

Miguel Mendonça Pacheco

Efeito da Gestão de Combustíveis e da Composição Florestal no Comportamento do Fogo

Orientador: Professor Joaquim Sande Silva

Coorientadora: Professora Carla Rodrigues

Coimbra, 2021

Miguel Mendonça Pacheco

Efeito da Gestão de Combustíveis e da Composição Florestal no Comportamento do Fogo

Relatório de Estágio Profissionalizante apresentado à
Escola Superior Agrária de Coimbra para cumprimento
dos requisitos necessários à obtenção do grau de
mestre em **GESTÃO AMBIENTAL**

Orientador: Professor Joaquim Sande Silva

Coorientadora: Professora Carla Rodrigues

Coimbra, 2021

Agradecimentos

Ao Professor Joaquim Sande Silva pela disponibilidade para me orientar e pelos conhecimentos transmitidos com a realização deste trabalho.

Ao Professor Paulo Fernandes pelos conselhos e sugestões que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

À Professora Carla Rodrigues pela ajuda na busca por um local de estágio e apoio ao longo do trabalho.

À Aline Oliveira pela tutoria e pelas muitas horas passadas em trabalho de campo, laboratório e escritório.

Ao Mauro Nereu pela ajuda na realização dos testes estatísticos.

Ao Miguel Peixoto pela ajuda na identificação de espécies.

À Tânia pela ajuda, apoio e incentivo que me deu ao longo destes meses. E pela paciência.

À minha família e amigos pelo apoio ao longo deste percurso.

Ao meu Avô Mendonça.

Resumo

Em Portugal, as Faixas de Gestão de Combustível são um dos meios de prevenção e contenção de incêndios previstos na legislação. No entanto, as medidas e normas que as regulam carecem de validação científica que avalie a sua eficácia. Este estudo tem como objetivos avaliar o efeito da gestão de combustíveis nestas faixas e o efeito do tipo de povoamento, no comportamento do fogo de superfície. Foram amostrados trinta pares de Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas, distribuídos pela Região Centro de Portugal, em povoamento de eucalipto, pinheiro-bravo e mistos de eucalipto/pinheiro-bravo e eucalipto/acácia. Os dados recolhidos em campo, incluindo dados micrometeorológicos, foram utilizados para realizar simulações de comportamento de fogo de superfície. Os resultados mostram que não existem diferenças estatisticamente significativas no comportamento do fogo de superfície entre os dois tipos de áreas, nem entre tipos de povoamentos. No entanto, na interpretação destes resultados deve ter-se em conta que este estudo avalia apenas fogo de superfície. No futuro, este estudo poderá ser melhorado pela inclusão do estudo de fogo de copas e pela inclusão de cenários meteorológicos mais severos.

Palavras-Chave: “Comportamento do Fogo”; “Gestão de Combustível”; “Modelos de Combustível”.

Abstract

In Portugal, Fuel Breaks are one of the ways of prevention and containment of wildfires present in legislation. However, the measures and standards that regulate them lack scientific validation to assess their effectiveness. This study aims to evaluate the effect of fuel management of Fuel Breaks and the effect of forest type, on surface fire behavior. Thirty pairs of Managed Areas vs. Non-Managed Areas were sampled, distributed throughout the Central Region of Portugal, in eucalyptus stands, maritime pine stands and mixed stands of eucalyptus/maritime pine and eucalyptus/acacia. Field data, including micrometeorological information, were used to perform surface fire behavior simulations. The results show that there are no statistically significant differences on surface fire behavior between the two types of areas, nor between types of stands. However, it should be taken into consideration that this study only assesses surface fire. In the future, this study could be improved by including canopy fire study and more severe weather scenarios.

Keywords: “Fire Behavior”; “Fuel Breaks”; “Fuel Models”.

