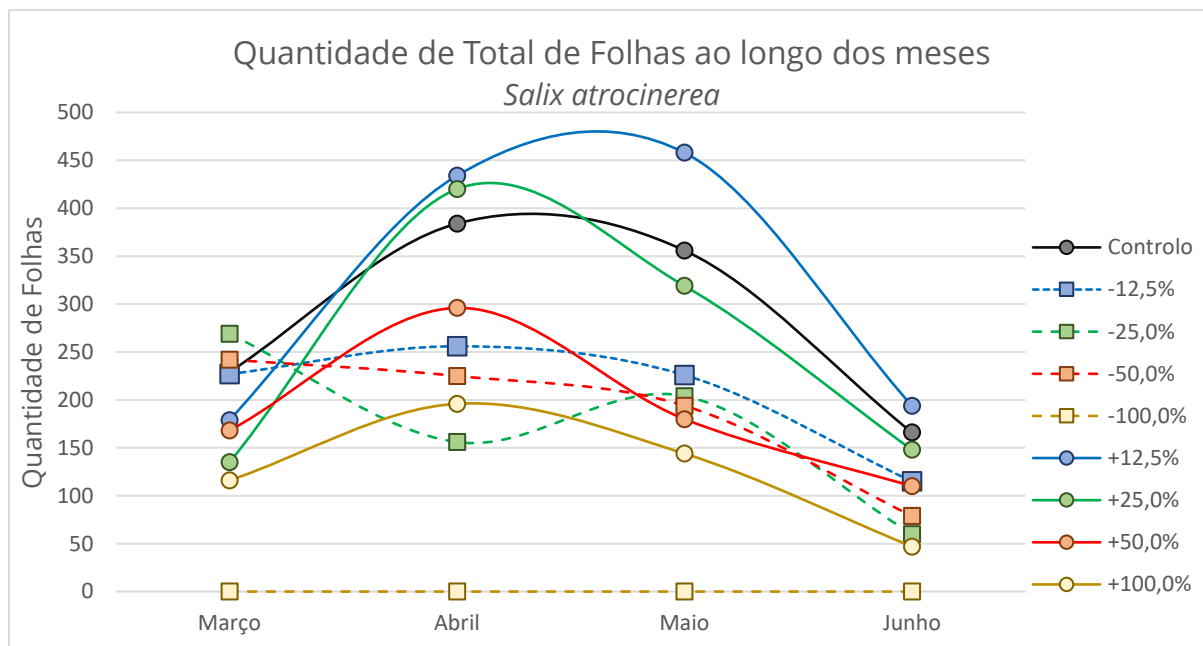


Gráfico 9 - Desenvolvimento foliar, ao longo dos meses, da espécie *Salix atrocinerea*.

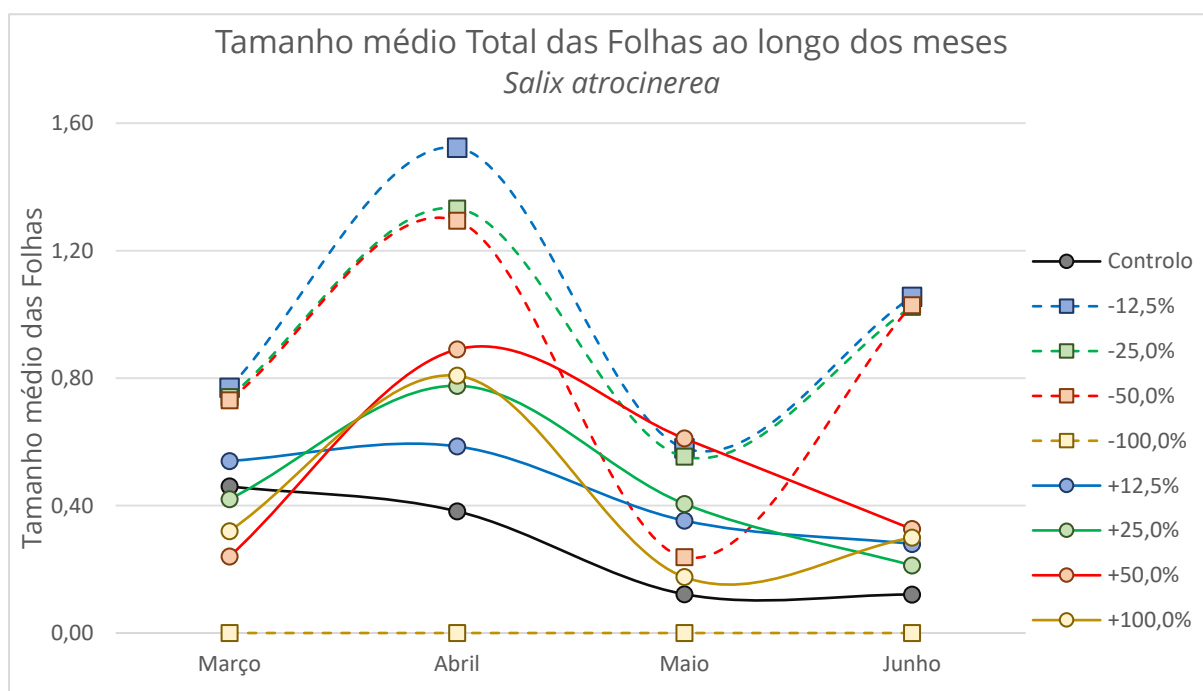


Gráfico 10 - Desenvolvimento do tamanho médio das folhas na espécie *Salix atrocinerea*, ao longo dos meses.

3.3. RESULTADOS FINAIS (JUNHO)

3.3.1. INTRA-ESPÉCIE

Alnus glutinosa

Número de ápices

Foram detetadas diferenças significativas no número de ápices entre os tratamentos (Teste de Kruskal-Wallis, $X^2 = 71,447$; grau de liberdade, $df = 8$; probabilidade, $p < 0,001$). O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram discriminar as diferenças significativas entre tratamentos (Tabela 4 e Gráfico 11). Salientam-se o tratamento -100% que apresentou valores nulos e significativamente inferior a todos os outros, o tratamento -12,5% apresenta valores significativamente inferiores aos tratamentos -50%, +50% e +100%, o tratamento +100%, apresenta valores significativamente superiores ao tratamento +25,0% e ao Controlo e, por último, o tratamento +50%, apresenta valores significativamente superiores ao Controlo.

Tabela 4 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos, para o número médio de ápices por estaca, em *Alnus glutinosa*, ajustando o valor de P com método de Bonferroni. Nove tratamentos foram considerados: o Controlo; os quatro tratamentos positivos e quatro tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativos; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).

	-100,0%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	+100,0%	+12,5%	+25,0%	+50,0%
-12,5%	0,333 (**)	-	-	-	-	-	-	-
-25,0%	0,633 (**)	0,300 (Ns)	-	-	-	-	-	-
-50,0%	0,833 (***)	0,500 (**)	0,200 (Ns)	-	-	-	-	-
+100,0%	1,067 (***)	0,733 (***)	0,433 (Ns)	0,233 (Ns)	-	-	-	-
+12,5%	0,667 (***)	0,333 (Ns)	0,033 (Ns)	-1,667 (Ns)	-0,400 (Ns)	-	-	-
+25,0%	0,533 (***)	0,200 (Ns)	-0,100 (Ns)	-0,300 (Ns)	-0,533 (**)	-0,133 (Ns)	-	-
+50,0%	1,067 (***)	0,733 (***)	0,433 (Ns)	0,233 (Ns)	0,001 (Ns)	0,533 (Ns)	0,533 (Ns)	-
Controlo	0,533 (**)	0,200 (Ns)	-0,100 (Ns)	-0,300 (Ns)	-0,533 (**)	-0,133 (Ns)	-0,001 (Ns)	-0,533 (**)

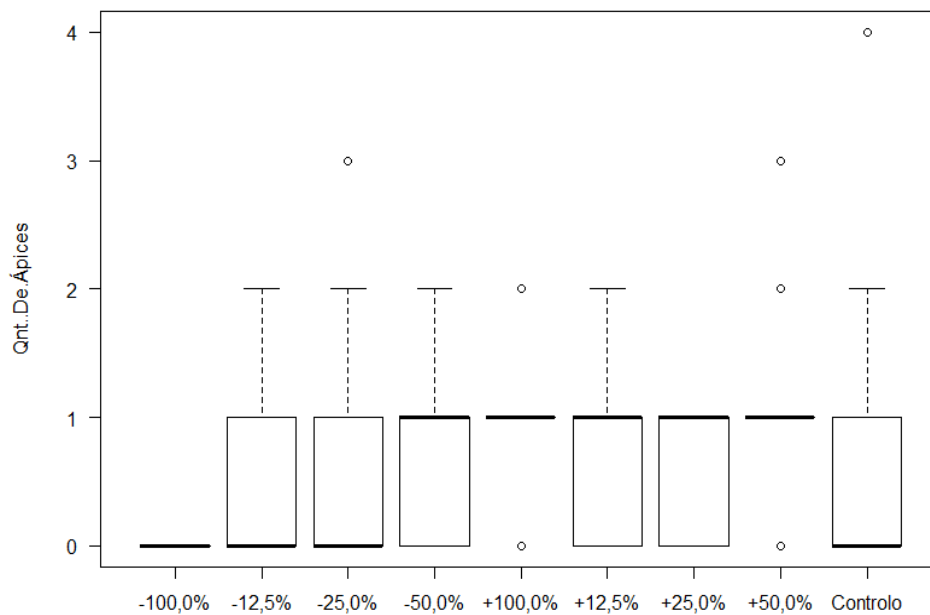


Gráfico 11 – Gráfico de bigodes associado ao número de ápices por tratamento, em junho, para a espécie *Alnus glutinosa*.

Número de ápices foliares

Foi detetada uma correlação significativa e positiva entre o número de ápices e o número de ápices foliares ($SP = 0,461$; $p < 0,001$).

Foi detetada uma diferença significativa no número de ápices foliares entre tratamentos (Teste de Kruskal-Wallis, $X^2 = 24,516$; grau de liberdade, $df = 8$; probabilidade, $p < 0,05$). O teste de comparação múltiplas e o gráfico de bigodes possibilitaram a discriminação das diferenças significativas entre tratamentos (Tabela 5 e Gráfico 12). O tratamento -100,0% apresentou valores nulos e significativamente inferiores aos tratamentos +12,5%, +50,0% e Controlo.

Tabela 5 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos, para o número médio de ápices foliares por estaca, em *Alnus glutinosa*, ajustando o valor de p com método de Bonferroni. Nove tratamentos foram considerados: o Controlo; os quatro tratamentos positivos e quatro tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativos; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$)

	-100,0%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	+100,0%	+12,5%	+25,0%	+50,0%
-12,5%	0,133 (Ns)	-	-	-	-	-	-	-
-25,0%	0,167 (Ns)	0,033 (Ns)	-	-	-	-	-	-
-50,0%	0,233 (Ns)	0,100 (Ns)	0,067 (Ns)	-	-	-	-	-
+100,0%	0,267 (Ns)	0,133 (Ns)	0,100 (Ns)	0,033 (Ns)	-	-	-	-
+12,5%	0,367 (**)	0,233 (Ns)	0,200 (Ns)	0,133 (Ns)	0,100 (Ns)	-	-	-
+25,0%	0,333 (**)	0,200 (Ns)	0,167 (Ns)	0,100 (Ns)	0,067 (Ns)	-0,033 (Ns)	-	-
+50,0%	0,400 (**)	0,267 (Ns)	0,233 (Ns)	0,167 (Ns)	0,133 (Ns)	0,333 (Ns)	0,067 (Ns)	-
Controlo	0,100 (Ns)	-0,033 (Ns)	-0,067 (Ns)	-0,133 (Ns)	-0,167 (Ns)	-0,267 (Ns)	-0,233 (Ns)	-0,300 (Ns)

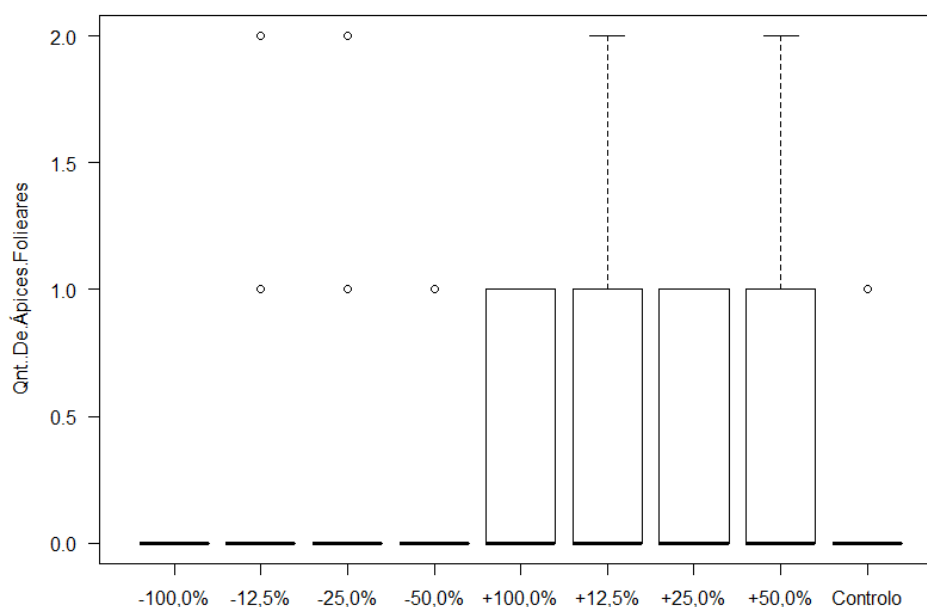


Gráfico 12 – Gráfico de bigodes associado ao número de ápices foliares por tratamento, em junho, na espécie *Alnus glutinosa*.

Número de folhas

Foi detetado uma correlação significativa e positiva entre o número de ápices foliares e o número de folhas ($SP = 0,985$; $p < 0,001$). Existe uma diferença significativa no número de folhas entre os tratamentos (Teste de Kruskal-Wallis, valor de teste de $X^2 = 22,568$; grau de liberdade, $df = 8$; probabilidade, $p < 0,05$). O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram a discriminação das diferenças significativas entre tratamentos (Tabela 6 e Gráfico 13).

Salienta-se o tratamento -100,0%, que apresentou valores nulos e significativamente inferiores aos tratamentos positivos, exceto no tratamento +100,0%.

Tabela 6 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos, para o número médio de folhas por estaca, em *Alnus glutinosa*, ajustando o valor de p com o método de Bonferroni. Nove tratamentos foram considerados: o Controlo; os quatro tratamentos positivos e quatro tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativos; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).

	-100,0%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	+100,0%	+12,5%	+25,0%	+50,0%
-12,5%	0,200 (Ns)	-	-	-	-	-	-	-
-25,0%	0,167 (Ns)	-0,033 (Ns)	-	-	-	-	-	-
-50,0%	0,233 (Ns)	0,033 (Ns)	0,067 (Ns)	-	-	-	-	-
+100,0%	0,267 (Ns)	0,067 (Ns)	0,100 (Ns)	0,033 (Ns)	-	-	-	-
+12,5%	0,467 (**)	0,266 (Ns)	0,300 (Ns)	0,233 (Ns)	0,200 (Ns)	-	-	-
+25,0%	0,467 (**)	0,267 (Ns)	0,300 (Ns)	0,233 (Ns)	0,200 (Ns)	-0,001 (Ns)	-	-
+50,0%	0,467 (***)	0,267 (Ns)	0,300 (Ns)	0,200 (Ns)	0,200 (Ns)	-0,001 (Ns)	0,001 (Ns)	-
Controlo	0,267 (Ns)	0,067 (Ns)	0,100 (Ns)	0,033 (Ns)	-0,001 (Ns)	-0,200 (Ns)	-0,200 (Ns)	-0,200 (Ns)

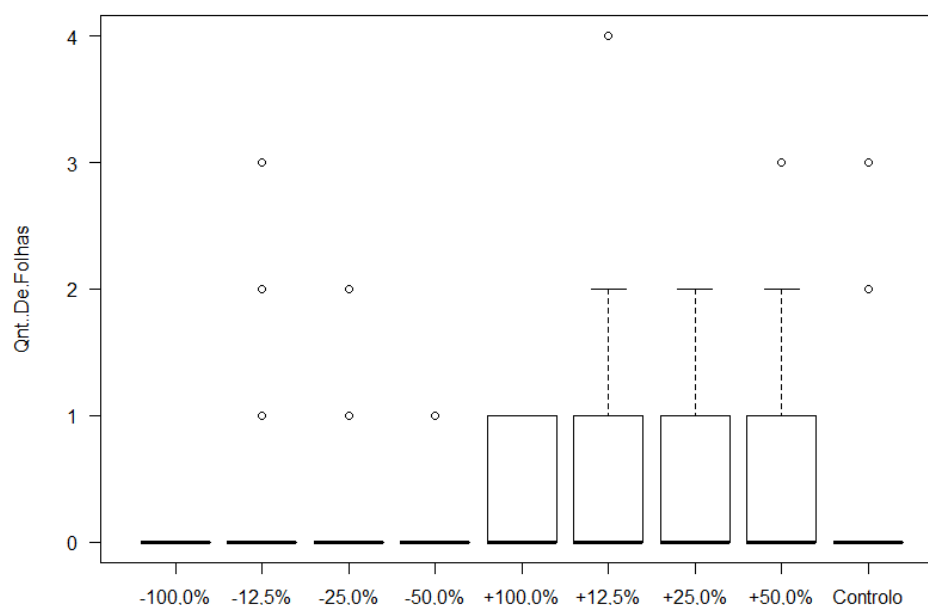


Gráfico 13- Gráfico de bigodes associado ao número de folhas por tratamento, em junho, para a espécie *Alnus glutinosa*.

Foi detetado uma correlação significativa e positiva entre o número de folhas e número de folhas secas ($SP = 0,969$, $p < 0,001$).

Tamanho das Folhas

Foram detetadas diferenças significativas no tamanho das folhas entre tratamentos (Teste de Kruskal-Wallis, valor de teste de $X^2 = 21,714$; probabilidade, $p = 0,003$; valor de liberdade $df = 7$). O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram discriminar as diferenças significativas entre tratamentos (Tabela 7 e Gráfico 14).

O tratamento +25,0% apresentou valor significativamente inferior ao tratamento -25,0%. O tratamento -100,0% não ocorre na comparação pela inexistência de folhas e, por consequência, não apresenta tamanhos de folhas.

Entre o número de folhas e o tamanho médio das folhas não existiu nenhum valor significativo embora isso seja um dado positivo ($SP = 0,050$, $p > 0,5$). É possível visualizar no Anexo 4.1 a distribuição do número de folhas e seu tamanho, respetivamente.

Tabela 7 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos, para o tamanho médio de folhas por estaca, em *Alnus glutinosa*, ajustando o valor de p com o método de Bonferroni. Oito tratamentos foram considerados: o Controlo; os quatro tratamentos positivos e três tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativos; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$)

	-12,5%	-25,0%	-50,0%	+100,0%	+12,5%	+25,0%	+50,0%
-12,5%	-	-	-	-	-	-	-
-25,0%	0,681 (Ns)	-	-	-	-	-	-
-50,0%	-0,005 (Ns)	-0,686 (Ns)	-	-	-	-	-
+100,0%	0,106 (Ns)	-0,575 (Ns)	0,111 (Ns)	-	-	-	-
+12,5%	0,264 (Ns)	-0,417 (Ns)	0,270 (Ns)	0,158 (Ns)	-	-	-
+25,0%	0,161 (Ns)	-0,520 (**)	0,166 (Ns)	0,055 (Ns)	-0,103 (Ns)	-	-
+50,0%	0,153 (Ns)	-0,527 (Ns)	0,158 (Ns)	0,048 (Ns)	-0,111 (Ns)	-0,001 (Ns)	-
Controlo	0,053 (Ns)	-0,628 (Ns)	0,058 (Ns)	-0,053 (Ns)	-0,211 (Ns)	-0,108 (Ns)	-0,100 (Ns)

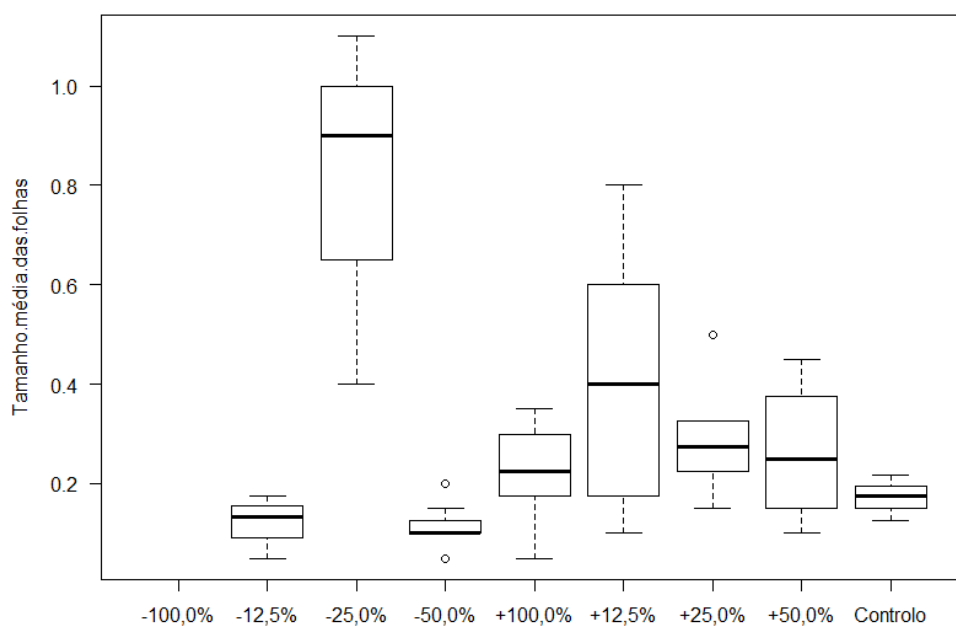


Gráfico 14 – Gráfico de bigodes associado ao tamanho médio das folhas por tratamento, em junho, para a espécie *Alnus glutinosa*.

Número de raízes

Praticamente não foram observadas raízes (Gráfico 15). Não foram detetadas diferenças significativas no número de raízes entre os tratamentos (Teste de Kruskal-Wallis, $X^2 = 12,723$; grau de liberdade, $df = 8$; probabilidade, $p = 0,122$).

O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram verificar a inexistência de diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 8 e Gráfico 15)

Tabela 8 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos, para o número de raízes por estaca, em *Alnus glutinosa*, ajustando o valor de p com o método de Bonferroni. Nove tratamentos foram considerados: o Controlo; os quatro tratamentos positivos e quatro tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativos; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$)

	-100,0%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	+100,0%	+12,5%	+25,0%	+50,0%
-12,5%	0,001 (Ns)	-	-	-	-	-	-	-
-25,0%	1,933 (Ns)	1,933 (Ns)	-	-	-	-	-	-
-50,0%	0,000 (Ns)	-0,001 (Ns)	-1,933 (Ns)	-	-	-	-	-
+100,0%	0,001 (Ns)	-0,001 (Ns)	-1,933 (Ns)	0,001 (Ns)	-	-	-	-
+12,5%	0,067 (Ns)	0,067 (Ns)	-1,867 (Ns)	0,067 (Ns)	0,067 (Ns)	-	-	-
+25,0%	0,001 (Ns)	-0,001 (Ns)	-1,933 (Ns)	0,001 (Ns)	0,000 (Ns)	-0,067 (Ns)	-	-
+50,0%	0,033 (Ns)	0,033 (Ns)	-1,900 (Ns)	0,033 (Ns)	0,033 (Ns)	-0,033 (Ns)	0,033 (Ns)	-
Controlo	0,067 (Ns)	0,067 (Ns)	-1,867 (Ns)	0,067 (Ns)	0,067 (Ns)	-0,001 (Ns)	0,067 (Ns)	0,033 (Ns)

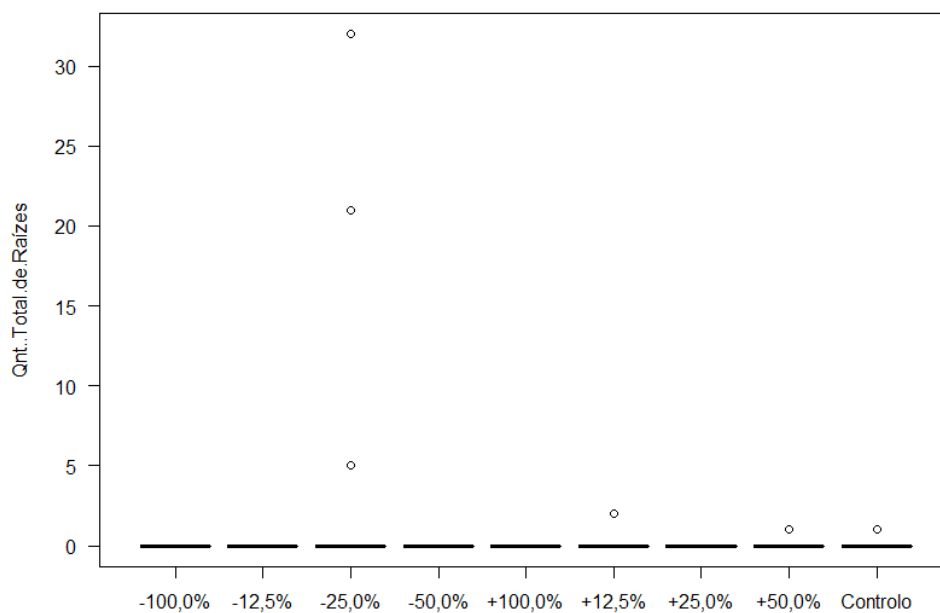


Gráfico 15 – Gráfico de bigodes associado ao número de raízes por tratamento, em junho, para a espécie *Alnus glutinosa*.

Tamanho das raízes

Ao nível radicular não existiram diferenças significativas (Teste de Kruskal-Wallis, $X^2 = 5,318$; grau de liberdade, $df=3$; probabilidade, $p=0.150$). O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram averiguar a inexistência de diferenças significativas (Tabela 9 e Gráfico 16).

Vários tratamentos não foram referidos no teste de comparações múltiplas pela inexistência de raízes e, como tal, não foi possível obter um registo do tamanho das mesmas.

Tabela 9 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos, para o tamanho de raízes por estaca, em *Alnus glutinosa*, ajustando o valor de p com o método de Bonferroni. Quatro tratamentos foram considerados: o Controlo, dois tratamentos positivos e um tratamento negativo.

	-25,0%	+12,5%	+50,0%
+12,5%	-9,523 (Ns)	-	-
+50,0%	-9,474 (Ns)	0,050(Ns)	-
Controlo	-9,124 (Ns)	0,400 (Ns)	0,350 (Ns)

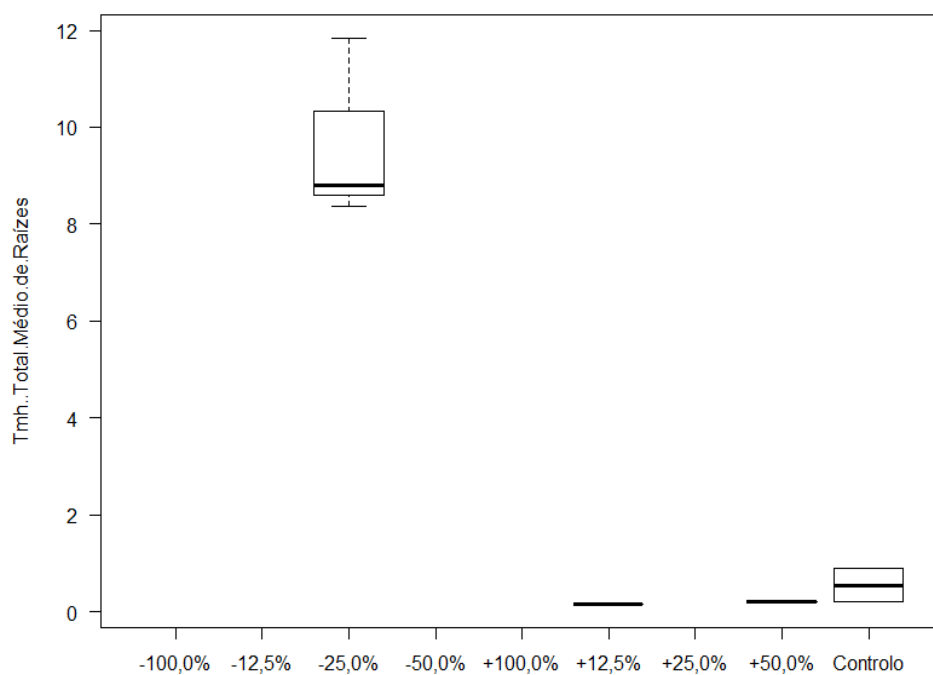


Gráfico 16 - Gráfico de bigodes associado ao tamanho médio das raízes por tratamento, em junho para a espécie *Alnus glutinosa*.

*Populus alba*Número de ápices e ápices foliares

Foram registadas diferenças significativas ao nível do número de ápices entre os tratamentos (Teste de Kruskal-Wallis, $X^2 = 85,979$; grau de liberdade, $df = 8$; probabilidade, $p < 0,001$). O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram discriminar as diferenças entre tratamentos (Tabela 10 e Gráfico 17). Salienta-se o tratamento -100,0% que apresentou valores nulos e significativamente inferiores aos restantes tratamentos, o tratamento -12,5% com valor significativamente superior ao Controlo; o tratamento -25,0% significativamente inferior ao +12,5% e +25,0% e o Controlo significativamente inferior aos tratamentos positivos.

Tabela 10 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos para número médio de ápices por estaca em *Populus alba*, ajustando o valor de p com o método de Bonferroni. Nove tratamentos foram considerados: o Controlo; os quatro tratamentos positivos e quatro tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativos; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).

	-100,0%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	+100,0%	+12,5%	+25,0%	+50,0%
-12,5%	1,233 (***)	-	-	-	-	-	-	-
-25,0%	0,633 (**)	-0,600 (Ns)	-	-	-	-	-	-
-50,0%	0,900 (***)	-0,333 (Ns)	0,267 (Ns)	-	-	-	-	-
+100,0%	1,033 (***)	0,200 (Ns)	0,400 (Ns)	0,133 (Ns)	-	-	-	-
+12,5%	1,300 (***)	0,067 (Ns)	0,667 (**)	0,400 (Ns)	0,267 (Ns)	-	-	-
+25,0%	1,500 (***)	0,267 (Ns)	0,867 (**)	0,600 (Ns)	0,467 (Ns)	0,200 (Ns)	-	-
+50,0%	1,267 (***)	0,033 (Ns)	0,633 (Ns)	0,367 (Ns)	0,233 (Ns)	-0,033 (Ns)	-0,233 (Ns)	-
Controlo	0,367 (**)	-0,867 (***)	-0,267 (Ns)	-0,533 (Ns)	-0,667 (***)	-0,933 (***)	-1,133 (***)	-0,900 (***)

Foi detetada uma correlação significativa e positiva entre o número de ápices e ápices foliares ($S_p = 0,872$; $p < 0,001$). Desse modo entende-se que os tratamentos com grande número de ápices contêm, do mesmo modo, uma grande quantidade de ápices foliares.

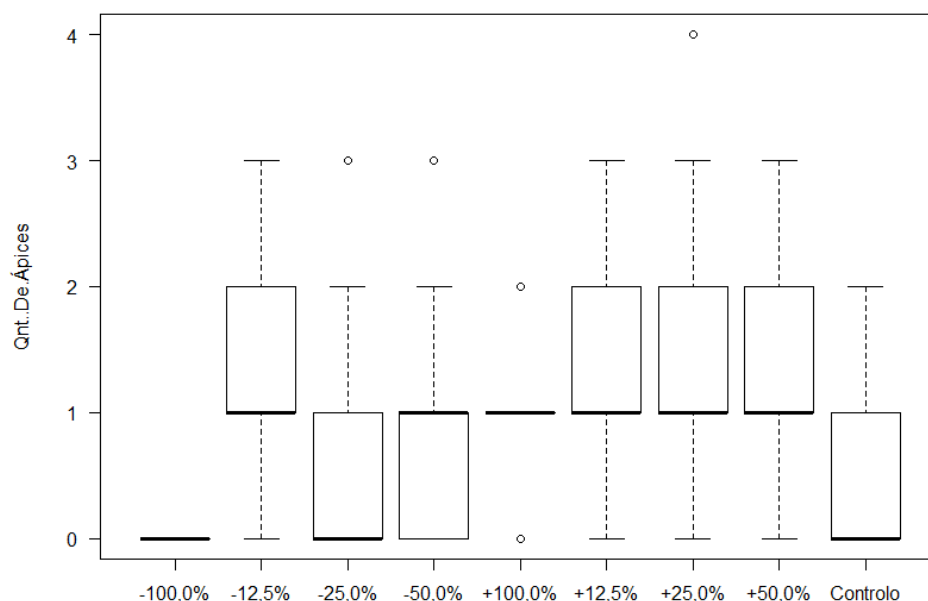


Gráfico 17 – Gráfico de bigodes associado ao número de ápices por tratamento, em junho para a espécie *Populus alba*.

Número de Folhas

Foi detetada uma correlação significativa e positiva entre o número de ápices foliares e o número de folhas ($Sp=0,943$; $p<0,001$).

A quantidade de folhas entre os tratamentos, apresentou diferenças estatisticamente significativas (Kruskal-Wallis, valor de teste de $X^2= 93,075$; probabilidade, $p< 0,001$; valor de liberdade $df= 8$). O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram a discriminação das diferenças entre tratamentos (Tabela 11 e no Gráfico 18). Destaca-se o tratamento -100,0% que apresentou valores nulos e significativamente inferiores aos restantes tratamentos; o tratamento -12,5% apresentou valores significativamente superiores ao -50,0%, +100,0% e o Controlo e, o Controlo apresentou valores significativamente inferiores a todos os tratamentos positivos e também ao -12,5% e -50,0%.

Tabela 11 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos para o número médio de folhas por estaca na espécie *Populus alba*, ajustando o valor de P com o método de Bonferroni. Nove ensaios foram considerados: o Controlo; os quatro tratamentos positivos e quatro tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).

	-100,0%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	+100,0%	+12,5%	+25,0%	+50,0%
-12,5%	8,200 (***)	-	-	-	-	-	-	-
-25,0%	3,767 (**)	-4,433 (Ns)	-	-	-	-	-	-
-50,0%	3,333 (***)	-4,867 (**)	-0,433 (Ns)	-	-	-	-	-
+100,0%	4,300 (***)	-3,900 (**)	0,533 (Ns)	0,967 (Ns)	-	-	-	-
+12,5%	6,400 (***)	-1,800 (Ns)	2,633 (Ns)	3,067 (Ns)	2,100 (Ns)	-	-	-
+25,0%	6,233 (***)	-1,967 (Ns)	2,467 (Ns)	2,900 (Ns)	1,933 (Ns)	-0,167 (Ns)	-	-
+50,0%	5,733 (***)	-2,467 (Ns)	1,967 (Ns)	2,400 (Ns)	1,433 (Ns)	-0,667 (Ns)	-0,500 (Ns)	-
Controlo	0,167 (Ns)	-8,033 (***)	-3,600 (Ns)	-3,167 (***)	-4,133 (***)	-6,233 (***)	-6,067 (***)	-5,567 (***)

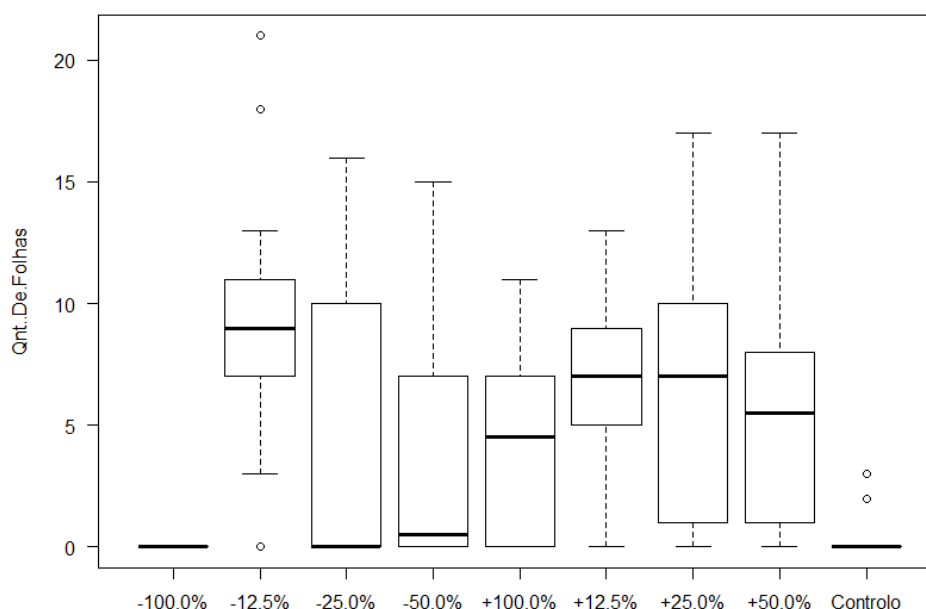


Gráfico 18 – Gráfico de bigodes associado ao número de folhas por tratamento, em junho para a espécie *Populus alba*.

