

# **Instalação de soutos demonstração com o porta-enxerto ColUTAD em situação climática contrastante no NE Transmontano**

**Samuel Filipe da Fonseca Diegues**

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança  
para obtenção do Grau de Mestre em Gestão de Recursos  
Florestais*

Orientado por

**Professora Doutora Maria do Sameiro Ferreira Patrício**

**Professora Doutora Ermelinda Lopes Pereira**

**Instalação de sotos demonstração com o porta-enxerto ColUTAD em  
situação climática contrastante no NE Transmontano**

**Samuel Filipe da Fonseca Diegues**

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do Grau de  
Mestre em ....*

Orientado por

**Professora Doutora Maria do Sameiro Ferreira Patrício**

**Professora Doutora Ermelinda Lopes Pereira**

Bragança

2020

Dissertação elaborada no âmbito do Projeto PDR2020-032060 GO\_ClimCast “Os novos desafios para o souto no contexto das alterações climáticas”, financiado pelo FEADER e pelo Estado Português, no âmbito da Ação 1.1 “Grupos Operacionais” integrado na Medida 1. «Inovação» do PDR2020- Programa de Desenvolvimento Rural do Continente.



## **AGRADECIMENTO**

Começo por agradecer ao IPB, pelo financiamento da Bolsa de Iniciação Científica na área da Silvicultura no âmbito de trabalhos de investigação sobre o tema “Manutenção e monitorização de soutos demonstração (SD) com castanheiros híbridos resistentes”, que culminou com a minha dissertação de mestrado.

Agradecer à minha orientadora Professora Maria do Sameiro Ferreira Patrício pela oportunidade que me deu de ter participado neste projeto, pela paciência, disponibilidade e orientação que me deu ao longo deste percurso.

Agradecer também à Professora Ermelinda Lopes Pereira como coorientadora pela disponibilidade e ensinamentos ao longo do meu trabalho.

Agradeço também a todos os professores que me acompanharam durante a minha vida académica pois todos foram peças fundamentais para a construção do meu puzzle do conhecimento, ao professor Carlos Aguiar pela ajuda na identificação das espécies vegetais.

Ao projeto PDR2020-1.0.1-FEADER-032060 GO\_ClimCast-“Os novos desafios para o souto no contexto das alterações climáticas”, financiado pelo FEADER e pelo Estado Português, no âmbito da Ação 1.1 “Grupos Operacionais” integrado na Medida 1. “Inovação” do PDR 2020.

Um agradecimento especial à colega Sandra Afonso que disponibilizou algum do seu tempo para me ajudar ao longo do trabalho para a tese.

Aos meus Pais Mário José Sacramento Diegues e Maria de Fátima Sousa Martinho Diegues, pois se não fossem eles eu muito provavelmente nunca teria conseguido chegar até aqui.

Agradecer a todos os meus familiares pelo apoio dado, tal como os meus amigos, sem poder deixar de referenciar todos aqueles que realizaram a licenciatura de Eng do Ambiente comigo, e também ao pessoal que mais tarde vim a conhecer durante o meu percurso no presente mestrado de Gestão de Recursos Florestais, sem deixar de referir o Cremildo Dias e o João Luiz, um a agradecimento especial também para a minha grande amiga Maria Beatriz, João Luís, Pedro Azevedo, David Freitas, Bruno Rito e Daniel Azevedo.

## RESUMO

Ao longo do tempo tem-se vindo a debater com mais frequência a temática das alterações climáticas; a preocupação no que diz respeito a este assunto tem vindo a aumentar, pois é um fator que interfere com alguns sistemas. Nas áreas de produção de castanha, cujas alterações climáticas influenciam diretamente, é reconhecida a necessidade de implementar medidas de adaptação e mitigação para que estas se tornem menos vulneráveis. Na sequência desta problemática foi realizado este estudo no qual se avaliaram dois Soutos de demonstração (SD) estrategicamente instalados em 2018 em situações climáticas contrastantes no NE transmontano, tendo sido o clone ColUTAD, bastante resistente à doença da tinta, o escolhido como porta-enxerto. Foram realizadas várias recolhas e análises para verificar as diferenças existentes entre ambos os soutos com o objetivo de encontrar metodologias de gestão adaptativa que os tornem mais resilientes às alterações climáticas. Para avaliar os parâmetros necessários para a realização deste trabalho foram feitas recolhas de amostras de solo e de vegetação do subcoberto de ambos os soutos. Assim, foi avaliada a percentagem de coberto, o fitovolume, biomassa e o número de espécies presentes (gramíneas, leguminosas, outras herbáceas e arbustivas) para caracterizar a biodiversidade dos soutos. Efetuou-se a caracterização química do solo com base nas amostras recolhidas *in situ* nos dois SD. Fez-se a análise microbiológica do solo na primavera e outono. Foram recolhidas amostras de solo em duas épocas do ano de 2018, primavera (maio) e outono (outubro), e uma na primavera (maio) de 2019 na profundidade de 0-10 cm para avaliar a atividade microbiana do solo, através do carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal do solo (RBS) e efetuada a contagem de bactérias e fungos. Relativamente ao subcoberto verificou-se que Parada tem uma riqueza florística mais elevada, apesar de Salgueiros ter uma maior percentagem de coberto vegetal. Os Fungos predominam em relação às bactérias em ambos os Soutos de demonstração e foram encontradas diferenças significativas na taxa de mortalidade dos castanheiros ColUTAD instalados. Com esta análise verificamos que existem diferenças entre os dois locais em estudo que podem futuramente transladar para uma melhor ou pior adaptação dos SD às alterações climáticas.

**Palavras chave:** estratégias de adaptação climática; castanheiro, agroflorestal, resiliência.

## ABSTRACT

Over time, the scientific community has been debating the theme of climate change more frequently and the concern regarding this issue has been increasing because the environment has been strongly endangered and all the wild ecosystems. The Chestnut production groves are directly affected by the climate changes which is a problem that needs the implementation of mitigation and adaptation measures so they don't become so vulnerable to the climate problems found on our modern days. To study the influence of climate change on the chestnut areas, two demonstration groves were installed in contrasting climatic situations in the NE of Trás-os-Montes in 2018. In these trials, the ColUTAD clone, resistant to ink disease, was planted as a rootstock. Several sample collections and analysis were carried out to analyze the differences between both demonstration groves in order to find adaptive management methodologies that make them more resilient to climate change. Samples of vegetation and soil were collected from both Chestnut groves. The percentage of cover, the phytovolume, biomass and the number of species present (grasses, legumes, other herbs and shrubs) were evaluated to characterize the biodiversity of chestnut groves. The chemical characterization of the soil was carried out based on the samples collected *in situ* in the Demonstration chestnut groves. The microbiological analysis of the soil was carried out in spring and autumn. Samples of soil were collected thrice, the first one in the spring (May) and second in autumn (October), both in 2018, and one extra in the spring (May) of 2019 with the depth from 0 to 10 cm to assess soil microbial activity through carbon from microbial biomass (CBM), basal soil respiration (RBS) and counting bacteria and fungi. Regarding the understory, it was found that Parada has a wealthier floristic than Salgueiros, although Salgueiros has a higher percentage of vegetation cover. Fungi predominate over bacteria in both demonstration chestnut groves and significant differences were found in the mortality rate of the plants of ColUTAD rootstock. In Conclusion of this study with all the analysis collected overtime since the beginning of this project, we found that there are differences between the two sites under study that may in the future move towards better or worse adaptation of the demonstration groves to climate change.

**Key-words:** climate adaptation strategies, chestnut, agroforestry, resilience.

## Índice

Agradecimento.....	iv
Resumo .....	v
Abstract.....	vi
Lista de figuras .....	ix
Lista de tabelas .....	x
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento climático do castanheiro em Portugal.....	3
1.2. Importância do castanheiro no Nordeste Transmontano .....	4
1.3. Os efeitos das alterações climáticas no castanheiro.....	5
1.4. O clone de castanheiro ColUTAD .....	6
1.5. Variáveis/ Indicadores da qualidade do solo .....	6
2. Materiais e métodos.....	7
2.1. Caracterização das áreas de estudo .....	7
2.2. Metodologia de instalação dos soutos .....	8
2.2.1. Piquetagem.....	9
2.2.2 Plantação .....	9
2.3. Croquis dos ensaios .....	10
2.4. Manutenção dos soutos.....	11
2.4.1. Rega.....	11
2.4.2. Vegetação do subcoberto .....	11
2.4.3. Mortalidade .....	12
2.4.4. Retanचा.....	12
2.5. Enxertia.....	12
2.6. Caracterização do solo dos Soutos Demonstração .....	13
2.7. Caracterização microbiológica do solo.....	14

2.8. Análise estatística .....	16
3. Resultados e Discussão.....	16
3.1. Análise do Subcoberto .....	16
3.1.1. Percentagem coberto.....	18
3.1.2. Biomassa.....	20
3.1.3. Fitovolume .....	22
3.2. Taxa de mortalidade.....	23
3.3. Caracterização do solo .....	25
3.4. Análise microbiana .....	26
3.5. Microrganismos viáveis do solo .....	27
4. Conclusão .....	30
5. Referências .....	31

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudo antes da instalação do SD em Salgueiros.....	8
Figura 2. Área de estudo antes da instalação do SD em Parada.....	8
Figura 3. Piquetagem.....	9
Figura 4. Croqui SD Vinhais, Salgueiro.....	10
Figura 5. Croqui SD Bragança, Parada.....	11
Figura 6. Contagem de microrganismos, placas nos seguintes meios de cultura: <i>Plate count</i> agar (PCA, Liofilchem, Italy) com adição de 100 mg/L de cicloheximida, para a contagem de bactérias e <i>Rose Bengal Chloramphenicol</i> (RBC, Liofilchem, Italy) para a quantificação de fungos.....	15
Figura 7. Alguns processos da Análise microbiológica, determinação de RBS e CBM...16	
Figura 8. Composição em percentagem de coberto do souto de demonstração de Parada. ....	18
Figura 9. Composição em percentagem de coberto do souto de demonstração de Salgueiros .....	18
Figura 10. número de espécies de gramíneas dos soutos de demonstração .....	19
Figura 11. número de espécies de leguminosas dos soutos de demonstração .....	19
Figura 12. número de outras herbáceas dos soutos de demonstração .....	20
Figura 13. Biomassa das gramíneas nos soutos de demonstração.....	21
Figura 14. Biomassa das leguminosas nos soutos de demonstração .....	21
Figura 15. Biomassa das outras herbáceas nos soutos de demonstração.....	22
Figura 16. Fitovolume das gramíneas nos soutos de demonstração.....	22
Figura 17. Fitovolume das leguminosas nos soutos de demonstração .....	23
Figura 18. Fitovolume das outras herbáceas nos soutos de demonstração.....	23
Figura 19. Evolução da mortalidade no souto de demonstração de Parada .....	24
Figura 20. Evolução da mortalidade no souto de demonstração de Salgueiros .....	24
Figura 21. Abundância de bactérias e fungos nos dois locais (letras diferentes por tipo de microrganismo indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ )), S é referente a Salgueiro e P a Parada.....	28

## **Lista de tabelas**

Tabela 1. Características biométricas das plantas (SD Parada).....	10
Tabela 2. Sequência utilizada na distribuição das variedades a enxertar nos sotos de demonstração.....	13
Tabela 3. Espécies encontradas nos sotos de demonstração .....	17
Tabela 4. Caracterização Química dos solos das áreas em estudo .....	25
Tabela 5. Análise microbiana do solo .....	27

## 1. INTRODUÇÃO

O castanheiro (*Castanea sativa* L.) é uma espécie muito importante na Europa, principalmente nas economias de montanha, ocupando 2,53 milhões de hectares. De acordo com Patrício et al. (2012) existe atualmente um interesse crescente pela espécie como forma de valorização económica e ambiental das áreas de montanha. Segundo estes autores, em Portugal, a espécie localiza-se essencialmente a Norte, dos 400 - 1100 m de altitude onde existem três principais sistemas de gestão: os soutos (sistema agroflorestal) para produção de castanha e a talhadia e alto-fuste para produção de madeira.