Índice

1. Introdução	1
2. Metodologia	4
2.1. Área de estudo	4
2.2. Recolha de Dados	5
2.2.1. <i>Dados Dendrométricos</i>	7
2.2.2. <i>Caracterização da Vegetação</i>	7
2.2.3. <i>Micrometeorologia</i>	7
2.2.4. <i>Recolha de combustíveis</i>	7
2.3. Simulação de Comportamento de Fogo com BehavePlus	8
2.4. Cálculo de Variáveis	10
2.4.1. <i>Parâmetros de combustível</i>	10
2.4.2. <i>Parâmetros ambientais</i>	14
2.5. Análise Estatística	16
2.5.1. <i>Análise de Componentes Principais</i>	16
2.5.2. <i>Teste de Wilcoxon</i>	16
2.5.3. <i>Teste de Kruskal-Wallis e Comparações Múltiplas</i>	17
3. Resultados	18
3.1. Efeito da gestão de combustíveis no comportamento do fogo	18
3.1.1. <i>Análise de Componentes Principais</i>	18
3.1.2. <i>Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para o total de Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas</i>	21
3.1.3. <i>Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas por composição</i>	25
3.2. Efeito da composição dos povoamentos no comportamento do fogo	32
3.2.1. <i>Teste de Kruskal-Wallis em Áreas Geridas EUC vs MIX vs PIN</i>	32
3.2.2. <i>Teste de Kruskal-Wallis em Áreas Não Geridas EUC vs MIX vs PIN</i>	36
4. Discussão	41
5. Bibliografia	46
Anexo I – Ficha de Campo	50
Anexo II – Scripts RStudio	53

Índice de Figuras

Figura 1 - Áreas de estudo. Os pontos no mapa representam locais de amostragem...	5
Figura 2 - Esboço de um par de transectos junto a uma estrada. As formas verdes representam árvores.....	6
Figura 3 - Transecto em área não gerida.....	6
Figura 4 - Transecto em área gerida.....	6
Figura 5 - Print interface BehavePlus 6 Beta mostrando as variáveis de entrada para correr uma simulação de comportamento de fogo.	9
Figura 6 - Análise de Componentes Principais em Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas para os Parâmetros de Combustível e Ambientais recolhidos em campo.....	19
Figura 7 - Análise de Componentes Principais em EUC Gerido vs EUC Não Gerido para os Parâmetros de Combustível e Ambientais recolhidos em campo.	19
Figura 8 - Análise de Componentes Principais em MIX Gerido vs MIX Não Gerido para os Parâmetros de Combustível e Ambientais recolhidos em campo.	20
Figura 9 - Análise de Componentes Principais em PIN Gerido vs PIN Não Gerido para os Parâmetros de Combustível e Ambientais recolhidos em campo.	21
Figura 10 - Carga de Combustíveis Mortos de 1 H para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.....	22
Figura 11 - Carga de Combustíveis Mortos de 10 H para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.....	22
Figura 12 - Carga de Combustíveis Mortos de 100 H para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.....	22
Figura 13 - Carga de Combustíveis Herbáceos Vivos para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.....	22
Figura 14 - Carga de Combustíveis Arbustivos para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas	22
Figura 15 - Profundidade do Complexo Combustível para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.....	22
Figura 16 - Humidade de Combustíveis Mortos de 1 H para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.....	23
Figura 17 - Humidade de Combustíveis Mortos de 10 H para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.....	23
Figura 18 - Humidade de Combustíveis Mortos de 100 H para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.....	23
Figura 19 - Humidade de Combustíveis Herbáceos Vivos para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.....	23
Figura 20 - Humidade de Arbustivos Vivos para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.	24
Figura 21 - Velocidade do Vento para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.	24
Figura 22 - Humidade Relativa do Ar para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.	24
Figura 23 - Temperatura do Ar para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.	24
Figura 24 - Taxa de Propagação do Fogo para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.	25
Figura 25 - Calor por Unidade de Áreas para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas...	25
Figura 26 - Intensidade do Fogo para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.....	25
Figura 27 - Comprimento de Chama para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.	25
Figura 28 - Carga de Combustíveis Mortos de 1 H para EUC, MIX e PIN.	27