Neste mês de junho, foi visível uma resposta de stress nas estacas, através da presença de folhas amareladas e secas, devido à escassez de água por um período prolongado.

Foi detetada uma correlação significativa e positiva entre o número de folhas e o número de folhas secas ($S_p = 0,903$; $p < 0,001$).

Foram detetadas diferenças significativas no número de folhas secas entre os tratamentos (Teste de Kruskal-Wallis, $X^2 = 97,642$; grau de liberdade, $df = 9$; probabilidade, $p < 0,001$).

O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram discriminar as diferenças entre os tratamentos (Tabela 12 e Gráfico 19). Realça-se o tratamento -100,0% por apresentar valores nulos e significativamente inferiores aos restantes tratamentos, exceto ao Controlo, o tratamento -12,5% apresenta valores significativamente superiores ao tratamento -50,0% e ao Controlo, o tratamento -50,0% apresenta valores significativamente inferiores aos tratamentos positivos e o Controlo apresenta valores significativamente inferiores aos tratamentos positivos.

Tabela 12 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos para o número médio de folhas secas por estaca na espécie *Populus alba*, ajustando o valor de P com o método de Bonferroni. Nove ensaios foram considerados: o Controlo; os quatro tratamentos positivos e quatro tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).

	-100,0%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	+100,0%	+12,5%	+25,0%	+50,0%
-12,5%	7,333 (***)	-	-	-	-	-	-	-
-25,0%	2,933 (Ns)	-4,400 (Ns)	-	-	-	-	-	-
-50,0%	1,233 (**)	-6,100 (***)	-1,700 (Ns)	-	-	-	-	-
+100,0%	4,067 (***)	-3,267 (Ns)	1,133 (Ns)	2,833 (**)	-	-	-	-
+12,5%	6,167 (***)	-1,167 (Ns)	3,233 (Ns)	4,933 (***)	2,100 (Ns)	-	-	-
+25,0%	6,233 (***)	-1,100 (Ns)	3,300 (Ns)	5,000 (***)	2,167 (Ns)	0,067 (Ns)	-	-
+50,0%	5,267 (***)	-2,067 (Ns)	2,333 (Ns)	4,033 (**)	1,200 (Ns)	-0,900 (Ns)	-0,967 (Ns)	-
Controlo	0,167 (Ns)	-7,167 (***)	-2,767 (Ns)	-1,067 (Ns)	-3,900 (***)	-6,000 (***)	-6,067 (***)	-5,100 (***)

Tamanho das Folhas

Foi detetada uma correlação significativa e positiva entre a quantidade de folhas e o seu tamanho ($Sp = 0,236$; $p < 0,05$).

Obtido este resultado, era expectável que os tratamentos positivos e o tratamento -12,5% contivessem as folhas de maiores dimensões, pelo seu grande número de folhas.

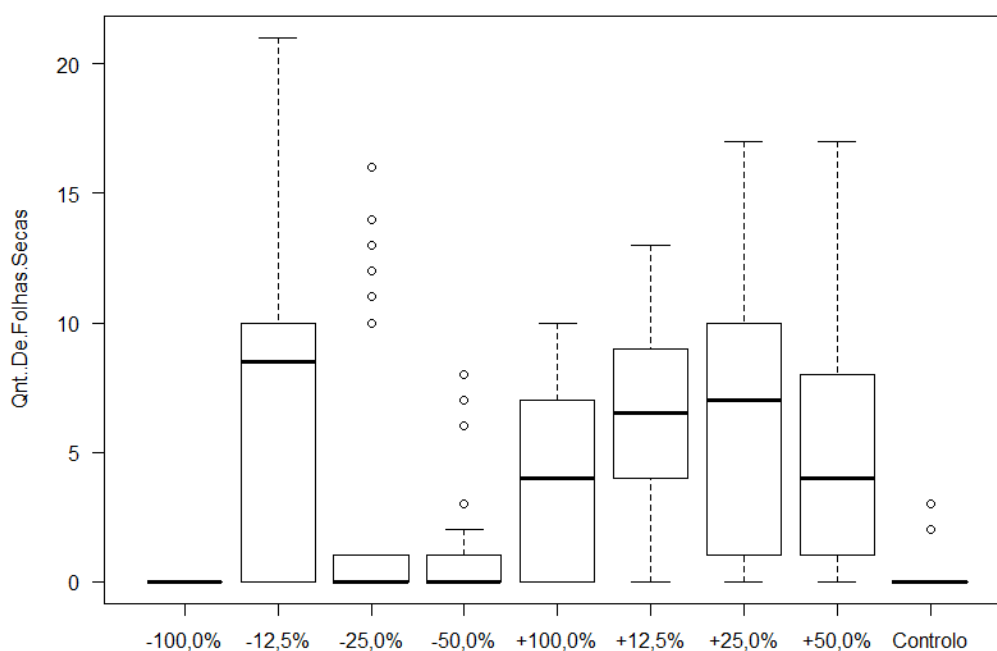


Gráfico 19 - Gráfico de bigodes associado ao número de folhas secas por tratamento, em junho na espécie *Populus alba*.

Foram detetadas diferenças significativas no tamanho médio das folhas entre os tratamentos (Teste de Kruskal-Wallis, valor de teste $X^2 = 87,811$; probabilidade, $p < 0,001$; grau de liberdade, $df = 7$). O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram discriminar as diferenças entre tratamentos (Tabela 13 e Gráfico 20). O tratamento -100,0% não foi considerado no teste, pela inexistência de folhas e, por consequência, não foi possível medir o tamanho de folhas. Os tratamentos negativos apresentam valores significativamente superiores aos tratamentos positivos e o tratamento +100,0% apresenta valores significativamente superiores ao tratamento +25,0%.

Tabela 13 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos para o tamanho médio de folhas por estaca na espécie *Populus alba*, ajustando o valor de P com o método de Bonferroni. Oito ensaios foram considerados: o Controlo; os quatro tratamentos positivos e três tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).

	-100,0%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	+100,0%	+12,5%	+25,0%	+50,0%
-12,5%	4,033 (***)	-	-	-	-	-	-	-
-25,0%	1,933 (**)	-2,100 (Ns)	-	-	-	-	-	-
-50,0%	1,467 (**)	-2,567 (**)	-0,467 (Ns)	-	-	-	-	-
+100,0%	2,733 (***)	-1,300 (**)	0,800 (Ns)	1,267 (Ns)	-	-	-	-
+12,5%	4,500 (***)	0,467 (Ns)	2,567 (***)	3,033 (**)	1,767 (Ns)	-	-	-
+25,0%	4,033 (***)	0,001 (Ns)	2,100 (Ns)	2,567 (**)	1,300 (Ns)	-0,467 (Ns)	-	-
+50,0%	3,267 (***)	-0,767 (Ns)	1,333 (Ns)	1,800 (Ns)	0,533 (Ns)	-1,233 (Ns)	-0,767 (Ns)	-
Controlo	0,300 (Ns)	-3,733 (***)	-1,633 (Ns)	-1,167 (Ns)	-2,433 (***)	-4,200 (***)	-3,733 (***)	-2,967 (***)

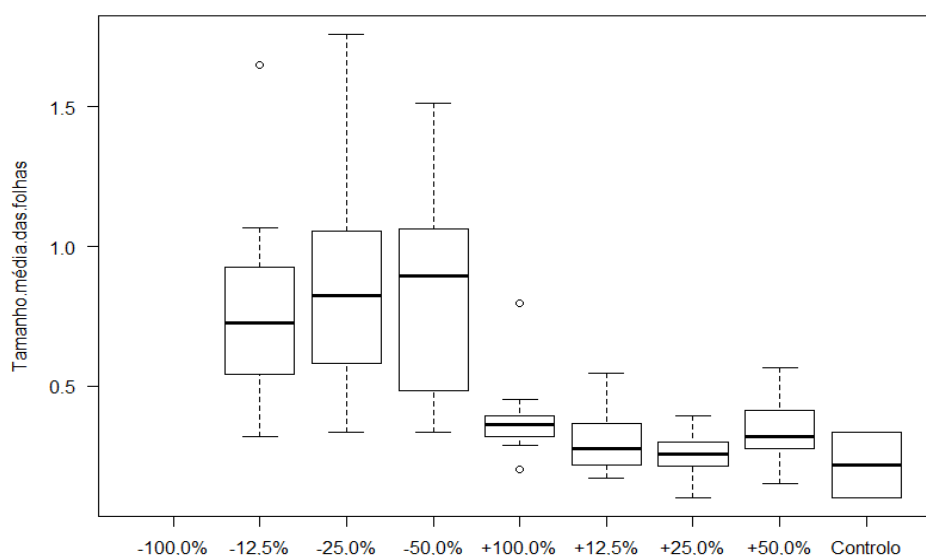


Gráfico 20 – Gráfico de bigodes associado ao tamanho médio das folhas por tratamento, em junho na espécie *Populus alba*.

Número de raízes

Referente ao sistema radicular, foi detetada uma correlação significativa e positiva entre o número de folhas e o número de raízes ($S_p = 0,856$; $p < 0,001$).

Obtiveram-se diferenças significativas no número de raízes entre os tratamentos (Teste de Kruskal-Wallis, $X^2 = 93,755$; probabilidade, $p < 0,001$; grau de liberdade, $df = 8$). O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram discriminar as diferenças entre os tratamentos (Tabela 14 e Gráfico 21).

Salienta-se o tratamento -100,0% que apresentou valores nulos e significativamente negativos comparativamente aos restantes tratamentos, excluindo o Controlo, o tratamento -12,5% apresentou valores significativamente superiores ao tratamento -25,0%, -50,0%, +100,0% e Controlo, o tratamento +12,5% apresentou valores significativamente superiores ao tratamento -25,0% e -50,0% e o controlo significativamente inferior aos tratamentos positivos.

Tabela 14 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos para o número de raízes por estaca na espécie *Populus alba*, ajustando o valor de P com método de Bonferroni. Nove ensaios foram considerados: O Controlo; os quatro tratamentos positivos e quatro tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).

	-12,5%	-25,0%	-50,0%	+100,0%	+12,5%	+25,0%	+50,0%
-12,5%	-	-	-	-	-	-	-
-25,0%	-0,166 (Ns)	-	-	-	-	-	-
-50,0%	-0,140 (Ns)	-0,087 (Ns)	-	-	-	-	-
+100,0%	-0,367 (***)	-0,532 (**)	-0,446 (***)	-	-	-	-
+12,5%	-0,442 (***)	-0,608 (***)	-0,521 (***)	-0,075 (Ns)	-	-	-
+25,0%	-0,484 (***)	-0,650 (***)	-0,563 (***)	-0,118 (**)	-0,042 (Ns)	-	-
+50,0%	-0,395 (***)	-0,561 (**)	-0,474 (***)	-0,029 (Ns)	0,046 (Ns)	0,089 (Ns)	-
Controlo	-0,521 (Ns)	-0,687 (Ns)	-0,601 (Ns)	-0,155 (Ns)	-0,080 (Ns)	-0,037 (Ns)	-0,126 (Ns)

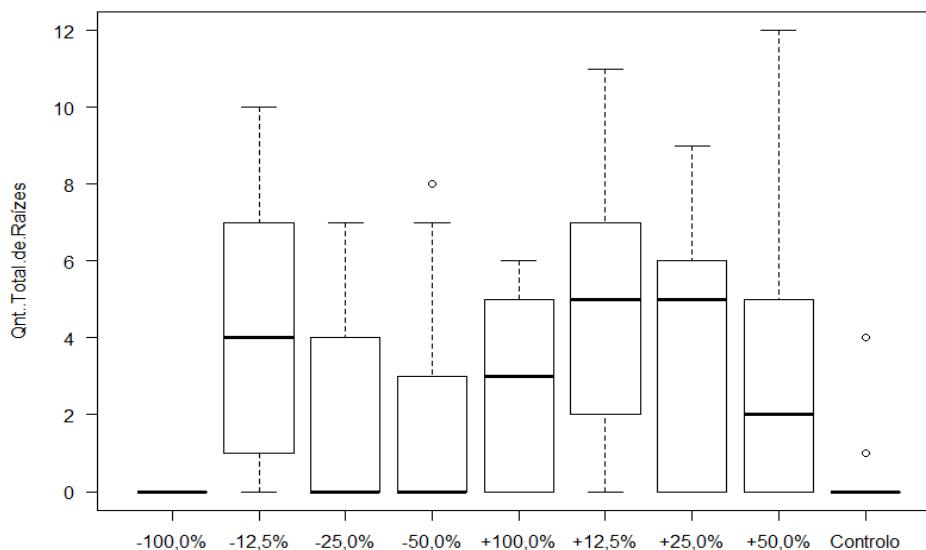


Gráfico 21 -Gráfico de bigodes associado a quantidade de raízes por tratamento, em junho na espécie *Populus alba*.

Tamanho das raízes

Foi detetada uma correlação significativa e positiva entre o tamanho médio das folhas com o tamanho médio das raízes ($Sp = 0,442$; $p < 0,001$).

Foram detetadas diferenças significativas no tamanho médio das raízes entre os tratamentos (Teste de Kruskal-Wallis, $X^2 = 32,148$; probabilidade, $p < 0,001$; grau de liberdade, $df = 7$). O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram a discriminação das diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 15 e Gráfico 22).

O tratamento -100,0% não foi considerado no teste pela observação nula de raízes e por consequência, a ausência de medição do tamanho das raízes. O tratamento -50,0% apresenta valores significativamente superiores aos tratamentos +12,5% e +25,0%.

Tabela 15 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos para o tamanho médio de raízes por estaca na espécie *Populus alba*, ajustando o valor de P com o método de Bonferroni. Oito ensaios foram considerados: o Controlo; os quatro tratamentos positivos e três tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).

	-12,5%	-25,0%	-50,0%	+100,0%	+12,5%	+25,0%	+50,0%
-12,5%	-	-	-	-	-	-	-
-25,0%	5,557 (Ns)	-	-	-	-	-	-
-50,0%	7,582 (Ns)	-2,025 (Ns)	-	-	-	-	-
+100,0%	0,136 (Ns)	-5,420 (Ns)	-7,446 (Ns)	-	-	-	-
+12,5%	-3,396 (Ns)	-8,952 (Ns)	-10,978 (**)	-3,532 (Ns)	-	-	-
+25,0%	-3,312 (Ns)	-8,876 (Ns)	-10,901 (**)	-3,456 (Ns)	0,076 (Ns)	-	-
+50,0%	-1,822 (Ns)	-3,734 (Ns)	-5,760 (Ns)	-1,689 (Ns)	5,218 (Ns)	5,142 (Ns)	-
Controlo	-5,710 (Ns)	-11,267 (Ns)	-13,293 (Ns)	-5,847 (Ns)	-2,315 (Ns)	-2,391 (Ns)	-7,533 (Ns)

Entre o número de folhas e o tamanho médio das folhas não foi detetado nenhum valor significativo e positivo ($SP = 0,236$, $p < 0,05$). É possível visualizar no Anexo 4.1 a distribuição do número de folhas e o seu tamanho, respetivamente.

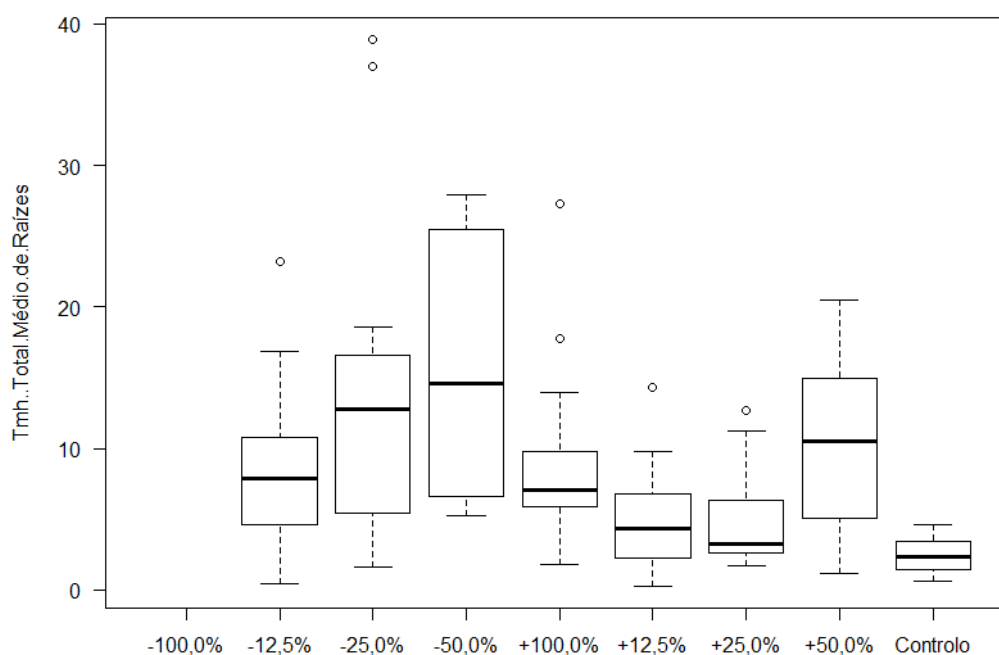


Gráfico 22 – Gráfico de bigodes associado ao tamanho médio das raízes por tratamento, em junho na espécie *Populus alba*.

Salix atrocinerea

Número de ápices e ápices foliares

Foram detetadas diferenças significativas no número de ápices entre os tratamentos (Teste de Kruskal-Wallis, $X^2 = 72,527$; grau de liberdade, $df = 8$; probabilidade, $p < 0,001$). O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram averiguar diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 16 e Gráfico 23). Destaca-se o tratamento -100,0% que apresentou valores nulos e significativamente inferiores a todos os restantes tratamentos o tratamento -12,5% apresentou valores significativamente inferiores ao tratamento +12,5% e o Controlo; o tratamento -25% apresentou valores significativamente inferiores ao tratamento +12,5% e Controlo, o tratamento +100,0% apresenta valores significativamente inferiores ao tratamento +12,5% e ao Controlo.

Tabela 16 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos para o número de ápices por estaca na espécie *Salix atrocinerea*, ajustando o valor de P com o método de Bonferroni. Nove tratamentos foram considerados: o Controlo; os quatro tratamentos positivos e quatro tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativos; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).

	-100,0%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	+100,0%	+12,5%	+25,0%	+50,0%
-12,5%	1,100 (***)	-	-	-	-	-	-	-
-25,0%	1,067 (***)	-0,033 (Ns)	-	-	-	-	-	-
-50,0%	1,367 (***)	0,267 (Ns)	0,300 (Ns)	-	-	-	-	-
+100,0%	1,067 (***)	-0,033 (Ns)	0,001 (Ns)	-0,300 (Ns)	-	-	-	-
+12,5%	2,333 (***)	1,133 (**)	1,167 (**)	0,867 (Ns)	1,167 (**)	-	-	-
+25,0%	2,000 (***)	0,900 (Ns)	0,933 (Ns)	0,633 (Ns)	0,933 (Ns)	-0,233 (Ns)	-	-
+50,0%	1,633 (***)	0,533 (Ns)	0,567 (Ns)	0,267 (Ns)	0,567 (Ns)	0,600 (Ns)	-0,367 (Ns)	-
Controlo	2,533 (***)	1,433 (**)	1,467 (**)	1,467 (Ns)	1,467 (**)	0,300 (Ns)	0,533 (Ns)	0,900 (Ns)

Foi detetada uma correlação significativa e positiva entre o número de ápices e o número de ápices foliares ($SP = 0,97$; $p < 0,001$). Desse modo entende-se que os tratamentos com grande número de ápices contêm do mesmo modo uma grande quantidade de ápices foliares.

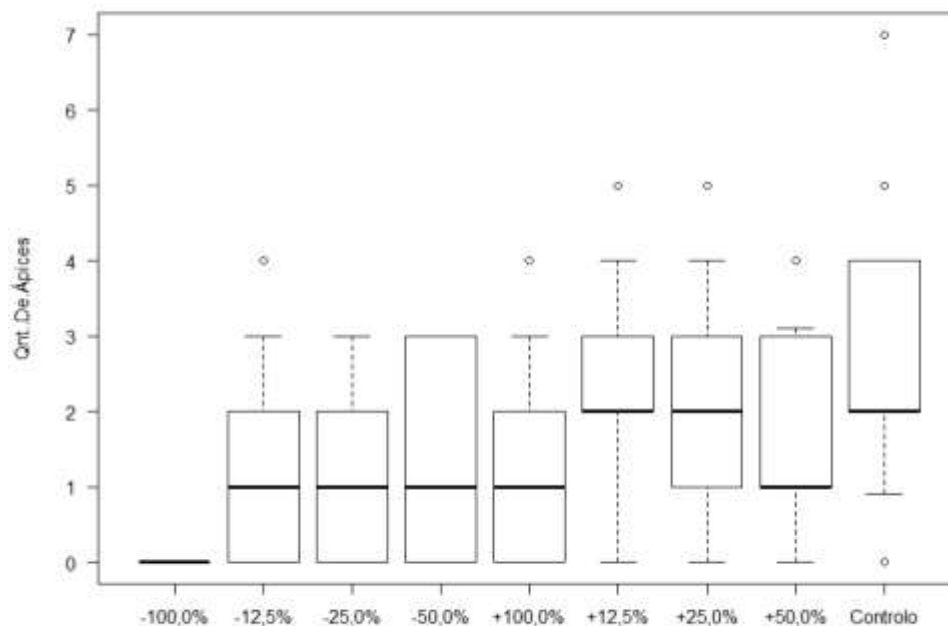


Gráfico 23 – Gráfico de bigodes associado ao número de ápices por tratamentos, em junho para a espécie *Salix atrocinerea*.

Número de Folhas

Foi detetada uma correlação significativa e positiva entre o número de ápices foliares e o número de folhas ($SP= 0,772$; $p< 0,001$).

Foram detetadas diferenças significativas no número de folhas entre os tratamentos (Teste de Kruskal-Wallis, $X^2= 59,702$; grau de liberdade, $df= 8$; probabilidade, $p<0,001$). O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram discriminar as diferenças significativas (Tabela 17 e Gráfico 24).

Salientam-se o tratamento -100,0% que apresentou valores nulos e significativamente inferiores a todos os tratamentos, o tratamento +12,5% que apresenta valores significativamente superiores aos tratamentos negativos e ao tratamento +100,0%.

Tabela 17 -. Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos para o número de folhas por estaca na espécie *Salix atrocinerea*, ajustando o valor de P com o método de Bonferroni. Nove ensaios foram considerados: o Controlo; os quatro tratamentos positivos e quatro tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p<0,001$; **, $p<0,05$).

	-100,0%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	+100,0%	+12,5%	+25,0%	+50,0%
-12,5%	3,200 (***)	-	-	-	-	-	-	-
-25,0%	1,900 (**)	-1,300 (Ns)	-	-	-	-	-	-
-50,0%	2,567 (**)	-0,633 (Ns)	0,667 (Ns)	-	-	-	-	-
+100,0%	2,733 (**)	-0,467 (Ns)	0,833 (Ns)	0,167 (Ns)	-	-	-	-
+12,5%	7,533 (***)	4,333 (**)	5,633 (***)	4,967 (***)	4,800 (**)	-	-	-
+25,0%	5,733 (***)	2,533 (Ns)	3,833 (Ns)	3,167 (Ns)	3,000 (Ns)	-1,800 (Ns)	-	-
+50,0%	4,333 (***)	1,133 (Ns)	2,433 (Ns)	1,767 (Ns)	1,600 (Ns)	-3,200 (Ns)	-1,400 (Ns)	-
Controlo	5,533 (***)	2,333 (Ns)	3,633 (Ns)	2,967 (Ns)	2,800 (Ns)	-2,000 (Ns)	-0,200 (Ns)	1,200 (Ns)

Foi detetada uma correlação significativa e positiva entre o número de folhas e o número de folhas secas presentes nesta espécie ($SP=1$; $p<0,001$). Este valor permite compreender que o total das folhas se encontram num estado débil, amareladas e secas.

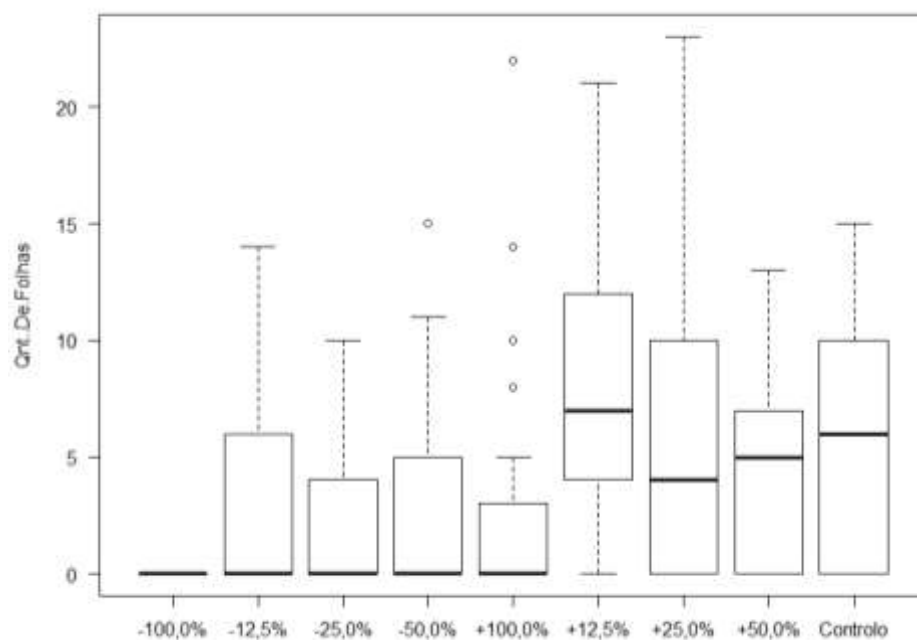


Gráfico 24 Gráfico de bigodes associado ao número de folhas por tratamento, em junho para a espécie *Salix atrocinerea*.

Tamanho das Folhas

Foram observadas diferenças significativas no tamanho das folhas entre os tratamentos (Teste de Kruskal-Wallis, $X^2 = 35,542$; grau de liberdade, $df=7$; probabilidade, $p < 0,001$).

O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram discriminar as diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 18 e Gráfico 25).

O tratamento -12,5% foi significativamente superior aos tratamentos +12,5%, +50,0% e Controlo; o Controlo apresenta valores significativamente inferiores aos tratamentos -25,0% e +25,0%.

O tratamento -100,0% não se apresentou no teste de comparações múltiplas pelos valores nulos do número de folhas e por consequência não se obtiveram valores de tamanho de folhas.

Tabela 18 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos para o tamanho das folhas por estaca na espécie *Salix atrocinerea*, ajustando o valor de P com o método de Bonferroni. Oito ensaios foram considerados: o Controlo; os quatro tratamentos positivos e três tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).

	-12,5%	-25,0%	-50,0%	+100,0%	+12,5%	+25,0%	+50,0%
-12,5%	-	-	-	-	-	-	-
-25,0%	0,103 (Ns)	-	-	-	-	-	-
-50,0%	-0,251 (Ns)	-0,354 (Ns)	-	-	-	-	-
+100,0%	-0,779 (Ns)	-0,883 (Ns)	-0,528 (Ns)	-	-	-	-
+12,5%	-0,968 (**)	-1,071 (Ns)	-0,717 (Ns)	-0,189 (Ns)	-	-	-
+25,0%	-0,803 (Ns)	-0,906 (Ns)	-0,552 (Ns)	-0,024 (Ns)	0,165 (Ns)	-	-
+50,0%	-0,992 (**)	-1,095 (Ns)	-0,741 (Ns)	-0,213 (Ns)	-0,024 (Ns)	-0,189 (Ns)	-
Controlo	-1,363 (***)	-1,467 (**)	-1,113 (Ns)	-0,584 (Ns)	-0,395 (Ns)	-0,560 (**)	-0,372 (Ns)

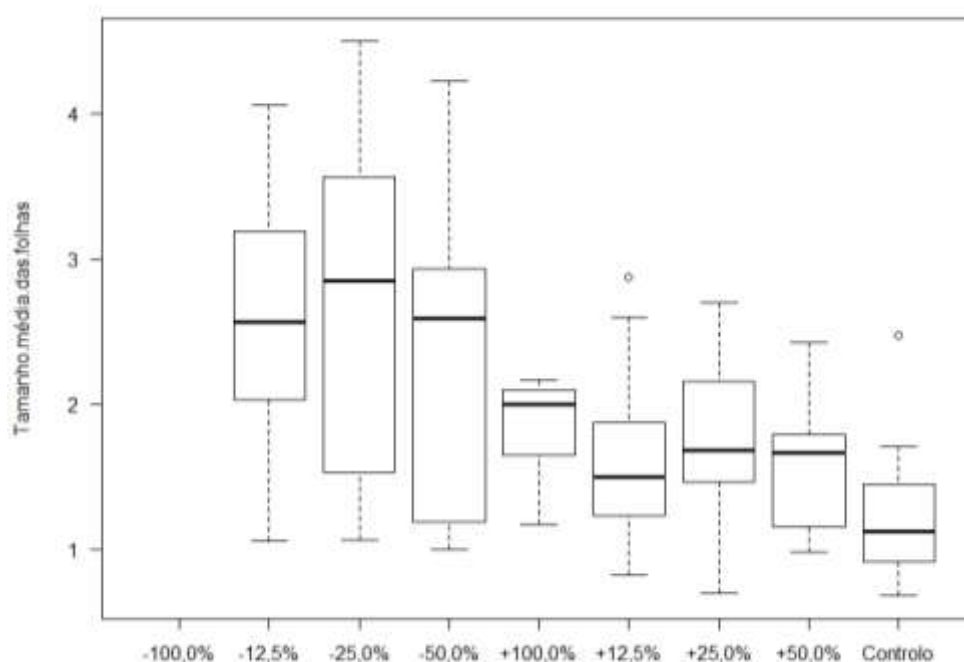


Gráfico 25 – Gráfico de bigodes associado ao tamanho médio das folhas por tratamento, em junho para a espécie *Salix atrocinerea*.

Entre o número de folhas e o tamanho médio das folhas existe um valor significativo e negativo ($SP = -0,17$, $p < 0,05$). É possível visualizar no Anexo 4.1 a distribuição do número de folhas e seu tamanho respetivamente.

Número de raízes

Foi detetada uma correlação significativa e positiva entre o número de folhas e o número de raízes ($S_p = 0,653$; $p < 0,001$).

Coloca-se a hipótese com base nesta correlação, que o Controlo e os tratamentos positivos, exceto o tratamento +100,0%, contenham maior número de raízes.

Foram detetadas diferenças significativas no número de raízes entre os tratamentos (Teste de Kruskal-Wallis, $X^2 = 101,33$; grau de liberdade, $df = 8$; probabilidade, $p < 0,001$). O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram discriminar as diferenças entre os tratamentos (Tabela 19 e Gráfico 26). Destacam-se o tratamento -100,0% que apresentou valores nulos e significativamente inferiores a todos os tratamentos, os tratamentos +12,5%, +25,0% e Controlo que apresentam valores significativamente superiores aos tratamentos negativos, o tratamento +100% que apresenta valores significativamente inferiores ao tratamento +12,5% e ao Controlo, o tratamento +12,5% que apresenta valores significativamente superiores ao tratamento +50,0% e o tratamento +50,0% apresenta valores significativamente inferiores ao Controlo.

Tabela 19 -- Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos para o número de raízes por estaca na espécie *Salix atrocinerea*, ajustando o valor de P com o método de Bonferroni. Nove ensaios foram considerados: o Controlo; os quatro tratamentos positivos e três tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).

	-100,0%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	+100,0%	+12,5%	+25,0%	+50,0%
-12,5%	9,367 (***)	-	-	-	-	-	-	-
-25,0%	7,633 (**)	-1,733 (Ns)	-	-	-	-	-	-
-50,0%	8,733 (**)	-0,633 (Ns)	1,100 (Ns)	-	-	-	-	-
+100,0%	9,800 (***)	0,433 (Ns)	2,167 (Ns)	1,067 (Ns)	-	-	-	-
+12,5%	18,23 (***)	8,667 (***)	10,600 (***)	9,500 (***)	8,433 (**)	-	-	-
+25,0%	16,167 (***)	6,800 (**)	8,533 (**)	7,433 (**)	6,367 (Ns)	-2,067 (Ns)	-	-
+50,0%	10,433 (***)	1,067 (Ns)	2,800 (Ns)	1,700 (Ns)	0,633 (Ns)	-7,800 (**)	-5,733 (Ns)	-
Controlo	20,100 (***)	10,733 (***)	12,467 (***)	11,367 (***)	10,300 (***)	1,867 (Ns)	3,933 (Ns)	9,667 (***)

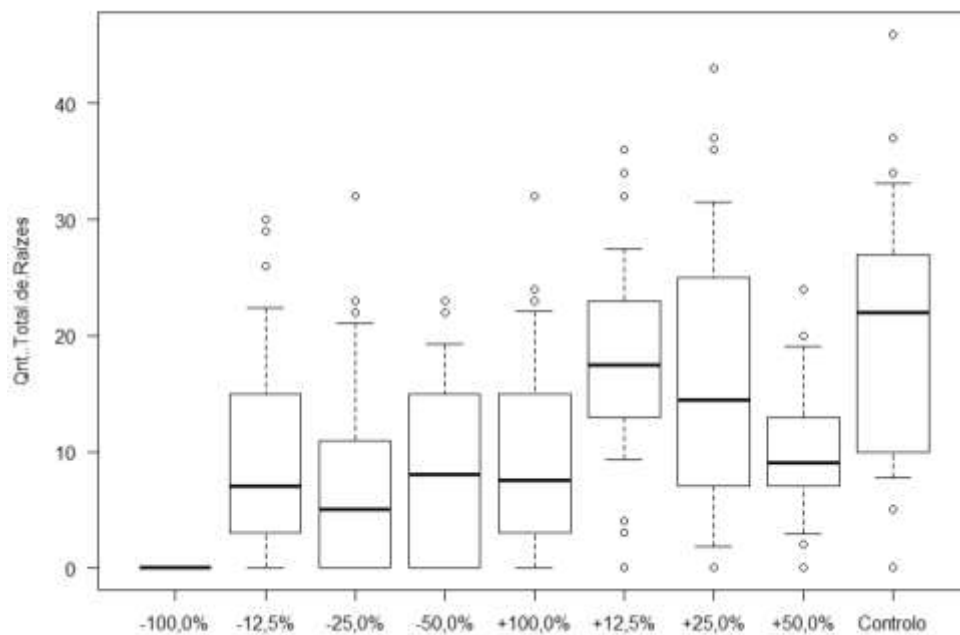


Gráfico 26 – Gráfico de bigodes associado ao número de raízes por tratamento, em junho para a espécie *Salix atrocinerea*.

Tamanho das raízes

Foram detetadas diferenças significativas no tamanho das raízes entre os tratamentos (Teste de Kruskal-Wallis, $X^2 = 33,851$; grau de liberdade, $df=7$; probabilidade, $p<0,001$). O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram discriminar as diferenças entre os tratamentos (Tabela 20 e Gráfico 27). O tratamento -100,0% não foi considerado no teste pela observação nula de raízes e por consequência o tamanho das raízes também não foi medido.

O tratamento -25,0% apresenta valores significativamente superiores ao tratamento +100,0%; o Controlo apresenta valores significativamente superiores aos tratamentos positivos.