É notório o aumento das plantações novas para produção de castanha o que demonstra o interesse dos agricultores por esta espécie a que não é alheio o elevado preço de mercado que a castanha tem atingido nos últimos anos. Contudo, a produção de castanha é fortemente condicionada pelas condições meteorológicas médias e extremas verificadas durante o seu ciclo anual. Por outro lado, o vigor do castanheiro é fortemente influenciado pelas condições edafoclimáticas. Assim, e uma vez que os modelos climáticos sugerem mudanças significativas nos valores médios da temperatura e precipitação futura, bem como na variabilidade e na magnitude e frequência de eventos extremos, as alterações climáticas poderão ter um forte impacto não só na produção, devido à perda de vigor, mas também na sobrevivência dos próprios castanheiros, em muitas situações, uma vez que é de esperar maior incidência de pragas e doenças como a tinta que podem levar à morte das árvores.

A doença da tinta do castanheiro provocada por duas espécies pertencentes ao género *Phytophthora*, *Phytophthora cinnamomi* e *Phytophthora cambivora*, ataca o sistema radicular dos castanheiros. O hospedeiro, *C. sativa*, é uma espécie com grande suscetibilidade à doença da tinta não possuindo mecanismos de defesa, físicos ou bioquímicos, ao nível das raízes que impeçam a entrada do agente patogénico *P. cinnamomi* (Carvalho, 2014). A perda de vigor por parte das árvores é um fator potenciador da doença que pode ser agravado pelas alterações climáticas. Uma das formas de introduzir maior resiliência nos soutos relativamente a esta doença consiste em utilizar porta-enxertos resistentes, contudo, mais exigentes em solo e humidade. Por este facto, e por se tratar de germoplasma relativamente recente, pouco se sabe relativamente à sua capacidade de adaptação às alterações climáticas em locais menos favoráveis.

O tema das alterações climáticas tem vindo a despertar uma crescente preocupação devido às consequências trágicas que podem trazer ao longo do tempo para o planeta e para a sociedade (Houghton, 2011). Estas alterações afetam a agricultura, que é uma atividade com grande importância ao longo da história da humanidade, e o futuro passa pela procura de métodos e inovações que nos permitam continuar a produzir, mitigando os efeitos que prejudiquem a viabilidade e o rendimento das produções (Pena, 2018). Sendo muitas das áreas de castanheiro de aptidão agrícola, com as suas respetivas necessidades para uma produção estável, não são exceção à regra, sendo também diretamente influenciados por estas alterações.

Assim, torna-se importante a aplicação de uma gestão conservativa da matéria orgânica no solo com o objetivo de aumentar a produtividade e diminuir os gases de efeito de estufa, onde para isso é necessário entender como é que os soutos se alteram face às alterações climáticas. Desta forma, a compreensão das condições do solo e da atividade dos soutos ajudará a identificar as melhores soluções a aplicar pelos produtores em regiões nas quais se deparem com esta problemática das alterações climáticas com mais intensidade.

Neste sentido foram instalados 7 soutos demonstração no âmbito do projeto GO\_ClimCast, cobrindo toda a área castanhícola, com o objetivo de analisar a adaptabilidade do ColUTAD como porta-enxerto e a plasticidade adaptativa das principais variedades portuguesas de castanha.

Este trabalho é desenvolvido no âmbito do projeto GO ClimCast já referido, financiado pelo PDR2020 e cofinanciado pelo FEADER, no âmbito do Portugal 2020 que tem como objetivo avaliar o efeito das alterações climáticas nos soutos.

Assim, é objetivo desta dissertação acompanhar a plantação monitorizando dois soutos demonstração (SD), instalados em 2018, em situação climática contrastante no NE Transmontano, mais concretamente em Parada e em Salgueiros (Vinhais). Pretende-se testar o comportamento do híbrido ColUTAD nas primeiras fases de instalação dos SD quanto ao seu desenvolvimento e capacidade de sobrevivência/adaptação (clone bastante resistente à doença da tinta) a condições climáticas contrastantes nos primeiros anos de instalação. Por outro lado, pretende-se caracterizar as condições dos SD em termos da microbiologia do solo nos períodos Outono e Primavera, características físico-químicas do mesmo e vegetação do subcoberto com vista à definição futura de bioindicadores que

permitam fazer a diferenciação climática dos SD e aplicar uma gestão adaptativa que os torne mais resilientes aos efeitos das alterações climáticas.

### **1.1. Enquadramento climático do castanheiro em Portugal**

Podemos encontrar soutos tradicionais em espaços de montanha, verdadeiros sistemas agroflorestais, com compassos de instalação variados que podem ir do 6x6 m, nas plantações mais recentes, aos 12x12 m nos soutos mais regulares, ou ainda soutos antigos, constituídos normalmente por árvores centenárias com alto valor ecológico. É comum encontrar instalações ordenadas quando existe um planeamento para produção de fruto (castanha). Aqui a localização enquadra-se em terrenos de média e baixa encosta e, nas últimas décadas em terrenos agrícolas de planície (Abreu, 2007).

Na região de Trás-os-Montes o castanheiro faz parte da paisagem e o seu cultivo está fortemente enraizado. Nesta região as temperaturas médias variam entre os 9°C e os 13°C. O conhecimento climático é um fator preponderante na gestão desta atividade agrícola. O castanheiro é uma espécie caducifólia, que tem queda de folhas e paragem vegetativa no inverno. É uma espécie que prefere as encostas de influência norte. Segundo Gomes-Laranjo et al. (2007) na região castanhícola, os valores médios da temperatura máxima situam-se entre os 27°C, principalmente na Beira Alta, e os 31°C na Terra Fria Transmontana e na zona de Marvão. De acordo com estes autores, atinge praticamente a máxima produtividade a meia-luz e com temperaturas da ordem dos 24 a 28°C. As temperaturas muito elevadas de verão são um fator inibidor do seu crescimento e desenvolvimento.

Relativamente à precipitação, o valor médio anual nas regiões onde a cultura do castanheiro é representativa varia entre os 600 e os 1200 mm, para um valor médio em Portugal de 900 mm (Abreu, 2007).

Os ecossistemas de castanheiro estão atualmente ameaçados por diversos fatores causadores de stress (naturais e induzidos pelo homem), incluindo mudanças climáticas, riscos abióticos como os incêndios florestais e um aumento da incidência de pragas e doenças. Devido ao aumento das emissões de gases de efeito estufa, como o CO<sub>2</sub> (IPCC, 2007), as mudanças climáticas são um dos mais importantes impulsionadores das mudanças no ecossistema. Anomalias nas temperaturas médias podem afetar a Península Ibérica, com incrementos de 1,7 a 4,8 °C, enquanto a precipitação anual pode cair em até 20% (Christensen et al., 2007; IPCC, 2013). Consequentemente, as alterações climáticas

podem ter consequências graves para os ecossistemas de castanheiro na Península Ibérica, podendo levar a perdas significativas dos bens e serviços prestados (Pérez-Girón et al., 2020).

Portanto, é expectável que as alterações climáticas influenciem diretamente as áreas de castanheiro sendo indispensável implementar medidas de adaptação e mitigação nos sistemas agroflorestais para produção de castanha (soutos) com o objetivo de os tornar mais resilientes e produtivos (Diegues et al., 2019). Assim, dever-se-ão aplicar técnicas de manejo dos soutos que permitam uma gestão conservativa da matéria orgânica no solo com o objetivo de aumentar a sua produtividade e diminuir os gases de efeito de estufa. Por outro lado, será necessário testar germoplasma vegetal resistente às doenças para incrementar a resiliência do castanheiro no contexto das alterações climáticas. Assim, é importante instalar campos experimentais com clones resistentes à tinta para testar a sua adaptação às alterações climáticas. O projeto GO\_ClimCast tem esse propósito com a instalação de soutos ensaio tendo como porta-enxerto o clone ColUTAD, considerado resistente à doença da tinta, em situações climáticas contrastantes, por forma a testar o seu comportamento face às alterações climáticas bem como a plasticidade adaptativa das principais variedades.

Desta forma, a compreensão das condições do solo, e da atividade microbiana dos soutos em particular, ajudará a identificar as melhores soluções a aplicar no manejo pelos produtores em regiões nas quais se deparem com esta problemática das alterações climáticas com mais intensidade.

## **1.2. Importância do castanheiro no Nordeste Transmontano**

Em termos geográficos, mais de 80% da área ocupada por castanheiros está concentrada na zona de Trás-os-Montes, sobretudo em torno das Denominações de Origem Protegida (DOP) da Terra Fria e Padrela e DOP Soutos da Lapa, concentrando-se a produção sobretudo na região norte do país (Fórum Florestal, 2015).

O nordeste transmontano constitui a principal região nacional produtora de castanha onde a cultura do castanheiro é assumida como o principal setor sustentável da atividade rural, nomeadamente na valorização do fruto e qualidade da madeira, mas também de produtos complementares dos soutos como os cogumelos e a apicultura. O fruto (a castanha) é o mais importante produto de exportação do sector frutícola em Portugal (Martins, 2004). De acordo com este autor, importa também realçar que a

população agrícola familiar ganha mais relevância no interior do país e em especial na região de Trás-os-Montes onde representa aproximadamente 36% da população residente. Dessa forma, podemos concluir que uma parte dos produtores de castanha de Trás-os-Montes são pequenos produtores com explorações familiares (Fórum Florestal, 2015) tendo a produção de castanha um peso considerável na economia familiar. Assim sendo, o castanheiro no nordeste transmontano tem um grande valor económico, mas também cultural e social estando relacionado com celebrações, costumes e festividades, nomeadamente os magustos. A nível paisagístico estes também oferecem um enorme valor, sendo protagonistas na criação de belas paisagens que pintam este território de diversos tons ao longo do ano, existem exemplares notáveis pela sua dimensão, indivíduos imponentes, centenários, que apresentam um alto valor para o património natural (Gomes-Laranjo et al., 2007).