Figura 29 - Carga de Combustíveis Mortos de 10 H para EUC, MIX e PIN.	27
Figura 30 - Carga de Combustíveis Mortos de 100 H para EUC, MIX e PIN.	27
Figura 31 - Carga de Combustíveis Herbáceos para EUC, MIX e PIN.	27
Figura 32 - Carga de Combustíveis Arbustivos para EUC, MIX e PIN.	27
Figura 33 - Profundidade do Complexo Combustível para EUC, MIX e PIN.	27
Figura 34 - Humidade de Combustíveis Mortos de 1H para EUC, MIX e PIN.	29
Figura 35 - Humidade de Combustíveis Mortos de 10H para EUC, MIX e PIN.	29
Figura 36 - Humidade de Combustíveis Mortos de 100H para EUC, MIX e PIN.	29
Figura 37 - Humidade de Combustíveis Herbáceos Vivos para EUC, MIX e PIN.	29
Figura 38 - Humidade de Arbustivos Vivos para EUC, MIX e PIN.	29
Figura 39 - Velocidade do Vento para EUC, MIX e PIN.	29
Figura 40 - Humidade Relativa do Ar para EUC, MIX e PIN.	29
Figura 41 - Temperatura do Ar para EUC, MIX e PIN.	29
Figura 42 - Taxa de Propagação do Fogo para EUC, MIX e PIN.	31
Figura 43 - Calor por Unidade de Área para EUC, MIX e PIN.	31
Figura 44 - Intensidade do Fogo para EUC, MIX e PIN.	31
Figura 45 - Comprimento de Chama para EUC, MIX e PIN.	31
Figura 46 - Carga de Combustíveis Mortos de 1H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.	33
Figura 47 - Carga de Combustíveis Mortos de 10H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.	33
Figura 48 - Carga de Combustíveis Mortos de 100H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.	33
Figura 49 - Carga de Combustíveis Herbáceos para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.	33
Figura 50 - Carga de Combustíveis Arbustivos para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.	33
Figura 51 - Profundidade do Complexo Combustível para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.	33
Figura 52 - Humidade de Combustíveis Mortos de 1H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.	34
Figura 53 - Humidade de Combustíveis Mortos de 10H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.	34
Figura 54 - Humidade de Combustíveis Mortos de 100H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.	34
Figura 55 - Humidade de Combustíveis Herbáceos Vivos para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.	34
Figura 56 - Humidade de Combustíveis Arbustivos Vivos para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.	35
Figura 57 - Velocidade do Vento para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.	35
Figura 58 - Humidade Relativa do Ar para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.	35
Figura 59 - Temperatura do Ar para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.	35
Figura 60 - Taxa de Propagação do Fogo para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.	36
Figura 61 - Calor por Unidade de Área para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas. ..	36
Figura 62 - Intensidade do Fogo para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.	36
Figura 63 - Comprimento de Chama para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.	36

Figura 64 - Carga de Combustíveis Mortos de 1 H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.....	37
Figura 65 - Carga de Combustíveis Mortos de 10 H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.....	37
Figura 66 - Carga de Combustíveis Mortos de 100 H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.....	37
Figura 67 - Carga de Combustíveis Herbáceos para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.....	37
Figura 68 - Carga de Combustíveis Arbustivos para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.....	38
Figura 69 - Profundidade do Complexo Combustível para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.....	38
Figura 70 - Humidade de Combustíveis Mortos de 1 H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.....	38
Figura 71 - Humidade de Combustíveis Mortos de 10 H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.	38
Figura 72 - Humidade de Combustíveis Mortos de 1 H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.....	39
Figura 73 - Humidade de Combustíveis Herbáceos Vivos para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.	39
Figura 74 - Humidade de Combustíveis Arbustivos Vivos para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.	39
Figura 75 - Velocidade do Vento para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.	39
Figura 76 - Humidade Relativa do Ar para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.	39
Figura 77 - Temperatura do Ar para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.	39
Figura 78 - Taxa de Propagação do Fogo para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.....	40
Figura 79 - Calor por Unidade de Área para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.	40
Figura 80 - Intensidade do Fogo para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.....	40
Figura 81 - Comprimento de Chama para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.	40