Tabela 20 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre tratamentos para o tamanho das raízes por estaca na espécie *Salix atrocinerea*, ajustando o valor de P com o método de Bonferroni. Nove ensaios foram considerados: o Controlo; os quatro tratamentos positivos e três tratamentos negativos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).

	-12,5%	-25,0%	-50,0%	+100,0%	+12,5%	+25,0%	+50,0%
-12,5%	-	-	-	-	-	-	-
-25,0%	7,800 (Ns)	-	-	-	-	-	-
-50,0%	1,555 (Ns)	-6,245 (Ns)	-	-	-	-	-
+100,0%	-4,521 (Ns)	-12,321 (**)	-6,077 (Ns)	-	-	-	-
+12,5%	-2,125 (Ns)	-9,925 (Ns)	-3,680 (Ns)	2,397 (Ns)	-	-	-
+25,0%	-1,357 (Ns)	-9,157 (Ns)	-2,912 (Ns)	3,164 (Ns)	0,768 (Ns)	-	-
+50,0%	-2,964 (Ns)	-10,765 (Ns)	-4,520 (Ns)	1,557 (Ns)	-0,840 (Ns)	-1,607 (Ns)	-
Controlo	7,958 (Ns)	0,158 (Ns)	6,403 (Ns)	12,480 (**)	10,083 (**)	9,315 (**)	10,922 (**s)

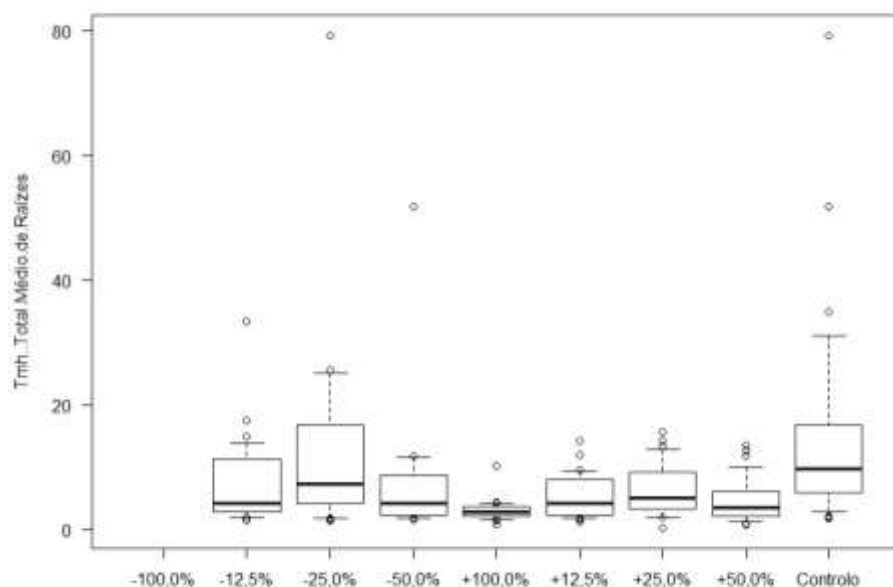


Gráfico 27 - Análise estatística do tamanho médio das raízes presentes nas estacas, na espécie *Salix atrocinerea* no mês de junho.

3.2.2. Comparações Inter-Espécies

Número de ápices

Ao nível geral, foram detetadas diferenças significativas no número de ápices entre as espécies (Teste de Kruskal-Wallis, $X^2 = 43,2$; grau de liberdade, $df = 2$; probabilidade, $p < 0,001$). O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram discriminar as diferenças entre as espécies (Tabela 21 e Gráfico 28). A espécie *Alnus glutinosa* apresenta valores significativamente inferiores à espécie *Populus alba* e *Salix atrocinerea* e a espécie *Populus alba* apresenta valores significativamente inferiores à espécie *Salix atrocinerea*.

Tabela 21 – Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre espécies (Ag, Pa, Sa) para o número de ápices, ajustando a probabilidade com o método de Bonferroni juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).

	<i>A. glutinosa</i>	<i>P. alba</i>
<i>P. alba</i>	0,285 (**)	-
<i>S. atrocinerea</i>	0,814 (***)	0,530 (***)

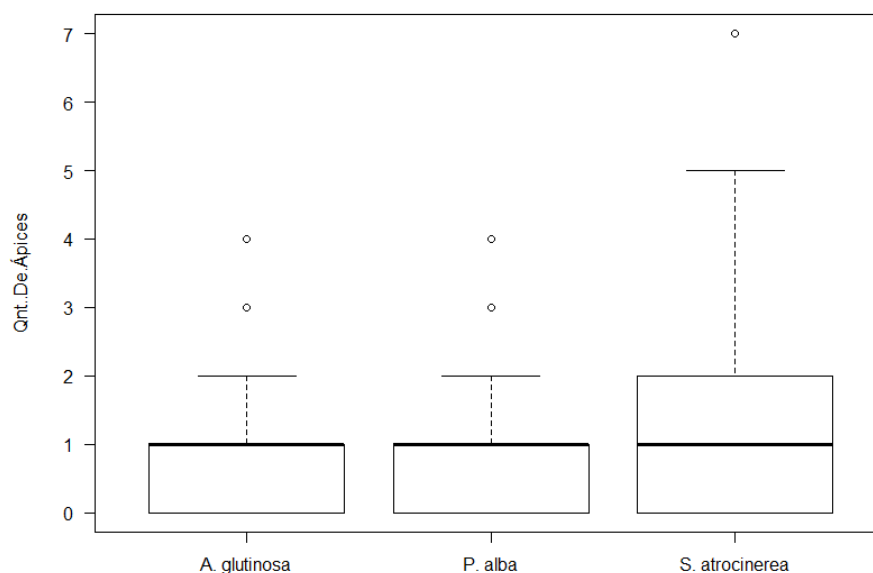


Gráfico 28 – Gráfico de bigodes associado ao número de ápices por espécie, em junho.

Foram detetadas diferenças significativas na variação do número de ápices entre as espécies em diferentes tratamentos (Tabela 22). O teste de Kruskal-Wallis permitiu discriminar as diferenças significativas entre espécies nos tratamentos (Tabela 22). O tratamento -100,0% não foi abordado no teste porque apresentou valores nulos no número de ápices.

Verificou-se diferenças significativas no número de ápices entre as espécies em determinados tratamentos, nomeadamente, nos tratamentos -12,5%, Controlo, +12,5% e +25,0% (Tabela 22).

Tabela 22 - Teste de Kruskal-Wallis para a diferença no número de ápices entre espécies (Ag, Pa, Sa) em diferentes tratamentos, com a mediana do número de ápices por espécie nos tratamentos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$), ajustando o valor de p com o método de Bonferroni.

	χ^2	df	Mediana
-50,0%	2,906 (Ns)	2	(Ag= 0,83; Pa= 0,90; Sa=1,36)
-25,0%	3,738 (Ns)	2	(Ag= 0,63; Pa= 0,63; Sa=1,07)
-12,5%	17,126 (***)	2	(Ag= 0,33; Pa= 1,23; Sa=1,10)
Controlo	40,567 (***)	2	(Ag= 0,53; Pa= 0,37; Sa=2,53)
+12,5%	28,287 (***)	2	(Ag= 0,67; Pa= 1,30; SA= 2,23)
+25,0%	20,168 (***)	2	(Ag= 0,53; Pa= 1,50; SA= 2,00)
+50,0%	2,661 (Ns)	2	(Ag= 1,07; Pa= 1,27; Sa= 1,63)
+100,0%	1,456 (Ns)	2	(Ag= 1,07; Pa= 1,03; Sa= 1,07)

Ocorreram diferenças significativas no número de ápices, quando comparadas as diferentes espécies. O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram discriminar as diferenças no número de ápices entre as espécies (Tabela 23 e Anexo 5.1). No tratamento -12,5% apesar de existir um valor significativo na variância de número de ápices entre as espécies, não contém diferenças significativas. No Controlo, a espécie *Salix atrocinerea* apresenta valores significativamente superiores às restantes espécies. No tratamento -12,5% a espécie *Alnus glutinosa* apresenta valores significativamente inferiores às restantes espécies. No tratamento +25% a espécie *Salix atrocinerea* apresenta valores significativamente superiores à espécie *Populus alba* e, a espécie *Alnus glutinosa* apresenta valores significativamente inferiores às restantes espécies.

Tabela 23 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre espécies (Ag, Pa, Sa) para o número de ápices em diferentes tratamentos, ajustando o valor de P com o método de Bonferroni, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).

Tratamento	Espécie	Ag	Pa
-50,0%	Pa	0,067 (Ns)	-
	Sa	0,533 (Ns)	0,467 (Ns)
-25,0%	Pa	-0,001 (Ns)	-
	Sa	0,433 (Ns)	0,433 (Ns)
-12,5%	Pa	0,900 (Ns)	-
	Sa	0,767 (Ns)	-0,133 (Ns)
Controlo	Pa	-0,167 (Ns)	-
	Sa	2,000 (***)	2,167 (***)
+12,5%	Pa	0,633 (**)	-
	Sa	1,567 (***)	0,933 (**)
+25,0%	Pa	0,967 (***)	-
	Sa	1,467 (***)	0,500 (Ns)
+50,0%	Pa	0,200 (Ns)	-
	Sa	0,567 (Ns)	0,367 (Ns)
+100,0%	Pa	-0,033 (Ns)	-
	Sa	-0,001 (Ns)	0,033 (Ns)

Número de Folhas

Foi detetada uma correlação significativa e positiva entre o número de ápices e o número de folhas ($SP = 0,71$; $p < 0,001$).

Foram detetadas diferenças significativas na variação do número de folhas entre as espécies (Teste de Kruskal-Wallis, $X^2 = 111,51$; grau de liberdade, $df = 2$; probabilidade, $p < 0,001$). O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram discriminar as diferenças significativas (Tabela 24 e Gráfico 29). A espécie *Alnus glutinosa* foi significativamente inferior às restantes espécies.

Tabela 24 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre espécies (Ag, Pa, Sa) para o número de folhas, ajustando o valor de P com o método de Bonferroni (Ns, não significativo; **, $p < 0,05$; ***, $p < 0,001$).

	<i>A. glutinosa</i>	<i>P. alba</i>
<i>P. alba</i>	3,956 (***)	-
<i>S. atrocinerea</i>	3,444 (***)	-0,511 (Ns)

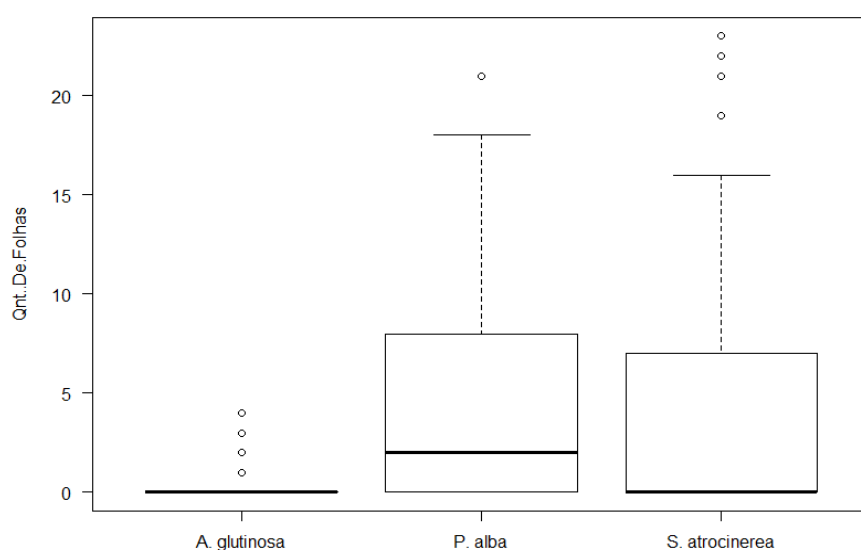


Gráfico 29 – Gráfico de bigodes associado ao número de folhas por espécie, em junho.

Foram detetadas diferenças significativas na variação do número de folhas entre as espécies em alguns tratamentos (Tabela 25). O teste de Kruskal-Wallis permitiu discriminar as diferenças significativas entre espécies nos tratamentos estudados (Tabela 25). O tratamento -100% não foi abordado no teste dada a presença de valores nulos no número de folhas.

Tabela 25 - Teste de Kruskal-Wallis para a diferença no número de folhas entre espécies (Ag, Pa, Sa) em diferentes tratamentos, com a mediana do número de folhas por espécie nos tratamentos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$), ajustando o valor de p com o método de Bonferroni.

	χ^2	df	Mediana
-50,0%	8,029 (**)	2	(Ag= 0,23; Pa= 3,33; Sa=2,57)
-25,0%	8,066 (**)	2	(Ag= 0,17; Pa= 3,77; Sa=1,90)
-12,5%	36,924 (***)	2	(Ag= 0,23 Pa= 8,20; Sa=3,20)
Controlo	35,469 (***)	2	(Ag= 0,27; Pa= 0,17; Sa=5,53)
+12,5%	37,219 (***)	2	(Ag= 0,47; Pa= 6,40; SA= 7,53)
+25,0%	21,407 (***)	2	(Ag= 0,47; Pa= 6,23; SA= 5,73)
+50,0%	25,081 (***)	2	(Ag= 0,47; Pa= 5,73; Sa= 4,33)
+100,0%	19,721 (***)	2	(Ag= 0,27; Pa= 4,30; Sa= 2,73)

Ocorreram diferenças significativas no número de folhas, em grande parte dos tratamentos, quando comparado entre as espécies. O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram discriminar as diferenças no número de folhas entre as espécies (Tabela 26 e Anexo 5.2). No tratamento -50,0% a espécie *Populus alba* é significativamente superior à espécie *Alnus glutinosa*, no tratamento -25,0% a espécie *Alnus glutinosa* é significativamente inferior às restantes espécies, no tratamento -12,5% o *Alnus glutinosa* é significativamente inferior às restantes espécies e o *Salix atrocinerea* é significativamente inferior ao *Populus alba*, no Controlo, o *Salix atrocinerea* é significativamente superior às restantes espécies, nos tratamento +12,5% e +25,0% o *Alnus glutinosa* é significativamente inferior às restantes espécies e no tratamento +100,0% o *Populus alba* é significativamente superior às restantes espécies.

Tabela 26 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre espécies (Ag, Pa, Sa) para o número de folhas em diferentes tratamentos, ajustando o valor de P com o método de Bonferroni, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).

Tratamento	Espécie	Ag	Pa
-50,0%	Pa	3,100 (**)	-
	Sa	2,333 (Ns)	-0,767 (Ns)
-25,0%	Pa	3,600 (**)	-
	Sa	1,733 (**)	-1,867 (Ns)
-12,5%	Pa	8,000 (***)	-
	Sa	3,000(**)	-5,000 (***)
Controlo	Pa	-0,100 (Ns)	-
	Sa	5,267 (***)	5,367 (***)
+12,5%	Pa	5,933 (***)	-
	Sa	7,067 (***)	1,133 (Ns)
+25,0%	Pa	5,767 (***)	-
	Sa	5,267 (**)	-0,500 (Ns)
+50,0%	Pa	5,267 (***)	-
	Sa	3,867 (**)	-1,400 (Ns)
+100,0%	Pa	4,033 (***)	-
	Sa	2,467 (Ns)	-1,567 (**)

Tamanho das Folhas

Detetaram-se diferenças significativas no tamanho das folhas entre espécies (Teste de Kruskal-Wallis, $X^2 = 224,04$; grau de liberdade, $df = 2$; probabilidade, $p < 0,001$). O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram discriminar as diferenças no tamanho das folhas entre espécies (Tabela 27 e Gráfico 30). O *Alnus glutinosa* é significativamente inferior às restantes espécies e o *Salix atrocinerea* é significativamente superior ao *Populus alba*.

Tabela 27 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre espécies (Ag, Pa, Sa) para o tamanho médio das folhas, ajustando o valor de P com o método de Bonferroni (Ns, não significativo; **, $p < 0,05$; ***, $p < 0,001$).

	<i>A. glutinosa</i>	<i>P. alba</i>
<i>P. alba</i>	0,196 (***)	-
<i>S. atrocinerea</i>	1,577 (***)	1,381 (***)

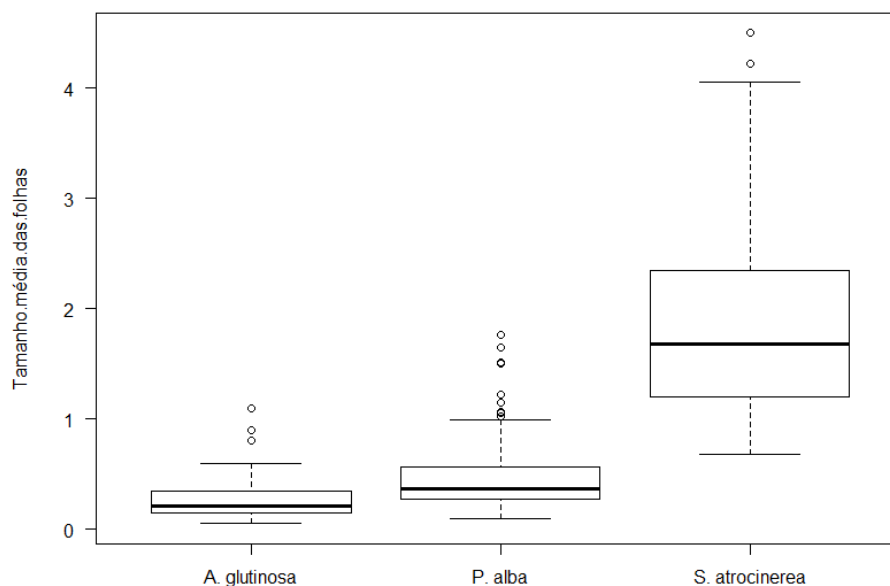


Gráfico 30 – Gráfico de bigodes associado ao tamanho médio das folhas por espécie em junho.

Foram detetadas diferenças significativas na variação do tamanho de folhas entre as espécies em todos os tratamentos (Tabela 28). O teste de Kruskal-Wallis permitiu discriminar as diferenças significativas entre espécies nos tratamentos (Tabela 28).

O tratamento -100,0% não foi abordado no teste, dada a presença de valores nulos no número de folhas e por consequência no seu tamanho.

Tabela 28 - Teste de Kruskal-Wallis para a diferença no tamanho médio das folhas entre espécies (Ag, Pa, Sa) em diferentes tratamentos, com a mediana do tamanho médio das folhas por espécie nos tratamentos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$), ajustando o valor de p com o método de Bonferroni.

	χ^2	df	Mediana
-50,0%	24,007 (***)	2	(Ag= 0,11; Pa= 0,82; Sa=2,24)
-25,0%	13,570 (**)	2	(Ag= 0,80; Pa= 0,90; Sa=2,69)
-12,5%	29,602 (***)	2	(Ag= 0,12 Pa= 0,74; Sa=2,60)
Controlo	11,400 (**)	2	(Ag= 0,17; Pa= 0,22; Sa=1,22)
+12,5%	42,602 (***)	2	(Ag= 0,38; Pa= 0,29; SA= 1,62)
+25,0%	21,407 (***)	2	(Ag= 0,28; Pa= 0,25; SA= 1,78)
+50,0%	37,563 (***)	2	(Ag= 0,27; Pa= 0,34; Sa= 1,60)
+100,0%	27,091 (***)	2	(Ag= 0,23; Pa= 0,37; Sa= 1,81)

Foram registadas diferenças significativas no número de folhas, em grande parte dos tratamentos, quando comparado entre as espécies. O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram discriminar as diferenças no tamanho médio das folhas entre as espécies (Tabela 29 e Anexo 5.3). Nos tratamentos -50,0%, -12,5% e +100,0%, o *Alnus glutinosa* é significativamente inferior às restantes espécies e o *Salix atrocinerea* é significativamente superior ao *Populus alba*. Nos restantes tratamentos (-25,0%, Controlo, +12,5%, +25,0% e +50,0%) o *Salix atrocinerea* é significativamente superior ao *Populus alba*.

Tabela 29 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre espécies (Ag, Pa, Sa) para o tamanho médio das folhas em diferentes tratamentos, ajustando o valor de P com o método de Bonferroni, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).

Tratamento	Espécie	Ag	Pa
-50,0%	Pa	0,703 (***)	-
	Sa	2,223 (***)	1,520 (***)
-25,0%	Pa	0,104 (Ns)	-
	Sa	1,891 (**)	1,787 (***)
-12,5%	Pa	0,619 (**)	-
	Sa	2,468 (**)	1,850 (***)
Controlo	Pa	0,044 (Ns)	-
	Sa	1,052 (**)	1,007 (**)
+12,5%	Pa	-0,087 (Ns)	-
	Sa	1,236 (***)	1,323 (***)
+25,0%	Pa	-0,026 (Ns)	-
	Sa	1,504 (***)	1,530 (***)
+50,0%	Pa	0,070 (Ns)	-
	Sa	1,323 (***)	1,253 (***)
+100,0%	Pa	0,147 (**)	-
	Sa	1,583 (**)	1,437 (***)

Número de raízes

Foi detetada uma correlação significativa e positiva entre o número de folhas e o número de raízes ($S_p = 0,672$; $p < 0,001$).

Foram detetadas diferenças significativas na variância de número de raízes entre as espécies (Teste de Kruskal-Wallis, $X^2 = 349,48$; grau de liberdade, $df = 2$; probabilidade, $p < 0,001$). O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram discriminar as diferenças significativas no número de raízes entre espécies (Tabela 30 e Gráfico 31). O *Alnus glutinosa* é significativamente inferior às restantes espécies e o *Salix atrocinerea* é significativamente superior ao *Populus alba*.

Tabela 30 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre espécies para o número de raízes, ajustando o valor de P com o método de Bonferroni (Ns, não significativo; **, $p < 0,05$; ***, $p < 0,001$).

	<i>A. glutinosa</i>	<i>P. alba</i>
<i>P. alba</i>	2,24 (***)	-
<i>S. atrocinerea</i>	10,930 (***)	8,690 (***)

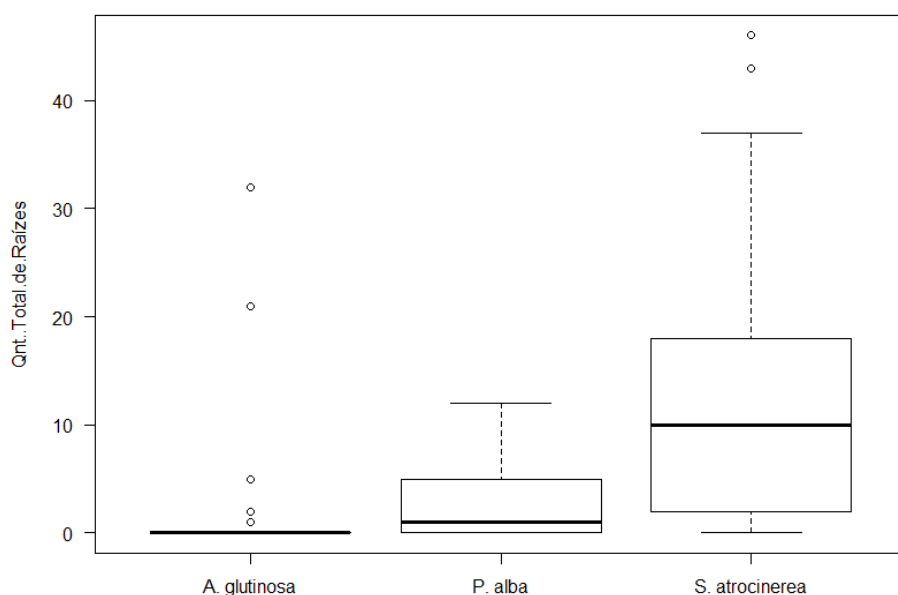


Gráfico 31 – Gráfico de bigodes associado ao número de raízes por espécies em junho.

Foram detetadas diferenças significativas na variação do número de raízes entre as espécies em todos os tratamentos (Tabela 31). O teste de Kruskal-Wallis permitiu discriminar as diferenças significativas no número de raízes entre espécies nos tratamentos (Tabela 31).

O tratamento -100,0% não foi abordado no teste, dada a presença de valores nulos no número de raízes.

Tabela 31 - Teste de Kruskal-Wallis para a diferença no número de raízes entre espécies (Ag, Pa, Sa) em diferentes tratamentos, com a mediana do número de raízes por espécie nos tratamentos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$), ajustando o valor de p com o método de Bonferroni.

	χ^2	df	Mediana
-50,0%	39,260 (***)	2	(Ag= 0,00; Pa= 1,47; Sa=8,73)
-25,0%	24,090 (***)	2	(Ag= 1,93; Pa= 1,93; Sa=7,63)
-12,5%	47,491 (***)	2	(Ag= 0,00 Pa= 4,03; Sa=9,37)
Controlo	68,519 (***)	2	(Ag= 0,07; Pa= 0,30; Sa=20,10)
+12,5%	70,204 (***)	2	(Ag= 0,00; Pa= 4,03; SA= 16,17)
+25,0%	56,293 (***)	2	(Ag= 0,28; Pa= 0,25; SA= 11,78)
+50,0%	60,795 (***)	2	(Ag= 0,03; Pa= 3,27; Sa= 10,43)
+100,0%	47,966 (***)	2	(Ag= 0,00; Pa= 2,73; Sa= 9,80)

Foram registadas diferenças significativas no número de raízes, em grande parte dos tratamentos entre as espécies. O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram discriminar as diferenças no número de folhas entre as espécies (Tabela 32 e Anexo 5.4). Nos tratamentos -50,0%, -12,5% e +100,0%, o *Alnus glutinosa* foi significativamente inferior às restantes espécies e o *Salix atrocinerea* foi significativamente superior ao *Populus alba*. Nos restantes tratamentos (-25,0%, Controlo, +12,5%, +25,0% e +50,0%) o *Salix atrocinerea* foi significativamente superior ao *Populus alba*. Nos tratamentos -25,0% e Controlo o *Salix atrocinerea* foi significativamente superior às restantes espécies, contrariamente ao *Alnus glutinosa*.

Tabela 32 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre espécies (Ag, Pa, Sa) para o número de raízes em diferentes tratamentos, ajustando o valor de P com o método de Bonferroni, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).

Tratamento	Espécie	Ag	Pa
-50,0%	Pa	1,467 (**)	-
	Sa	8,733 (***)	7,267 (***)
-25,0%	Pa	-0,001 (Ns)	-
	Sa	5,700 (***)	5,700 (**)
-12,5%	Pa	4,033 (***)	-
	Sa	9,367 (***)	5,333 (Ns)
Controlo	Pa	0,233 (Ns)	-
	Sa	20,03 (***)	19,800 (***)
+12,5%	Pa	4,433 (***)	-
	Sa	18,167 (***)	13,733 (***)
+25,0%	Pa	4,033 (***)	-
	Sa	16,167 (***)	12,133 (***)
+50,0%	Pa	3,233 (***)	-
	Sa	10,400 (***)	7,167 (***)
+100,0%	Pa	2,733 (***)	-
	Sa	9,800 (***)	7,067 (***)

Tamanho das raízes

Foram observadas diferenças significativas na variância do tamanho das raízes entre as espécies (Teste de Kruskal-Wallis, $X^2 = 8,7159$; grau de liberdade, $df=2$; probabilidade, $p < 0,05$). O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram discriminar as diferenças significativas entre espécies (Tabela 33 e Gráfico 32). Entre as espécies não existem diferenças significativas no tamanho das raízes (Tabela 32).

Tabela 33 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre espécies para o tamanho das raízes, ajustando o valor de P com o método de Bonferroni (Ns, não significativo; **, $p < 0,05$; ***, $p < 0,001$).

	<i>A. glutinosa</i>	<i>P. alba</i>
<i>P. alba</i>	4,033 (Ns)	-
<i>S. atrocinerea</i>	3,929 (Ns)	-0,104 (Ns)

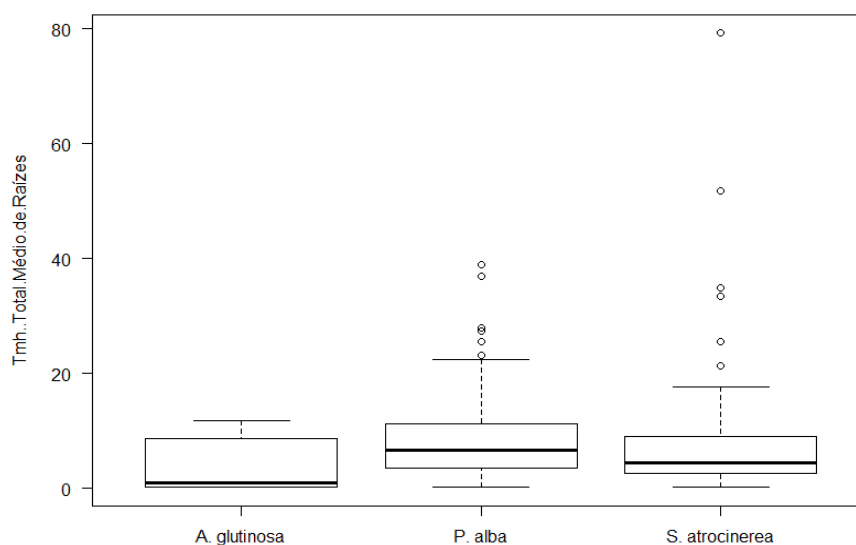


Gráfico 32 – Gráfico de bigodes associado ao tamanho médio das raízes por espécie em junho.

Foram detetadas algumas diferenças significativas na variação do tamanho das raízes entre as espécies nos tratamentos -50,0%; +50,0%; +100,0% e Controlo (Tabela 34). O teste de Kruskal-Wallis permitiu discriminar as diferenças significativas entre espécies nos tratamentos (Tabela 34). O tratamento -100,0% não foi abordado no teste dada a presença de valores nulos no número de folhas e, por consequência, no seu tamanho. O *Alnus glutinosa* não apresentou valores nos tratamentos -50,0%; -12,5%; +25,0% e +100,0%.

Tabela 34 - Teste de Kruskal-Wallis para a diferença no tamanho médio das raízes entre espécies (Ag, Pa, Sa) em diferentes tratamentos, com a mediana do tamanho das raízes (Na=não obtém valor) por espécie nos tratamentos, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$), ajustando o valor de p com o método de Bonferroni.

	χ^2	df	Mediana
-50,0%	6,356 (**)	1	(Ag= Na; Pa= 15,81; Sa=9,17)
-25,0%	0,283 (Ns)	2	(Ag= 9,67; Pa= 13,78; Sa=15,41)
-12,5%	1,518 (Ns)	1	(Ag= Na Pa= 8,22; Sa=7,62)
Controlo	9,489 (**)	2	(Ag= 0,55; Pa= 2,51; Sa=15,58)
+12,5%	3,304 (Ns)	2	(Ag= 0,15; Pa= 4,83; SA= 5,50)
+25,0%	1,445 (Ns)	1	(Ag= Na; Pa= 4,90; SA= 6,26)
+50,0%	13,792 (***)	2	(Ag= 0,20; Pa= 10,05; Sa= 4,65)
+100,0%	19,268 (***)	1	(Ag= Na; Pa= 8,36; Sa= 3,10)

Ocorreram diferenças significativas no tamanho das raízes, em alguns tratamentos, quando comparadas as espécies. O teste de comparações múltiplas e o gráfico de bigodes permitiram discriminar as diferenças no número de folhas entre as espécies (Tabela 35 e Anexo 5.5). Nos tratamentos -50,0%, +50,0% e +100,0% o *Populus alba* foi significativamente superior ao *Salix atrocinerea*, no Controlo o *Salix atrocinerea* foi significativamente superior ao *Alnus glutinosa*.

Não existiram valores de comparações para a espécie *Alnus glutinosa* nos tratamentos -50,0%; -12,5%; +25,0% e +100,0%, pela inexistência de observações no tamanho das raízes ou por estas serem extremamente pequenas.

Tabela 35 - Teste de comparações múltiplas (Steel-Dwass) entre espécies (Ag, Pa, Sa) para o tamanho médio das raízes em diferentes tratamentos, ajustando o valor de P com o método de Bonferroni, juntamente com os valores de significância (Ns, não significativo; ***, $p < 0,001$; **, $p < 0,05$).

Tratamento	Espécie	Ag	Pa
-50,0%	Pa	-	-
	Sa	-	-6,632 (**)
-25,0%	Pa	4,106 (Ns)	-
	Sa	5,744 (Ns)	1,638 (Ns)
-12,5%	Pa	-	-
	Sa	-	-0,606 (Ns)
Controlo	Pa	1,963 (Ns)	-
	Sa	15,026 (**)	13,063 (Ns)
+12,5%	Pa	4,677 (Ns)	-
	Sa	5,343 (Ns)	0,665 (Ns)
+25,0%	Pa	-	-
	Sa	-	1,357 (Ns)
+50,0%	Pa	9,845 (Ns)	-
	Sa	4,453 (Ns)	-5,392 (**)
+100,0%	Pa	-	-
	Sa	-	-5,263 (***)

4. DISCUSSÃO

Desenvolvimento das estacas durante o estudo

Dos vários fatores climáticos, foi apenas analisado o efeito da pluviometria sobre as estacas dos vários tratamentos, pois para uma análise dos vários fatores, como temperatura, concentração de CO₂, entre outros, seria necessário um estudo mais aprofundado.

A monitorização teve início a partir do princípio do mês de fevereiro, coincidindo com a quebra do estado vegetativo das plantas estudadas (Calleja-Cabrera et al, 2020). No final do mês, as estacas já apresentavam algumas folhas e inúmeros ápices a brotar, pelo que se tornou num período particularmente sensível para as estacas, pois de acordo com Peixoto (2017), as estacas deram início à formação e desenvolvimento da parte aérea sem o suporte da parte radicular, praticamente inexistente, neste mês. Segundo Calleja-Cabrera, et al. (2020) a temperatura ideal para a formação das raízes, situa-se entre os 18 °C e os 25 °C. Temperatura ligeiramente inferior que a temperatura ideal para a brotação, como referem Dykeman (1976) e Hartmann (2002). De facto, London Grow (2020) refere que a temperatura ideal para o desenvolvimento das plantas é de 24 °C. Sendo esta, uma temperatura que foi atingida nalguns dias de fevereiro, é possível que muitas das estacas terão desenvolvido precocemente a parte área

A espécie *Alnus glutinosa* teve uma grande dificuldade em desenvolver-se, não pela temperatura, mas provavelmente pela ausência de água no solo, que é fundamental nesta etapa do seu desenvolvimento (durante os meses fevereiro e março) (Durrant, et al., 2016; Loidi, 2017; Akther, 2019). De facto, é possível constatar a existência de uma inibição do desenvolvimento nos tratamentos negativos, afetados pela pouca disponibilidade de água, em relação ao Controlo e aos que apresentam maior disponibilidade de água (tratamentos positivos).

Nas espécies *Populus alba* e *Salix atrocinerea*, os tratamentos com maior desenvolvimento no número de folhas estiveram associados aos tratamentos positivos, com a execução do +100,0%, possivelmente, devido à saturação do solo (Carthy et al, 2017). Nos tratamentos negativos, o menor número de folhas e o tamanho superior das folhas poderão estar associadas à adaptação ao stress hídrico imposto pela manipulação da pluviosidade (Zlatev & Lidon, 2005; Yoon et al., 2017; Chadha et al., 2019).

A partir de junho, todos os tratamentos apresentaram efeitos que poderão ser associados ao stress hídrico, devido à elevada temperatura registada (Dykeman, 1976; Hartmann et al., 1997; Landhäusser, 2003) e pouca disponibilidade de água no solo por um longo período sem pluviosidade (IPCC, 2015; Yoon et al., 2017).

Comparações inter-espécie

Em termos gerais, as espécies apresentaram resultados contrastantes em relação aos vários indicadores de viabilidade monitorizados. No entanto, é importante referir que, muitas das respostas fisiológicas que poderão ter ocorrido, como a espessura da epiderme, o fecho estomático, a presença de hormonas e auxinas, não foram avaliados por serem fatores que obrigam a estudos mais complexos e rigorosos que o realizado.

Ainda assim, foram observadas algumas respostas fisiológicas mais simples como a quantificação do número de ápices, número de folhas e respetivo tamanho e o número de raízes e o seu tamanho, avaliando também o seu estado.