### **1.3. Os efeitos das alterações climáticas no castanheiro**

A distribuição e crescimento das plantas é condicionada fortemente pela temperatura. Assim sendo, é possível encontrar uma vasta diversidade de tipos de vegetação de acordo com as distintas regiões, ou seja, diferentes amplitudes térmicas suportam tipos de vegetação diferentes. Estas variações devem-se sobretudo ao facto de ao longo do tempo ter ocorrido uma seleção natural de acordo com a adaptabilidade das espécies ao meio (Kozłowski et al., 1991). Segundo Gomes-Laranjo et al. (2007), as temperaturas mínimas determinam os limites em altitude para o desenvolvimento das espécies arbóreas. Segundo os autores, as baixas temperaturas de inverno são responsáveis pela limitação em latitude e em altitude da dispersão quer das plantas perenes de folha larga, quer das de folha caduca onde se inclui o castanheiro. Consideram também que as variações de temperatura, mesmo que não sejam extremas, podem provocar alterações no desenvolvimento das plantas devido a redução das taxas do metabolismo. Quando as alterações de temperatura se tornam mais extremas pode ocorrer a congelação em caso de temperaturas mínimas ou de sobreaquecimento com temperaturas altas, provocando assim danos irreparáveis para as plantas. Kozłowski et al. (1991) cit. Gomes-Laranjo et al. (2007) consideram que os fatores ambientais podem minimizar os danos em função da disponibilidade de água, nutrientes no solo, intensidade de radiação e o fotoperíodo. Como é sabido o castanheiro não suporta altas temperaturas por largos períodos de tempo, cada vez mais frequentes se tivermos em conta os efeitos das alterações climáticas da atualidade. Contudo, o castanheiro é considerado uma árvore

tolerante às temperaturas mínimas, podendo suportar até -18°C por períodos de tempo pouco prolongados (Serrano et al., 2001).

#### **1.4. O clone de castanheiro ColUTAD**

O ColUTAD é um híbrido considerado bastante resistente à doença da tinta resultante do cruzamento do castanheiro europeu (*C. sativa*) com o castanheiro japonês (*C. crenata*). O ColUTAD possui, geneticamente, maior aproximação ao castanheiro europeu (*C. sativa*) do que à espécie *C. crenata*. Esta aproximação é facilitadora da compatibilidade deste clone com as variedades de *C. sativa*, o que se traduz numa taxa de sucesso mais evidente no processo de enxertia (Dinis et al., 2009). Este híbrido apresenta uma produção prematura, (início de outubro), com frutos de excelente calibre e características organolépticas que vão de encontro ao interesse do consumidor (Gomes et al., 1997 *cit.* Cepêda, 2014). Em termos de adaptabilidade ao solo e clima apresenta, segundo os autores, características que o tornam flexível em circunstâncias diversificadas.

“Relativamente à caracterização botânica, o ColUTAD, tal como o castanheiro europeu, apresenta folhas simples dispostas de forma alterna. A consistência é subcoriácea, a nervação é peninérvea e a sua forma é alongada” (Brito et al., 2012 *cit.* Cepêda, 2014).

Segundo Patrício et al. (2018) este clone, disponível no mercado, tem como principais características o facto de ser considerado bastante resistente à doença da tinta e de poder funcionar como porta-enxerto das variedades tradicionais com vista à resolução de uma das principais doenças do nosso castanheiro potenciado pelas alterações climáticas. Segundo os autores este híbrido apresenta um porte mais ananicante do que o castanheiro europeu permitindo apertar os compassos de plantação e aumentar a produção de castanha nos primeiros anos do souto.

#### **1.5. Variáveis/ Indicadores da qualidade do solo**

A importância de utilizar metodologias que possibilitem uma gestão sustentável do solo são um fator determinante para evitar a sua degradação (Stefanoski et al., 2013). Assim, podemos considerar o recurso solo como um ecossistema no qual podemos encontrar inúmeras formas de vida de fauna e flora, desde os mais fáceis de observar como espécies vegetais e pequenos mamíferos, até aos menos perceptíveis a olho nu como alguns fungos e bactérias; toda esta biodiversidade é influenciada pelos diferentes usos e

ocupações do solo, tal como outros parâmetros químicos e físicos, que se manifestam quando ocorrem mudanças (Dale, 1997).

Para demonstrar a capacidade de produção do solo e os seus serviços ambientais tendo em conta as suas alterações ao longo do tempo, são necessários determinados parâmetros rigorosos que permitam avaliar a qualidade do solo (Doran & Zeiss, 2000). Um dos indicadores que refletem resultados de elevada credibilidade da manipulação do solo e demonstram uma grande sensibilidade às alterações ambientais com uma rápida determinação dos seus resultados, são os indicadores biológicos. Sendo estes justamente limitados pelas variações de temperatura, humidade, pH e acréscimo de nutrientes, causando assim alterações nas propriedades bioquímicas (Paz-Ferreiro et al., 2011). Com isto torna-se uma mais-valia para identificação de soluções de mitigação, para auxiliar os agricultores de modo a intervir na gestão do solo nas zonas mais perturbadas pelas condições climáticas, conhecer o estado particular do solo e da sua atividade microbiana.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Caracterização das áreas de estudo**

No âmbito do projeto GO\_ClimCast foram instalados dois souts demonstração (SD) com o porta-enxerto ColUTAD em abril de 2018. Os souts demonstração, com aproximadamente 0,5 ha cada um, foram instalados em condições climáticas contrastantes. Os souts estão localizados na localidade de Salgueiros, concelho de Vinhais (41°54'12.73"N; 7°01'40.95"W, atitude: 1008 m, Exposição S) e em Parada, concelho de Bragança (41°38'12.53"N; 6°42'42.94"W, altitude: 740 m, exposição S-SE).

A precipitação média anual em Salgueiros é da ordem de 1215,6 mm e em Parada 821,1 mm. A temperatura média anual para a região é de 11,9°C, a temperatura máxima absoluta é de 37,2 °C, atingida no mês de julho, e a mínima absoluta é de -11,4 °C, observada no mês de janeiro” (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E GEOFÍSICA, 1991).

O relevo é ondulado e os solos são derivados de xistos, com uma composição elevada em elementos grosseiros, correspondentes na região de Parada e Salgueiros a Leptossolo dístrico órticos (solos incipientes que se caracterizam por serem jovens, pouco

evoluídos, delgados, com profundidades até 30 cm limitados por uma rocha contínua) (WRB, 2014)

As áreas de estudo anteriormente à instalação dos SD apresentavam usos de ocupação do solo diferentes (cereal em Salgueiros e floresta de pinheiro em Parada) como se pode observar na Figura 1 e 2.



Figura 1. Área de estudo antes da instalação do SD em Salgueiros



Figura 2. Área de estudo antes da instalação do SD em Parada

## 2.2. Metodologia de instalação dos souts

Para a instalação foram usadas plantas obtidas por propagação vegetativa em amontoa, com um ano de idade após o estrangulamento dos rebentos. Foram feitas análises em ambos os locais para avaliar a fertilidade do solo. Com base nestas análises foi efetuada uma adubação na plantação de Calcário dolomítico (2,5kg por planta), Superfosfato Cálcio 18% (1kg por planta), Cloreto de Potássio 60% (0,25kg por planta). Foi também aplicado adubo elementar azotado 20,5% (0,05kg por planta) e Boro através de aplicação foliar feita no início da rebentação dos castanheiros. Esta aplicação foi

realizada pelas entidades colaboradoras do projeto responsáveis pelos SD, a empresa SORTEGEL (SD Parada) e a associação ARBOREA (SD Salgueiros).

### 2.2.1. Piquetagem

A marcação no terreno foi feita marcando inicialmente a primeira linha esticando um fio a todo o comprimento e apontando os pontos de 8 em 8 m. Após a marcação da primeira linha foi utilizado um fio com 16 m, em que o objetivo era sobrepor as suas extremidades (ponto A e C) aos pontos já marcados realizando um triângulo equilátero com o seu ponto médio aos 8 m (ponto B), encontrando um novo ponto de marcação (Figura 3).

A plantação foi então instalada em quincôncio com um compasso de plantação de 8 x 8 m, com uma linha de bordadura.



Figura 3. Instalação dos souts: Piquetagem

### 2.2.2 Plantação

Foram plantadas 97 plantas em cada um dos SD. A instalação no SD de Parada foi efetuada pela abertura de uma cova com cerca de 1,5 m de lado por 1 m de profundidade com retroescavadora em terreno previamente ripado. Colocou-se também um tutor por planta e rede de proteção à prova de caça grossa. O SD de Salgueiros foi instalado com plantação por abertura de vala com charrua de um ferro. Neste souto inicialmente não lhe foram aplicados os tutores nem rede de proteção à prova de caça grossa, tendo estes sido colocados posteriormente.

As plantas instaladas apresentaram as características biométricas apresentadas na Tabela 1:

Tabela 1: Características biométricas das plantas (SD Parada)

	comp.raiz (cm)	h (cm)	d colo (mm)
Média	34,8	110,3	5,5
Desvio P.	12,7	21,5	1,4
Mediana	34,0	113,0	5,0
Moda	30,0	100,0	5,0



### 2.3. Croquis dos ensaios

Os croquis dos ensaios foram realizados com o auxílio do Gps Trimble Geo XT. Inicialmente fez-se a delimitação da área de ensaio sem bordadura em ambos os soutos. Em Parada fez-se o levantamento também da bordadura do SD. Seguidamente efetuou-se a marcação dos pontos nos quais se encontravam as árvores do ensaio.

A informação recolhida foi introduzida no programa Arcmaps no qual foi trabalhada para a realização dos mapas referentes a ambos os soutos de demonstração (Figura 4 e 5).



Figura 4- Croqui SD Vinhais, Salgueiros



Figura 5. Croqui SD Bragança, Parada

## 2.4. Manutenção dos soutos

### 2.4.1. Rega

As regas, com periodicidade variável que podia atingir 15 dias, foram realizadas pela empresa SORTEGEL no SD de Parada e pela associação ARBOREA no SD de Salgueiros. Estas entidades, parceiras do projeto, têm a seu cargo não só a instalação dos SD como a sua manutenção e por esse facto foram as responsáveis por assegurar esta atividade no período estival no primeiro e segundo ano de instalação para melhorar as taxas de sobrevivência uma vez que o porta-enxerto ColUTAD é mais sensível à falta de água do que os castanheiros da espécie *C. sativa*.

### 2.4.2. Vegetação do subcoberto

A limpeza da vegetação junto às árvores (limpeza da caldeira) foi efetuada com o auxílio de um sacho, tendo sido efetuada uma mobilização superficial no fim da Primavera, deixando apenas algumas linhas intactas nas quais foram colocados os pontos de recolha de biomassa.

A diversidade e o fitovolume da vegetação do subcoberto foi analisada para melhor caracterizar os SD. O subcoberto vegetal foi avaliado pelo método da estimativa do coberto visual em parcelas quadradas de 0,25 m<sup>2</sup> de área onde foram avaliadas 8 parcelas espaçadas sistematicamente de 10 m ao longo de um transepto; para a estimativa do coberto foi usada a escala de Braun-Blanquet (1979) modificada. O fitovolume foi avaliado com base na altura e percentagem de coberto e a biomassa foi avaliada pelo método de corte e pesagem e seca em estufa a 70°C.

A vegetação recolhida foi separada em fresco de acordo com cada tipologia: gramíneas, outras herbáceas, leguminosas e arbustivas.

### **2.4.3. Mortalidade**

A recolha de dados foi feita com base na observação das plantas com vista a avaliar a sobrevivência, de forma a traduzir a taxa de mortalidade de cada um dos SD. As plantas foram avaliadas e enquadradas nas seguintes categorias: Vivas e Secas, dentro da categoria vivas foram ainda distinguidas entre verdes com rebentação e verdes sem rebentação.

Em Parada, a recolha destes dados foi realizada em 2018 (25 junho, 31 julho e 5 setembro) e 2019 (8 fevereiro, 6 junho e 26 julho), sendo que em Salgueiros a recolha de dados foi realizada em 2018 (26 junho, 24 julho e 2 outubro) e 2019 (22 fevereiro, 25 maio e 22 julho).