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para os Parâmetros de Combustível de Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.	22
Tabela 2 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para os Parâmetros Ambientais de Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.	23
Tabela 3 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para o Comportamento do Fogo de Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.	24
Tabela 4 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para os Parâmetros de Combustível de EUC Gerido vs EUC Não Gerido.	26
Tabela 5 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para os Parâmetros de Combustível de MIX Gerido vs MIX Não Gerido.	26
Tabela 6 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para os Parâmetros de Combustível de PIN Gerido vs PIN Não Gerido.	26
Tabela 7 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para os Parâmetros Ambientais de EUC Gerido vs EUC Não Gerido.	28
Tabela 8 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para os Parâmetros Ambientais de MIX Gerido vs MIX Não Gerido.	28
Tabela 9 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para os Parâmetros Ambientais de PIN Gerido vs PIN Não Gerido.	28
Tabela 10 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para o Comportamento do Fogo de EUC Gerido vs EUC Não Gerido.	30
Tabela 11 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para o Comportamento do Fogo de MIX Gerido vs MIX Não Gerido.	30
Tabela 12 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para o Comportamento do Fogo de PIN Gerido vs PIN Não Gerido.	30
Tabela 13 - Teste de Kruskal-Wallis e teste de comparações múltiplas para os Parâmetros de Combustível de EUC vs MIX vs PIN Gerido.	32
Tabela 14 - Teste de Kruskal-Wallis e teste de comparações múltiplas para os Parâmetros Ambientais de EUC vs MIX vs PIN Gerido.	34
Tabela 15 - Teste de Kruskal-Wallis e teste de comparações múltiplas para o Comportamento do Fogo de EUC vs MIX vs PIN Gerido.	35
Tabela 16 - Teste de Kruskal-Wallis e teste de comparações múltiplas para os Parâmetros de Combustível de EUC vs MIX vs PIN Não Gerido.	37
Tabela 17 - Teste de Kruskal-Wallis e teste de comparações múltiplas para os Parâmetros Ambientais de EUC vs MIX vs PIN Não Gerido.	38
Tabela 18 - Teste de Kruskal-Wallis e teste de comparações múltiplas para o Comportamento do Fogo de EUC vs MIX vs PIN Não Gerido.	40

Lista de Acrónimos

DL – Decreto-Lei

EUC – Povoamento de Eucalipto

FGC – Faixas de Gestão de Combustíveis

H – Horas

IFN – Inventário Florestal Nacional

MIX – Povoamento Misto

PIN – Povoamento de Pinheiro-bravo

SGIFR – Sistema de Gestão Integrada de Fogos Rurais

SNDFCI – Sistema Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios

1. Introdução

Em Portugal continental, os espaços florestais representam cerca de 6,1 milhões de hectares de área, ocupada por floresta, matos e terrenos improdutivos (ICNF, 2019). Em termos de uso de solo, a floresta representa a maior fatia, com cerca de 36% da área continental. Desta, os eucaliptais constituem a maior percentagem (26,2%, 845 mil ha), seguidos dos montados de sobreiro (22,3%, 719,9 mil ha), e pinhais de pinheiro-bravo (22,1%, 713,3 mil ha). No entanto, se considerarmos a área ardida por espécie entre 2015 e 2018, o sobreiro representa apenas 1,6%, ao passo que o eucalipto constitui 45,5% e o pinheiro-bravo 40,9% (ICNF, 2019). De salientar que, entre os cinco maiores países do sul da Europa (Espanha, França, Grécia, Itália e Portugal), e no período de 1980 a 2020, Portugal é o país que regista maior número de incêndios e a segunda maior área ardida (San-Miguel-Ayanz et al., 2021).

Este trabalho foi desenvolvido durante a vigência do Decreto-Lei 124/2006 de 28 de junho, que estabelece as medidas e ações a desenvolver no âmbito do Sistema Nacional de Defesa da Floresta contra Incêndios (SNDFCI). Este DL sofreu várias alterações até ter sido recentemente revogado, estando agora em vigor o DL n.º 82/2021 de 13 de outubro, que estabelece o Sistema de Gestão Integrada de Fogos Rurais (SGIFR) no território continental e define as suas regras de funcionamento. Tanto o SNDFCI como o SGIFR preveem uma série de medidas e ações a tomar no âmbito do planeamento, prevenção e proteção da floresta contra incêndios, nomeadamente através da criação de redes de Faixas de Gestão de Combustível (FGC). Estas são faixas de terreno onde se realiza a gestão da carga combustível através da remoção total ou parcial da biomassa vegetal aí presente (ICNF, 2019). As faixas dividem-se em três níveis: rede primária, secundária e terciária, de âmbito distrital, municipal/local e local, respetivamente. Este trabalho foca-se nas faixas de gestão de combustível da rede secundária, com principal incidência nas envolventes da rede viária e parques industriais. De acordo a legislação, é obrigatório que a entidade responsável proceda a uma gestão do combustível numa faixa de largura não inferior a 10m nas redes viárias e não inferior a 100m nos parques industriais. No entanto, falta um trabalho de validação científica destas normas técnicas presentes na legislação, que demonstrem a sua eficácia em evitar a propagação de incêndios nas áreas intervencionadas, e que mostrem/estudem de que forma o comportamento do fogo é alterado.