Número de ápices foliares

O desenvolvimento dos ápices foliares, apresentou valores significativamente superiores nos tratamentos positivos em relação aos tratamentos negativos. No entanto, estes resultados variaram de espécie para espécie, não sendo possível correlacionar o aumento dos valores dos tratamentos com o número de ápices foliares. Estes resultados podem ser interpretados com a ajuda de Akther (2019), através da sua experiência com estacas de *Alnus glutinosa* entre tratamentos bem irrigados e tratamentos progressivamente menos irrigados.

Número de folhas e número de raízes

De um modo geral, os tratamentos positivos obtiveram um maior número de folhas e um maior número de raízes comparativamente com os tratamentos negativos e com o Controlo, exceto o Controlo da espécie *Salix atrocinerea*. Nos tratamentos positivos, nas diferentes espécies, à medida que o valor pluviométrico aumentou, foi detetada uma diminuição do seu número de folhas e raízes.

O possível desenvolvimento ocorrido nos tratamentos positivos da espécie *Alnus glutinosa* ao nível do número de folhas, com os seus valores significativos, advém da maior disponibilidade de água nestes, em comparação com os tratamentos negativos e o Controlo. Como refere Loidi (2017), o habitat desejável desta espécie são as zonas ripícolas e/ou temporariamente inundadas, pois esta espécie depende da presença de água nos solos profundos, para um melhor desenvolvimento.

Todavia, ainda que seja uma espécie de galerias ripícolas onde existe uma grande presença de água, no estudo, mesmo com uma irrigação de maior volume nos tratamentos positivos, a espécie demonstrou um fraco crescimento e desenvolvimento. Sobretudo na situação de excesso de água e, por consequência, de saturação do solo, como possivelmente ocorreu no tratamento +100,0%, foi registada uma inibição do seu crescimento (Francis, Grunell, Petts, & Edward, 2005), possivelmente devido à falta de oxigénio no solo (Durrant et al. (2016) e Loidi, ;2017).

A espécie *Alnus glutinosa*, devido às suas características ecológicas, apresentou um desenvolvimento condicionado em todos os tratamentos, apresentando poucas folhas nos tratamentos positivos e a inexistência de raízes em todos os tratamentos, o que está de acordo com Gray & Brady (2016). Pode-se considerar que esta espécie esteve sempre sob stress hídrico o que resultou na inviabilidade das estacas (Gustafson & Sturtevant, 2013).

Nas restantes espécies, o desenvolvimento fisiológico foi diferenciado: os incrementos ligeiros de água originaram maiores desenvolvimentos foliares (Heilman et al., 1994; Bloomberg, 1963; Carthy et al., 2017) e um aumento do número de raízes desenvolvidas, permitindo desse modo, o transporte de nutrientes, minerais e água, que por sua vez, permitiu um aumento da atividade fotossintética, como refere Chadha et al. (2019). Por outro lado, os casos associados a solos saturados/encharcados, deram origem à falta de oxigenação no solo, reduzindo a viabilidade das estacas. De facto, Carthy et al. (2017) e Francis, et al. (2005) demonstraram que o *Populus alba* e o *Salix atrocinerea* apresentaram alguma sensibilidade a solos saturados.

Outra possibilidade poderá ainda ser considerada, como refere Mahoney & Rood. (1991), no seu estudo de desenvolvimento de espécies de *Populus alba*, quando ocorre um acentuado declínio do nível freático, existe um menor desenvolvimento da espécie. Neste trabalho é apresentado um caso onde foi possível verificar esse facto, pois uma maior variação de água no solo (por exemplo nos tratamentos +50,0% e +100,0%), onde o solo passou de saturado para um solo seco, visualizado nos meses de maio e junho, causou nesta espécie, uma menor produção de folhas comparativamente aos tratamentos com menor variância (+12,5 e +25,0).

Nos tratamentos negativos (exceto no tratamento -12,5% da espécie *Populus alba*) foi registada uma grande inibição de desenvolvimento (Zlatev & Lidon, 2005).

Nestes tratamentos, pode ter ocorrido a abscisão das folhas, permitindo, desta forma, a redução da evapotranspiração. Podem, no entanto, ter acontecido outras adaptações que, como referido, não foram analisadas neste trabalho devido à sua complexidade, como o fecho estomático, diâmetro dos estomas, espessura das folhas, entre outros (Zlatev & Lidon, 2005; Chadha et al., 2019).

Tamanho das folhas e das raízes

O tamanho das folhas e das raízes obteve maiores registos nos tratamentos nas espécies *Populus alba* e *Salix atrocinerea*, do que na espécie *Alnus glutinosa*, provavelmente devido à sua incapacidade de se desenvolver nas condições a que foi sujeita. Foi detetada uma grande taxa de estacas que não se desenvolveram nos ambientes dos tratamentos negativos.

Em ambientes de stress, como aconteceu nos tratamentos negativos, as plantas (estacas) tendem a recorrer a estratégias como a abscisão foliar, fecho estomático, alongado das raízes, etc., permitindo uma melhor gestão na eficiência do uso da água, sendo ainda expectável uma redução da área foliar, reduzindo dessa forma a taxa de fotossíntese, como vários trabalhos referem (McDonald et al., 2003; Basal, H. et al., 2005; Gustafson & Sturtevant, 2013). No entanto, o que se sucedeu neste estudo, em especial nos tratamentos negativos, foi um aumento na área das folhas, existindo folhas de grandes dimensões, nas espécies *Populus alba* e *Salix atrocinerea*. Como refere Yoon et al. (2017) as plantas em stress, para perderem menos água abscedam de um dado número de folhas, permitindo aumentar a área das restantes folhas, juntamente com outras estratégias de resistência à seca, como por exemplo uma epiderme de parede celular densamente cutinizada.

Com a estratégia referida por Yoon et al (2017) a planta evita uma perda de água por transpiração. Quando a disponibilidade de água no solo o permitir, leva a uma rápida atividade da planta e um desenvolvimento mais eficiente.

Outros fatores, não analisados neste estudo, como a intensidade luminosa podem ter tido impacto nos tratamentos, devido à cobertura com lonas de plástico sobre os tratamentos, podendo criar um efeito de “sombra”, como é referido em Muraoka et al. (2002), excetuando, neste caso, o Controlo que se encontrava sobre as condições naturais. Os Controlos das diversas espécies apresentaram tamanhos de folhas muito menores que os tratamentos, tanto positivos como negativos, podendo estar relacionado também com a incidência luminosa como explica Muraoka et al, (2002).

Nos tratamentos negativos ocorreu um desenvolvimento forçado no sistema radicular pelo ambiente adverso a que foram expostos, desenvolvendo raízes extensas que permitiriam a procura de água em diferentes locais, mais afastados da estaca, e a uma maior eficiência de absorção (Calleja-Cabrera et al, 2020; Chadha et al., 2019).

Nas espécies *Populus alba* e *Salix atrocinerea*, a ocorrência de solos húmidos (tratamentos +12,5% e +25,0%) e de solos saturados (tratamentos +50,0% e +100,0%) estimularam diferentes comportamentos nas estacas (Carthy et al, 2017). Na espécie *Populus alba* os tratamentos com solos saturados (+50,0% e +100,0%) obtiveram folhas e raízes de grandes dimensões em comparação com os tratamentos +12,5% e +25,0%, possivelmente devida à grande disponibilidade de água no solo, próximo da capacidade de campo, permitindo assim uma maior taxa de transpiração da planta, por unidade de área foliar, como explica Santiago et al, (2000).

Já a espécie *Salix atrocinerea* nestes mesmos tratamentos, comparando com os tratamentos +12,5% e +25,0% da espécie *Populus alba* demonstrou uma resposta diferente ao nível radicular, uma vez que estes foram condicionados pelo excesso de água, levando ao desenvolvimento de pequenas raízes situadas mais próximo da superfície, de forma a evitar que a planta morresse por asfixia como descreveCarthy et al, (2017) e Francis et al, (2005).

Número de folhas secas e mortalidade de estacas

Dada a existência de alternâncias entre períodos de irrigação e períodos de seca, é possível que as estacas dos tratamentos negativos na espécie *Populus alba* tenham adotado vários mecanismos de resistência à seca (Zlatev & Lidon, 2005; Chadha et al., 2019), tendo sido por isso, as únicas que obtiveram uma maior taxa de sobrevivência até ao final do estudo e resistiram ao stress severo sentido no verão.

O stress hídrico inibe o desenvolvimento das plantas, e por consequência, de muitas estacas (Bloomberg, 1963; Bifulco & Rego, 2012), sendo o resultado mais visível, neste estudo, o ocorrido nos tratamentos negativos, com elevada mortalidade das estacas (Heilman et al., 1994; Bloomberg, 1963; Yoon et al., 2017). O grande desenvolvimento ocorrido nos tratamentos positivos, poderá ser considerado um sucesso momentâneo, uma vez que as situações de stress hídrico demonstraram uma redução no número de folhas verdes (IPCC, 2015; Chadha et al., 2019).

Para combater esta alta taxa de mortalidade, alguns estudos defendem a utilização de estacas de grandes dimensões, entre 60 cm a 100 cm, enterrados diagonalmente (45°) sobre o solo para aumentar a viabilidade e o sucesso do método (Schlüter, 1984; Schiechl, 1973; Studer & Zeh, 2014).

Viabilidade das espécies e respetiva utilização na Engenharia Natural

As espécies respondem de diferentes formas aos diferentes tratamentos. Neste estudo, os tratamentos procuraram simular as alterações climáticas, de forma a compreender de que modo as alterações climáticas atuam sobre a vegetação. Isto porque, as alterações climáticas podem ter um grande impacto na distribuição da vegetação (IPCC, 2015) e na viabilidade da utilização de técnicas de Engenharia Natural (Fernandes & Freitas, 2011).

Através da tabela 36, descreve-se as características que as espécies escolhidas apresentaram nos diferentes tratamentos efetuados, permitindo compreender a sua viabilidade através das características apresentadas, tal como as características que os espaços poderão ter de apresentar para que a aplicação destas espécies seja possível.

Tabela 36 - Resumo do desenvolvimento das espécies nos tratamentos, com a viabilidade das espécies e suas características fisiológicas.

	-100,0	-50,0	-25,0	-12,5	Controlo	+12,5	+25,0	+50,0	+100,0
<i>Salix atrocinerea</i>									
Nº de Folhas	0	2,6	1,9	3,2	5,3	7,5	5,7	4,3	2,7
Nº de Folhas seca	-	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Tmh. Das folhas	-	2,3	2,7	2,6	1,2	1,6	1,8	1,6	1,8
Nº de Raízes	0	8,7	7,6	9,4	20,1	18,2	16,2	10,4	9,8
Tmh. De raízes	-	9,2	15,4	7,6	15,6	5,5	6,3	4,7	3,1
Estacas secas	100%	93%	100%	100%	87%	100%	90%	100%	97%
<i>Populus alba</i>									
Nº de Folhas	0	3,3	3,8	8,2	0,2	6,4	6,2	5,7	4,3
Nº de Folhas seca	-	87%	76%	89%	100%	96%	100%	91%	93%
Tmh. Das folhas	-	0,8	0,9	0,7	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4
Nº de Raízes	0	1,5	1,9	4,0	0,3	4,5	4,0	3,3	2,7
Tmh. De raízes	-	15,8	13,8	8,2	2,5	4,8	5,0	10,0	8,4
Estacas secas	100%	90%	80%	73%	83%	90%	100%	93%	97%
<i>Alnus glutinosa</i>									
Nº de Folhas	0	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,5	0,5	0,3
Nº de Folhas seca	-	100%	100%	90%	100%	80%	100%	100%	100%
Tmh. Das folhas	-	0,1	0,8	0,1	0,2	0,4	0,3	0,3	0,2
Nº de Raízes	0,0	0,0	1,9	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	-
Tmh. De raízes	-	-	9,7	-	0,6	0,2	-	0,2	-
Estacas secas	100%	100%	90%	90%	93%	97%	90%	100%	100%

Através da observação da tabela anterior, podemos destacar a elevada taxa de mortalidade nos tratamentos positivos nas diversas espécies comparativamente com os Controlos. Isto pode ter-se sucedido, devido ao facto de as espécies nos tratamentos positivos terem tido a possibilidade de se desenvolver melhor em ambientes húmidos (exceto no caso dos solos saturados) (Francis et al 2005; Carthy et al, 2017), sem a necessidade de criarem defesas para evitar o stress hídrico a que acabaram por ser sujeitas no final do estudo, justificando o estado débil que as estacas apresentavam no final do estudo (Bloomberg, 1963; Bifulco & Rego, 2012; Heilman et al., 1994).

Nos tratamentos negativos, também foi detetada uma elevada taxa de mortalidade. Exceto no caso da espécie *Populus alba*, que apresentou maior capacidade de sobreviver perante o stress hídrico a que foi exposto até ao final do estudo, possivelmente por apresentar uma maior capacidade de adaptação ao stress hídrico (McDonald et al., 2003; Basal, H. et al., 2005; Gustafson & Sturtevant, 2013).

O *Populus alba* e o *Salix atrocinerea*, em condições naturais também foram bem-sucedidos. No caso da espécie *Salix atrocinerea*, devido à sua elevada capacidade de desenvolvimento e no caso da espécie *Populus alba* devido à sua taxa de sobrevivência. Os Salgueiros (*Salix atrocinerea*) são frequentemente utilizados na Engenharia Natural pelo seu forte desenvolvimento e elevada taxa de eficácia, no entanto, para serem bem-sucedidos é necessárias estacas de maiores dimensões (Fernandes & Freitas, 2011) que as utilizadas neste trabalho, podendo ser essa a justificação para a elevada taxa de mortalidade detetada na espécie *Salix atrocinerea* observada neste trabalho.

Atualmente prevê-se que as alterações climáticas provoquem uma redução severa da precipitação (IPCC, 2015), e a espécie *Populus alba* foi a espécie que obteve melhores resultados em desenvolvimento e taxa de mortalidade, perante tais condições.

Com a simulação pluviométrica, recriando ambientes possíveis de alterações climáticas (IPCC, 2015; CIMDOURO, 2018), foi possível compreender que a aplicação destas espécies pode estar em causa, e como consequência, a sua viabilidade na aplicação em técnicas de Engenharia Natural pode também estar em risco (Bifulco & Rego, 2012). Mesmo com o grande desenvolvimento radicular ocorrido nas espécies *Salix atrocinerea* e *Populus alba*, estas acabaram por apresentar um estado débil, tal como a espécie *Alnus glutinosa* que nunca apresentou raízes. No entanto, existem métodos que possibilitam o aumento da viabilidade das espécies.

Entre esses métodos, podemos nomear a realização das técnicas de Engenharia Natural durante os meses de setembro e outubro, por existir a possibilidade de um aumento significativo da temperatura e a possível ocorrência de precipitação nestes meses (IPCC, 2015; CIMDOURO, 2018). Estes dois fatores poderão melhorar a viabilidade da estacaria, pois permitem um desenvolvimento das estacas antes da fase de dormência, desenvolvimento que poderá recomeçar na primavera. Este desenvolvimento antes e após a dormência dotará a estaca de capacidades para melhor se adaptar às condições de stress sentidas no verão (Bifulco & Rego, 2012) (Schlüter, 1984).

Como Schlüter, (1984) e Fernandes & Freitas, (2011) defendem, outro método para aumentar a viabilidade da aplicação da estacaria na Engenharia Natural, é a utilização de estacas de maiores dimensões das que foram utilizadas no estudo, conciliando esse tamanho com a aplicação das estacas na diagonal sobre o solo, aumentando a área de contacto da estaca com o solo, permitindo um maior desenvolvimento do sistema radicular.

Aplicação do estudo de Engenharia Natural em Arquitetura Paisagista em cenários de alterações climáticas.

Em projetos de Arquitetura Paisagista é possível a aplicação da Engenharia Natural no restauro dos ecossistemas e paisagens sobre um cenário de alteração pluviométrica. A espécie *Salix atrocinerea* nas condições naturais e com um ligeiro incremento do valor pluviométrico obtém maior sucesso na consolidação do solo e a espécie *Populus alba* com uma ligeira variação do valor pluviométrico, tanto na redução como no aumento desse valor, obteve maior sucesso no desenvolvimento do restauro do estrato arbóreo.

No entanto, em conjunto com as espécies apresentadas e técnicas de Engenharia Natural, é necessário um investimento em diversidade de espécies, que possam ser utilizadas no restauro dos ecossistemas ripícolas, para permitir um aumento da diversidade e melhoria nas paisagens e, conseqüente, desenvolvimento das áreas de lazer, naturalizando o espaço para que este se torne idêntico ao espaço envolvente, potencializando o bem-estar e saúde do Ser Humano.

5. CONCLUSÃO

A presença de água é um fator importante para o desenvolvimento das estacas, tanto no período de desenvolvimento como no período de adaptação. A presença de água em quantidade moderada, favorece um melhor desenvolvimento das estacas, em praticamente todas as espécies.

Nos tratamentos com incremento moderado na disponibilidade de água, ocorrem maiores desenvolvimentos no número de folhas e raízes, importantes para uma rápida estabilização e fixação do solo. Já em períodos de encharcamento, as estacas parecem adaptar-se produzindo raízes mais alongadas e próximas à superfície. Por outro lado, em situações de menor disponibilidade, ocorrem adaptações mais severas como abscisão de folhas, raízes extremamente compridas e um baixo número de folhas.

Na espécie *Populus alba*, uma pequena redução pluviométrica poderá ser favorável, uma vez que esta espécie apresentou um maior número de folhas, para todos os tratamentos, comparativamente às espécies *Alnus glutinosa* e *Salix atrocinerea*. Porém no que se refere à quantidade de raízes, *Salix atrocinerea* é a espécie com maior número e desenvolvimento.

O *Populus alba* demonstrou ainda apresentar os melhores valores na adaptabilidade e viabilidade, com várias estacas viáveis na fase final da experiência, mesmo depois de um período bastante quente e seco que caracterizou junho e julho de 2020.

A nível da viabilidade, os tratamentos com redução da disponibilidade de água apresentaram, em geral, uma grande taxa de estacas sem desenvolvimento (aproximadamente 50% das estacas), desaconselhando a utilização destas estacas em ambientes secos. Em relação aos tratamentos com aumento da disponibilidade de água, apesar do desenvolvimento durante a maioria do período de estudo, ocorreu uma baixa viabilidade associada à mortalidade correlacionada com o período particularmente seco e quente que ocorreu no mês de junho de 2020.

Com a simulação realizada das possíveis alterações climáticas, é possível concluir que em situações normais, as espécies *Salix atrocinerea* e *Populus alba* têm um bom desenvolvimento, porém se existir um aumento extremo da pluviosidade pode provocar uma diminuição no seu desenvolvimento e aumentar a possibilidade da técnica não ser bem-sucedida.

Já na diminuição progressiva da precipitação, o que é mais expectável de acontecer até ao final do século, a espécie *Salix atrocinerea* fica em risco de não se desenvolver bem e por consequência falhar na sua aplicação, já a espécie *Populus alba* obteve grandes resultados,

conseguindo-se adaptar muito bem a pequenas diminuições de precipitação, podendo ser uma espécie de interesse no estudo e aplicação na Engenharia Natural.

O Amieiro (*Alnus glutinosa*) demonstrou ser o mais sensível à falta de água, por isso seria importante que a sua aplicação fosse realizada durante o outono, permitindo-lhe desenvolver melhor, de forma a aumentar a sua taxa de sucesso na aplicação em Engenharia Natural.

Para esta espécie, a possível diminuição da precipitação, pode pôr em causa a viabilidade das técnicas de Engenharia Natural, pois o Amieiro depende inteiramente do clima e da disponibilidade de água, tanto para o desenvolvimento inicial das estacas como no sucesso da sua aplicação. É dessa forma importante, continuar a planear a sua aplicação com estacas de maiores dimensões, mas também planear a época de sua aplicação.

Desta forma podemos concluir que das espécies em análise, a espécie *Salix atrocinerea* obteve bons resultados em condições naturais, significando que a sua aplicação em estacaria é viável, pois este permite uma rápida estabilização do solo e um rápido desenvolvimento arbustivo. A espécie *Populus alba* quando na presença de uma variação ligeira do valor pluviométrico apresenta um grande desenvolvimento e uma boa resposta às condições a que foi submetida. Na aplicação em estacaria, a utilização desta espécie irá traduzir-se num desenvolvimento rápido do estrato arbóreo, concedendo um melhoramento dos ecossistemas. A espécie *Alnus glutinosa*, em cenários de redução pluviométrica obtém resultados extremamente baixos não tendo, por isso, a viabilidade necessária para que seja aconselhada a sua aplicação na Engenharia Natural.

Em projetos de Arquitetura Paisagista de restauro dos ecossistemas aplicando a Engenharia Natural, a espécie *Salix atrocinerea* permite consolidar rapidamente o solo e favorece a sua fixação. Conjugando esta com diversas espécies, permitirá ainda, estruturar a paisagem de forma a ser o mais natural possível e potencializa os espaços de lazer e atração visual. A utilização da *Populus alba* permite um rápido desenvolvimento do estrato arbóreo num curto espaço de tempo, porque através do seu desenvolvimento rápido e respetiva viabilidade perante diversos cenários pluviométricos, permitirá criar um ambiente mais húmido e com sombra. Condições estas, bastante favoráveis para outras espécies, possibilitando assim, o desenvolvimento de outras espécies, tornando o local mais apelativo e com grande biodiversidade.

6. BIBLIOGRAFIA

- Akther. (2019). *Effects of water Stress on Alnus glutinosa populations across the species distribution range*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa, Florestas Mediterrânica e Gestão de Recursos Naturais, Lisboa.
- APENA. (2017). *Associação Portuguesa de Engenharia Natural*. Retrieved 04 29, 2020, from Porque uma APENA: <http://www.apena.pt/>
- Basal, H. et al. (2005). Seedling drought tolerance in upland cotton. *Crop Science*, 45, pp. 766-771. doi:10.2135/cropsci2005.0766
- Begon et al. (1990). Ecology: Individuals, Populations and Communities. *Journal of Range Managements*, 41(6), pp. 450-524. doi:10.2307/3899533
- Bifulco, & Rego. (2012). Seleção de Espécies Lenhosas Adequadas às Técnicas de Engenharia Natural. *Silva Lusitana*(20), pp. 15-38. Retrieved 04 24, 2020
- Biorede. (2020). *Diversidade Vegetal*. Retrieved Junho 24, 2020, from Biorede: <http://www.biorede.pt/>
- Bloomberg, W. J. (1963). The significance of initial adventitious roots in poplar cuttings and the effect of certain factors on their development. *The Forestry Chronicle*, 39, pp. 279-289. Retrieved Outubro 15, 2020, from <https://pubs.cif-ifc.org/doi/pdf/10.5558/tfc39279-3>
- Boas, R. V. (2020). *Florestar.net*. Retrieved março 12, 2020, from Espécies autóctones, Amieiro: <http://www.florestar.net/floresta.html>
- Brandt et al. (2013, abril 13). A review of Transdisciplinary research in sustainability science. *Ecological Economics*(92), pp. 1-15. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.04.008>
- Brazão. (2009). *Enraizamento de estacas semilenhosas de variedades de videira (Vitis vinifera L.)*. Dissertação de Mestrado Vinicultura e Enologia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Byrne, K. et al. (2013). Contrasting Effects of Precipitation Manipulations on Production in Two Sites within The Central Grassland Region. *Ecosystems*(16), pp. 1039-1051.
- Calleja-Cabrera et al. (2020). Root Growth Adaptation to Climate Change in Crops. *Frontiers in Plant Science*, 11(544), pp. 1-23. doi:10.3389/fpls.2020.00544
- Carthy, R., Löf, M., & Gardiner, E. (2017). Early root development os Poplars (*Populus* spp.) in relation to moist and saturates soil condistions. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 33(2), pp. 125-132. doi:<https://doi.org/10.1080/02827581.2017.1338751>

- Chadha et al. (2019). Influence of soil moisture regimes on growth, photosynthetic capacity, leaf biochemistry and reproductive capabilities on the invasive agronomic weed: *Lactuca serriola*. *PLoS ONE*, 14(6). doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218191>
- CIMDOURO. (2018). *Plano de Ação Intermunicipal para as alterações climáticas do Douro (PAIAC-Douro)*. Freixo de Espada à Cinta: Inflection Point, Unipessoal Lda.
- Comissão Europeia. (2010). *Bens e Serviços Ecosistémicos*. European Commission.
- Comissão Europeia. (2013). *Infraestrutura Verde - Valorizar o Capital Natural da Europa. Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité económico e social Europeu e ao Comité das Regiões*. Retrieved 05 20, 2020, from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52013DC0249&from=IT>
- Comissão Europeia. (2015). *Revisão Intercalar da Estratégia de Biodiversidade da União Europeia para 2020*. Relatório da Comissão ao parlamento Europeu e ao Conselho.
- Correia, F. M. (2013). *Ensaio de Espécies Arbustivas da Flora Portuguesa para Intervenções de Engenharia Natural*. Dissertação de Mestrado de Arquitetura Paisagista, Universidade de Lisboa, Lisboa. Retrieved 04 29, 2020
- Cortes, F. O. (2011). *O Clima de Portugal continental como factor determinante da escolha de vegetação em Arquitectura Paisagista*. Dissertação de Mestrado em Arquitetura Paisagista, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Dias, L. et al. (2016). *Manual Avaliação de Vulnerabilidades Futuras*. ClimAdaPT.Local, Lisboa.
- Durrant, T., de Rigo, D., & Caudullo, G. (2016). *Alnus glutinosa* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. *European Atlas of Forest Tree Species*, pp. 64-65. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/299405377>
- ECOSALIX. (2016). *Área de Intervenção*. Retrieved 04 29, 2020, from Ecosalix - Sistemas Ecológicos de Engenharia natural: <http://ecosalix.pt>
- Ecosostenibile. (2019, fevereiro 4). *un mondo ecosostenibile*. Retrieved junho 26, 2020, from Populus alba: <https://antropocene.it/en/2019/02/04/populus-alba/>
- Edwin et al. (2008). *Plant Propagation by Tissue Culture* (3^o ed., Vol. I). Holanda: Springer.
- EFIB. (2015). *Directrizes Europeias de Engenharia Natural*. Federação Europeia de Engenharia Natural. Retrieved abril 20, 2020
- ENSEMBLES. (2009). Climate change and its impacts at seasonal, decadal and cenennial timescales. *Global Change and Ecosystems*, pp. 1-158.
- Fablau. (2014). *Deviantart*. (fablau, Producer) Retrieved junho 26, 2020, from Botanic: *Alnus glutinosa*: <https://www.deviantart.com/fablau/art/Botanic-Alnus-glutinosa-469405339>

-
- Felipe Castilla. (2020). *Salix atrocinerea* - Grey Willow. Retrieved junho 26, 2020, from Arbolapp: <http://www.arbolapp.es/en/species/info/salix-atrocinerea/>
- Fernandes, & Freitas. (2011). *Introdução à Engenharia natural* (Vol. II). (S. EPAL - Empresa Portuguesa das Águas Livres, Ed.) Portugal: Rolo E Filhos II,SA. Retrieved abril 20, 2020
- First Nature. (2020). *Populus alba* - White poplar. Retrieved junho 26, 2020, from First Nature: <https://www.first-nature.com/trees/populus-alba.php>
- Florineth, F. (2007). *Piante al Posto del Cemento: Manuale di Ingegneria Naturalistica e Verde Tecnico* (Vol. II). Milano: Verde Editoriale. doi:ISBN 88-86569-26-2
- Francis, R. A., Grunell, A. M., Petts, G. E., & Edward, P. J. (2005). Survival and growth responses of *Populus nigra*, *Salix elaeagnos* and *Alnus incana* cuttings to varying levels of hydric stress. *Foreste Ecology and Management*, 210, pp. 291-301. doi:0.1016/j.foreco.2005.02.045
- Garmestani et al. (2013). Can Law Foster Social-Ecological Resilience? *Ecology and Society*, 18(2), p. 37. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05927-180237>
- GISD. (2015). Species profile - *Alnus glutinosa*. *Global Invasive Species Database*. Retrieved 05 24, 2020, from <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=1669>
- Granier, C. et al. (2002). Individual leaf development in *Arabidopsis thaliana*: a stable thermal-time based programme. *Ann Bot.*, 89, pp. 595-604.
- Gray, S., & Brady, S. (2016). Plant developmental responses to climate change. *Developmental Biology*, 419, pp. 64-77. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2016.07.023>
- Gustafson, E., & Sturtevant, B. (2013). Modeling forest mortality caused by drought stress: implications for climate change. *Ecosystems*, 16, pp. 60-74. doi:10.1007/s10021-012-9596-1
- Hartmann et al. (2002). *Plant Propagation: principls and practices* (5 Edição ed.). New Jersey, Usa.
- Hartmann, H.T. et al. (1997). *Plant propagation: Principles and Practices* (6° ed.). New Jersey, Upper Saddle River, EUA.
- Heilman et al. (1994). First order root development from cuttings of *Populus trichocarpa* x *P. deltoides* hybrids. *Tree Physiology*, pp. 911-920.
- IPBES. (2018). *The IPBES Regional Assessment Report On Biodiversity and Ecosystem Services for Europe and Centra Asia*. Secretariat of the Intergovenmental Science-Policy Plataform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Alemanha.
- IPBES. (2019). *The global assessment report on Biodiversity and Ecosystem Services*. Intergovernmental Science-Policy Plataform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Alemanha.
-

-
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007 - The Physical Science Basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2015). *Climate Change - Synthesis Report*. Geneve, Suíça.
- IPMA. (2020). *Instituto Português do Mar e da Atmosfera*. Retrieved 05 11, 2020, from <http://www.ipma.pt/pt>
- IUCN. (2016). Nature-based Solutions to address global societal challenges. *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources*. Gland, Suíça. doi:<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>
- JBUTAD. (2020, março 12). *Utad-Jardim Botânico*. Retrieved março 12, 2020, from <https://jb.utad.pt/>
- Kane County Master Gardeners. (2014, Agosto). *How Weather Affects Plants*. Garden Tips, University of Illinois Extensions, U.S. Departmente of Agriculture, Galesburg. Retrieved 05 23, 2020
- Laerd statistics. (2020). *Laerd statistics: statistical-guides*. Retrieved from Statitics.laerd: <https://statistics.laerd.com/statistical-guides/spearmans-rank-order-correlation-statistical-guide.php>
- Lagoas. (2020). *Salgueiro*. Retrieved junho 26, 2020, from Detalhe de Ponto de Interesse: https://lagoas.cm-pontedelima.pt/pages/936?poi_id=178
- Landhäuser. (2003). Effect of soil temperature on rooting and early establishment of balsam poplar cuttings. *Tree Planter's Notes*, 50, pp. 31-34.
- Lisar et al. (2012, janeiro). Water Stress in Plants: Causes, Effects and Responses. *Water Stress, Capítulo 1*, pp. 1-14. doi:10.5772/39363
- Loidi, J. (2017). The Vegetation of the Iberian Peninsual. In *Plant and Vegetation 12* (Vol. 1, p. 687). Espanha: Springer. doi:0.1007/978-3-319-54784-8
- Maes, J., & Jacobs, S. (2015, Novembro 10). Nature-Based Solutions for Europe's Sustainable Development. (E. Game, Ed.) *A Journal of The Society for Conservation Biology*(10), pp. 121-124.
- McDonald. (2009). *Handbook of biological statistics* (Vols. 2; pp 6-59). Baltimore, Maryland: Sparky House Publishing.
- McDonald et al. (2003). Leaf-size divergence along rainfall and soil-nutrient gradients: is method of size reduction common among clades? *Functional Ecology*, 17, pp. 50-57. doi:10.1046/j.1365-2435.2003.00698.x
- Melo et al. (2017). Estaquia e Efeito da deficiência hídrica ou inundaç o sobre características morfoanat micas de *Cestrum axillare* Vell. *Ci ncia Florestal*, 27(1), pp. 325-337.
-

-
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Millennium Ecosystem Assessment. Washington, DC: Island Press.
- Munné-Bosch, S., & Alegre, L. (2004). Die and let live: Leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. *Functional Plant Biology*, 31, pp. 203-216.
- Muraoka et al. (2002). Effects of light and soil water availability on leaf photosynthesis and growth of *Arisaema heterophyllum*, a riparian forest understorey plant. *Journal Plant Research*, 115, pp. 419-427. doi:10.1007/s10265-002-0052-8
- Nações Unidas. (2020, February). Prevent, Halt and Reverse the Degradation of Ecosystems Worldwide. *The United Nations Decade on Ecosystem Restoration 2021-2030*. Retrieved 05 20, 2020
- Operandum. (2019). Nature Best Solutions soil & water bioengineering techniques. *OPEN-air laboratories for Nature based solutions To Manage hydro-meteo risks*.
- Peixoto. (2017). *Propagação das Plantas - Princípios e Práticas*. Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de botânica.
- Pires, V. et al. (2010). Clima de Portugal Continental- Tendências. *Instituto de Metrologia, Lisboa, Portugal*. Retrieved Setembro 03, 2020, from <https://core.ac.uk/download/pdf/217347159.pdf>
- Prada e Azipe. (2009). *Guia de Propagação de Árvores e Arbustos Ribeirinhas: Um contributo para Restauro de Rios na Região Mediterrânica*. Valencia, Espanha: Isa Press.
- Rapport, D. J., Constanza, R., & McMichael, A. J. (1998, outubro 10). Assessing ecosystem health. *TREE*, XIII(10), pp. 397-402. doi:S0169-5347(98)01449-9
- Sandra. (2017, Agosto 7). What are Climate and Climate Change? *NASA*. Retrieved Setembro 03, 2020, from <https://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/nasa-knows/what-is-climate-change-58.html>
- Santiago, L. S., Goldstein, G., Meinzer, F. C., Fownes, J. H., & Mueller-Dombois, D. (2000). Transpiration and forest structure in relation to soil waterlogging in a Hawaiian montane cloud forest. *Tree Physiology*, 20, pp. 673-681. doi:10.1093/treephys/20.10.673
- Santini, M., Collalti, A., & Valentini, R. (2014, janeiro 19). Climate Change impacts on vegetation and water cycle in the Euro-Mediterranean region, studied by a Likelihood approach. *Regional Environmental Change*, 14, pp. 1405-1418. doi:10.1007/s10113-013-0582-8
- Santos et al. (2019). Evolução recente e futura de índices de extremos de precipitação em Portugal Continental. In *Água e Território - Um tributo a Catarina Ramos* (pp. 279-294). Centro de Estudos Geográficos. Retrieved 05 21, 2020
-

-
- Schiechtl, H. (1973). *Bioingegneria forestale - basi - materiali da costruzione vivi - metodi*. Feltre: Edizion Castaldi.
- Schlüter, U. (1984). Zur Geschichte der Ingenieurbiologie. In *Landschaft und Stadt* (Vol. 16, pp. 2-9).
- Seddon et al. (2020, março 10). Global recognition of the importance of nature-based solutions to the impacts of climate change. *Global Sustainability*, 3(e15), pp. 1-12. Retrieved from <https://doi.org/10.1017/sus.2020.8>
- Seddon et al. (2020, Janeiro 27). Understanding the value and limits of Nature-based Solutions to climate change and other global challends. *Philosophical Transaction of the Royal Society B*, 375(1794). doi:<http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2019.0120>
- Soares, Cardoso, Ferreira, & Miranda. (2015). Climate Dynamics. *Climate change and the Portugues precipitation: ENSEMBLES climate models results*, 45(7), pp. 1771-1787. doi:10.1007/s00382-014-2432-x
- Somarakis et al. (2019). *ThinkNature Nature-Based Solutions Handbook*. European Union's Horizon 2020, União Europeia. Retrieved 05 20, 2020, from <https://doi.org/10.26225/jerv-w202>
- Sousa, P. (2020). *QuercusAmbiente - Espécies*. Retrieved setembro 04, 2020, from <http://quercusambiente.pt/>
- Studer, & Zeh. (2014). *Soil Bioengineering: Construction Type Manual*. European Federation for Soil Bioengineering. Zurich, Suíça: VDF. doi:ISBN 978-3-7281-3642-8
- Sutton-Grier et al. (2018, fevereiro 15). Investing in Natural and Nature-Based Infrastructure: Building Better along our Coasts. *Sustainability*, X.
- TEEB. (2010). *A Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade - Integrando a Economia da Natureza: Uma síntese da Abordagem, conclusões e Recomendações do TEEB*. Relatório, The Economics of Ecosystem & Biodiversity, Japão.
- Vanda, P. et al., (2010). *Clima de Portugal Continental - Tendências*. Instituto de Metreologia, Lisboa, Portugal. Retrieved 6 16, 2020, from <https://core.ac.uk/download/pdf/217347159.pdf>
- Vito-Tools. (2020). *Pulverizadores*. Retrieved 10 24, 2020, from Vito-Tools: <https://vito-tools.pt/pt/product/pulverizador-5lts>
- Yahdjian, & Sala. (2002). A rainout shelter design for intercepting different amounts of rainfall. *Oecologia*(133), pp. 95-101. doi:10.1007/s00442-002-1024-3
- Yoon et al. (2017). Plant physiology and Biochemistry. *Response to Drought and salt stress in leaves of poplar (Populus alva X Populus glandulosa): Expression profiling by oligonucleotide microarray analysis*, 84, pp. 158-168. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.09.008>
-

Zlatev, Z., & Lidon, F. (2005). Effects of water deficit on plant growth, water relations and photosynthesis. *Biological Vegetation Agro-Industrial*. Retrieved 10 28, 2020, from https://www.researchgate.net/profile/Fernando_Lidon/publication/

ANEXOS

ANEXO 1 – ETAPAS DE ELABORAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho consistiu em três etapas, tendo início no pelo estudo e desenho das estruturas, posterior obtenção dos materiais e processo da sua construção e, por fim, a instalação dos tratamentos e manipulação dos mesmos.