### **2.4.4. Retancho**

A Retancho foi realizada em Parada, no dia 8 fevereiro de 2019, com o auxílio de retroescavadora para a abertura das covas, já em Salgueiros foi realizada a 22 fevereiro de 2019 com abertura manual auxiliada de ferramentas adequadas para o trabalho desempenhado.

### **2.5. Enxertia**

A enxertia foi realizada em ambos os SD a 17 de setembro de 2019, por dois especialistas. A técnica que se utilizou foi a enxertia de borbulha, com gomo dormente, aproximadamente a 30 cm do solo, com o auxílio de um canivete de enxertia, o respetivo material vegetativo das variedades pretendidas e fita isoladora transparente própria para enxertia.

Foram 10 as variedades enxertadas: Longal, Boaventura, Judia, Negral, Cota, Martaínha, Colarinha, Amarelal, Parede (Galiza), Pílonga (Serra de Ronda, Extremadura).

A sequência utilizada para a enxertia em relação às variedades foi realizada de forma aleatória de modo a serem realizadas 9 repetições de cada variedade em cada um dos SDs de acordo com a sequência apresentada na Tabela 2.

Com a sequência utilizada, tem-se, assim, 10 variedades, uma vez que algumas das plantas mantiveram o ColUTAD para teste de adaptabilidade do porta-enxerto como produtor direto.

Tabela 2. Sequência utilizada na distribuição das variedades a enxertar nos soutos de demonstração.

1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>
Negral	Parede	Judia	Amarelal	Negral	Pilonga	Amarelal	Parede	Longal
Amarelal	Negral	Parede	Boaventura	Amarelal	Colutad	Judia	Colutad	Pilonga
Colutad	Cota	Pilonga	Longal	Cota	Amarelal	Negral	Cota	Negral
Judia	Martaínha	Amarelal	Cota	Colarinha	Judia	Boaventura	Boaventura	Colarinha
Cota	Colarinha	Longal	Negral	Boaventura	Parede	Colarinha	Martaínha	Judia
Longal	Boaventura	Boaventura	Martaínha	Judia	Negral	Longal	Amarelal	Parede
Boaventura	Longal	Colutad	Colarinha	Pilonga	Cota	Martaínha	Negral	Cota
Parede	Amarelal	Colarinha	Pilonga	Martaínha	Longal	Pilonga	Pilonga	Amarelal
Pilonga	Colutad	Negral	Colutad	Longal	Martaínha	Parede	Longal	Martaínha
Martaínha	Pilonga	Cota	Parede	Colutad	Colarinha	Cota	Judia	Boaventura
Colarinha	Judia	Martaínha	Judia	Parede	Boaventura	Colutad	Colarinha	Colutad

## 2.6. Caracterização do solo dos Soutos Demonstração

A caracterização do solo foi efetuada com base na colheita de amostras de solo *in situ* em 4 pontos do ensaio em ambos os soutos demonstração. A amostragem do solo para a caracterização inicial do mesmo foi realizada no mês de maio de 2018 em diferentes profundidades (0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm). Em cada SD colheram-se 4 amostras por profundidade em zig-zag na proximidade da caldeira, a cerca de 50 cm do pé da árvore. As amostras foram acondicionadas e transportadas para o laboratório onde, depois de secas em estufa a 45°C, foram crivadas com um crivo de malha 2 mm.

O carbono orgânico do solo (Corg) foi determinado pelo método de Walkey-Black. O pH das amostras foi determinado potenciométricamente numa suspensão de solo e água e numa solução de KCl, na proporção de 1:2,5 (m/v). O fósforo (P) e o potássio (K) extraíveis foram determinados de acordo com o método de Egner-Riehm, numa solução de lactato de amónia e ácido acético a pH 3,7. O fósforo no extrato foi determinado por espectrofotometria UV/VIS e o potássio por fotometria de chama.

As bases de troca ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ ) foram extraídas numa solução de acetato de amónia tamponizada a pH 7,0. Os catiões  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  foram determinados por

espectrometria de absorção atômica. O  $K^+$  e  $Na^+$  por espectrometria de emissão de chama (Reeuwijk, 2002). A acidez de troca ( $Al^{3+}$  e  $H^+$ ). foi determinada por titulação após extração com KCl 1M.

## 2.7. Caracterização microbiológica do solo

Para avaliar a atividade microbiana do solo em cada SD em estudo, foram realizadas amostragens em duas épocas do ano, primavera (maio) e outono (outubro) de 2018 e na primavera (maio) de 2019 na profundidade de 0-10 cm. As amostras, num total de 4 por SD, foram crivadas com uma malha de 2 mm e removidos os resíduos vegetais e fragmentos de raízes visíveis. Antes do seu processamento analítico o teor de humidade das amostras foi ajustado para 50% da capacidade de campo. Os parâmetros avaliados foram os seguintes: carbono da biomassa microbiana (CBM), respiração basal do solo (RBS) e contagem de bactérias e fungos.

O CBM do solo foi estimado pelo método de fumigação-extração de acordo com as metodologias descritas por (Silva et al., 2007), através de fumigação direta das amostras (20 g de solo) com 1mL de clorofórmio livre de etanol, que posteriormente foram incubadas em estufa a 25°C durante 24 h no escuro. O carbono das amostras fumigadas e não fumigadas foi extraído com uma solução de  $K_2SO_4$  a 0,5 M, na proporção de 1:4 (m/v). O CBM foi calculado pela diferença entre os valores de carbono obtido das amostras fumigadas e o das amostras não fumigadas, multiplicado pelo fator de correção ( $k_C$ ) de 0,33 (Sparling & West, 1988).

Determinou-se a respiração basal do solo (RBS) de acordo com a norma ISO 16072 (2002). Para tal, consideraram-se 25g de solo de cada amostra que foram incubadas à temperatura de 25°C, durante 7 dias, em frascos de vidro hermeticamente fechados contendo 20 mL de uma solução de NaOH 1M, para a captura do  $CO_2$  libertado pela amostra. Após a incubação adicionou-se  $BaCl_2$  10% (m/v), para precipitação do carbonato, e o excesso de NaOH foi determinado por titulação com solução de HCl 0,5 N. Como indicador utilizaram-se 2 gotas de fenolftaleína 1% (m/v). Posteriormente calculou-se o quociente metabólico ( $qCO_2$ ) do solo dividindo a RBS pelo CBM. O quociente microbiano foi obtido pela razão entre CBM e o carbono orgânico total do solo.

A contagem de microrganismos viáveis do solo (bactérias e fungos) foi feita pelo método de diluição seriada e espalhamento em placa. Pesaram-se 1 g de solo de cada amostra que se diluiu em 9 mL de água peptonada esterilizada. Após agitação da amostra

realizaram-se diluições decimais e, em seguida, procedeu-se à sementeira de 0,1 mL de cada diluição efetuada, em duplicado, nos seguintes meios de cultura *Plate count* agar (PCA, Liofilchem, Italy), com adição de 100 mg/L de cicloheximida, para a contagem de bactérias e *Rose Bengal Chloramphenicol* (RBC, Liofilchem, Italy) para a quantificação de fungos (Figura 6). A adição de cicloheximida no meio PCA permitiu inibir o crescimento de fungos e a presença de cloranfenicol no meio de cultura RBC inibiu o crescimento de bactérias.

As placas com meio PCA foram incubadas a 30°C durante 72 h e as placas com meio RBC foram incubadas a 25°C durante 120 h. No final do período de incubação procedeu-se à contagem das colónias. A abundância de bactérias e fungos foram expressas em logaritmo de unidades formadoras de colónias por grama de solo seco (log UFC/g).

Na Figura 7 apresentam-se aspetos da determinação da RBS e CBM do solo no laboratório.



Figura 6. Contagem de microrganismos e placas nos seguintes meios de cultura: *Plate count* agar (PCA, Liofilchem, Italy) com adição de 100 mg/L de cicloheximida, para a contagem de bactérias e *Rose Bengal Chloramphenicol* (RBC, Liofilchem, Italy) para a quantificação de fungos.



Figura 7. Alguns processos da análise microbiológica, determinação de RBS e CBM.

## 2.8. Análise estatística

Os dados foram organizados e tratados utilizando o software Microsoft Excel. Para a realização de análises mais complexas foi utilizado o software R 3.5.1, tendo-se realizado o Teste ANOVA. Para a comparação múltipla de médias utilizou-se o teste de Tukey para um nível de significância  $p < 0,05$ .

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Análise do Subcoberto

Na Tabela 3 estão representadas as espécies encontradas nos souts de demonstração. A vegetação do subcoberto foi organizada nos seguintes Grupos: Gramíneas, Leguminosas, Outras Herbáceas (dentro da vegetação herbácea) e Arbustivas. Assim, foram determinadas as percentagens de cada uma das categorias consideradas tendo-se obtido os seguintes valores para SD Parada - Arbustivas: 0,3%; Gramíneas: 12,2%; Leguminosas: 19,4%; Outras: 68,1%. No SD de Salgueiros, Vinhais foram obtidos os seguintes valores para as mesmas categorias - Arbustivas: 0,1%; Gramíneas: 53,4%; Leguminosas: 27,0%; Outras: 19,5%. Como se pode observar a vegetação nos dois souts é bastante diferente. Enquanto no SD de salgueiros predominam as gramíneas com mais de 50 % da vegetação encontrada, seguida das leguminosas, no SD de Parada predominam as “outras herbáceas” com quase 70 %, seguido das leguminosas. O SD de Parada apresenta uma vegetação mais ruderal pelo facto de ter sido recentemente convertido de pinhal para souto.

Tabela 3. Espécies encontradas nos soutos de demonstração

Espécie	Código	Presente em:	
		Parada	Salgueiros
Gramíneas			
Briza media	G1	X	
Vulpia fasciculata	G2		X
Elymus campestris	G3		X
Polypogon sp	G4	X	
Anthoxanthum odoratum	G5		X
Arrhenatherum elatius	G6		X
Bromus hordeaceus	G7		X
Polypogon viridis	G8		X
Hordeum geniculatum	G9		X
Leguminosas			
Ornithopus sativus	L1		X
Vicia sepium	L2		X
Trifolium striatum	L3		X
Ornithopus perpusillus	L4	X	X
Lupinus luteus	L5	X	
Arbustivas			
Cytisus sp	A1	X	X
Cistus ladanifer	A2	X	
Outras Herbáceas			
Andryala integrifolia	O1	X	
Crepis capillaris	O2	X	
Anthemis arvenses	O3	X	X
Jasione montana	O4	X	
Logfia galica	O5	X	
Reseda lutea	O6	X	
Scleranthus annuus	O7	X	
Hymenocarpus Lotoides	O8	X	
Herniaria glabra	O9	X	
Senecio vulgaris	O10	X	
Andryala integrifolia	O11	X	
Leontodon hispidus	O12	X	X
Solanum nigrum	O13	X	
Spergularia sp	O14		
Tolpis Barbata	O15	X	
Rumex acetoselha	O16	X	X
Spergula arvenses	O17		X

G- gramíneas; L- leguminosas; A- arbustivas, O- outras herbáceas.