Para verificar a eficácia da gestão dos combustíveis nestas faixas, é necessário caracterizar o comportamento do fogo recorrendo a simuladores. Para utilizar um simulador, neste caso baseado no modelo matemático de Rothermel (1972), é necessário que sejam fornecidos dados de modelos de combustível. Um modelo de combustível fornece informações sobre os parâmetros de combustível que influenciam o comportamento do fogo, nomeadamente: Carga de combustível de 1H, 10H, 100H, herbáceo e arbustivo vivo, relação superfície e volume dos combustíveis mortos de 1H, herbáceos e arbustivos, espessura do complexo combustível, poder calorífico e humidade de extinção (Fernandes et al., 2009). Nos últimos 50 anos, foram desenvolvidos vários modelos matemáticos para simular o comportamento do fogo, sendo um dos mais utilizados o modelo de Rothermel (1972). Com a especificação das propriedades dos combustíveis como *inputs*, é possível calcular alguns parâmetros de comportamento de fogo, como a taxa de propagação e a intensidade da frente de fogo (Anderson, 1982; Rothermel, 1972). A partir deste modelo matemático foram desenvolvidos vários modelos de combustível, sendo os 13 modelos de Anderson (1982), que caracterizam o comportamento do fogo em ecossistemas da América do Norte, os mais conhecidos e adaptados um pouco por todo o mundo (Fernandes et al., 2009). Em Portugal, foram desenvolvidos por Cruz (2005) um conjunto de modelos agregados de fotografias representativas da vegetação na Região Centro e, mais recentemente, Fernandes et al. (2009) desenvolveram um conjunto de modelos representativos da realidade de todo o território continental português. Além de caracterizar os combustíveis, é importante também caracterizar as alterações que ocorrem na micrometeorologia de cada local pois as diferenças entre cada tipo de coberto podem ser significativas, como demonstrado por Pinto e Fernandes (2014).

Este trabalho enquadra-se no projeto InduForestFire, que tem como objetivo saber qual o comportamento do fogo em redor de zonas industriais e analisar as especificidades das estruturas localizadas nessas zonas. Pretende-se, através de simulações de comportamento do fogo, sugerir soluções de gestão de combustível nestas zonas, uma vez que os critérios presentes na legislação não foram até agora validados cientificamente (InduForestFire, 2020). Estas simulações terão em conta os parâmetros de combustível registados nas áreas de estudo, bem como os parâmetros ambientais de cada local, sendo esta uma parte inovadora do estudo e que permitirá uma maior aproximação à realidade.

Sendo assim, este trabalho tem dois objetivos:

- Conhecer os efeitos da gestão de combustíveis e qual a sua influência no comportamento do fogo, comparando áreas geridas com não geridas, analisando também as diferenças microclimáticas entre estas;
- Conhecer as diferenças do comportamento fogo em áreas com coberto de eucalipto, pinheiro-bravo, e povoamentos mistos, características da Região Centro.

Considerando as diferentes características entre as áreas estudadas, espera-se:

- a) Que haja um agravamento do comportamento do fogo nas áreas não geridas relativamente às não geridas;
- b) Que haja um agravamento dos parâmetros ambientais importantes para o comportamento do fogo nas áreas geridas relativamente às não geridas;
- c) Que haja um agravamento dos parâmetros de comportamento do fogo nos povoamentos mistos, relativamente aos povoamentos de eucalipto e pinheiro-bravo.

2. Metodologia

2.1. Área de estudo

A área de estudo contempla trinta áreas de interface urbano-florestal, localizadas na Região Centro e que foram submetidas a intervenção no âmbito das faixas de gestão de combustíveis da rede secundária. Foram avaliadas áreas de três tipos de coberturas florestais: Povoamentos com coberto de *Eucalyptus globulus* (EUC) que correspondem a dez áreas, povoamentos com coberto de *Pinus pinaster* (PIN) que também correspondem a dez áreas e povoamentos com coberto misto (MIX). Estes povoamentos mistos dividem-se em dois subtipos: cinco áreas de florestas com igual predominância entre pinheiro-bravo e eucalipto e cinco áreas de florestas com igual predominância entre eucalipto e acácia (*Acacia* spp.). As áreas foram escolhidas de acordo com o tipo de povoamento e sempre onde houvesse uma faixa de gestão adjacente pois, segundo o 6º IFN, este tipo de floresta é o mais predominante em Portugal continental e também o mais afetado por incêndios. A Figura 1 mostra a localização das áreas de estudo e é possível identificar que estas se encontram principalmente nos concelhos de Cantanhede, Coimbra, Mealhada, Miranda do Corvo e Vila Nova de Poiares.