Estudo prévio

A primeira etapa começou pelo estudo de trabalhos com a mesma finalidade de manipulação pluviométrica, para entender como seria possível o estudo de manipulação pluviométrica e quais os maiores problemas que surgiram nas suas experiências (Byrne et al, 2013; Yahdjian & Sala, 2002). Entendeu-se desta forma, que as estruturas deveriam cobrir totalmente os ensaios com uma aba lateral, para minimizar os efeitos laterais (Yahdjian & Sala, 2002). Ao nível das estruturas entendeu-se que a melhor forma seria a cobertura afetar todos os ensaios, menos o de controlo, que estaria em condições metrológicas naturais, sem qualquer proteção e proceder à rega dos diferentes cenários pluviométricos nos restantes tratamentos.

Dessa forma, começou-se pela elaboração de um pequeno esboço (Figura 1) que serviu para a discussão das diferentes alternativas, tanto ao nível da estrutura como dos recipientes que iriam acolher os tratamentos.

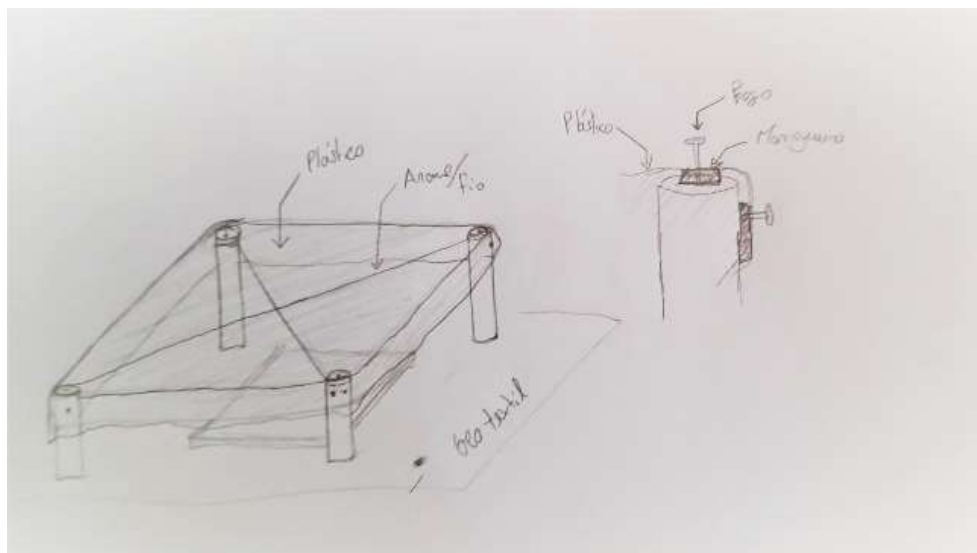


Figura 1-Esboço da estrutura e sua fixação, permitindo a cobertura dos ensaios e proceder a manipulação pluviométrica.

Após vários esboços, surgiram duas alternativas dos recipientes dos tratamentos, sendo que se optou pela segunda opção, construindo-se uma caixa quadrada com subdivisões retangulares de área semelhante, permitindo uma melhor leitura e disposição das estacas (Figura 2).



Figura 2- Esboço das estruturas das caixas dos tratamentos, optando pela realização da opção 2 (Imagem da direita).

Estrutura do ensaio e instalação do material vegetal

Após tomada a decisão sobre o desenho da estrutura e dos recipientes dos tratamentos, iniciou-se a sua construção. Para isso foram selecionadas paletes, fornecidas pela Rupestris, para a obtenção de várias tábuas, que serviram para a construção das caixas (Figura 3).



Figura 3- Paletes para a obtenção das tábuas para a realização das caixas como recipientes para os tratamentos.

Esta seleção das tábuas, começou no dia 21 de outubro de 2019, procedendo-se à remoção e separação das diferentes tábuas (Figura 4). Após a obtenção de todas as tábuas começou-se a elaborar o corte das tábuas de acordo com as medidas pretendidas, isto é, 1 m de comprimento nas laterais e as adjacentes com 1,04 m. Este valor, permite o encaixe das tábuas, com,

aproximadamente, 2 cm de espessura, possibilitando assim, a construção de caixas quadradas com 1 m².



Figura 4- Tábuas retiradas das paletes.

A construção das caixas, incluía a incorporação de três tábuas com 1 m², permitindo a subdivisão da caixa em quatro retângulos, com aproximadamente 0,25 m² cada um, permitindo incorporar quatro tratamentos por caixa (Figura 5).



Figura 5 - Modelo das caixas de 1m², subdivididas em quatro retângulos com aproximadamente 0,25 m².

Durante a semana de 21 a 27 de outubro foram construídas todas as caixas, a partir das tábuas obtidas das paletes com pregagem para a sua consolidação e fixação.

Procedeu-se posteriormente, à decapagem do terreno, para evitar que a erva por baixo das caixas



Figura 6 - Colocação das caixas no lugar definitivo no terreno, após decapagem e terraplanagem.

interferisse no estudo, e posterior terraplanagem, com recurso a enxada, para que este se apresentasse o mais plano possível, apenas com uma pequena inclinação para não encharcar. A figura 6. demonstra a colocação das caixas em local definitivo.

Após a colocação das caixas no espaço definitivo, cobriu-se o fundo das caixas com plástico. No entanto, foram igualmente cobertas as divisórias, com o intuito de minimizar a influência da humidade do solo e evitar possíveis humidificações entre os tratamentos. No plástico que se encontra no fundo da caixa foram criados pequenos furos, permitindo um escoamento da água, evitando dessa forma encharcamentos (Figura 7).

Após a aplicação do plástico em todas as caixas e filas encheram-se as caixas com terra vegetal (Figura 8), aproximadamente 6 cm. Esta terra foi proveniente de uma área florestal, próximo do local dos ensaios.





Figura 8 - Exemplo de terra vegetal utilizada no estudo.

Após o preenchimento total de todas as caixas (Figura 9), deu-se início à construção das estruturas de cobertura.



Figura 9 - Cobertura total das caixas com plástico e terra vegetal, cerca de 6cm de espessura.

Este trabalho começou no dia 28 de outubro, com o corte de vários postes, fornecidos pela Rupestris, sendo que num dos lados, o poste seria sensivelmente maior que o outro, para existir escorrência de água sobre o coberto.

Colocou-se assim os postes a 20 cm de cada lado das caixas, para permitir a existência de uma aba para diminuir os efeitos laterais (Yahdjian e Sala, 2002). Juntamente com os postes

laterais, foi colocado um no centro para a formação de um telhado que permitisse a dissipação da chuva.

Para tornar a estrutura mais resistente, dotaram-se os postes com arame para ajudar a fixar os plásticos do coberto (Figura 10).



Figura

Figura 11 - Cobertura de plástico juntamente com abas.

Após a conclusão da base da estrutura, foram colocados plásticos de cobertura e respetiva pregagem aos postes, para além do agrafamento da aba descendente à cobertura para proteger dos ventos fortes e chuvas laterais (Figura 11).

Cada cobertura protege duas caixas com a mesma espécie, diferenciando os TRATAMENTO positivos dos TRATAMENTO negativos, no entanto, os valores dos tratamentos mantiveram-se alinhados. Como exemplo, refere-se o tratamento +12,5% que se apresenta alinhado com o



Figura 12 – Ilustração do alinhamento dos vários tratamentos.

tratamento -12,5% apresentado na outra caixa e assim sucessivamente, permitindo uma melhor organização dos dados e do procedimento de rega (Figura 12).

Depois das estruturas estarem completas, localizou-se as espécies em estudo (*Salix atrocinerea*, *Populus alba* e *Alnus glutinosa*) dentro do JB-UTAD, para a recolha das estacas, no dia 31 de outubro. Após o encontro das plantas-mãe, procedeu-se ao corte e recolha dos ramos até ao local dos ensaios. No momento do corte das estacas, estas foram armazenadas num recipiente que lhes permitia que a extremidade inferior estivesse em contacto com água, para permanecerem húmidas, colocando-as posteriormente nas respetivas caixas.

As estacas foram cortadas contendo entre 10 cm a 15 cm, apresentando, em média 12,5 cm de comprimento, contendo quatro gomos apicais como referência, onde dois deles seriam enterrados e dois ficariam à superfície (Figura 13).



Figura 13 - Estacas e sua dimensão. *Salix atrocinerea*, *Populus alba* e *Alnus glutinosa*, respetivamente

A caixa de controlo estaria ao ar livre, estando sujeito as condições naturais do espaço, as estacas aqui presentes foram colocadas ao mesmo tempo que as restantes (Figura 14).



Figura 14 - Instalação das estacas da espécie *Salix atrocinerea*, nos vários tratamentos.

Por fim colocaram-se três recipientes com funil (Figura 15 e Figura 16), para obtenção da água, ao nível do solo, distribuídos pelo terreno do ensaio (Figura 17), possibilitando uma captação diferencial e permitindo um cálculo da média mais homogênea.



Figura 15 – Tipo de recipiente usado, com capacidade de 500 ml.



Figura 16 - Dimensão do bocal do funil, com uma área bocal de 63,6 cm².



Figura 17 - Posicionamento dos recipientes, distribuídos pelo terreno do ensaio.

Após a conclusão da instalação, deu-se início aos ensaios no dia 1 de novembro de 2019, porém uma tempestade destruiu parcialmente as estruturas, com danos nos plásticos e cedência

dos postes devido às forças dos ventos e intensidade da precipitação. Os estragos foram registados através das imagens nas Figuras 18 e 19.



Figura 18 -Efeito de ventos fortes na cobertura.

Após visualizar os estragos e problemas provocados pela tempestade, entendeu-se que era necessária uma estrutura mais rígida e que fosse capaz de resistir perante as diferentes advertências.



Figura 19 - Acumulação excessiva de água nas coberturas após estragos.

Desse modo planeou-se a fixação de barras no topo dos postos ligando-os mutuamente, e o aumento de postes no meio das laterais para aumentar a sua resistência.

O plástico apresentava diversos rasgos, tanto nas pontas, junto às fixações dos postes como no meio na cobertura, aproveitando este facto para se esticar o plástico e criar uma camada provisória para se analisar o efeito da adição das barras.

Posteriormente adquiriu-se um plástico novo e colocou-se por cima do anterior, criando uma dupla camada de cobertura para averiguar a sua função com os novos reforços (Figura 20).



Figura 20 - Fixação das barras de reforço e adição de um novo plástico

É possível visualizar na Figura 21, a conclusão de todos os reforços, já com uns dias de testes, detetando-se alguns pontos de acumulação. Esticou-se o plástico, mais uma vez, com auxílio de fixação deste nas barras para anular a sua acumulação e criação de mais estragos.



Figura 21 - Estrutura final com uma fase de testes de precipitação e vento.

Para acrescentar mais resistência às estruturas contra os ventos, criou-se um pequeno corta-vento com paletes (Figura 22) para minimizar a intensidade dos ventos.



Figura 22 -Formação de corta vento com paletes.

Estando concluídas as estruturas, deu-se início ao estudo em si, a partir do dia 15 de novembro.

ANEXO 2 – PROCESSOS DE MANIPULAÇÃO

Cálculos e processamento dos dados

Os recipientes funcionam como medida-base para adquirir os valores para a rega dos ensaios, captando os valores dos recipientes com uma seringa de capacidade de 60 ml e anotando os valores numa tabela para proceder de forma mais simples à rega. Simultaneamente, foram efetuados alguns cálculos para transpor o valor retirado dos recipientes para a área do ensaio, resultando num índice calculado através da divisão da área do ensaio pela área bocal do funil:

$$\frac{2500 \text{ cm}^2}{63.6 \text{ cm}^2} = 39,31$$

Somando o total de água acumulada em todos os recipientes, restava multiplicá-lo pelo índice para obter o valor base de rega, permitindo assim, obter os valores exatos para a rega dos diferentes tratamentos. De modo a simplificar a explicação, criou-se o seguinte exemplo:

Para a aplicação da rega nos tratamentos de +12,5 % e -12,5 %, recolhe-se das amostras dos recipientes 30 ml, multiplicando pelo índice obtido anteriormente (39,31), daria um valor base de rega de, aproximadamente, 1 179,3 ml, que arredondando para Litros, daria o valor de 1,18 L. Isto é, o valor-base obtido, é a quantidade de água que precipitou sobre o Controlo durante o dia anterior.

Obtenção do valor base de rega

$$30 \text{ ml} \times 39,31 = 1\,179,3 \text{ ml} \approx 1,18 \text{ L}$$

Deste modo, para compreender a quantidade de água que se simulará ter precipitado no tratamento +12,5% é necessário somar a esse valor, a Multiplicação desse valor pelo do tratamento, ou seja:

$$1,18 \text{ L} + (1,18 \text{ L} \times 0,125) = 1,33 \text{ L}$$

No caso do tratamento -12,5%, o cálculo seria exatamente o mesmo, porém, em vez de se somar o valor do tratamento, seria necessário subtrair-lo:

$$1,18 \text{ L} - (1,18 \text{ L} \times 0,125) = 1,03 \text{ L}$$

Obtendo todos os valores da rega para os respetivos tratamentos, foi criado um documento Excel para permitisse o registo dos dados recolhidos, como se pode constatar pela observação da tabela 1.

Tabela 1 - Tabela de Excel, como exemplo, dos valores de rega dos diferentes TRATAMENTO

Precipitação nos recipientes			
Média (ml)	Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3
37,0 ml	29,0 ml	39,0 ml	43,0 ml

Cenários Pluviométricos									
Valor base	+12,50 %	+25 %	+50 %	+100 %		-12,5 %	-25 %	-50 %	-100 %
1,50 L	1,60 L	1,80 L	2,25 L	3,00 L		1,30 L	1,10 L	0,70 L	0,00 L

Devido ao facto de, aos fins-de-semana, algumas das zonas do campus da UTAD estar interdita à maior parte dos alunos, os valores de precipitação eram recolhidos às segundas-feiras, deste modo, a precipitação dos fins-de-semana foi considerada como precipitação acumulada, ou seja, a precipitação recolhida na segunda-feira, é o resultado da acumulação de sexta, sábado e domingo. Os tratamentos eram regados, na sua totalidade, às segundas-feiras.

ANEXO 3 – DADOS DOS RESULTADOS

3.1. Dados meteorológicos

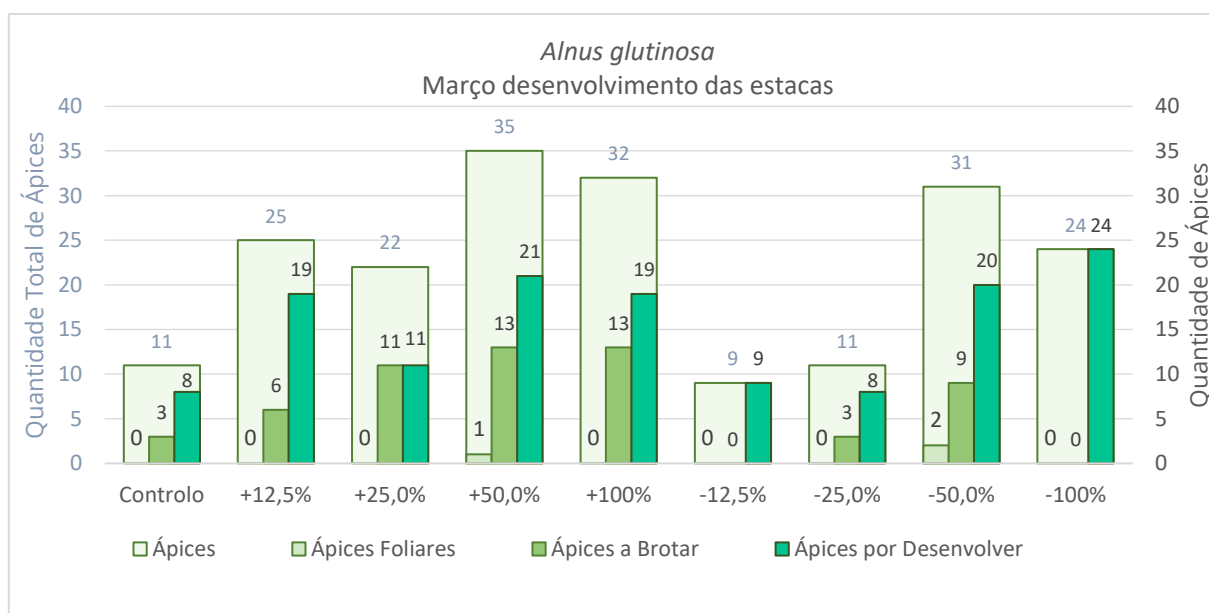
Tabela 1 - Valores da Precipitação e Temperatura Média, do estudo e do Clima Normal da Cidade de Vila Real.

	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho
Precipitação Normal (mm)	110,7	174,6	144,1	158,7	82,6	82,3	66,5	54,1	17,1
Precipitação Estudo (mm)	202,6	302,4	111,6	83,9	29,2	125,0	49,2	5,5	0
Temperatura Média Normal (°C)	9,5	7,0	5,8	7,7	9,5	11,3	14,1	18,6	21,5
Temperatura Média Estudo (°C)	10,0	8,1	7,4	10,1	11,1	12,4	18,7	18,1	23,6

3.2. Dados da análise do desenvolvimento do mês de março

Alnus glutinosa

O desenvolvimento apical de *Alnus glutinosa* no mês de março não é muito relevante em todos os tratamentos (Gráfico 1), existindo mais de 50% dos ápices das estacas ainda por desenvolver.

**Gráfico 1** - Desenvolvimento apical das estacas em março da espécie *Alnus glutinosa*, com respetivo total de ápices e sua variância.

Os tratamentos com maior valor de ápices são o tratamento +50,0% com 35 ápices, o tratamento +100,0% com 32 ápices e o tratamento -50,0% com 31 ápices, comparativamente ao Controlo com 11 ápices. Já o tratamento -12,5% contem apenas 9 ápices e o -25,0% tem o mesmo valor do controlo (Tabela 2)

É possível visualizar que as estacas dos tratamentos positivos demonstram uma atividade maior, comparando com o Controlo e os tratamentos negativos, através da percentagem de presença de ápices a iniciar a brotação de pequenas folhas, sendo mais relevante o tratamento +25,0 %, com 50 % dos ápices a brotar, de um total de 22 ápices. Já os restantes, o tratamento +12,5% apresenta 24% dos seus ápices 25 ápices a iniciar a brotação, o tratamento +50,0% contem 37 % a iniciar a brotação de 35 ápices e o tratamento +100,0% contem 40 % dos ápices a brotar do total de 32 (Tabela 3).

Foi detetada uma presença, muito residual, de folhas em dois (tratamento +50,0% e -50,0%), existindo apenas um par de pequenas folhas numa das estacas de cada tratamento tendo uma área média de 0,13 cm² e 0,38 cm².

Tabela 2 - Valores Totais da análise da parte aérea, nas 30 estacas, da espécie *Alnus glutinosa* nos mês de março

<i>Alnus glutinosa</i>	Controlo	+12,5%	+25,0%	+50,0%	+100%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	-100%
Quantidade de ápices	11	25	22	35	32	9	11	31	24
Quantidade de ápice foliares	0	0	0	1	0	0	0	2	0
Quantidade de Folhas	0	0	0	2	0	0	0	2	0
Tamanho das Folhas (cm) média	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00
Área das folhas	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,38	0,00
Quantidade de Flores	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ápices a brotar	3	6	11	13	13	0	3	9	0
Ápice por desenvolver	8	19	11	21	19	9	8	20	24

Tabela 3 – Percentagem dos parâmetros analisados em cada ensaio, nas 30 estacas da espécie *Alnus glutinosa*.

<i>Alnus glutinosa</i>	Controlo	+12,5%	+25,0%	+50,0%	+100%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	-100%
Quantidade de ápices									
Quantidade de ápice foliares	0%	0,00%	0,00%	2,86%	0,00%	0,00%	0,00%	6,45%	0,00%
Quantidade de Folhas	0%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Tamanho das Folhas (cm) média									
Área das folhas									
Quantidade de Flores	0%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ápices a brotar	27%	24,00%	50,00%	37,14%	40,63%	0,00%	27,27%	29,03%	0,00%
Ápice por desenvolver	73%	76,00%	50,00%	60,00%	59,38%	100,00%	72,73%	64,52%	100,00%

Populus alba

Grande parte dos tratamentos têm uma maior presença de ápices comparativamente como Controlo, excluindo o tratamento -100,0%. Nos restantes tratamentos, foi observada o equivalente a 50% de ápices a brotar, nas diferentes estacas dos tratamentos, que se encontravam a iniciar a brotação (Gráfico 2).

O desenvolvimento apical de *Populus alba* no mês de março demonstra uma grande atividade nos ápices, procedendo a brotação, tendo mais relevância o tratamento -12,5% com 62% de ápices a brotar do total 47 ápices, comparativamente ao Controlo que contém apenas 28% dos ápices a brotar no total de 29 ápices.

Existe uma diminuição de ápices com o aumento dos valores de tratamento, tanto positivos como negativos, com exceção do tratamento +25,0% sendo maior que o tratamento +12,5%, porém todos eles são superiores ao do Controlo, exceto o tratamento -100,0%. No tratamento +12,5% existe uma presença de 44 ápices nas 30 estacas do ensaio, reduzindo esse valor nos tratamentos tratamento +50,0% e +100,0% com a presença de 38 ápices em ambos os tratamentos. Apesar de se registar o mesmo valor, de ápices, foi observada uma diferença de atividade entre os tratamentos, tendo o tratamento +100,0% uma percentagem de 55% dos ápices a brotar, o tratamento +50,0% contém 45% dos seus ápices a brotar. O tratamento +25,0% é o que contém mais ápices deste grupo de tratamento, contendo 46 ápices (Tabela 4).

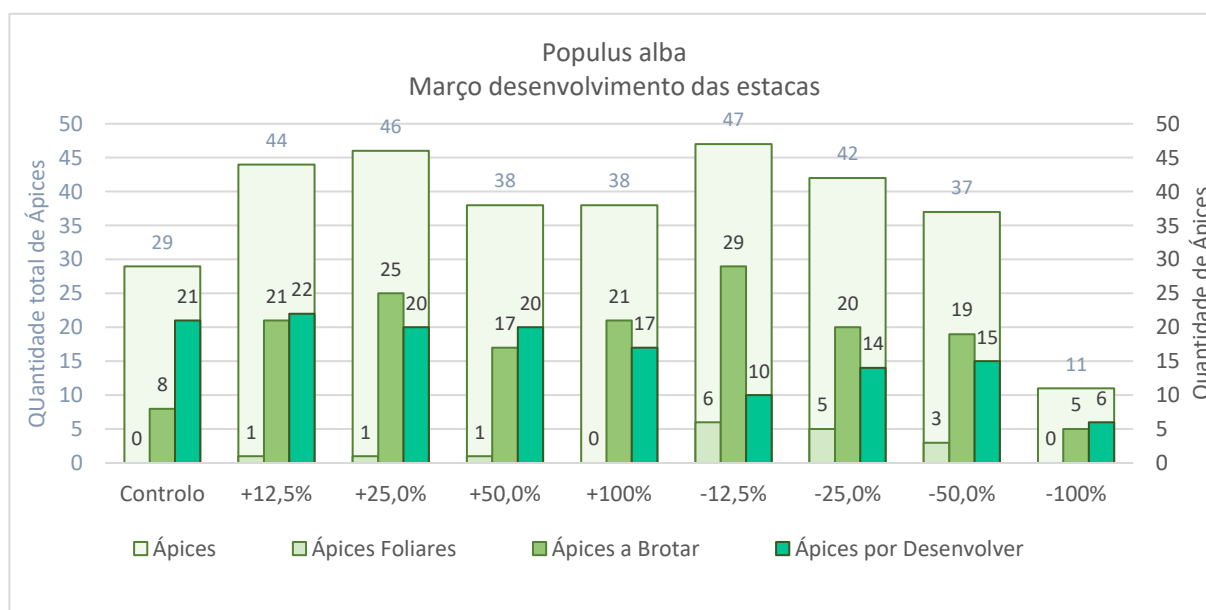


Gráfico 2 - Desenvolvimento apical das estacas em março da espécie *Populus alba*, com respetivo total de ápices e sua variância

As estacas dos tratamentos negativos, com exceção do tratamento -100,0%, demonstra já uma atividade ao nível foliar, sendo que, mais ou menos 10% dos ápices são foliares, apresentando entre 4 a 7 folhas, comparando com o Controlo que não apresenta nenhuma evidência foliar (Gráfico 3).

Já os tratamentos positivos contêm um valor residual de ápices foliares com uma percentagem de 2% no total dos ápices presentes nas 30 estacas de cada tratamento, equivalente a 1 a 2 folhas.

É de salientar que os valores pluviométricos dos tratamentos negativos aumentam, simulando a redução de água existe uma redução da área das folhas. Já nos tratamentos positivos existe uma variância de valores (Tabela 5).

É possível visualizar que os tratamentos +12,5% e -12,5% contêm o mesmo valor de área média foliar de 0,2 cm², sendo este o valor mais elevado dentre de todos os tratamentos, incluindo o Controlo. Porém, o tratamento +12,5% contem apenas 1 folha, enquanto no tratamento -12,5% já contem 7 folhas (Tabela 5).

Já no tratamento -25,0% contem o mesmo número de folhas de que o tratamento -12,5%, porém a sua área média das folhas é mais reduzida, com um valor de 0,13 cm².

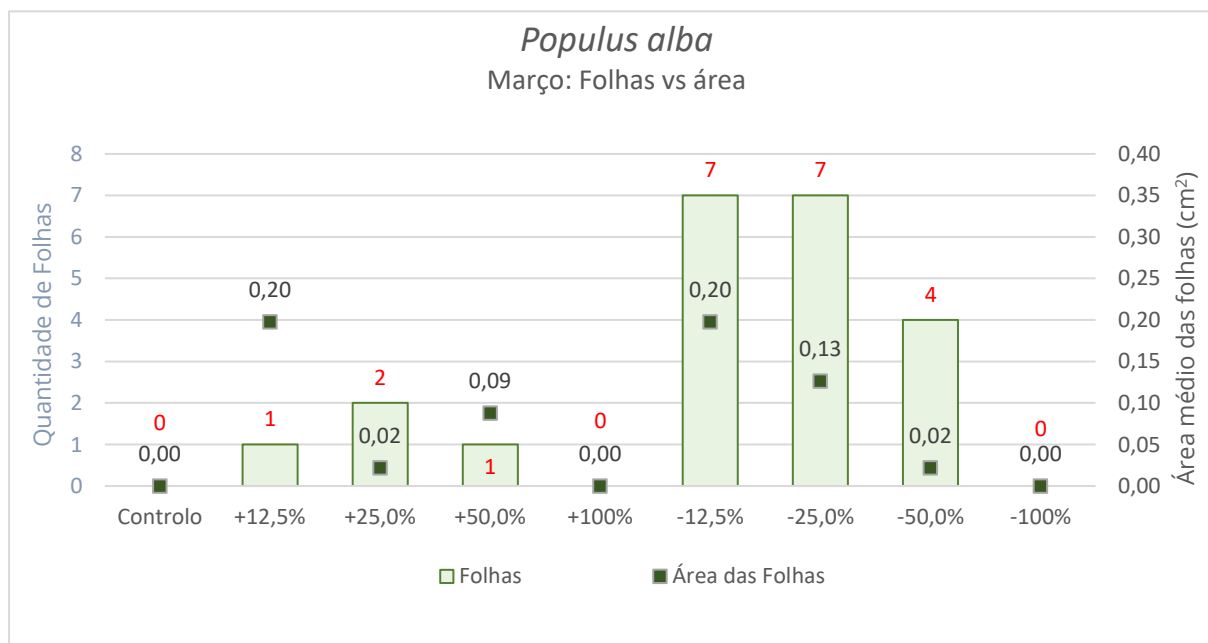


Gráfico 3 – Relação, na espécie *Populus alba*, da quantidade de folhas e a área foliar de cada Cenário Pluviométrico e Controlo.

Tabela 4 - Valores percentual dos diferentes órgãos das estacas da espécie *Populus alba* em cada Cenário Pluviométrico.

<i>Populus alba</i>	Controlo	+12,5%	+25,0%	+50,0%	+100%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	-100%
Quantidade de ápices									
Quantidade de ápice foliares	0,00%	2,27%	2,17%	2,63%	0,00%	12,77%	11,90%	8,11%	0,00%
Quantidade de Folhas	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Tamanho das Folhas (cm) média									
Área das folhas									
Quantidade de Flores	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ápices a brotar	27,59%	47,73%	54,35%	44,74%	55,26%	61,70%	47,62%	51,35%	45,45%
Ápice por desenvolver	72,41%	50,00%	43,48%	52,63%	44,74%	21,28%	33,33%	40,54%	54,55%

Tabela 5 - Valores totais da análise da parte aérea, nas 30 estacas, da espécie *Populus alba* nos mês de março.

<i>Populus alba</i>	Controlo	+12,5%	+25,0%	+50,0%	+100%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	-100%
Quantidade de ápices	29	44	46	38	38	47	42	37	11
Quantidade de ápices foliares	0	1	1	1	0	6	5	3	0
Quantidade de Folhas	0	1	2	1	0	7	7	4	0
Tamanho das Folhas	0,00	0,30	0,10	0,20	0,00	0,30	0,24	0,10	0,00
Área das Folhas	0,00	0,20	0,02	0,09	0,00	0,20	0,13	0,02	0,00
Quantidade de Flores	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ápices a brotar	8	21	25	17	21	29	20	19	5
Ápice por desenvolver	21	22	20	20	17	10	14	15	6

Salix atrocinerea

Os ensaios de *Salix atrocinerea* mostram uma grande atividade vegetativa de diversas formas, durante o mês de março.

Iniciando o estudo pelo nível apical, o ensaio de Controlo obteve um grande número de ápices (112 ápices), valor superior a todos os outros tratamentos, contendo todos eles aproximadamente 80 ápices (Gráfico 4).

Comparando os tratamentos, ao nível de ápices a brotar, o Controlo contém o maior valor - 40% dos ápices estavam a iniciar a brotação. Por outro lado, o tratamento +50,0% é que contém o menor valor de ápices a brotar - 13%, destes somente 10 dos 73 ápices estão a brotar, tendo mais de 56% de ápices foliares. Já os restantes tratamentos variam entre 20% a 30% (Tabela 6).

Existem apenas 3 tratamentos com uma percentagem de ápices foliares mais baixa que o Controlo, sendo estes, os tratamentos +12,5%; +100,0% e tratamento -100,0%. Os dois primeiros, registaram uma presença de 31% de ápices foliares nas diferentes estacas. Já no tratamento -100% não foi detetado nenhuma evidência de ápices foliares, comparativamente com os 40% registados no Controlo.

É visível no tratamento -25,0% um desenvolvimento avançado, contendo aproximadamente 86% de ápices foliares e ápices a brotar com valores de 60% e 26% respetivamente.

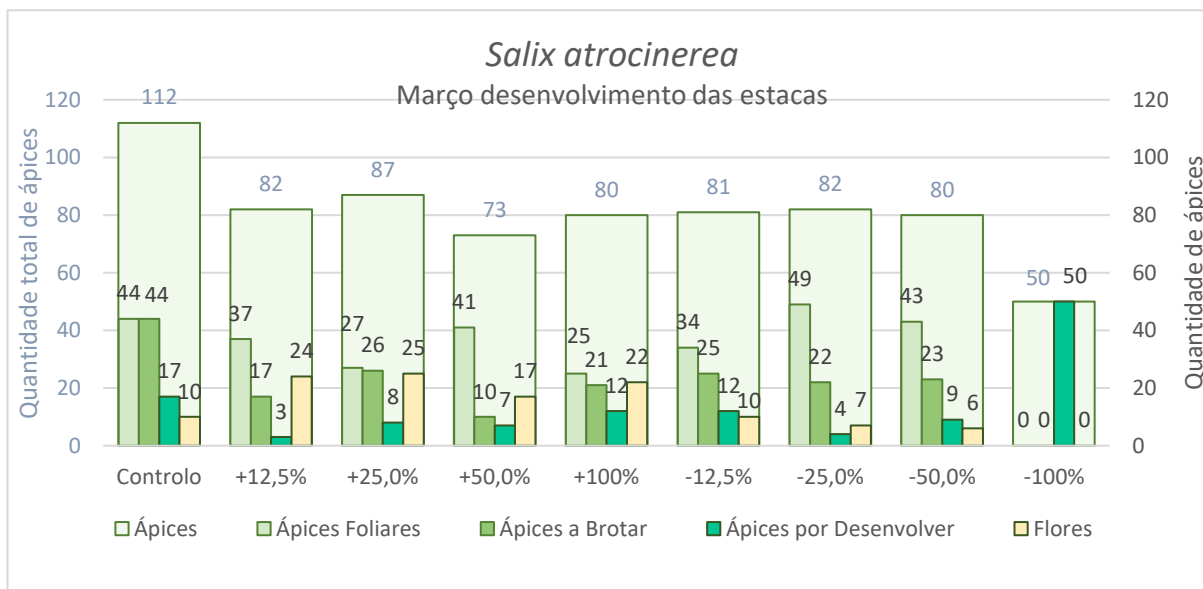


Gráfico 4 - Desenvolvimento apical das estacas em março da espécie *Salix atrocinerea*, com respetivo total de ápices e sua variância.

Ao nível foliar, os tratamentos positivos contêm um menor número de folhas que o Controlo, contendo 229 folhas. É notório que à medida que o valor de precipitação nos tratamentos aumenta, existe uma redução do número total de folhas presentes nas 30 estacas de cada

tratamento, chegando a valores duas vezes inferior ao contabilizado no Controlo, evidenciado no tratamento +100,0% (Tabela 7).

Nos tratamentos negativos existe um maior número de folhas em relação ao Controlo, exceto no tratamento -12,5% que continha menos 2 folhas que o Controlo e o tratamento -100% que, mais uma vez, não apresentava qualquer folha.

O tratamento -25,0% contém o maior número de folhas, comparando com os restantes tratamentos, incluindo o Controlo, com um valor de 269 folhas. Já o tratamento -50,0% contém 242 Folhas (Gráfico 5)

Ao nível da área foliar, à medida que o valor de precipitação no tratamento aumenta, nos tratamentos positivos, a área foliar tende a diminuir. O mesmo se sucede, nos tratamentos negativos, no entanto, estes apresentam um valor quase três vezes superior de área foliar que as áreas registadas nos tratamentos positivos e do Controlo.

Apenas os tratamentos +50,0% e +100,0% têm um valor de área média das folhas inferior ao do Controlo. Em especial o tratamento +50,0% que contém um maior número de folhas que os tratamentos +25,0% e +100,0%, porém a sua área foliar é muito inferior.