### 3.1.1. Percentagem coberto

Após a análise dos valores obtidos para a percentagem de coberto foram encontradas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) para o total de coberto, para a tipologia “outras”, “gramíneas” e “leguminosas” entre os dois soutos. Como podemos observar nas Figuras 8 e 9 a tipologia “outras herbáceas” aparece em maior percentagem em Parada apresentando este SD uma vegetação mais ruderal. Como já foi referido, a presença de “gramíneas” e “leguminosas” foi encontrada em maior percentagem em Salgueiros. Estas diferenças devem-se ao facto de os solos terem tido usos diferentes antes da instalação das plantações de castanheiro (cereal em Salgueiros e floresta de pinheiro em Parada).

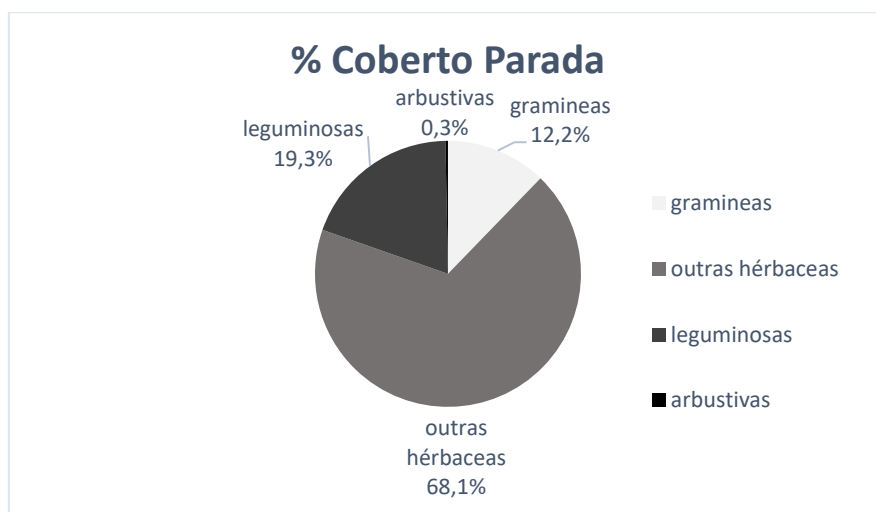


Figura 8. Composição em percentagem de coberto do souto de demonstração de Parada.

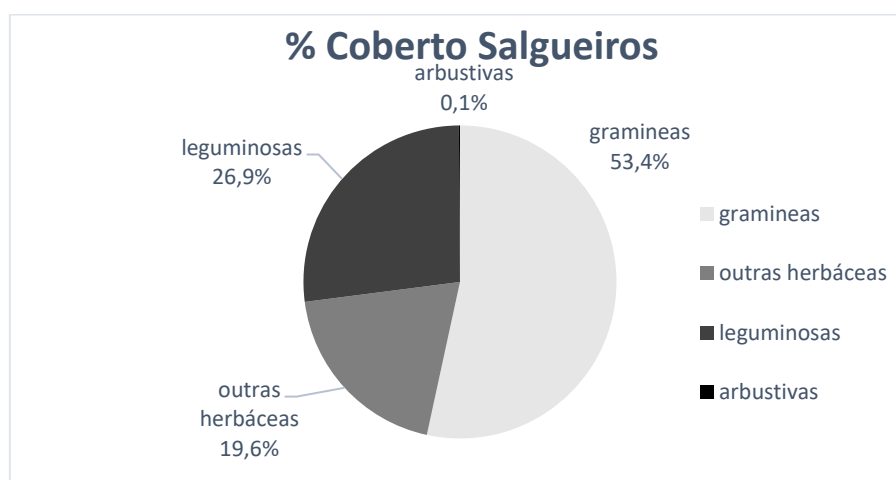


Figura 9. Composição em percentagem de coberto do souto de demonstração de Salgueiros

Nos gráficos das Figuras 10, 11 e 12, referentes ao número de espécies de cada categoria, observamos que em Salgueiros o número de espécies de “gramíneas” e “leguminosas” é maior e com diferença significativa ( $P < 0,05$ ), tendo sido obtidos os respectivos valores  $p = 0.00000648$  e  $p = 0.00749$  pelo teste Anova. Por outro lado, as “outras herbáceas” encontram-se em maior número em Parada apresentando também uma diferença significativa ( $P < 0,05$ ), com um valor de  $p = 0.017$ , entre os dois SD.

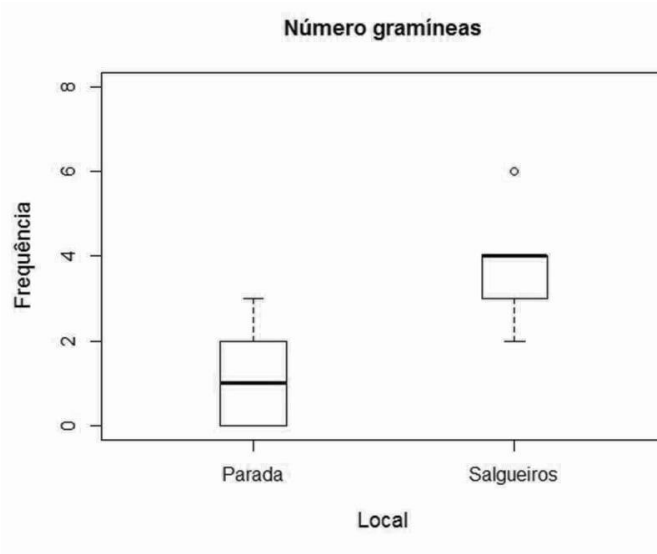


Figura 10. Número de espécies de gramíneas dos sotos de demonstração

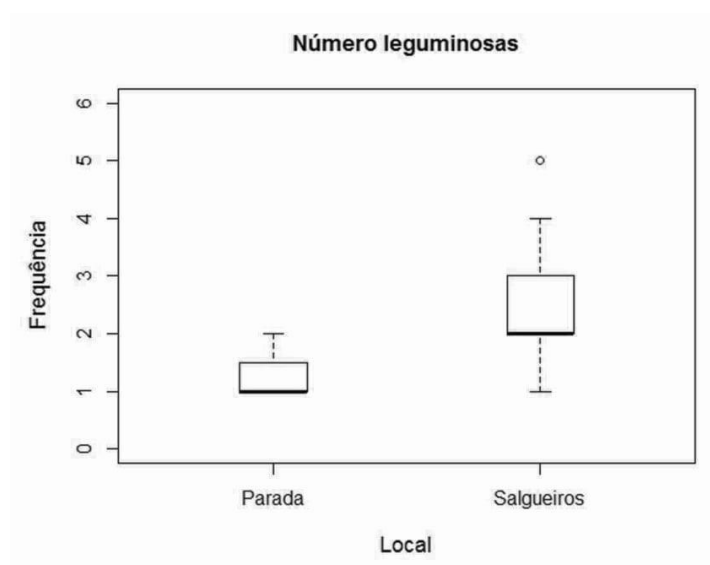


Figura 11. Número de espécies de leguminosas dos sotos de demonstração

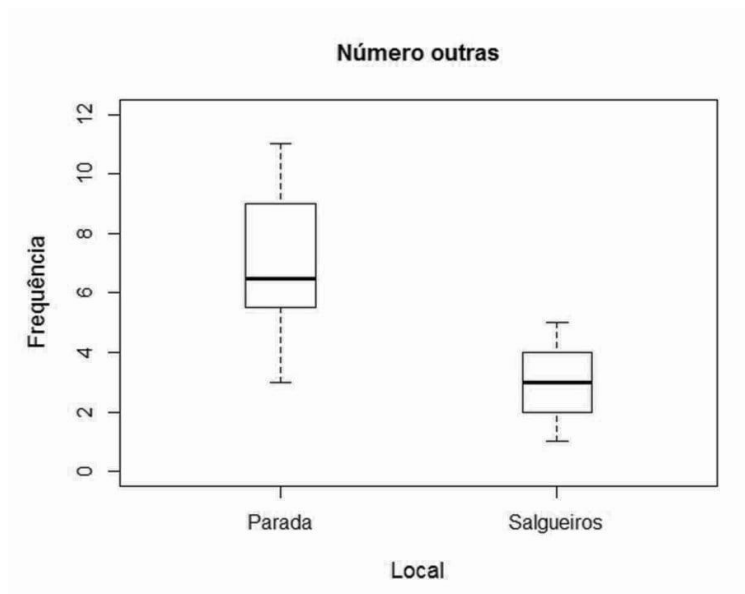


Figura 12. Número de espécies de outras herbáceas dos soutos de demonstração

### 3.1.2. Biomassa

Na Biomassa, as diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) encontradas foram na categoria “gramíneas” e “outras herbáceas” sendo estas respetivamente mais elevadas para Salgueiros e Parada. Apesar de termos valores de percentagem de coberto e número de espécies leguminosas superiores em Salgueiros, verificamos que os valores desta categoria para a biomassa são mais elevados em Parada; isto deve-se às características das espécies encontradas nos dois locais, sendo que em Parada a leguminosa mais abundante é a L5 (*Lupinus luteus*), com maior porte e conseqüentemente mais biomassa, e em Salgueiros é a L1 (*Ornithopus sativus*) (Figuras 13, 14 e 15).