O tratamento -100% não contém qualquer desenvolvimento, tendo todos os seus ápices ainda por desenvolver.

Em março, foi ainda observado o aparecimento de flores nos tratamentos positivos, rondando os 23% a 30% dos ápices existentes em cada tratamento, demonstrando uma grande capacidade de desenvolvimento da espécie.

Já nos tratamentos negativos os valores são inferiores ao do Controlo, variando entre as 6 e as 10 flores, representando entre 2,5% a 4% dos ápices. O tratamento -100,0% não apresenta qualquer evidência de flores.

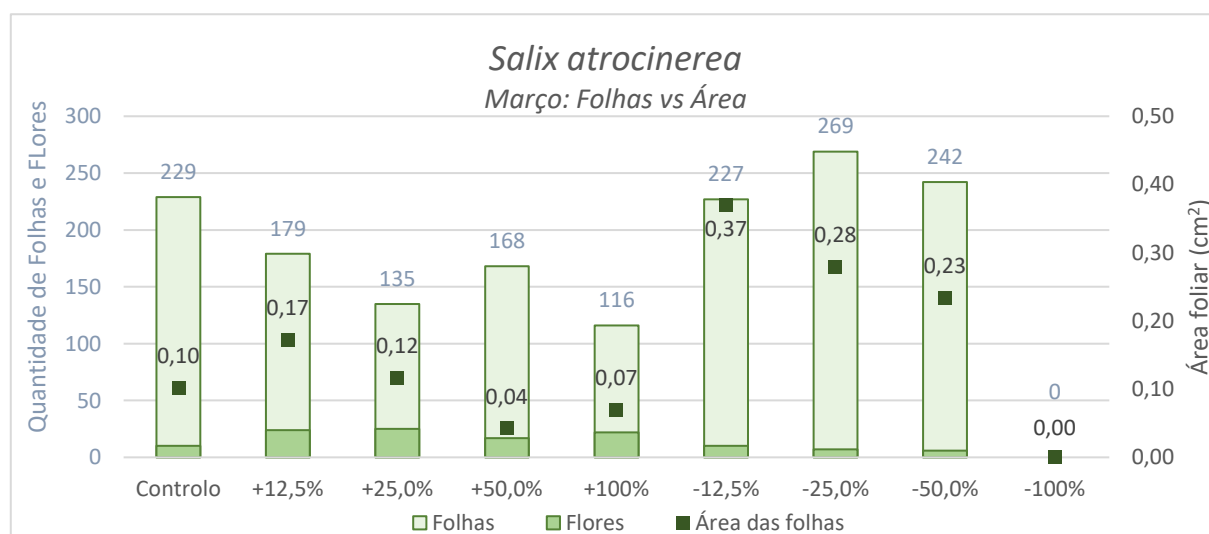


Tabela 6 - Valores percentual dos diferentes órgãos das estacas da espécie *Salix atrocinerea* em cada Cenário Pluviométrico.

<i>Salix atrocinerea</i>	Controlo	+12,5%	+25,0%	+50,0%	+100%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	-100%
Quantidade de ápices									
Quantidade de ápice foliares	39,29%	45,12%	31,03%	56,16%	31,25%	41,98%	59,76%	53,75%	0,00%
Quantidade de Folhas									
Tamanho das Folhas (cm) média									
Área das folhas									
Quantidade de Flores	8,93%	29,27%	28,74%	23,29%	27,50%	12,35%	8,54%	7,50%	0,00%
Ápices a brotar	39,29%	20,73%	29,89%	13,70%	26,25%	30,86%	26,83%	28,75%	0,00%
Ápice por desenvolver	15,18%	3,66%	9,20%	9,59%	15,00%	14,81%	4,88%	11,25%	0,00%

Tabela 7 – Valores totais da análise da parte aérea nas 30 estacas, da espécie *Salix atrocinerea* nos mês de março.

<i>Salix atrocinerea</i>	Controlo	+12,5%	+25,0%	+50,0%	+100%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	-100%
Quantidade de ápices	112	82	87	73	80	81	82	80	50
Quantidade de ápices foliares	44	37	27	41	25	34	49	43	0
Quantidade de Folhas	229	179	135	168	116	227	269	242	0
Área (cm média)	0,66	0,77	0,60	0,33	0,45	1,10	1,05	1,04	0,00
Área da folha (cm média)	0,46	0,54	0,42	0,23	0,32	0,77	0,74	0,73	0,00
Quantidade de Flores	10	24	25	17	22	10	7	6	0
Ápices a brotar	44	17	26	10	21	25	22	23	0
Ápice por desenvolver	17	3	8	7	12	12	4	9	50

3.3. Dados da análise do desenvolvimento de mês de abril

Alnus glutinosa

No mês de abril existiu uma diminuição residual, em alguns tratamentos, de quantidade de ápices variando entre 1 a 4 ápices, comparando com o mês de março, existindo uma diminuição total dos ápices no tratamento -100,0%. Em alguns dos tratamentos existiu um aumento destes, sendo eles o Controlo, o tratamento +12,5%, +50,0% e -25,0%.

No controlo existiu um aumento de duas vezes, já no restantes tratamento existiu um pequeno aumento pouco significativo. Continuamente os tratamentos +50; +100,0% e -50,0% contêm o maior número de ápice, juntamente com o tratamento +12,5%.

Neste mês o *Alnus glutinosa* demonstra um maior desenvolvimento das estacas comparando com o mês anterior, obtendo, principalmente nos tratamentos positivos um aumento de ápices foliares e o desenvolvimento dos ápices iniciando a brotação (Gráfico 6)

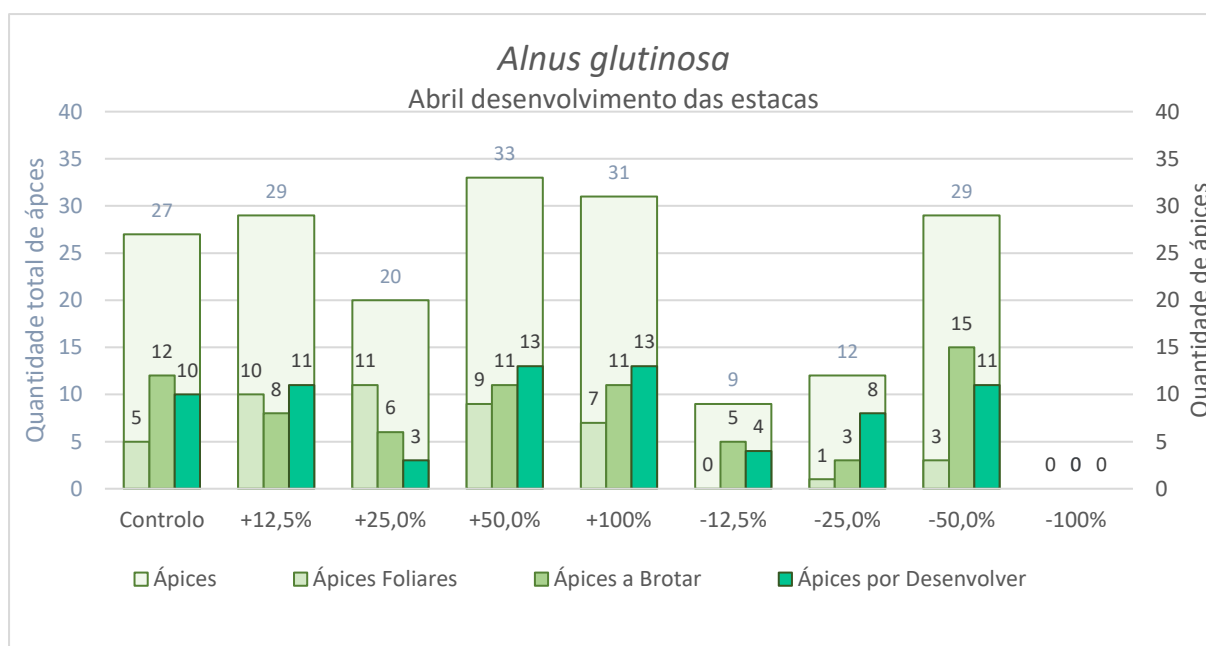


Gráfico 6 - Desenvolvimento apical das estacas em abril da espécie *Alnus glutinosa*, com respetivo total de ápices e sua variação.

Porém ainda existe um grande número de ápices por desenvolver. Grande parte dos tratamento e Controlo contêm nas suas estacas uma percentagem aproximadamente de 40% de ápices por desenvolver. Alguns tratamentos contêm outros valores, pois no tratamento +25,0% contendo apenas 15% dos ápices por desenvolver do total dos 20 ápices presentes nas 30 estacas; no tratamento -25,0% contém 67% ápices por desenvolver dos 12 ápices, e o tratamento -100,0% existiu uma redução total dos ápices, passando de 24 ápices para 0 (Tabela 8)

Tabela 8 - Valores percentual dos diferentes órgãos das estacas da espécie *Alnus glutinosa* em cada Cenário Pluviométrico, no mês de abril.

	Controlo	+12,5%	+25,0%	+50,0%	+100%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	-100%
Quantidade de ápices									
Quantidade de ápice foliares	18,52%	34,48%	55,00%	27,27%	22,58%	0,00%	8,33%	10,34%	0,00%
Quantidade de Folhas	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Quantidade de Flores	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ápices a brotar	44,44%	27,59%	30,00%	33,33%	35,48%	55,56%	25,00%	51,72%	0,00%
Ápice por desenvolver	37,04%	37,93%	15,00%	39,39%	41,94%	44,44%	66,67%	37,93%	0,00%

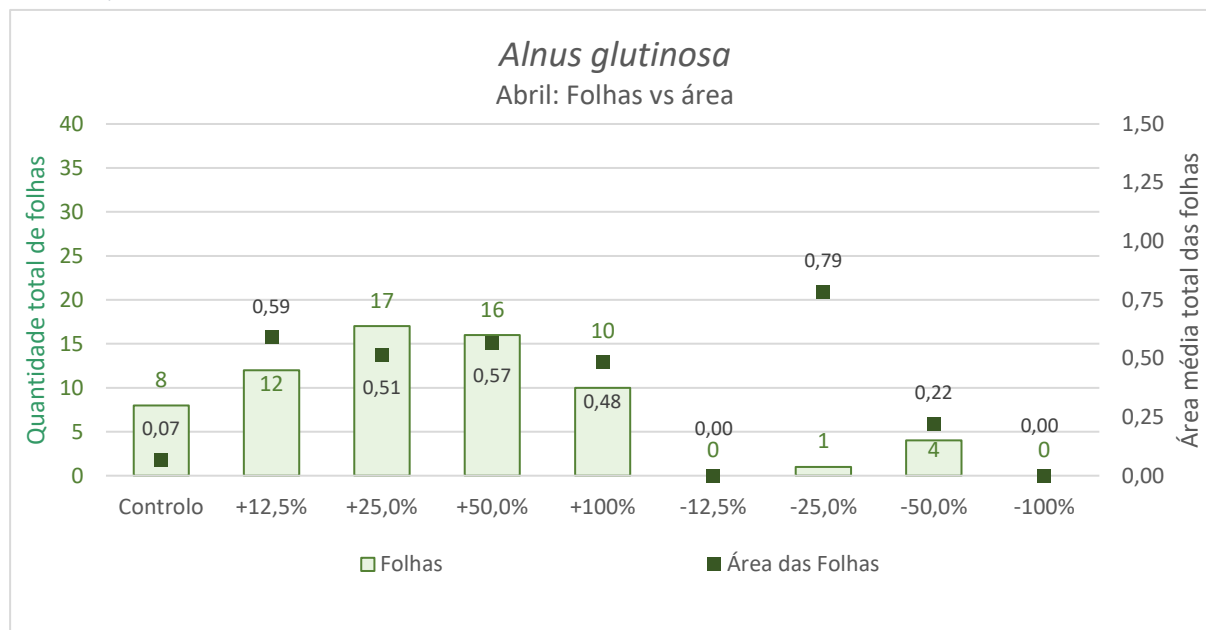
Ao nível de ápices foliares é bastante notório o grande desenvolvimento deste nos tratamentos positivos e no controlo.

É de destacar o continuo desenvolvimento desde do mês anterior do tratamento +25,0% contendo um pequeno número de ápices por desenvolver.

Ao nível de folhas existe um grande aumento em relação ao mês anterior, tendo presença em praticamente todos os tratamentos (Gráfico 7). Existiu um desenvolvimento foliar mais notório em todos os tratamentos positivos, destacando o tratamento +25,0% com um total contabilizado de 17 folhas nas 30 estacas. O controlo obteve também um grande desenvolvimento, porém seu número é inferior aos tratamentos positivos, mas superior aos tratamentos negativos.

É notório que com o aumento do valor dos tratamentos, existe uma redução da área foliar iniciando no tratamento +12,5% até ao tratamento +100,0%. Já nos tratamentos negativos existem apenas dois tratamentos com folhas, tendo um dos tratamentos (-50,0%) com uma área foliar mais baixa e o tratamento -25,0%, contendo apenas uma folha, com a área foliar mais elevada entre todos os tratamentos (Tabela 9)

Mesmo com presença de folhas no controlo, contem as folhas mais pequenas dentro de todos os ensaios.

Gráfico 7. - Relação, na espécie *Alnus glutinosa*, da quantidade de folhas e a área foliar de cada Cenário Pluviométrico e Controlo, no mês de abril**Tabela 9** - Valores totais da análise da parte aérea nas 30 estacas, da espécie *Alnus glutinosa* no mês de abril.

Alnus glutinosa									
	Controlo	+12,5%	+25,0%	+50,0%	+100%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	-100%
Quantidade de ápices	27	29	20	33	31	9	12	29	0
Quantidade de ápice foliares	5	10	11	9	7	0	1	3	0
Quantidade de Folhas	8	12	17	16	10	0	1	4	0
Tamanho das Folhas (cm) média	0,26	0,43	0,40	0,43	0,39	0,00	0,50	0,27	0,00
Área das folhas	0,07	0,59	0,51	0,57	0,48	0,00	0,79	0,22	0,00
Quantidade de Flores	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ápices a brotar	12	8	6	11	11	5	3	15	0
Ápice por desenvolver	10	11	3	13	13	4	8	11	0

Populus alba

Existiu no mês de abril na espécie *Populus alba* uma diminuição ao nível global de diminuição de ápices, sendo mais significativo no tratamento -25,0%, -50,0% e -100,0%. Porém ainda assim a maioria dos tratamentos contém mais número de ápices que o controlo expeto o tratamento -50,0% e -100,0%.

Existe ainda uma diminuição de ápices ao longo do aumento dos valores dos tratamentos, fugindo a regra nos tratamentos negativos e o tratamento +50,0%.

Existe uma percentagem residual de ápices por desenvolver nos diferentes tratamentos variando entre 0 a 15%, sendo menor nos tratamentos positivos, em que no tratamento +100,0% é o que não contem ápices por desenvolver. Já no controlo demonstra uma atividade mais lenta, tendo aproximadamente 50% dos 25 ápices por desenvolver (Tabela10).

Comparando a atividade desta espécie ao mês anterior, denotasse um grande desenvolvimento, sendo que, mais de 50% dos ápices presentes nos diferentes tratamentos são foliares. Como no mês anterior o tratamento -12,5% é o que demonstra mais atividade em relação a todos os ensaios, tendo 30 ápices foliares de um total de 39 ápices, e 7 dos restantes estão a iniciar a brotação (Gráfico 8)

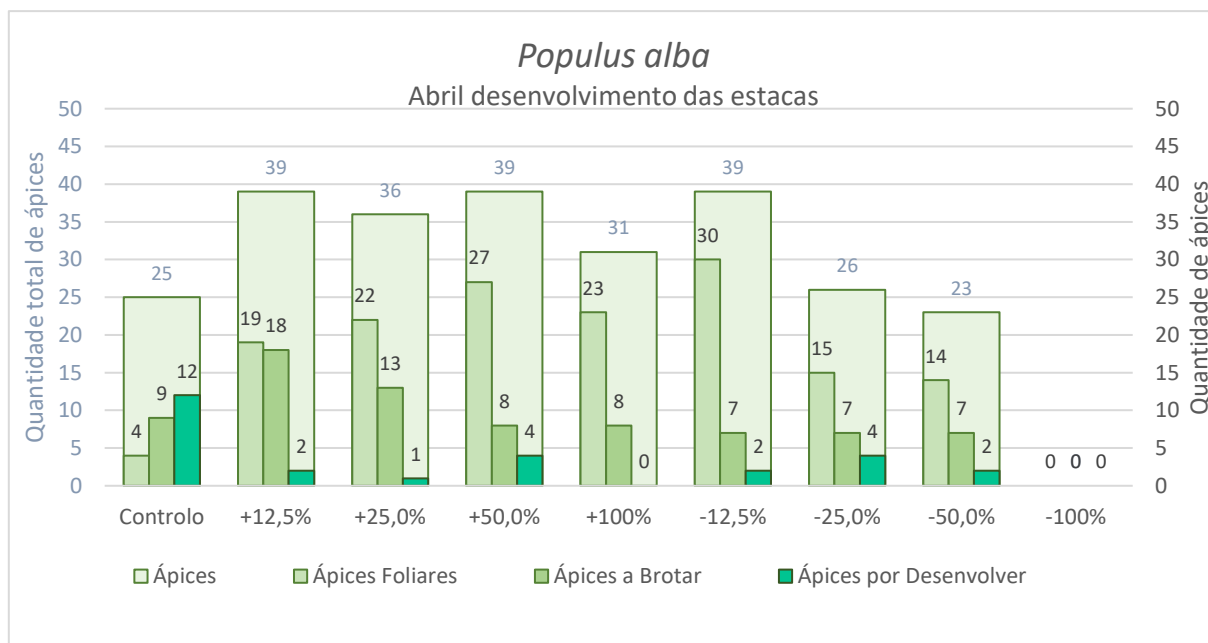


Gráfico 8 - Desenvolvimento apical das estacas em abril da espécie *Populus alba* com respetivo total de ápices e sua variância.

Ao nível foliar existe um aumento significativo em todos os tratamentos, exceto no TRATAMENTO -100,0% e o controlo.

O controlo contém um valor residual de 19 folhas, contabilizadas nas 30 estacas.

Tabela 10 - Valores percentual dos diferentes órgãos das estacas da espécie *Populus alba* em cada Cenário Pluviométrico, no mês de abril.

	Controlo	+12,5%	+25,0%	+50,0%	+100%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	-100%
Quantidade de ápices									
Quantidade de ápice foliares	16,00%	48,72%	61,11%	69,23%	74,19%	76,92%	57,69%	60,87%	0,00%
Quantidade de Folhas	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Quantidade de Flores	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Ápices a brotar	36,00%	46,15%	36,11%	20,51%	25,81%	17,95%	26,92%	30,43%	0,00%
Ápice por desenvolver	48,00%	5,13%	2,78%	10,26%	0,00%	5,13%	15,38%	8,70%	0,00%

Referindo aos tratamentos positivos, o aumento é muito significativo, passando de 1 a 2 folhas para valores entre 76 a 101 folhas, tendo o tratamento +50,0% o maior valor e tratamento +12,5% o menor valor.

Já nos tratamentos negativos, o que apresenta mais número de folhas é o tratamento -12,5% com 115 folhas, como referido anteriormente demonstrando um maior desenvolvimento. Já nos restantes tratamentos existe um valor inferior de números de folhas, em que no tratamento -25,0% contém 61 folhas e o valor mais baixo foi no tratamento -50,0% com 48 folhas (Tabela 11).

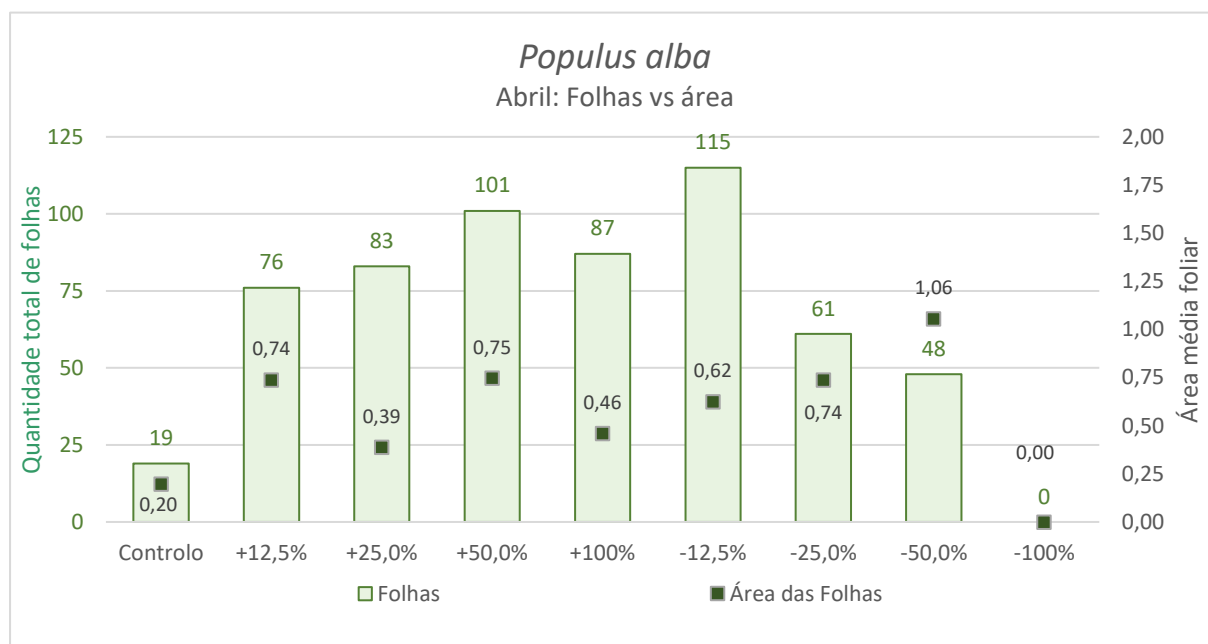
Existe uma reversão ao nível da área foliar, em que no mês de março, quanto maior o valor dos tratamentos negativos, menor era a área foliar, já no mês de abril quanto maior o valor do tratamento negativo aumenta a área foliar (Gráfico 9).

O tratamento -12,5% contém 115 folhas com uma área média de 0,62 cm², já o tratamento -25,0% contém aproximadamente metade das folhas e contém 0,74 cm² de média da área foliar, e o tratamento -50,0% contém apenas 48 folhas, porém com uma área média foliar de 1,06 cm². Já nos tratamentos positivos existe uma variação maior e não é linear, contendo estes maiores valores em relação ao controlo, tanto a nível foliar como de área média foliar.

Relacionando os tratamentos +12,5%; tratamento +50,0% e tratamento -25,0% contém a mesma área foliar, com um valor aproximado de 0,74 cm² porém os números de folhas variam, contendo 76 folhas, 101 folhas e 61 folhas nos respetivos tratamentos.

Tabela 11 - Valores totais da análise da parte aérea nas 30 estacas, da espécie *Populus alba* no mês de abril.

Populus alba	Controlo	+12,5%	+25,0%	+50,0%	+100%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	-100%
Quantidade de ápices	25	39	36	39	31	39	26	23	0
Quantidade de ápices foliares	4	19	22	27	23	30	15	14	0
Quantidade de Folhas	19	76	83	101	87	115	61	48	0
Tamanho das Folhas	0,30	0,58	0,42	0,58	0,46	0,53	0,58	0,69	0,00
Área das Folhas	0,20	0,74	0,39	0,75	0,46	0,62	0,74	1,06	0,00
Quantidade de Flores	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ápices a brotar	9	18	13	8	8	7	7	7	0
Ápice por desenvolver	12	2	1	4	0	2	4	2	0

**Gráfico 9** - Relação, na espécie *Populus alba*, da quantidade de folhas e a área foliar de cada Cenário Pluviométrico e Controlo, no mês de abril

Salix atrocinerea

Na espécie *Salix atrocinerea* existe uma diminuição de ápices de aproximadamente 50% no Controlo, e nos tratamentos negativos, já os tratamentos positivos demonstram um aumento significativo de ápices com exceção ao tratamento +100,0%, contendo um maior número de ápices por desenvolver em relação aos mês anteriores, tendo uma percentagem entre 16% a 22 % (Gráfico 10).

Neste mês o controlo apresenta um valor de 69 ápices em que 65 deles são foliares. Já nos tratamentos positivos, que mais se destacam são os tratamentos +12,5% e +25,0% apresentam 112 e 113 ápices dos quais 73 e 71 ápices são foliares. Existe uma redução de desenvolvimento nos tratamentos +50,0% e tratamentos +100,0% contendo, aproximadamente, 50% dos ápices foliares, sendo relevante comparar que o tratamento +50,0% no mês anterior continha o menor valor de ápices a brotar e grande parte deles já serem foliares (Tabela 12)

Já nos tratamentos negativos, com uma diminuição de número de ápices, estes contem mais de 50% ápices foliares e grande parte deles estarem a iniciar a brotação, em que o tratamento-12,5%, com no mês anterior, é quem demonstram mais desenvolvimento entre os tratamentos negativos, porém relativamente aos tratamentos positivos contem menor desenvolvimento. Nos tratamentos -12,5% e -25,0% não contem nenhum ápice por desenvolver. Já o tratamento -50,0% tem um valor de 11% dos ápices por desenvolver.

Ao nível florar, existe uma diminuição no número de flores presentes nos diferentes ensaios, sendo ainda presente flores em todos os tratamentos, exceto no Controlo.

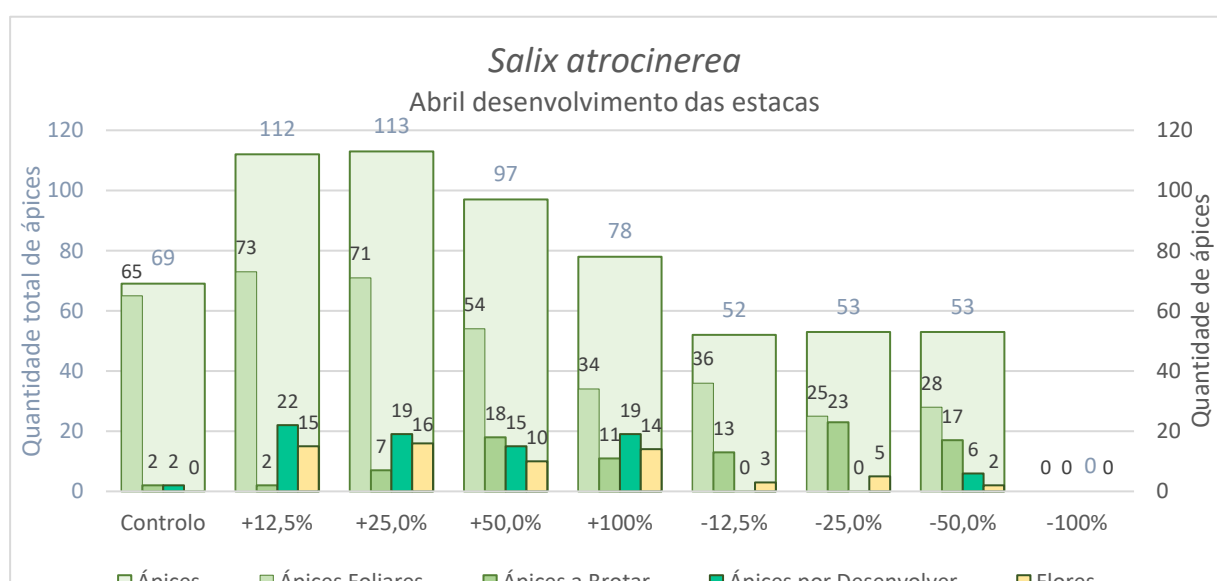


Gráfico 10 - Desenvolvimento apical das estacas em abril da espécie *Salix atrocinerea* com respetivo total de ápices e sua variância.

Tabela 12 - Valores totais da análise da parte aérea nas 30 estacas, da espécie *Salix atrocinerea* no mês de abril.

Salix atrocinerea	Controlo	+12,5%	+25,0%	+50,0%	+100%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	-100%
Quantidade de ápices	69	112	113	97	78	52	53	53	0
Quantidade de ápices foliares	65	73	71	54	34	36	25	28	0
Quantidade de Folhas	384	434	420	296	196	256	156	225	0
Área da folha (cm ² média)	0,38	0,59	0,78	0,89	0,81	1,52	1,33	1,29	0,00
Quantidade de Flores	0	15	16	10	14	3	5	2	0
Ápices a brotar	2	2	7	18	11	13	23	17	0
Ápice por desenvolver	2	22	19	15	19	0	0	6	0

Ao nível de folhas, existe um aumento significativo no Controlo, nos tratamentos positivos e no tratamento -12,5% já nos restantes tratamentos existiu uma diminuição.

Nos tratamentos positivos o aumento mais significativo foram no tratamento +12,5% e 25,0% existiu um aumento de aproximadamente 4 vezes que o mês anterior, obtendo um número de folhas, de 434 e 420 folhas nos respetivos tratamentos, comparativamente ao controlo que aumentou quase 6 vezes, porém apenas contem 384 folhas. Já nos tratamentos +50,0% e tratamento +100,0% o aumento foi aproximadamente 2 vezes em relação ao mês de março.

Com este aumento do número de folhas, os tratamentos positivos +50,0%, +100,0% e todos os tratamentos negativos contém menos folhas que o controlo, em que os tratamentos positivos descritos acima, nos meses anteriores tinham mais folhas que o controlo (Tabela 13)

Já ao nível dos tratamentos negativos, a redução do número de folhas é mais sentida no tratamento -25,0% existindo uma redução de 3 vezes, já no tratamento -12,5% e tratamento -50,0% existe apenas uma redução de 20 folhas, equivalente a 7%.

Ao nível da área foliar, a medida que existe aumento do valor dos tratamentos do tratamento positivos, existe um aumento da área foliar, com exceção do tratamento +100,0%. Já nos tratamentos negativos, a medida do aumento do valor existe uma redução da área foliar, porém o seu valor é muito superior à dos tratamentos positivos e Controlo (Gráfico 11).

Tabela 13 - Valores percentual dos diferentes órgãos das estacas da espécie *Salix atrocinerea* em cada Cenário Pluviométrico, no mês de abril.

	Controlo	+12,5%	+25,0%	+50,0%	+100%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	-100%
Quantidade de ápices									
Quantidade de ápice foliares	94,20%	65,18%	62,83%	55,67%	43,59%	69,23%	47,17%	52,83%	0,00%
Quantidade de Folhas									
Quantidade de Flores	0,00%	13,39%	14,16%	10,31%	17,95%	5,77%	9,43%	3,77%	0,00%
Ápices a brotar	2,90%	1,79%	6,19%	18,56%	14,10%	25,00%	43,40%	32,08%	0,00%
Ápice por desenvolver	2,90%	19,64%	16,81%	15,46%	24,36%	0,00%	0,00%	11,32%	0,00%

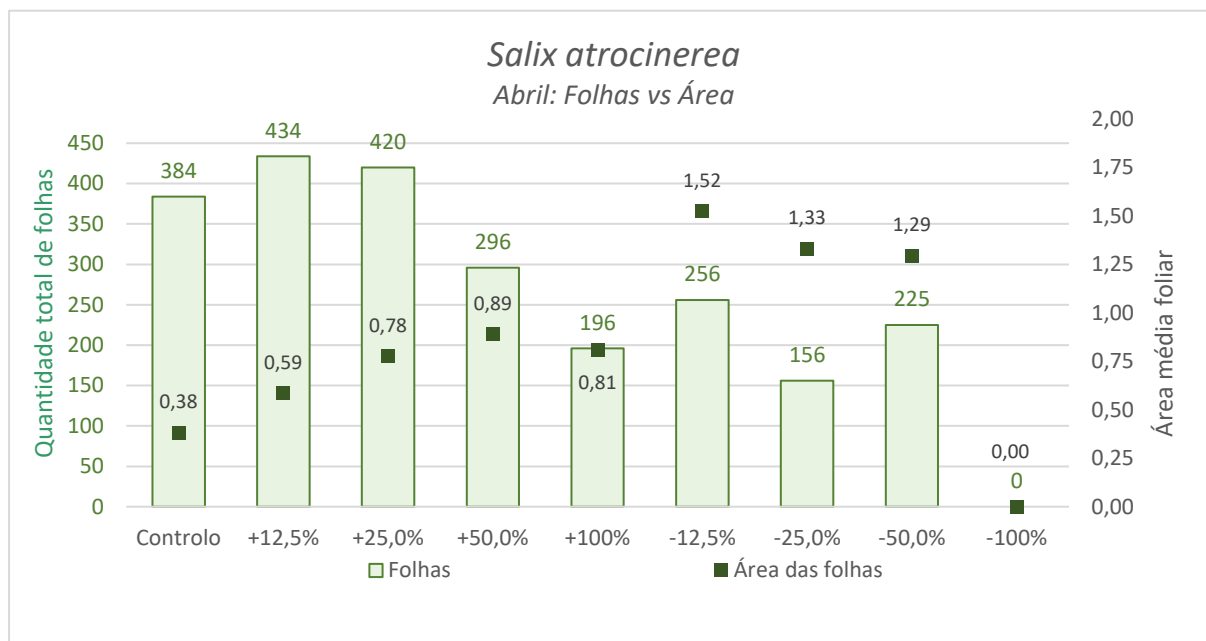


Gráfico 11 - Relação, na espécie *Salix atrocinerea*, da quantidade de folhas e a área foliar de cada Cenário Pluviométrico e Controlo, no mês de abril

3.2. Dados da análise do desenvolvimento de mês de maio

Alnus glutinosa

No mês de maio, ao nível de quantidade de total de ápices, existiu uma pequena diminuição, variando entre 2 a 7 ápices em quase todos os ensaios, com exceção dos tratamentos +25,0%, tratamento +50,0% e +100,0%, aumentando 1 a 3 ápices nos respetivos tratamentos, sendo que o tratamento +100,0% existe um maior número de ápices nas 30 estacas do ensaio com um total de 34 ápices (Tabela 14).

Em relação aos diferentes tipos de ápices, no mês de maio de notasse, nos tratamentos positivos, um desenvolvimento dos ápices por desenvolver a iniciar a brotação ou mesmo elaborar folhas, já nos tratamentos negativos o desenvolvimento é quase nulo.

É de destacar que a medida que o valor do tratamento aumenta nos tratamentos positivos existe um maior número de ápices, com exceção do tratamento +25,0% contendo um menor número de ápices dentro dos tratamentos positivos, sendo ainda maior que o controlo.

Já nos tratamentos negativos, apenas o tratamento -50,0% contem maior número de ápices que o controlo, sendo os restantes inferiores.

Ao nível dos ápices a iniciar a brotação é claramente visível que os tratamentos positivos demonstram uma maior atividade em relação aos restantes ensaios (Gráfico 12). É visível que a presença de ápices por desenvolver, nos tratamentos positivos, é mínima em relação a quantidade de ápices foliares e iniciar a brotação. Já nos tratamentos negativos, existe um grande valor de ápices a desenvolver, com exceção do tratamento -50,0%.

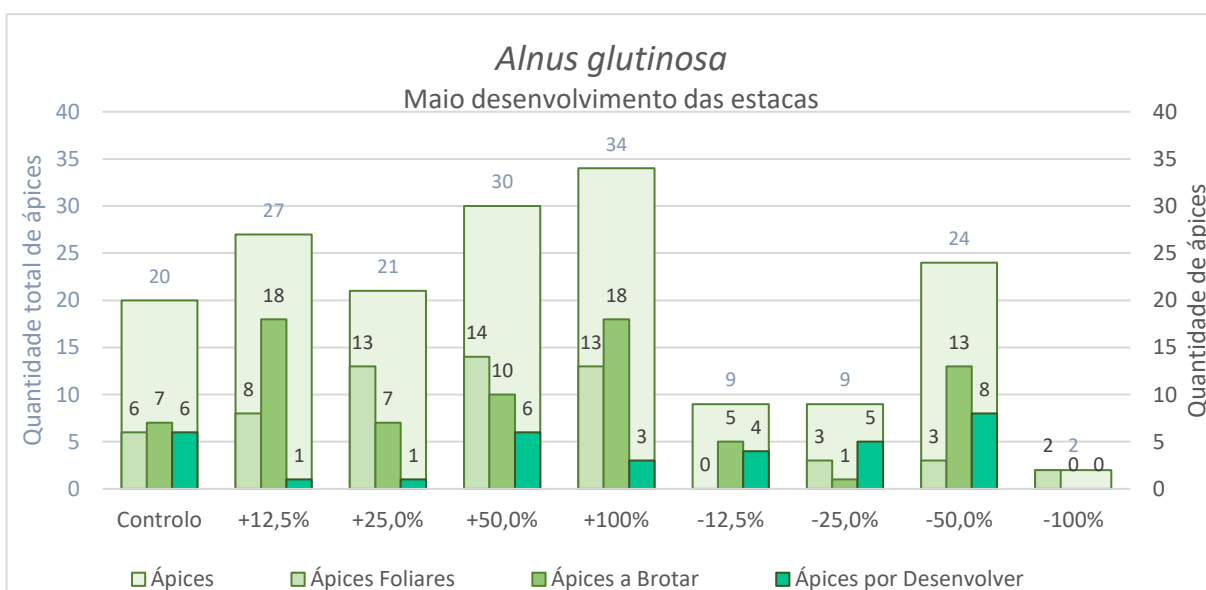


Gráfico 12 --- Desenvolvimento apical das estacas em maio da espécie *Alnus glutinosa* com respetivo total de ápices e sua variância.

Os tratamentos +25,0%, +50,0% e -50,0% é que contem maior número de ápices foliares, sendo mais ou menos 50%. Os restantes tratamentos positivos contem grande parte do número de ápices a brotar. O tratamento +100,0% contem quase o mesmo número de ápices foliares que o tratamento com maior número de ápices foliares (+50,0% com 14 ápices foliares), contendo ainda 18 dos ápices a brotar, em relação ao tratamento +50,0% contem apenas 10, demonstrando um grande desenvolvimento.

Comparativamente com o controlo, os tratamentos -12,5%, -25,0% e -100,0% são os que estão a desenvolver-se menos, já os restantes tratamentos demonstram maior desenvolvimento.

<i>Alnus glutinosa</i>	Controlo	+12,5%	+25,0%	+50,0%	+100%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	-100%
Quantidade de ápices	20	27	21	30	34	9	9	24	0
Quantidade de ápices foliares	6	8	13	14	13	0	3	3	0
Quantidade de Folhas	20	13	20	18	16	0	4	3	0
Quantidade de Folhas secas	18	10	18	15	15	0	3	3	0
Tamanho das Folhas (Cm) (Média)	0,25	0,28	0,23	0,29	0,58	0,00	0,50	0,28	0,00
Área das Folhas (Cm ²)	0,19	0,25	0,16	0,26	1,04	0,00	0,79	0,25	0,00
Quantidade de Flores	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ápices a brotar	7	18	7	10	18	5	1	13	0
Ápice por desenvolver	6	1	1	6	3	4	5	8	0
Quantidade de Estacas secas	7	3	6	11	6	8	7	8	17
Ápices secos	1	14	8	9	16	5	2	8	0

Tabela 14 - Valores totais da análise da parte aérea nas 30 estacas, da espécie *Alnus glutinosa* no mês de maio.

Já ao nível da quantidade de folhas existe um aumento residual em todos os tratamentos, com exceção do tratamento -12,50% e -50,0%. No tratamento -12,5%, neste estágio, as estacas não apresentam desenvolvimento foliar, e no tratamento -50,0% existe diminuição de uma folha.

Nos restantes tratamentos, o aumento foi mais notório no controlo, passando de 8 folhas para 20, já os restantes aumentos variam entre 1 a 6 folhas. Comparativamente ao Controlo apenas o tratamento +25,0% contem o mesmo número de folhas, já os restantes têm número inferiores ao controlo, com mais relevância essa diferença entre os tratamentos negativos e o controlo (Gráfico 13)

Nesta etapa das estacas demonstram um momento débil relativamente ao estado das folhas, apresentando mais de 75% das folhas dos diversos ensaios, encontrando-se amareladas, enroladas e secas.

Relativamente à área foliar desta espécie neste mês, as estacas do Controlo obtiveram um aumento de 3 vezes, sendo a média das 20 folhas encontradas nas 30 estacas é de 0,19 cm².

Porém os tratamentos positivos não demonstram esse aumento, com exceção do TRATAMENTO +100,0%, diminuindo até 3 vezes o seu tamanho, em relação ao mês anterior., ainda assim com valor superior ao do Controlo, com exceção do tratamento +25,0%.

Já os tratamentos negativos demonstram um pequeno aumento, obtendo valores superiores ao do controlo, sendo que o tratamento -12,5% e -100,0% continuam sem demonstrar grande desenvolvimento foliar.

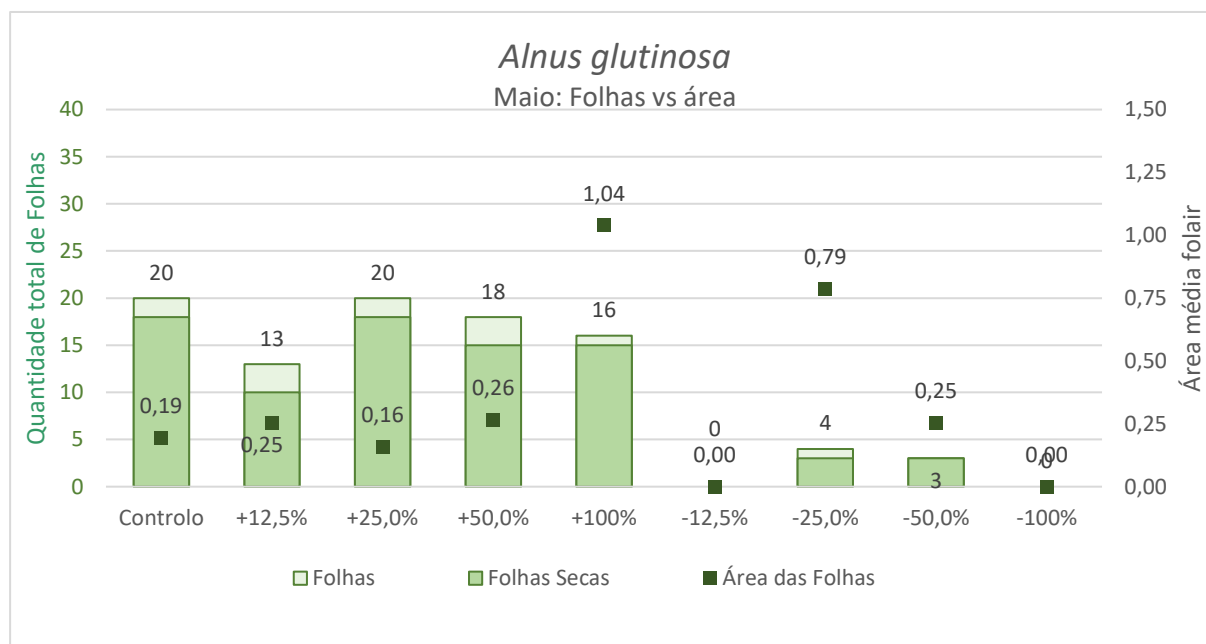


Gráfico 13 - Relação, na espécie *Alnus glutinosa*, da quantidade de folhas e a área foliar de cada Cenário Pluviométrico e Controlo, no mês de maio, incluindo demonstração da quantidade de folhas secas.

Populus alba

Neste mês o desenvolvimento ao nível da quantidade de ápices sofreu pequenas variações, de aumentos no tratamento +12,5%, no tratamento +50,0%, tratamento +100,0% e tratamento -50,0%, aumentando entre 1 a 5 ápices. Já nos restantes tratamentos a diminuição é da mesma forma pequena, variando entre 1 a 4 ápices. Já no controlo o seu número manteve-se. Apenas o controlo -50,0% contém menor número de ápices, excluindo o tratamento -100,0% que não apresenta ápices.

Em relação a quantidade de ápices foliares, grande parte dos tratamentos têm mais de 84% e alguns mesmo 100%, como o tratamento +12,5% e +50,0%. O controlo não demonstra esse mesmo valor, sendo que mais de 50% dos 25 ápices que tem ainda estão por desenvolver (Gráfico 14). Nos restantes ensaios, não existe qualquer evidência de ápices a desenvolver (Tabela 15)

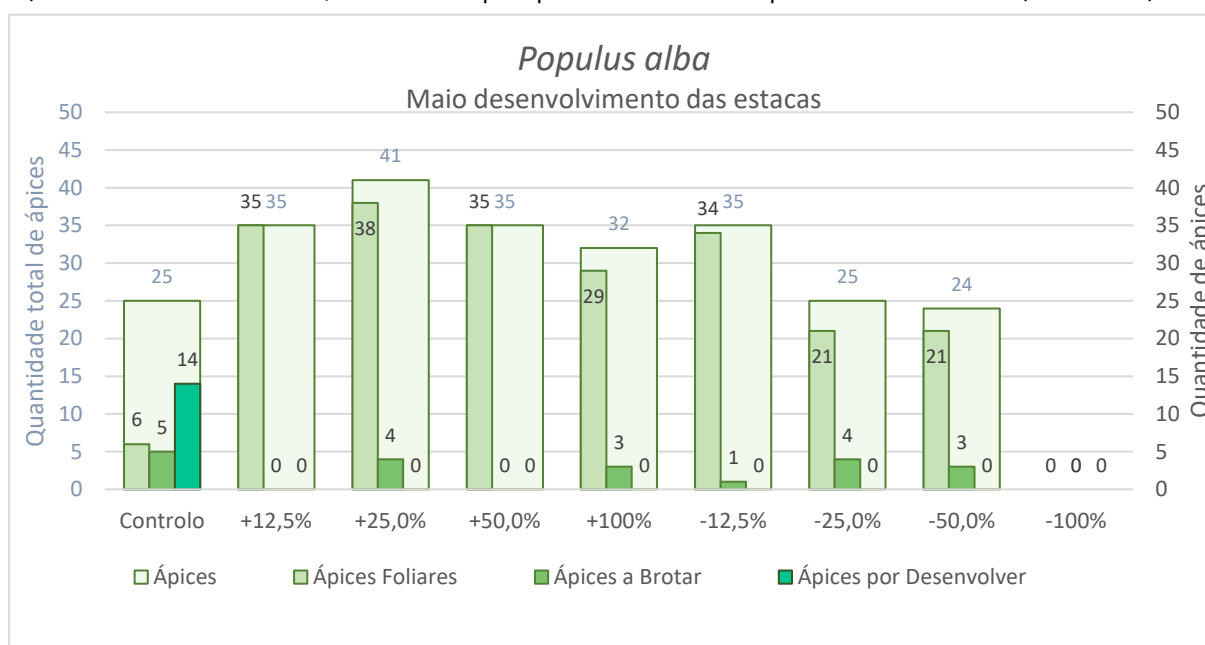


Gráfico 14 - Desenvolvimento apical das estacas em maio da espécie *Populus alba* com respetivo total de ápices e sua variância.

O desenvolvimento mais relevante a referir é ao nível foliar, existindo um aumento em todos os ensaios. O controlo é o ensaio com menor número de folhas, em que o restante tratamento contém maior número. Nos tratamentos positivos é notável a medida que o valor do tratamento aumenta, o número de folhas diminui, do mesmo modo acontece nos tratamentos negativos. Neste mês o tratamento -12,5% continua a demonstrar seu grande desenvolvimento, contendo o maior número de folhas (Gráfico 15).

Contudo, neste mês existe sinais de algum stress em todos os tratamentos nas diversas estacas. É visível uma elevada presença de folhas amareladas e secas, em especial nos tratamentos +12,5%; +25,0%; +50,0% e -12,5% sendo mais de 50% (Tabela 15)

Já nos restantes tratamentos existe uma presença inferior a 40%, sendo os tratamentos -25,0% e -50,0% os que contém menor número de folhas secas em relação a sua totalidade de folhas. O controlo contém a sua totalidade de folhas secas. É importante referir, que a medida que os valores dos tratamentos aumentam a presença de número de folhas secas também diminui, sendo que o tratamento +100,0% contém o menor número de folhas secas dentro dos tratamentos positivos e o tratamento -50,0% contém o menor número de folhas secas comparando entre os tratamentos negativos. Já em relação a área foliar o tratamento -25,0% contém as folhas de maior dimensão, com uma média 1,74 cm² das 144 folhas presentes nas diversas estacas, comparando ao controlo que apenas contém 25 folhas e de uma média de 0,11 cm².

Tabela 15 - Valores totais da análise da parte aérea nas 30 estacas, da espécie *Populus alba* no mês de maio.

Populus alba									
	Controlo	+12,5%	+25,0%	+50,0%	+100%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	-100%
Quantidade de ápices	25	35	41	35	32	35	25	24	0
Quantidade de ápices foliares	6	35	38	35	29	34	21	21	0
Quantidade de Folhas	25	195	190	189	151	207	144	120	0
Quantidade de Folhas secas	25	188	161	105	74	136	31	16	0
Tamanho das Folhas (Cm) (Média)	0,23	0,59	0,42	0,53	0,45	0,79	1,26	0,83	0
Área das Folhas (Cm ²)	0,11	0,76	0,38	0,62	0,44	1,36	3,48	1,54	0
Quantidade de Flores	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ápices a brotar	5	0	4	0	3	1	4	3	0
Ápice por desenvolver	14	0	0	0	0	0	0	0	0
Quantidade de Estacas secas	8	5	5	1	6	3	6	10	0
Ápices secos	2	0	4	0	2	0	1	0	0

É notório que os tratamentos negativos contêm uma maior área foliar que os tratamentos positivos, porém o seu número de folhas é inferior aos mesmos, como referindo anteriormente, com exceção ao tratamento -12,5%. O tratamento -100,0% volta a não mostrar qualquer atividade foliar.

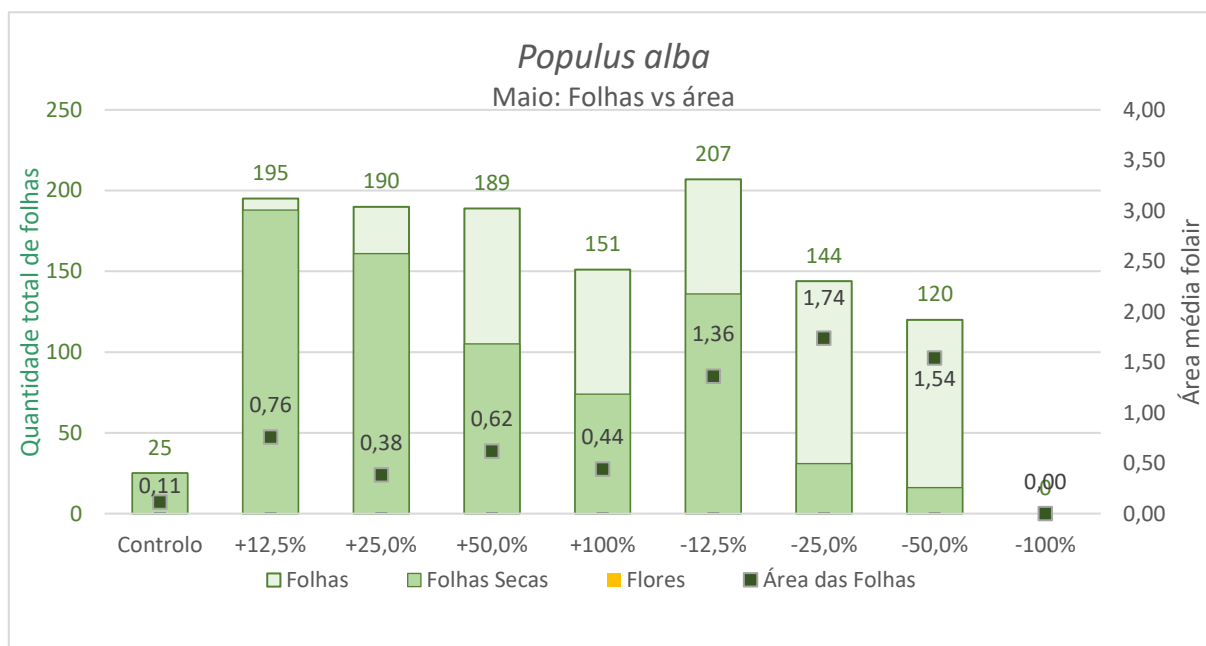


Gráfico 15 - Relação, na espécie *Populus alba*, da quantidade de folhas e a área foliar de cada Cenário Pluviométrico e Controlo, no mês de abril, incluindo demonstração da quantidade de folhas secas.

Salix atrocinerea

Na espécie de *Salix atrocinerea* existiu uma redução significativa no número total de ápices em todos os tratamentos, com exceção do controlo, obtendo um pequeno aumento.

Com esta redução o controlo tem o segundo valor mais alto ao nível de ápices, sendo o tratamento +25,0% com o maior valor de 76 ápices.

É continuamente visível que os tratamentos negativos contêm o menor número total de ápices, juntamente com o tratamento +50,0% e o tratamento +100,0%.

É notório o elevado número de ápices foliares presentes nas diversas estacas dos diferentes tratamentos, quase sendo a sua totalidade, existindo um valor residual de ápices a brotar (Gráfico 16).

A presença de flores neste mês é nula em todos os ensaios.

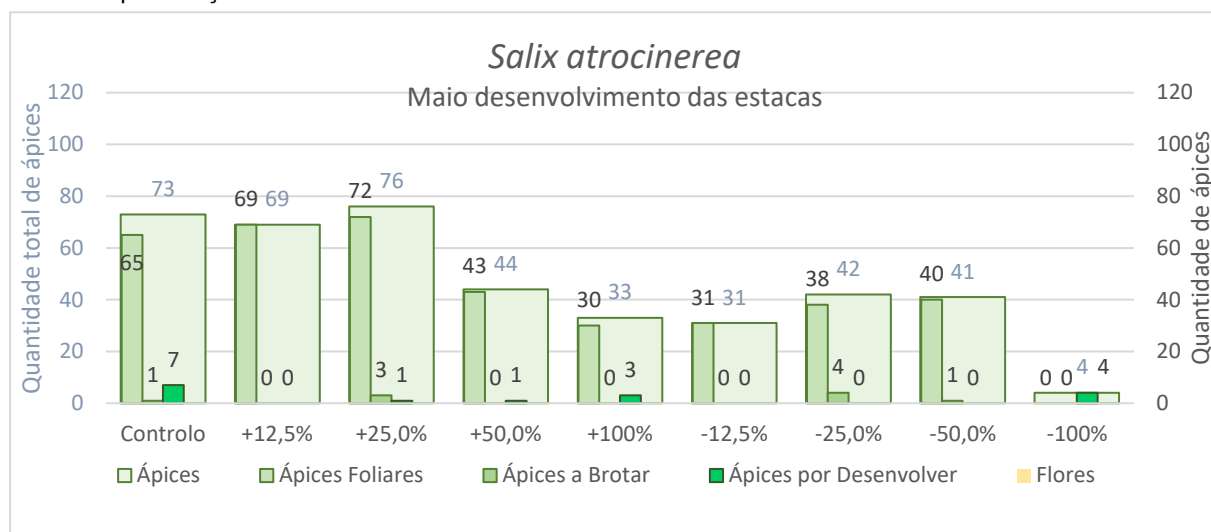


Gráfico 16 - Desenvolvimento apical das estacas em maio da espécie *Salix atrocinerea* com respetivo total de ápices e sua variância.

Ao nível de folhas existe uma grande redução da quantidade de folhas em praticamente todos os ensaios, com exceção do tratamento +12,5% e tratamento -25,0%, existindo um pequeno aumento.

Praticamente todos os ensaios têm menor valor de número de folhas que o Controlo, exceto o tratamento +12,5%.

É de referir que praticamente todos os tratamentos têm a totalidade de folhas secas existindo um valor residual no Controlo, e nos tratamentos negativos, que o seu valor é menor a medida que o valor de tratamento aumento, sendo que o que contem menos folhas secas é tratamento -50,0% (Tabela 16)

Ao nível da área média foliar o controlo contém as estacas com as folhas mais pequenas, excluindo o tratamento -100,0% que não contem nenhuma folha.

Tabela 16 - Valores totais da análise da parte aérea nas 30 estacas, da espécie *Salix atrocinerea* no mês de maio.

Salix atrocinerea									
	Controlo	+12,5%	+25,0%	+50,0%	+100%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	-100%
Quantidade de ápices	73	69	76	44	33	31	42	41	4
Quantidade de ápices foliares	65	69	72	43	30	31	38	40	0
Quantidade de Folhas	356	458	319	180	144	226	204	194	0
Quantidade de Folhas secas	344	458	319	180	144	217	187	152	0
Tamanho das Folhas (Cm) (Média)	1,16x0,15	1,17x0,43	1,29x0,45	1,58x0,55	0,89x0,28	1,61x0,52	1,76x0,45	1,18x0,29	0
Área das Folhas (Cm2) (média)	0,12	0,35	0,41	0,61	0,18	0,58	0,55	0,24	0,00
Quantidade de Flores	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ápices a brotar	1	0	3	0	0	0	4	1	0
Ápice por desenvolver	7	0	1	1	3	0	0	0	4
Quantidade de Estacas secas	9	4	8	8	8	17	9	13	8
Ápices secos	9	0	0	0	7	0	0	0	3

É visível um aumento de área foliar ao longo do aumento dos Valores do tratamento positivo, baixando exponencialmente no tratamento +100,0%, já nos tratamentos negativos, existe uma diminuição da área foliar à medida que o valor aumenta (Gráfico17)

Em comparação com o mês anterior, estes valores de áreas são extremamente mais baixos, em especial o tratamento +100,0% e os tratamentos negativos, demonstrando o mesmo efeito sentido.

Os tratamentos negativos -12,5% e -25,0% têm um valor de média foliar superior aos tratamentos positivos, exceto o tratamento +50,0% que contém o maior valor da área média foliar de todos os tratamentos e controlo.

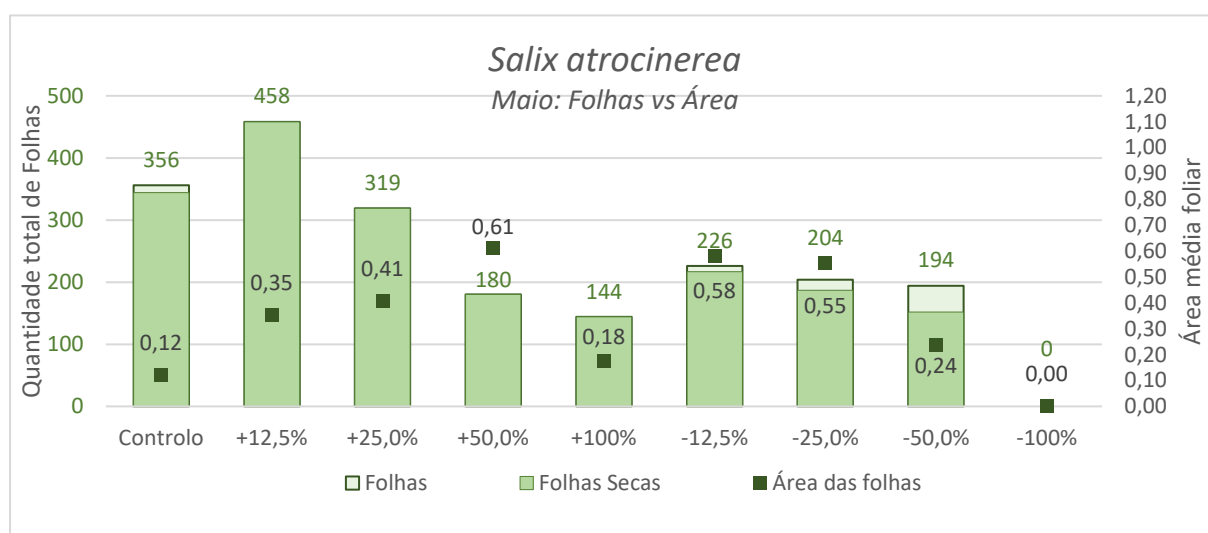


Gráfico 17 - Relação, na espécie *Salix atrocinerea*, da quantidade de folhas e a área foliar de cada Cenário Pluviométrico e Controlo, no mês de abril, incluindo demonstração da quantidade de folhas secas.

ANEXO 4- DADOS DE RESULTADOS FINAIS

4.1 - Intra espécie*Alnus glutinosa***Tabela 1** - Comparação do número de folhas com seu tamanho médio de folha nos diferentes tratamentos, permitindo entender o número de folhas e o tamanho que elas contêm. A variável utilizada é o tamanho médio das folhas (TdF), em cm, medida da média do raio das folhas analisadas.

TdF (Cm)	Controlo	+12,5%	+25,0%	+50,0%	+100,0%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	-100,0%
0,05 – 0,2	2	4	2	5	4	3		7	-
0,2-0,4	1		7	4	4		1		-
>0,4		5	1	2			2		-

*Populus alba***Tabela 2** - Comparação do número de folhas com seu tamanho médio de folha nos diferentes tratamentos, permitindo entender o número de folhas e o tamanho que elas contêm. A variável utilizada é o tamanho médio das folhas (TdF), em cm, medida da média do raio das folhas analisadas.

TdF (Cm)	Controlo	+12,5%	+25,0%	+50,0%	+100,0%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	-100,0%
0,1 – 0,25	2	61	76	43	4	-	-	-	-
0,25-0,5	3	116	86	94	102	30	12	14	-
0,5-1,0		9		11	11	174	76	19	-
>1,0						32	25	38	-

*Salix atrocinerea***Tabela 3** – Análise comparativa do número de folhas com seu respetivo tamanho médio de folha nos diferentes tratamentos. A variável utilizada é o tamanho médio das folhas (TdF), em cm, medida da média do raio das folhas analisadas.

TdF (Cm)	Controlo	+12,5%	+25,0%	+50,0%	+100,0%	-12,5%	-25,0%	-50,0%	-100,0%
0,5 – 1,2	191	62	5	49	14	5	3	21	-
1,2-2,0	53	119	81	39	27	10	23	-	-
2,0-2,5	12	8	36	16	41	27	-	4	-
>2,5		16	29			54	31	52	-

ANEXO 5- COMPARAÇÕES DOS CENÁRIOS PLUVIOMÉTRICO INTER-ESPÉCIE

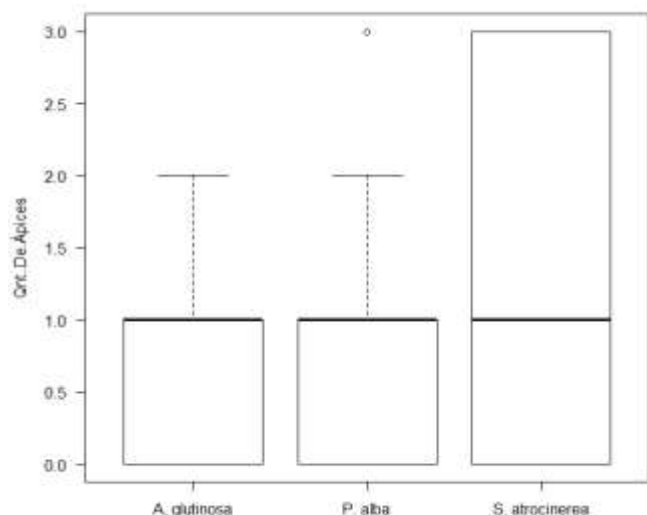
Anexo 5.1 - Número de Ápices

Gráfico 1 - Gráfico de bigodes associado ao número de ápices entre espécies no tratamento -50,0%.

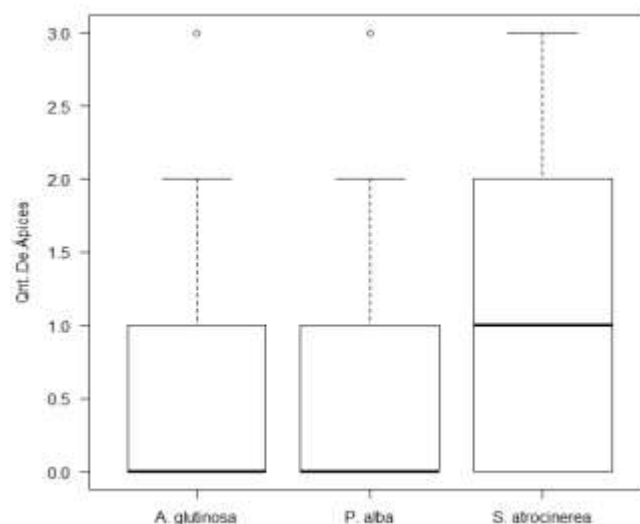


Gráfico 2 - Gráfico de bigodes associado ao número de ápices entre espécies no tratamento -25,0%

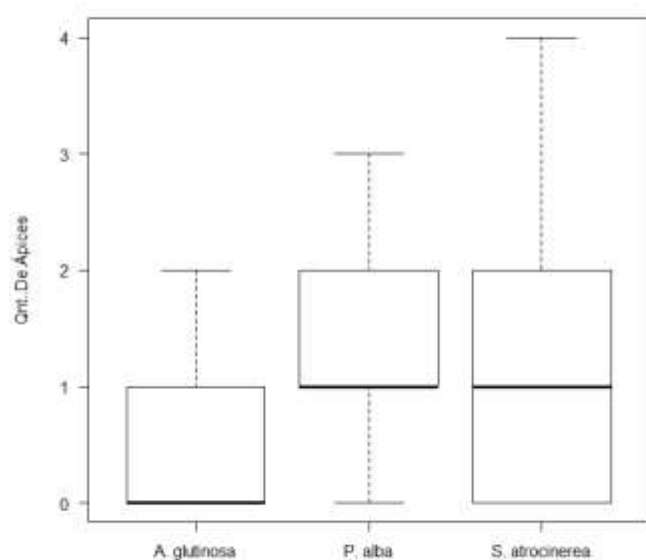


Gráfico 3 - Gráfico de bigodes associado ao número de ápices entre espécies no tratamento -12,5%.

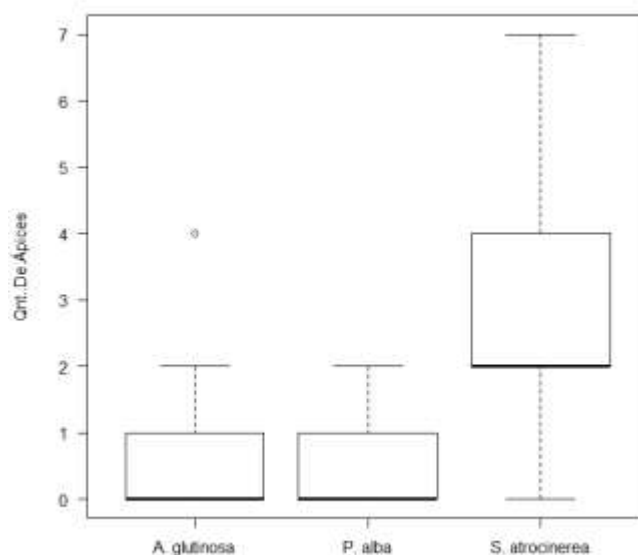


Gráfico 4 - Gráfico de bigodes associado ao número de ápices entre espécies no Controlo.

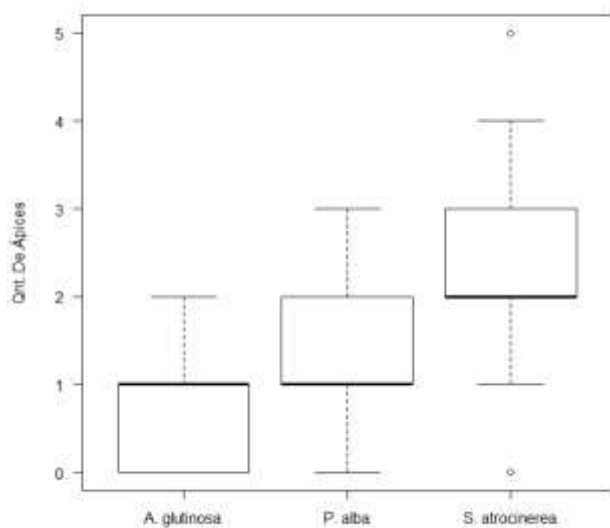


Gráfico 5 - Gráfico de bigodes associado ao número de ápices entre espécies no tratamento +12,5%

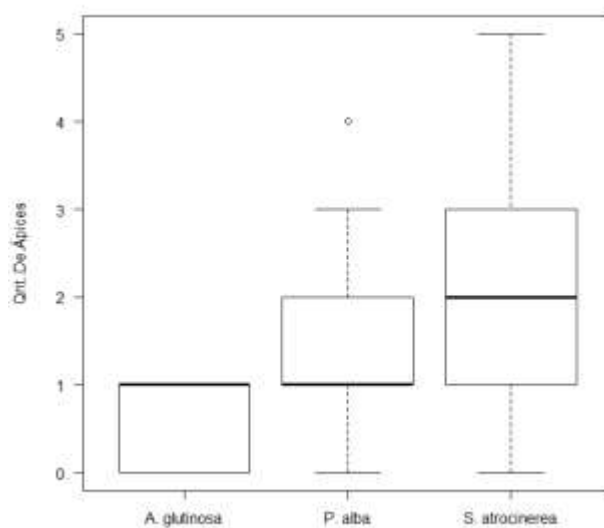


Gráfico 6 - Gráfico de bigodes associado ao número de ápices entre espécies no tratamento +25,0%

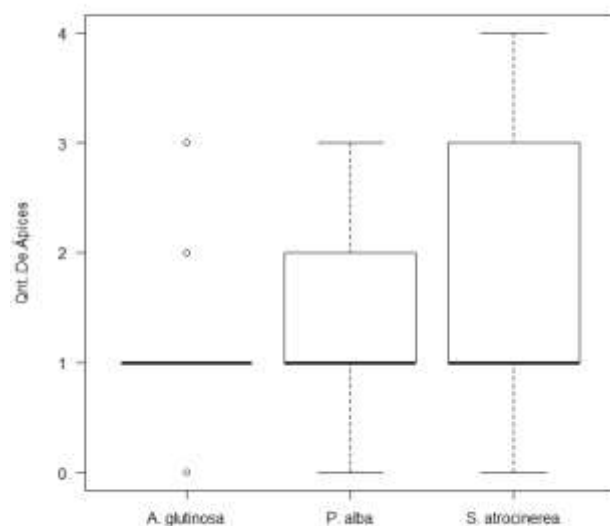


Gráfico 7 - Gráfico de bigodes associado ao número de ápices entre espécies no tratamento +50,0%

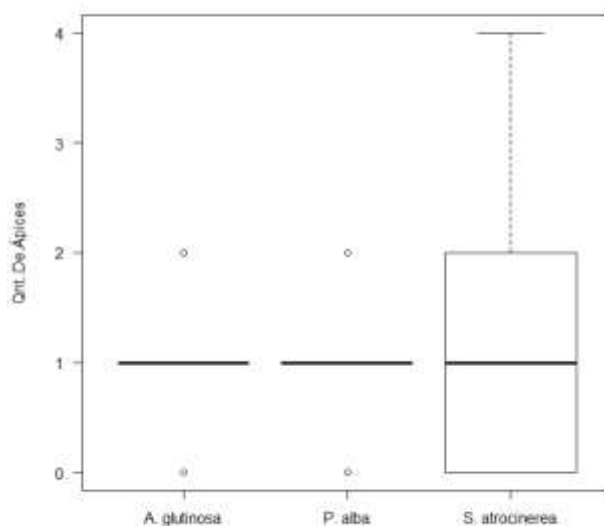


Gráfico 8 - Gráfico de bigodes associado ao número de ápices entre espécies no tratamento +100,0%

Anexo 5.2 - Número de Folhas

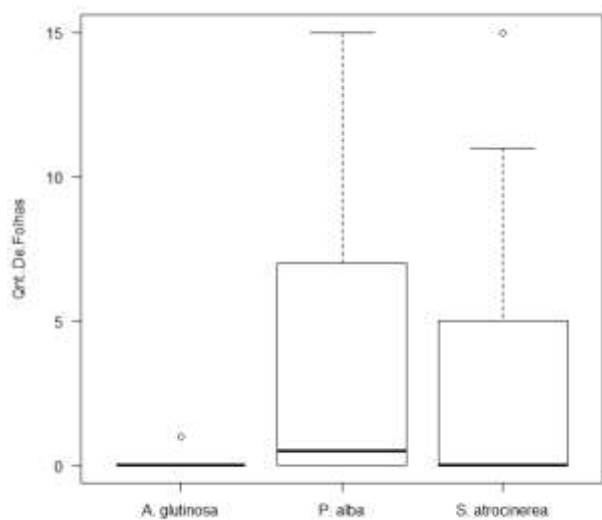


Gráfico 9 - Gráfico de bigodes associado ao número de folhas entre espécies no tratamento -50,0%.