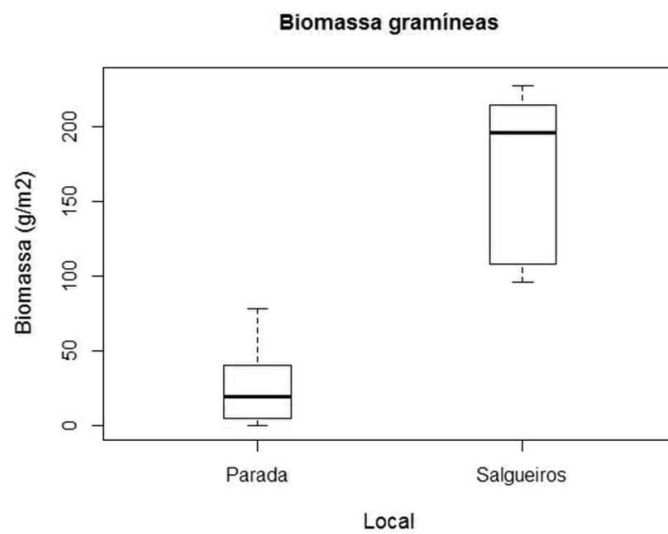


Figura 13. Biomassa das gramíneas nos sotos de demonstração

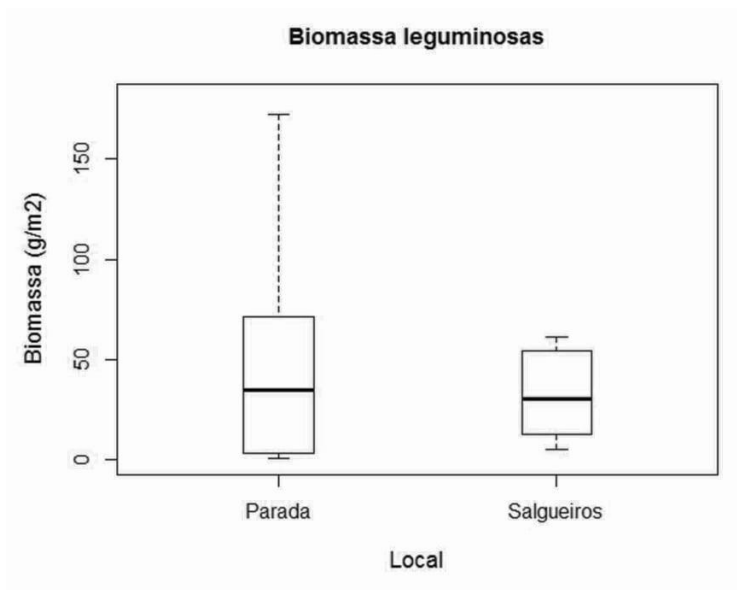


Figura 14. Biomassa das leguminosas nos sotos de demonstração

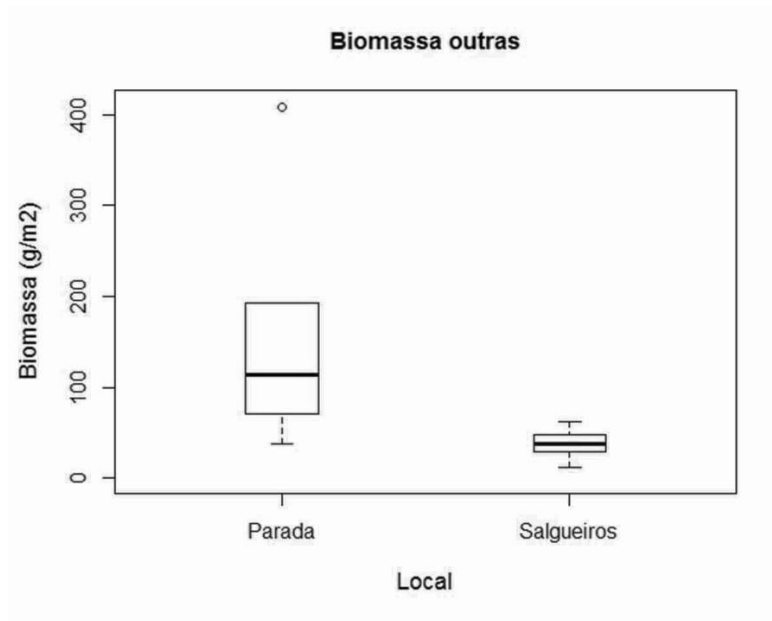


Figura 15. Biomassa das espécies outas herbáceas nos souts de demonstração

### 3.1.3. Fitovolume

No fitovolume foram encontradas diferenças muito significativas ( $p < 0,05$ ) para a categoria “gramíneas” (Figura 16) entre os dois SD; na categoria “leguminosas” e “outras herbáceas” (Figuras 17 e 18) não foram encontradas diferenças.

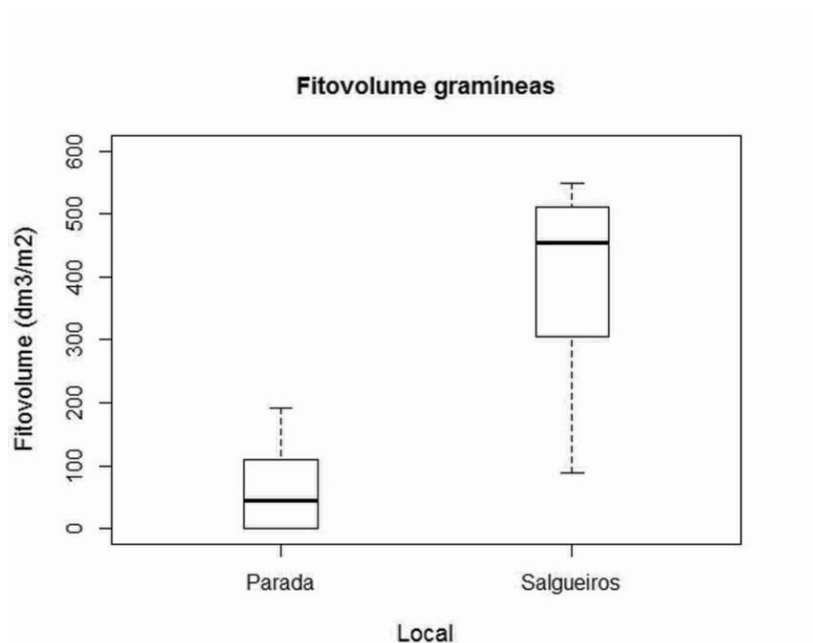


Figura 16. Fitovolume das gramíneas nos souts de demonstração

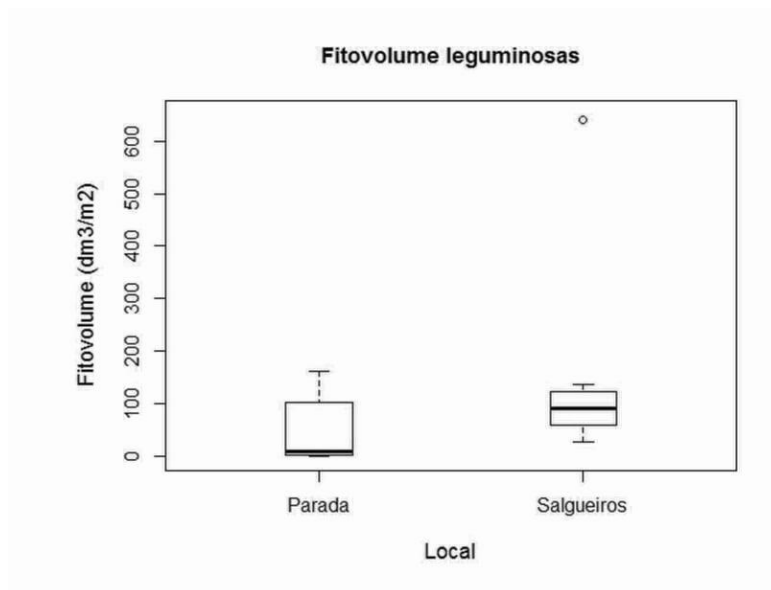


Figura 17. Fitovolume das leguminosas nos souts de demonstração

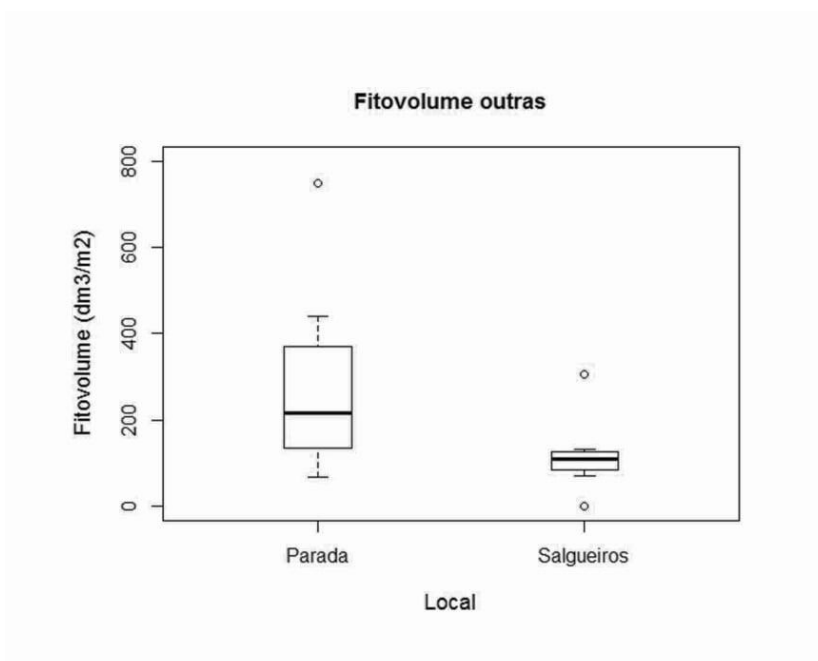


Figura 18. Fitovolume das espécies “outras herbáceas” nos souts de demonstração

### 3.2. Taxa de mortalidade

Após avaliar a sobrevivência, traduziu-se a mesma em taxa de mortalidade para cada um dos SD. Após a recolha e análise dos dados realizaram-se os gráficos das Figuras 19 e 20 onde se consegue ver a evolução da mortalidade. Observa-se que em Salgueiros a mortalidade das plantas foi superior em 2018 em relação a Parada, tendo sido necessário

em 2019 fazer uma reposição de 58% (correspondente a 56 castanheiros) em Parada e 75% (correspondente a 73 castanheiros) em Salgueiros. É de referir que esta diferença entre os dois SD se revelou significativa ( $p < 0,05$ ). Assim, foi reposta a densidade inicial pelo processo da retanxa e, por isso, após a replantação, observamos que o número de plantas atingiu as 97 plantas. Apesar de desde o momento da replantação até julho 2019 não terem sido encontradas diferenças significativas verificamos que a tendência da mortalidade se mantém mais elevada em Salgueiros.

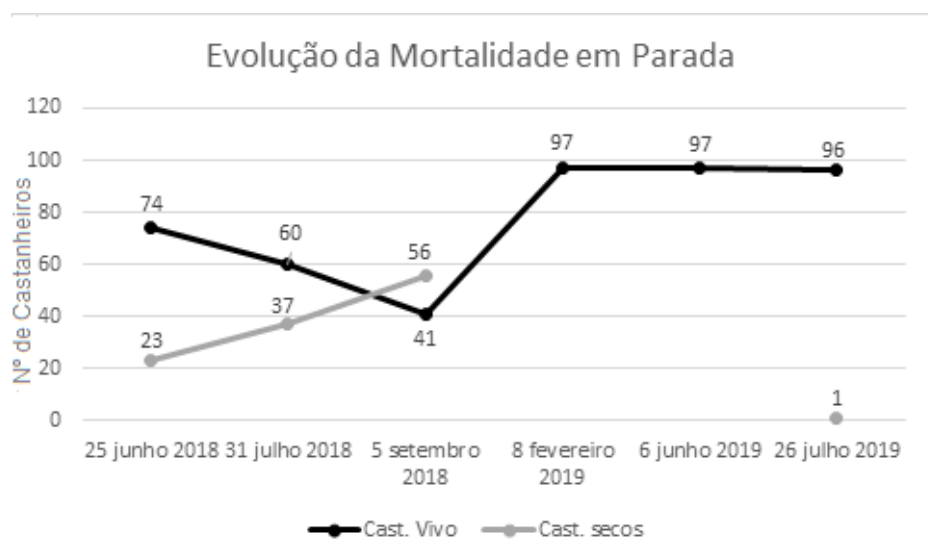


Figura 19. Evolução da mortalidade no souto demonstração de Parada (valores apresentados a partir da primeira recolha de dados, sendo inicialmente 97 os castanheiros instalados em abril de 2018; em 8 de fevereiro de 2019 foi realizada a retanxa)

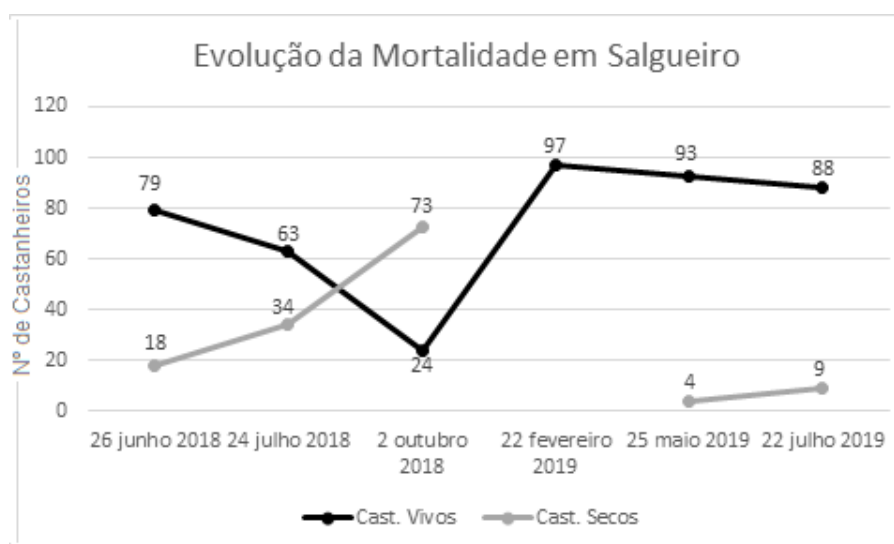


Figura 20. Evolução da mortalidade no souto de demonstração de Salgueiros (valores apresentados a partir da primeira recolha de dados, sendo inicialmente 97 castanheiros instalados em abril de 2018; em 22 de fevereiro 2019 foi realizada a retanxa com a reposição das plantas mortas)

### 3.3. Caracterização do solo

A caracterização química dos solos das áreas em estudo encontra-se apresentada na Tabela 4. No solo do soto de Parada os valores médios dos parâmetros analisados, comparados pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), não variaram significativamente com a profundidade, demonstrando ser um solo mais homogêneo. Contudo, no SD de Salgueiros os valores médios de C orgânico, K e capacidade de troca catiónica efetiva (CTCe) foram significativamente mais elevados na profundidade 0-10 em relação às restantes camadas segundo o teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Podemos observar que ambos os locais apresentam características típicas destas regiões de montanha, apresentando solos de xisto, pouco evoluídos e pouco profundos com muitos elementos grosseiros, ambos apresentam níveis de pH que demonstram que estes solos são ácidos; são também relativamente pobres em matéria orgânica.

Tabela 4. Caracterização Química dos solos das áreas em estudo

Local	Prof. (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	pH KCl	C org. (%)	P mg kg <sup>-1</sup>	K mg kg <sup>-1</sup>	CTCe cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	GSB (%)
Parada	0-10	5,5 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>	1,6 <sup>a</sup>	10,1 <sup>a</sup>	97,7 <sup>a</sup>	3,8 <sup>a</sup>	51,6 <sup>a</sup>
		(0,0)	(0,0)	(0,1)	(2,9)	(13,7)	(0,3)	(5,7)
	10-20	5,5 <sup>a</sup>	4,2 <sup>a</sup>	1,3 <sup>a</sup>	10,0 <sup>a</sup>	98,3 <sup>a</sup>	3,7 <sup>a</sup>	43,2 <sup>a</sup>
		(0,0)	(0,0)	(0,2)	(0,6)	(11,8)	(0,66)	(4,6)
	20-40	5,4 <sup>a</sup>	4,1 <sup>a</sup>	1,5 <sup>a</sup>	19,1 <sup>a</sup>	85,7 <sup>a</sup>	3,6 <sup>a</sup>	47,9 <sup>a</sup>
		(0,16)	(0,15)	(0,23)	(4,4)	(11,0)	(0,79)	(9,0)
Salgueiros	0-10	5,3 <sup>a</sup>	4,1 <sup>a</sup>	2,0 <sup>a</sup>	21,6 <sup>a</sup>	97,7 <sup>a</sup>	5,9 <sup>a</sup>	50,5 <sup>a</sup>
		(0,1)	(0,1)	(0,3)	(5,2)	(16,2)	(0,6)	(9,9)
	10-20	5,3 <sup>a</sup>	4,0 <sup>a</sup>	1,1 <sup>b</sup>	22,6 <sup>a</sup>	51,7 <sup>b</sup>	4,6 <sup>ab</sup>	39,3 <sup>a</sup>
		(0,1)	(0,1)	(0,2)	(4,1)	(3,9)	(0,53)	(8,1)
	20-40	5,3 <sup>a</sup>	4,0 <sup>a</sup>	1,0 <sup>b</sup>	29,6 <sup>a</sup>	47,0 <sup>b</sup>	4,2 <sup>b</sup>	39,6 <sup>a</sup>
		(0,19)	(0,08)	(0,38)	(19,8)	(4,9)	(0,37)	(11,2)

Valores médios ± erro padrão entre parêntesis; GSB – Grau de saturação em bases; Letras diferentes por profundidade indicam diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

A ANOVA de um fator realizada para comparação dos dois soutos em análise (Parada e Salgueiros) demonstrou existirem diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) para os seguintes parâmetros: pH (H<sub>2</sub>O), CTCe, P e K. Não foram encontradas diferenças significativas para o carbono orgânico no solo entre os dois soutos, muito embora Salgueiros apresente valores mais elevados de Corg que favorecem a atividade microbiana, sobretudo na camada 0-10cm.

### **3.4. Análise microbiana**

Na Tabela 5 são apresentados os valores da atividade microbiana do solo nos dois locais de estudo, designadamente o carbono da biomassa microbiana (CBM), a respiração basal do solo (RBS), o quociente microbiano (CBM/Corg) e o quociente metabólico (qCO<sub>2</sub>). A avaliação destes parâmetros é útil para obter informações rápidas sobre mudanças nas propriedades orgânicas do solo e detetar variações causadas pelas práticas agrícolas e florestais (Araújo et al., 2012).

No presente estudo, para os parâmetros CBM e RBS verificaram-se diferenças no período primaveril (2018 e 2019) entre os dois locais (Tabela 5). A diferença encontrada para estes parâmetros deve-se ao facto dos solos terem tido usos diferentes antes da instalação das plantações de castanheiro (cereal em Salgueiros e floresta de pinheiro em Parada). Esta diferença atenuou-se com o decorrer do tempo devido à normalização do tratamento do solo e à colonização progressiva da matéria orgânica mais resiliente após a instalação dos ensaios.

É de salientar que o souto de Salgueiros apresentou nas duas épocas do ano valores significativamente mais elevados de C microbiano em relação à amostragem de maio em Parada, tendo havido uma recuperação na avaliação outonal em Parada embora não possa ser considerada diferente. Também a RBS foi significativamente mais elevada no souto de Salgueiros na observação primaveril.

Por seu turno, o quociente microbiano (CBM/Corg) e o quociente metabólico do solo (qCO<sub>2</sub>) não variaram significativamente entre locais e épocas do ano. Para estas diferenças contribuiu a maior concentração de carbono orgânico na camada 0-10 cm em Salgueiros. Com o decorrer do tempo e a manutenção do solo verificou-se um aumento da atividade microbiana com redução nos valores da respiração basal do solo entre a primavera e o outono. Com os resultados da primavera de 2019 observamos que a

tendência dos parâmetros de CBM e RBS manteve-se significativamente mais elevada em Salgueiros.

Tabela 5. Análise microbiana do solo

Local	Data	Corg g/kg	CBM (mgC kg <sup>-1</sup> solo)	RBS (mg de C-CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> solo d <sup>-1</sup> )	CBM/Cor g (mg/g)	qCO <sub>2</sub> (mgC- CO <sub>2</sub> g)
Parada	Maio 2018	16,1 <sup>a</sup> (1,2)	173,3 <sup>b</sup> (117,4)	88,0 <sup>a</sup> (13,5)	12,1 <sup>a</sup> (8,6)	79,0 <sup>a</sup> (44,8)
	Out 2018	16,1 <sup>a</sup> (1,2)	428,0 <sup>ab</sup> (32,3)	40,9 <sup>a</sup> (17,4)	27,0 <sup>a</sup> (3,1)	3,8 <sup>a</sup> (1,4)
	Maio 2019	21,1 <sup>a</sup> (0,3)	491,6 <sup>a</sup> (85,1)	121,8 <sup>a</sup> (160,1)	23,3 <sup>a</sup> (4,0)	9,5 <sup>a</sup> (6,6)
	Maio 2018	20,2 <sup>a</sup> (3,1)	545,1 <sup>b</sup> (65)	495,4 <sup>b</sup> (28)	28,6 <sup>a</sup> (5,3)	36,5 <sup>a</sup> (6)
Salgueiros	Out 2018	20,2 <sup>a</sup> (3,1)	531,1 <sup>b</sup> (65,8)	103,2 <sup>a</sup> (10,4)	28,8 <sup>a</sup> (6)	8,7 <sup>a</sup> (1,7)
	Maio 2019	16,9 <sup>a</sup> (0,3)	543,6 <sup>b</sup> (100,4)	460,7 <sup>b</sup> (97,5)	32,2 <sup>a</sup> (6,0)	9,5 <sup>a</sup> (12,9)

Letras diferentes por coluna indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ); entre parêntesis o erro padrão.

### 3.5. Microrganismos viáveis do solo

A abundância de bactérias e fungos, por grama de solo seco, nos dois souts é apresentada na Figura 21. A quantidade de fungos variou significativamente entre os dois locais com valores superiores em Salgueiros, tanto na primavera como no outono. Relativamente à quantidade de bactérias verificaram-se diferenças significativas entre os dois locais apenas na avaliação outonal, com o maior valor observado igualmente em Salgueiros.

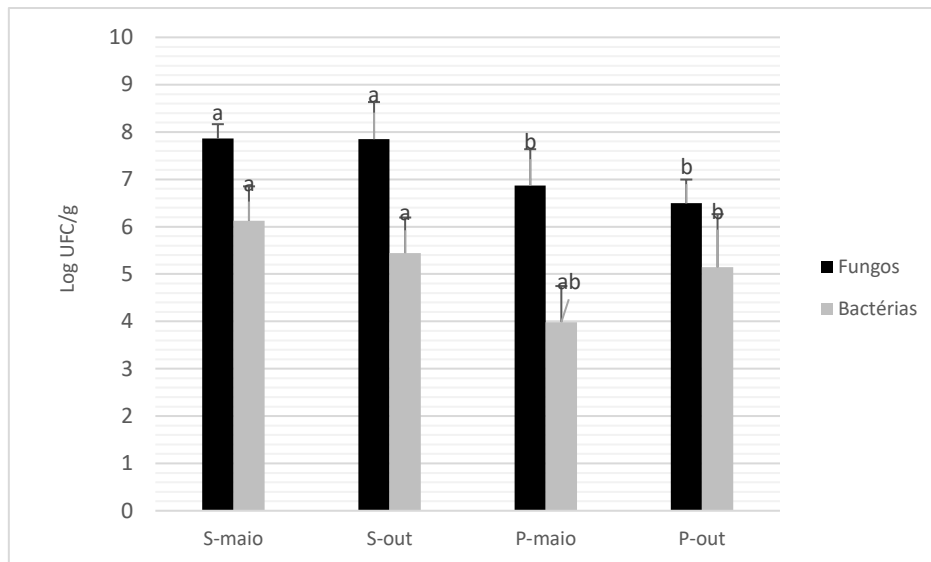


Figura 21. Abundância de bactérias e fungos nos dois locais. Letras diferentes por tipo de microrganismo indicam diferenças significativas entre locais ( $p < 0,05$ ); S é referente a Salgueiro e P a Parada.

Em ambos os locais (Parada e Salgueiros) os fungos predominam em relação às bactérias, assim, os fungos têm um papel extremamente relevante na componente microbiana do solo (Hawksworth, 1991).