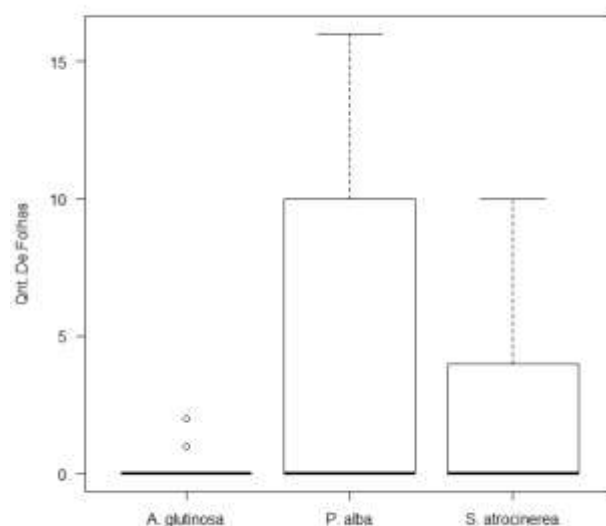


Gráfico 10 - Gráfico de bigodes associado ao número de folhas entre espécies no tratamento -25,0%.

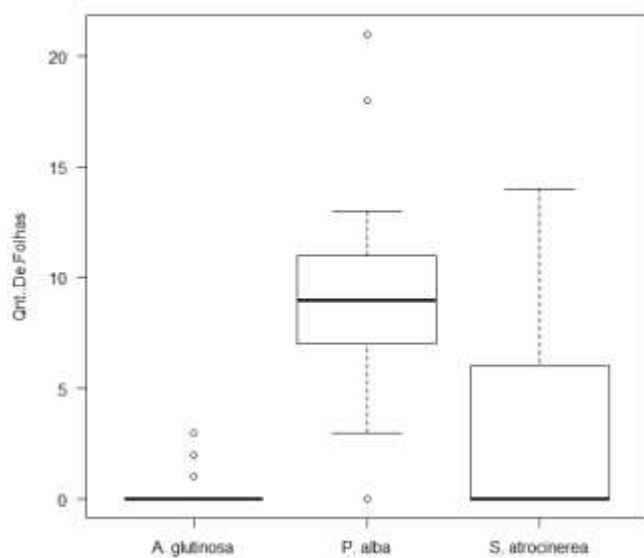


Gráfico 11 - Gráfico de bigodes associado ao número de folhas entre espécies no tratamento -12,5%.

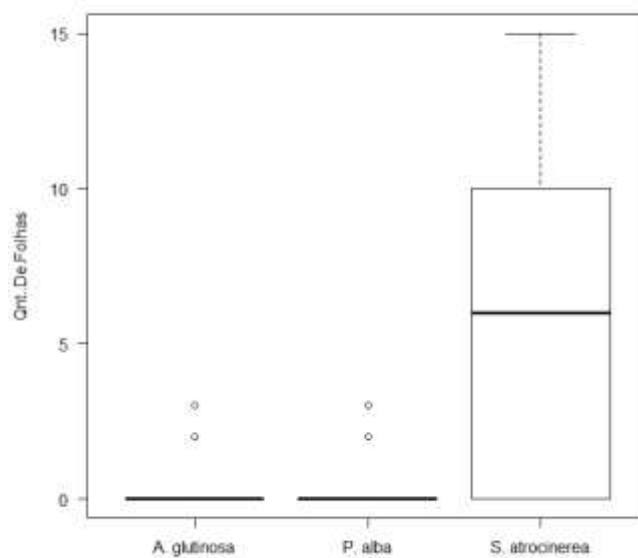


Gráfico 12 - Gráfico de bigodes associado ao número de folhas entre espécies no Controlo.

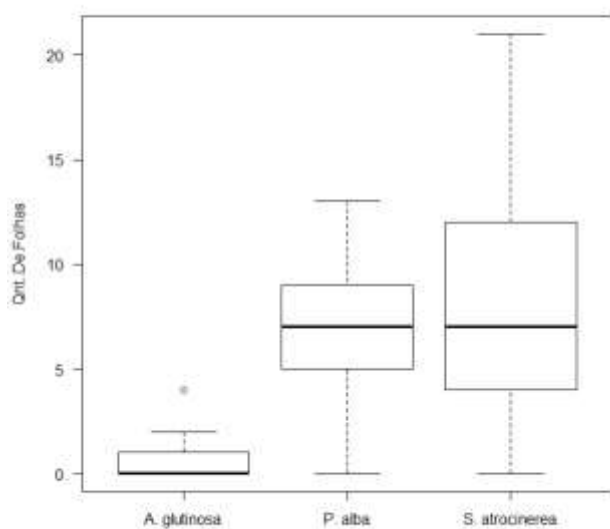


Gráfico 13 - Gráfico de bigodes associado ao número de folhas entre espécies no tratamento +12,5%

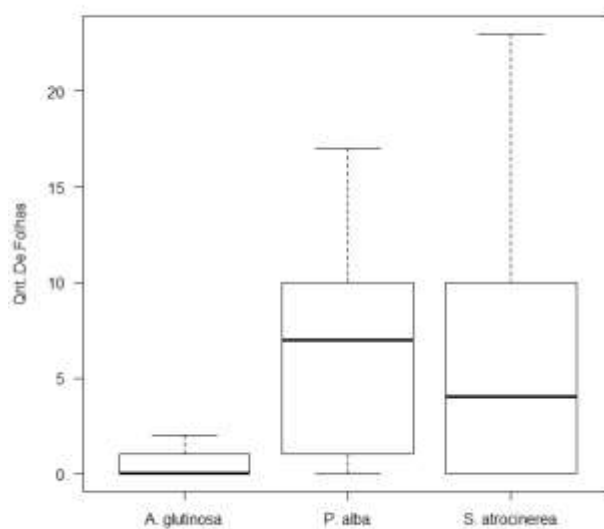


Gráfico 14 - Gráfico de bigodes associado ao número de folhas entre espécies no tratamento +25,0%

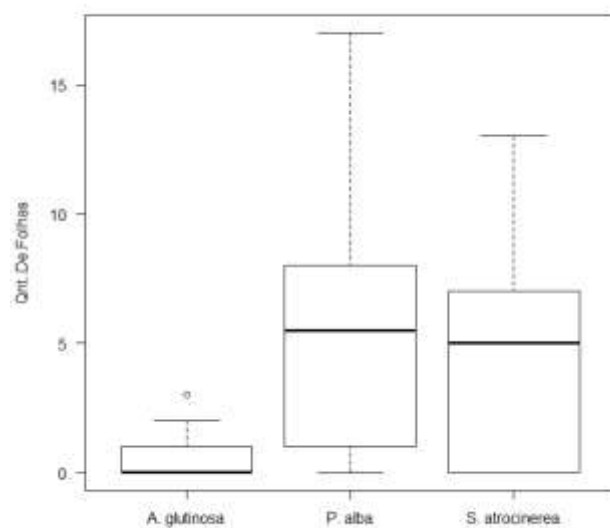


Gráfico 15 - Gráfico de bigodes associado ao número de folhas entre espécies no tratamento +50,0%

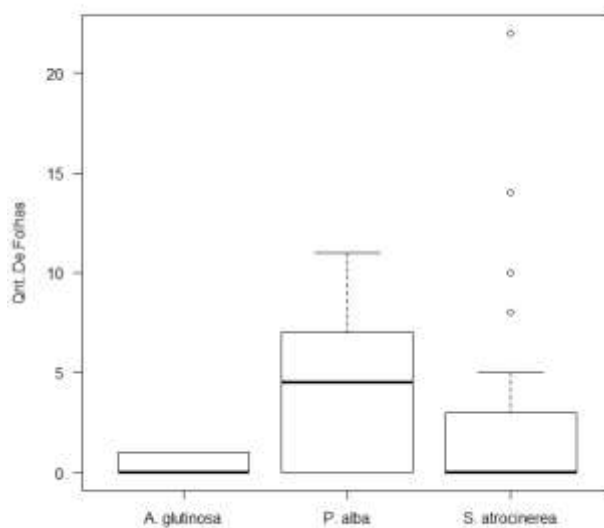


Gráfico 16 - Gráfico de bigodes associado ao número de folhas entre espécies no tratamento +100,0%

Anexo 5.3 - Tamanho das Folhas

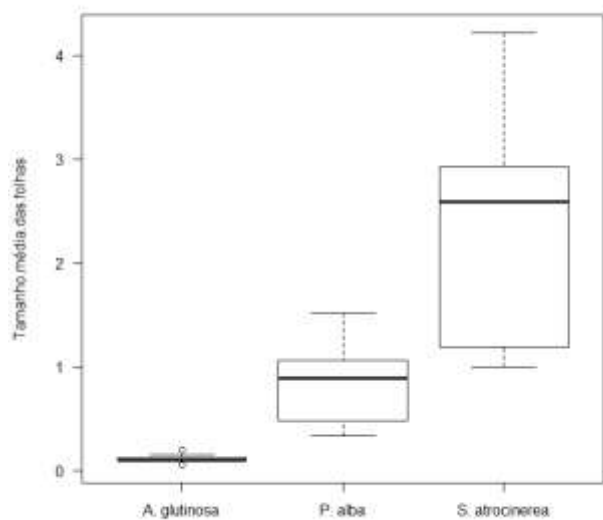


Gráfico 17 - Gráfico de bigodes associado ao tamanho de folhas entre espécies no tratamento -50,0%.

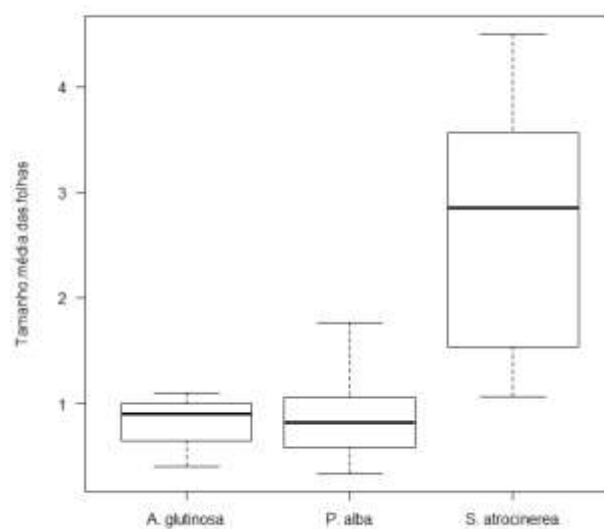


Gráfico 18 - Gráfico de bigodes associado ao tamanho de folhas entre espécies no tratamento -25,0%

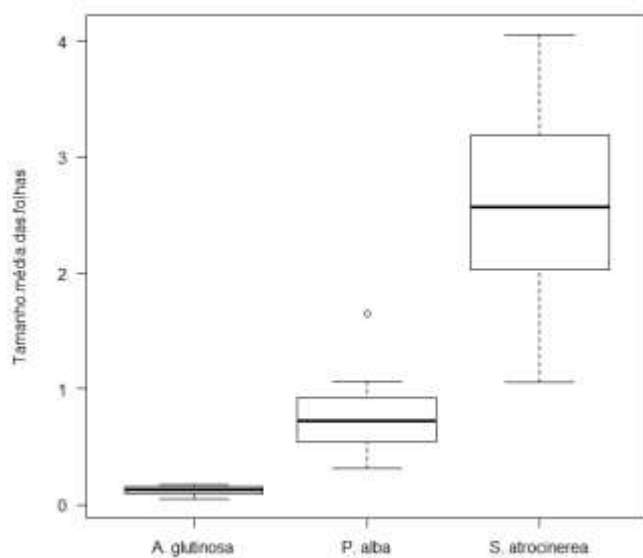


Gráfico 18 - Gráfico de bigodes associado ao tamanho de folhas entre espécies no tratamento -12,5%.

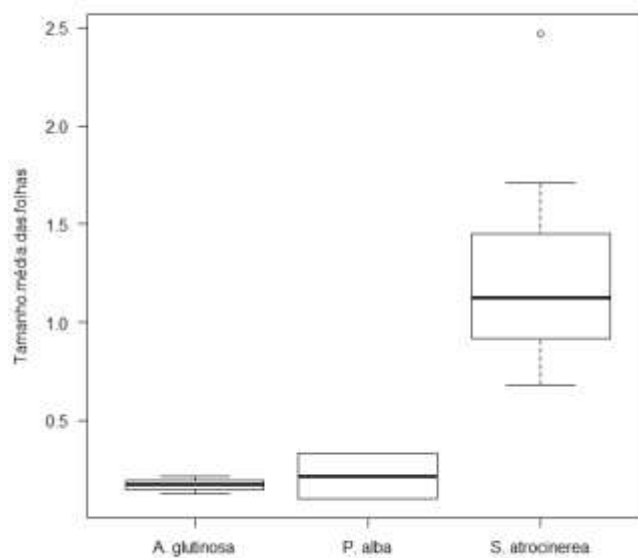


Gráfico 19 - Gráfico de bigodes associado ao tamanho de folhas entre espécies no Controlo.

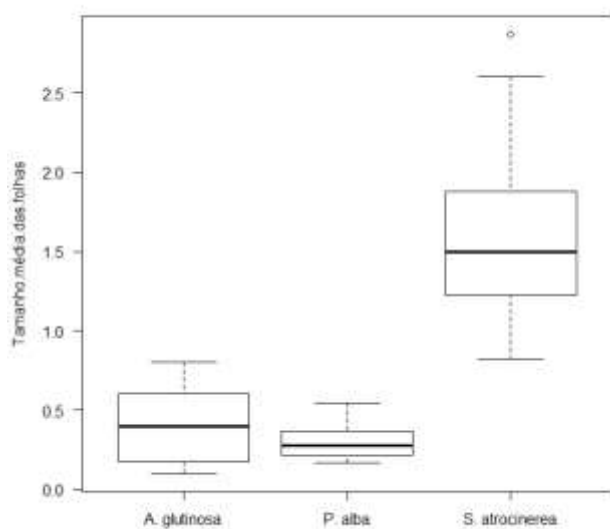


Gráfico 20 - Gráfico de bigodes associado ao tamanho de folhas entre espécies no tratamento +12,5%

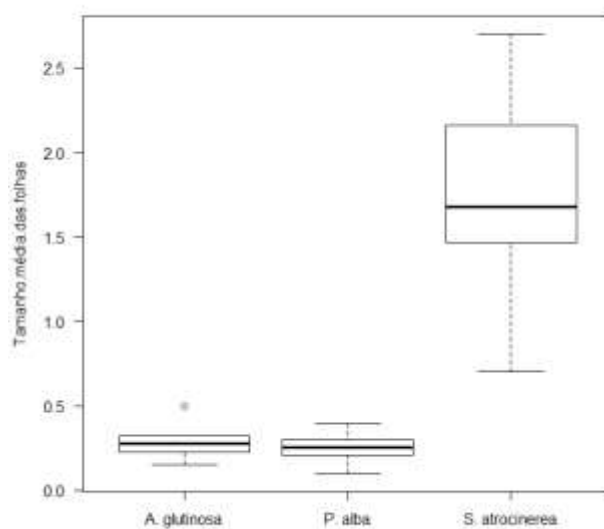


Gráfico 21 - Gráfico de bigodes associado ao tamanho de folhas entre espécies no tratamento +25,0%

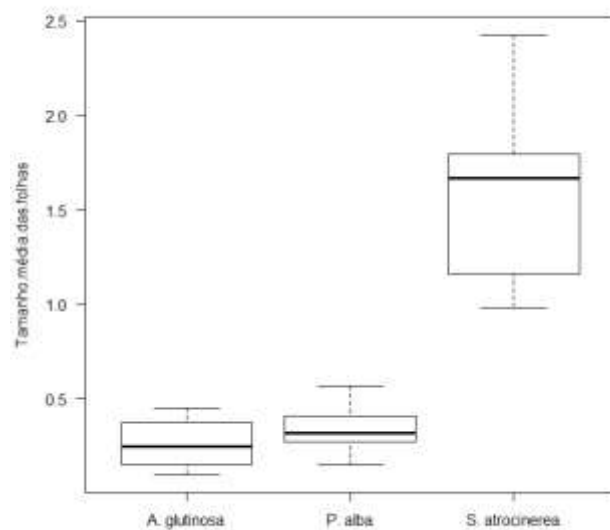


Gráfico 22 - Gráfico de bigodes associado ao tamanho de folhas entre espécies no tratamento +50,0%

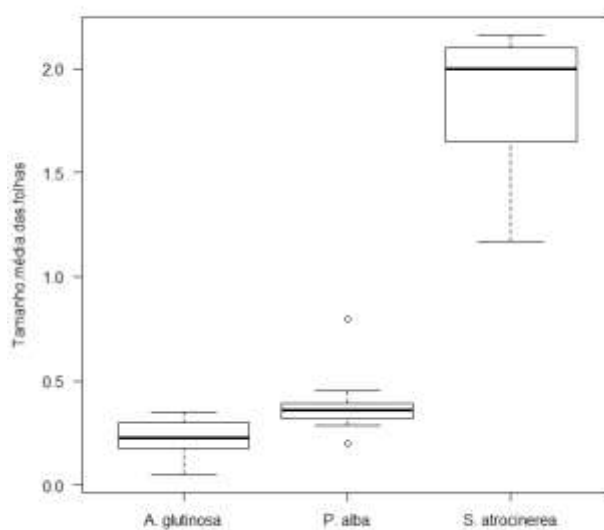


Gráfico 23 - Gráfico de bigodes associado ao tamanho de folhas entre espécies no tratamento +100,0%

Anexo 5.4 – Número de raízes

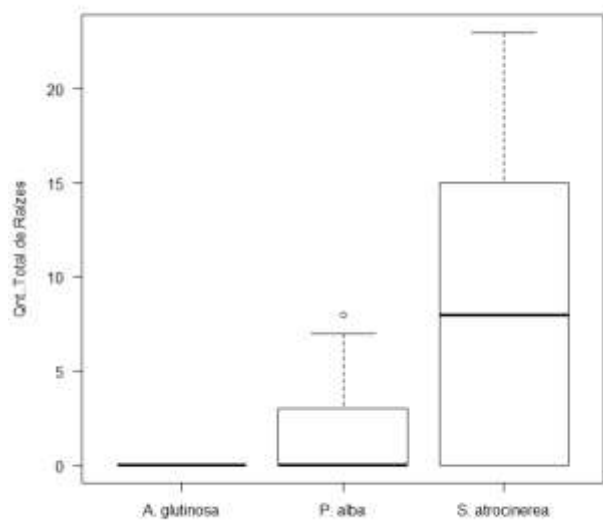


Gráfico 24 - Gráfico de bigodes associado ao número de raízes entre espécies no tratamento -50,0%.

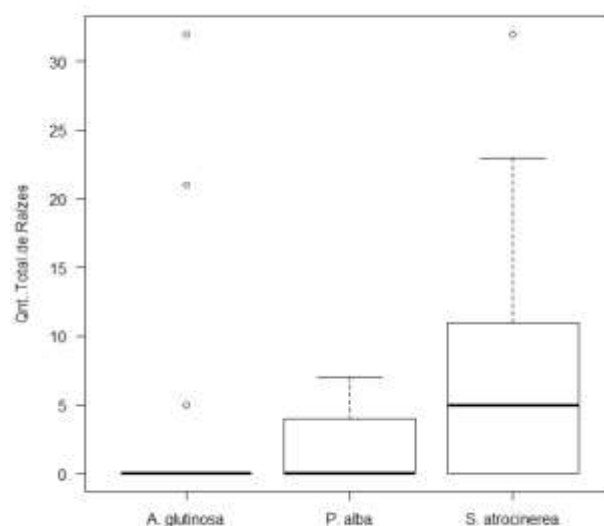


Gráfico 25 - Gráfico de bigodes associado ao número de raízes entre espécies no tratamento -25,0%.

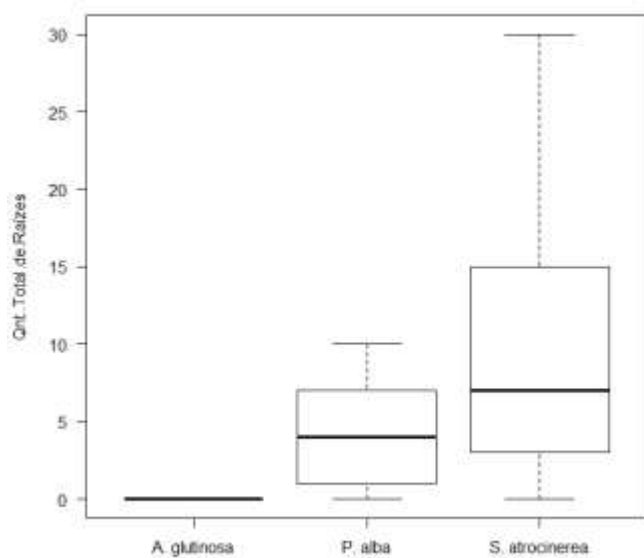


Gráfico 26 - Gráfico de bigodes associado ao número de raízes entre espécies no tratamento -12,5%.

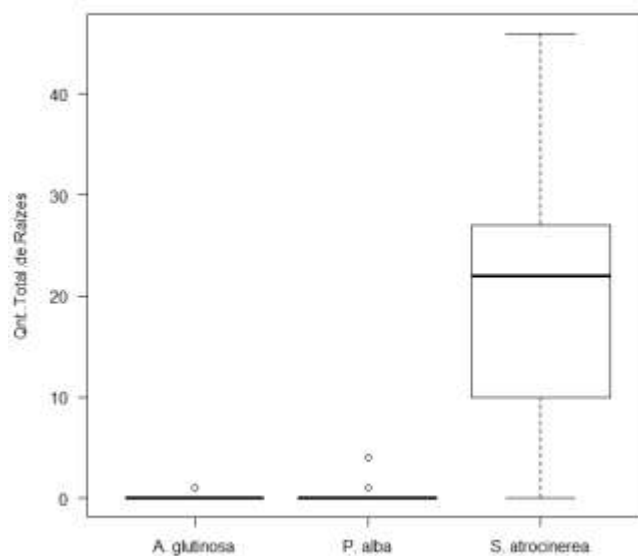


Gráfico 27 - Gráfico de bigodes associado ao número de raízes entre espécies no Controlo.

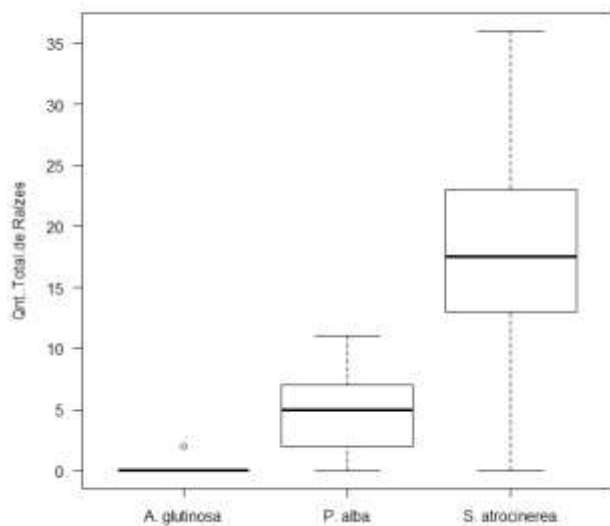


Gráfico 28- Gráfico de bigodes associado ao número de raízes entre espécies no tratamento +12,5%

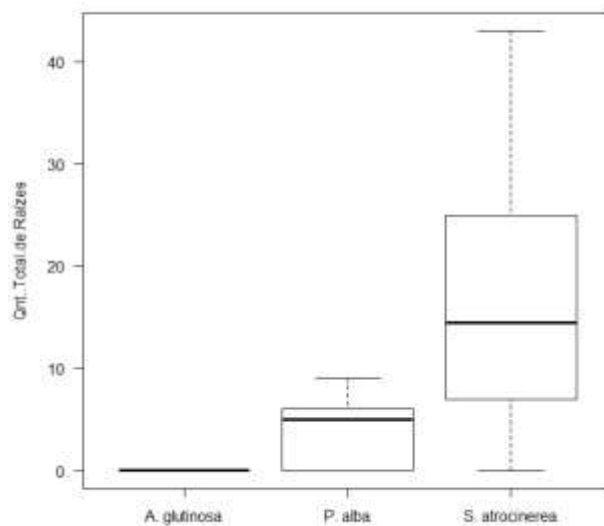


Gráfico 21 - Gráfico de bigodes associado ao número de raízes entre espécies no tratamento +25,0%

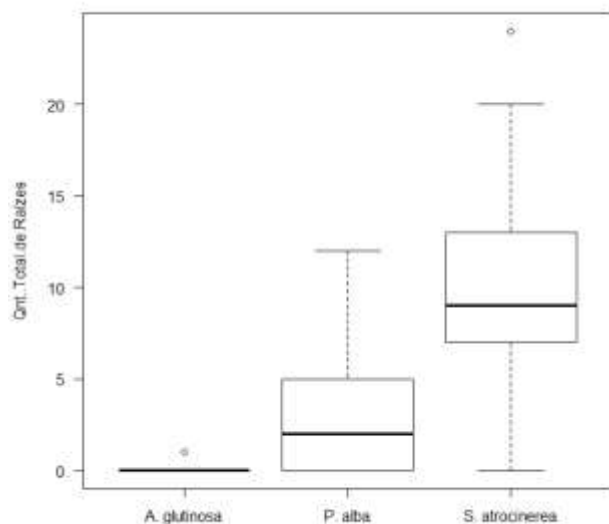


Gráfico 22 - Gráfico de bigodes associado ao número de raízes entre espécies no tratamento +50,0%

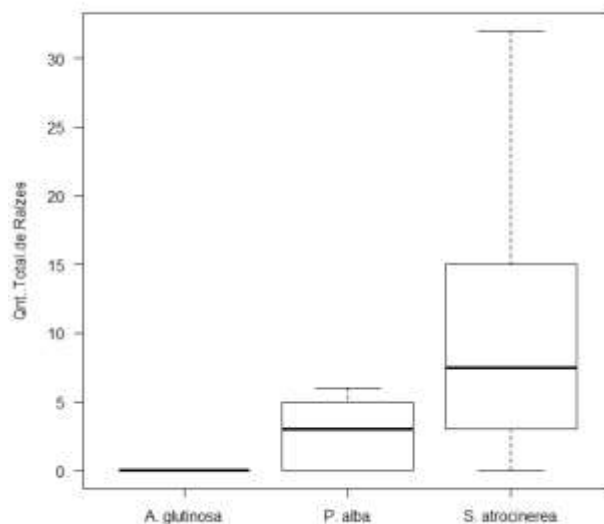


Gráfico 23 - Gráfico de bigodes associado ao número de raízes entre espécies no tratamento +100,0%

Anexo 5.3 - Tamanho das Raízes

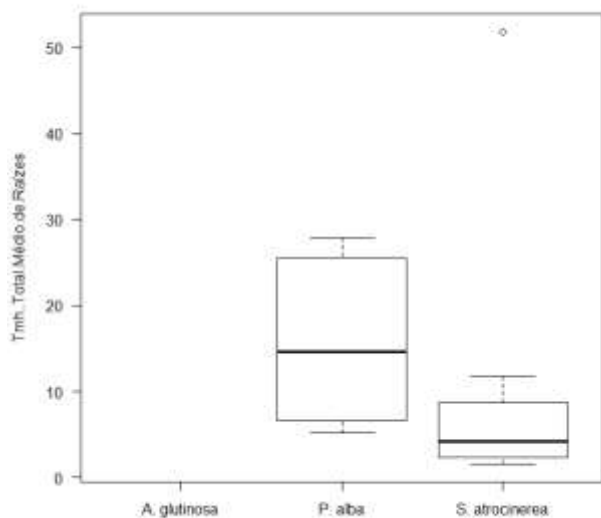


Gráfico 24 - Gráfico de bigodes associado ao tamanho das raízes entre espécies no tratamento - 50,0%.

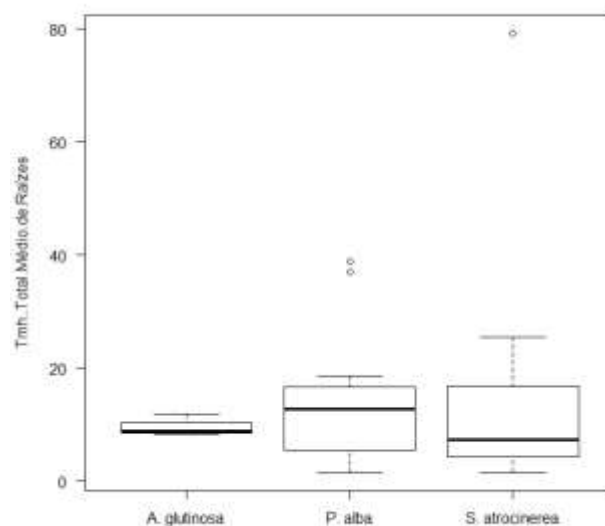


Gráfico 25 - Gráfico de bigodes associado ao tamanho das raízes entre espécies no tratamento - 25,0%.

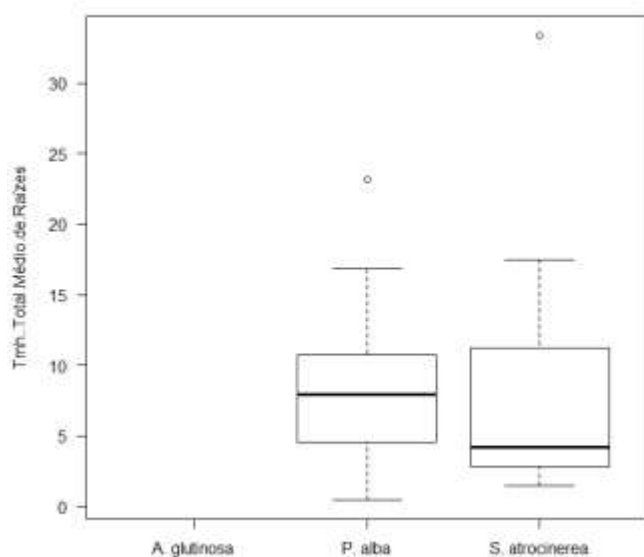


Gráfico 26 - Gráfico de bigodes associado ao tamanho das raízes entre espécies no tratamento -12,5%.

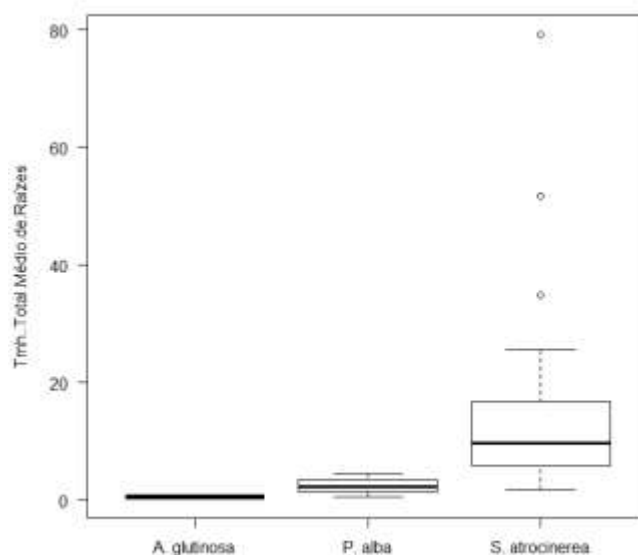


Gráfico 27 - Gráfico de bigodes associado ao tamanho das raízes entre espécies no Controlo

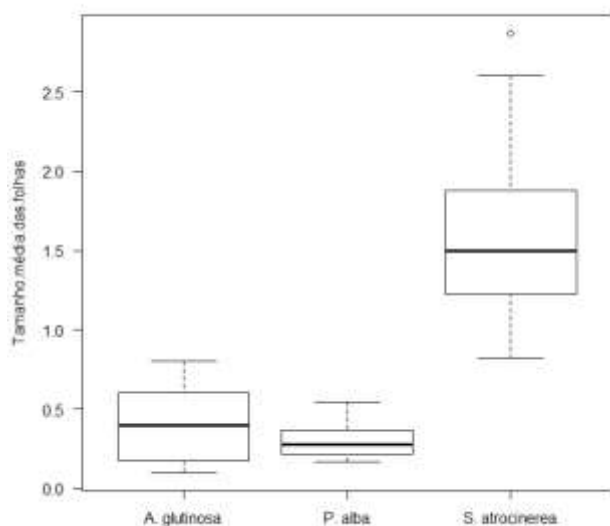


Gráfico 28 - Gráfico de bigodes associado ao tamanho das raízes entre espécies no tratamento +12,5%.

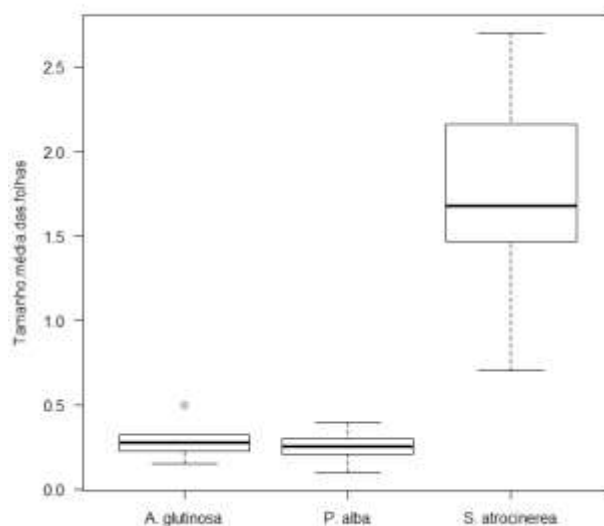


Gráfico 29 - Gráfico de bigodes associado ao tamanho das raízes entre espécies no tratamento +25,0%.

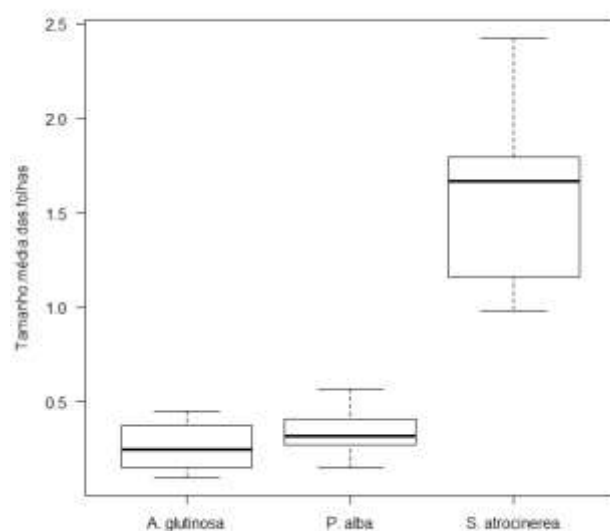


Gráfico 30 - Gráfico de bigodes associado ao tamanho das raízes entre espécies no tratamento +50,0%.

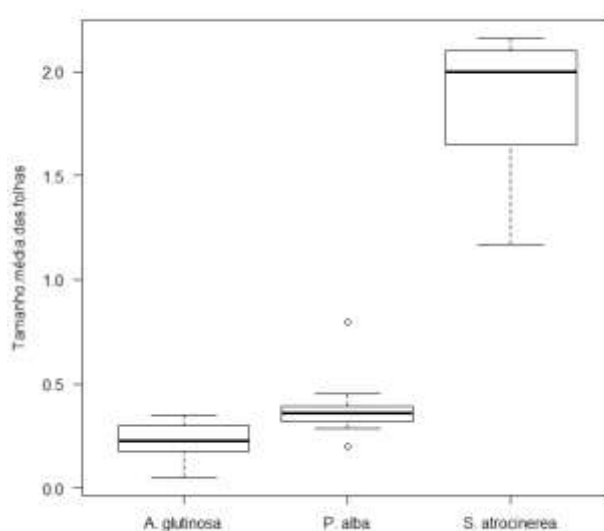


Gráfico 31 - Gráfico de bigodes associado ao tamanho das raízes entre espécies no tratamento +100,0%.