Esta primeira análise permitiu demonstrar alguma diferenciação entre os dois locais em estudo. Assim, a quantidade de fungos e bactérias é superior em Salgueiros devido à matéria orgânica para decomposição estar mais acessível (terreno anteriormente usado para cultivo agrícola, nomeadamente cereal) e em maior quantidade para os microrganismos. Em Parada, os resíduos orgânicos existentes no solo provêm do pinhal previamente existente no local com um tipo de matéria orgânica, rica em lenhina, mais difícil de decompor pelos microrganismos. Isto é visível na recuperação do carbono da biomassa microbiana da primavera para o outono neste local. O conhecimento dos níveis CBM são importantes para avaliar a conservação da matéria orgânica no solo e monitorizar a gestão agronómica praticada, para que se possa implementar uma gestão mais conservativa da matéria orgânica e mais amiga do ambiente (Diegues et al., 2019).

Verificamos que as condições em Salgueiros são mais favoráveis para os microrganismos do solo (bactérias e fungos), isto pode ser devido aos diferentes usos prévios do solo visível também nas diferenças encontradas na percentagem de coberto vegetal do solo, referido anteriormente. Como se sabe no solo encontra-se uma dinâmica de simbiose extremamente expressiva entre as raízes de espécies florestais e os fungos. Sendo assim, a flora fornece aos fungos elementos essenciais para o seu desenvolvimento

gerados no processo de fotossíntese, em contrapartida estes através da absorção pelas hifas facilitam a captação de água e nutrientes indispensáveis a um crescimento robusto da planta. No entanto, segundo Peixoto (1992), quando o desenvolvimento de fungos e outros microrganismos ocorre na manta morta, verifica-se um aumento na extensão comunicativa entre as raízes e o solo. Assim sendo, criam-se canais nos quais a matéria orgânica se torna rapidamente ciclada, fator indispensável para um bom desenvolvimento da vegetação que se encontra num equilíbrio ténue e exposto a perturbações (Peixoto, 1992). É de realçar que em Salgueiros a taxa de mortalidade foi mais elevada, o que contraria correntes teóricas de outros autores, onde os microrganismos têm um grande impacto na produtividade dos vegetais. Tendo em conta que neste local (Salgueiros) existem melhores condições para os microrganismos, e, que estes se encontram em maior quantidade, tal facto deveria traduzir-se numa menor taxa de mortalidade consequente do efeito exercido nas plantas pelas vias de mutualismo ou relacionamento patogénico com plantas, e efeito de via indireta/livre onde os microrganismos também disponibilizam nutrientes à planta (van der Heijden et al., 2008). A rega efetuada, com periodicidade variável que podia atingir 15 dias, não foi suficiente para manter o vigor das plantas.

#### 4. CONCLUSÃO

Parada tem um total de riqueza específica florística mais elevado, e por isso é neste SD que se encontra maior diversidade de espécies arbustivas e de outras herbáceas. Salgueiros tem mais diversidade de gramíneas e leguminosas.

As percentagens de coberto vegetal são mais elevadas em Salgueiros e com uma composição significativamente diferente do SD de Parada. Por sua vez, observou-se uma maior quantidade de fungos e bactérias neste local (SD de Salgueiros), podendo estar relacionado com os diferentes usos do solo que ambos os locais tinham anteriormente à plantação de castanheiro (cereal em Salgueiros e floresta de pinheiro em Parada). A análise microbiológica demonstra que os fungos predominam em relação às bactérias em ambos os Soutos de demonstração, sendo, todavia, em maior quantidade no SD de Salgueiros. Não podemos deixar de referir que os valores da respiração do solo em ambos locais são mais elevados no período primaveril, isto demonstra que nesse período os microrganismos do solo têm mais atividade.

Esta primeira análise demonstrou que existem diferenças entre os dois locais em estudo que se podem traduzir em maior ou menor vigor dos soutos e consequentemente melhor ou pior adaptação às alterações climáticas. Novas avaliações estão em curso com vista à clarificação das tendências verificadas com vista à melhoria das estratégias de adaptação e gestão das regiões produtoras de castanha na região de Bragança-Vinhais. Espera-se futuramente poder traduzir as diferenças em índices específicos de diferenciação que permitam traduzir o vigor dos soutos associados a características específicas dos mesmos.

## 5. REFERÊNCIAS

- Abreu, C. G., Cardoso, J. F., Pinto, T., Lourenzo, P., Peixoto, F., Martins, L. M., Portela, E., & Martins, A. (2007). *Castanheiros*. [www.utad.pt](http://www.utad.pt)
- Araújo, E.A., Ker, J. C., Neves, J.C.L.N., Lani, J. L. (2012). Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia* v.5, n.1. (DOI): 10.5777/PAeT.V5.N1.12
- Braun-Blanquet J.; 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Blume Ediciones. Madrid.
- Brito, D., Esteves, R., Ramos, S., Pinto, T., & Gomes-Laranjo, J. (2012). ColUTAD e Ca90, dois porta-enxertos para o combate à doença da tinta no castanheiro. *Frutas, Legumes e Flores*, 124, 38–41.
- Carvalho, J.M. C.A. (2014). Métodos de luta alternativos contra a doença da tinta do castanheiro. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais. ISA, Universidade de Lisboa, 74 pp..
- Cepêda, R. E. D. O. V. (2014). *Programa de introgressão de genes de Castanea sativa no porta-enxerto ColUTAD. Avaliação ecofisiológica versus resistência à doença da tinta*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Vila Real, Portugal. 61p.
- Christensen, J., Hewitson, B., Busuioc, A., Chen, A., Gao, X., Held, I., Jones, R., Kolli, R.K.,Kwon, W.-T., Laprise, R., Magaña Rueda, V., Mearns, L., Menéndez, C., Räisänen, J., Rinke, A., Sarr, A., Whetton, P., (2007). Regional climate projections. Climate change 2007: the physical science basis. Contrib. Work. Gr. I to Fourth Assess. Rep. Intergov. Panel Clim. Chang. 847–940.
- Dale, Virginia (1997). The relation between land-use change and climate change. In *Ecological Applications*, 7(3), 753–769.
- Diegues, S., Pereira, E., Afonso, S., & Patrício, M. (2019). Estudo Comparativo da Microbiologia do Solo em Soutos Demonstração: Contributo para o Desenvolvimento de Estratégias de Adaptação Sustentáveis. Article In *Proceedings 5th Ibero-American Congress on Entrepreneurship, Energy, Environment and Technology (CIEEMAT), 11th – 13th September, Portalegre*, 319–323.
- Dinis, L. T., Luzio, A., Ferreira-Cardoso, J., Peixoto, F., Costa, R., & Gomes-Laranjo, J.

- (2009). Characterisation of Judia genotypes (*Castanea sativa* Mill.) from several Trás-os-Montes regions. *Acta Horticulturae*, 844(October), 189–198.
- Doran, J. W., & Zeiss, M. R. (2000). *Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality*. *Applied Soil Ecology*, Volume 15, Issue 1 15, 3–11.
- Fórum Florestal. (2015). *Estudo Económico de Desenvolvimento da Fileira da Castanha Relatório Global*. 46p.
- Gomes-Laranjo, J., Coutinho, J. P., E, F. P., & José Araújo Alves. (2007). Ecologia do castanheiro (*C. sativa* Mill.). *Castanheiros*, 109–149.
- Gomes, A. L., Abreu, C. G., & Castro, L. T. (1997). Um clone de castanheiro com resistência à doença da tinta. *NATO/SFS Programme III PO-Chestnut. Universidade de Trás-OsMontes e Alto Douro, Vila Real*.
- Hawksworth, D. L. (1991). The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance, and conservation. *Mycological Research*, 95(6), 641–655. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(09\)80810-1](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(09)80810-1)
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E GEOFÍSICA. (1991). *O Clima de Portugal*. (Fascículo).
- IPCC (2007). *Climate Change 2007, 2007. Summary for Policymakers*, in: Intergovernmental Panel on Climate Change (Ed.), *Climate Change 2013 – The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 1–30. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- IPCC (2013). *Summary for Policymakers, 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midg, Cambridge University Press. Gian-Kasper Plattner.
- ISO 16072. (2002). *Soil quality — Laboratory methods for determination of microbial soil respiration*.
- Kozłowski, T. T., Kramer, P. J., & Pallardy, S. G. (1991). The Physiological Ecology of Woody Plants. *Tree Physiology*, 8(2), 213. <https://doi.org/10.1093/treephys/8.2.213>
- Martins, A. (2004). *Micorrização controlada de Castanea sativa Mill.: Aspectos*

*fisiológicos da micorrização in vitro e ex vitro.*

Patrício M.S. Nunes, L.F. e Pereira E.L. (2012). Litterfall and litter decomposition in chestnut high forest stands in northern Portugal. *Forest Systems* 21(2): 259-271.

Patrício M.S., Nunes L., Diegues S., Pinheiro P., Borges A., Pereira A., Pando C., Afonso P., Laranjo J. (2018). Instalação de ensaios de adaptabilidade do porta-enxerto ColUTAD em situações climáticas contrastantes do NE Transmontano. Poster in “III Simpósio da Castanha”, organizado pela REFCAST, SCAP e IPB, 11 a 12 de outubro, Bragança. <http://hdl.handle.net/10198/19024>

Paz-Ferreiro, J., Trasar-Cepeda, C., Leirós, M., Seoane, S., & Gil-Sotres, F. (2011). *Intra-annual variation in biochemical properties and the biochemical equilibrium of different grassland soils under contrasting management and climate.*

Peixoto, A. . (1992). Vegetação da Costa Atlântica. In S. Monteiro & L. Kaz (Eds.), *Floresta Atlântica. Rio de Janeiro*. Alumbramento.

Pena.J. (2018). As alterações climáticas e o seu efeito na agricultura. *Agricultura e Mar Actual*.

Pérez-Girón, J. C., Álvarez-Álvarez, P., Díaz-Varelab, E. R. & Lopes D.M.M. (2020). Influence of climate variations on primary production indicators and on the resilience of forest ecosystems in a future scenario of climate change: Application to sweet chestnut agroforestry systems in the Iberian Peninsula. *Ecological Indicators* 113 (2020) 106199

Reeuwijk, van L. . (2002). *Procedures for soil analysis* (p. 119).

Serrano, J. F., Fernández, P. J., Rodríguez, J. A., Gutiérrez, F. J., & Martínez, P. M. (2001). El Castaño Manual y Guía Didáctica. *Léon*.

Silva, E. E. da, Azevedo, P. H. S. de, & De-Polli, H. (2007). *Determinação do Carbono da Biomassa Microbiana do Solo (BMS-C)*. Agosto,2007, 1–6.

Sparling, G. P., & West, A. W. (1988). A direct extraction method to estimate soil microbial C: calibration in situ using microbial respiration and <sup>14</sup>C labelled cells. *Soil Biology and Biochemistry*, 20(3), 337–343. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0038-0717\(88\)90014-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0038-0717(88)90014-4)

Stefanoski, D. C., Santos, G. G., Marchão, R. L., Petter, F. A., & Pacheco, L. P. (2013). Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. *Revista Brasileira de*

*Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17(12), 1301–1309. <https://doi.org/10.1590/s1415-43662013001200008>

van der Heijden, M. G. A., Bardgett, R. D., & van Straalen, N. M. (2008). The unseen majority: soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, 11(3), 296–310. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01139.x>

WRB, 2014. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports, FAO, Rome, No. 106.