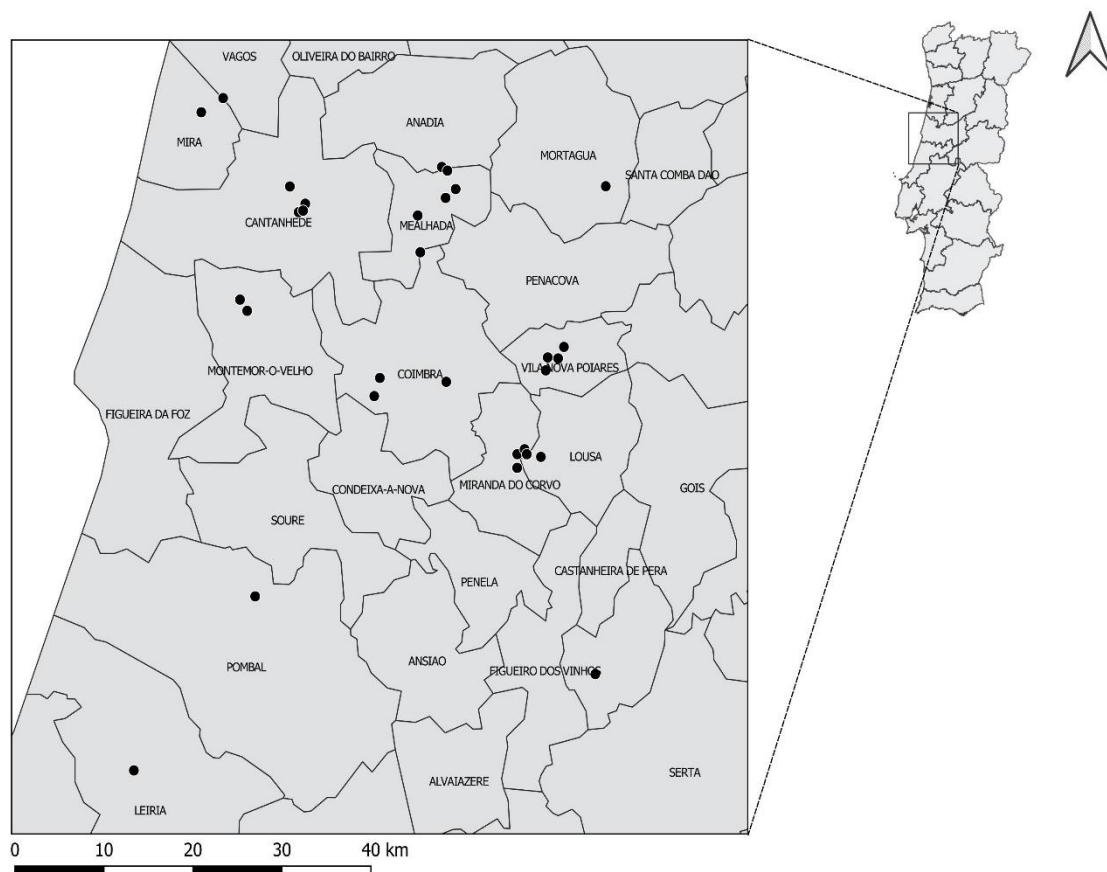


Figura 1 - Áreas de estudo. Os pontos no mapa representam locais de amostragem.

2.2. Recolha de Dados

A recolha de dados de campo foi realizada em pares de transectos (linha ao longo de uma faixa de terreno ao longo da qual são registadas as ocorrências do que se pretende estudar) para avaliação dendrométrica, caracterização da vegetação, avaliação micrometeorológica e recolha de combustíveis entre áreas florestais geridas e não geridas (Figura 2). Em cada área, foram estabelecidos dois transectos lineares de 20m de comprimento, um na área gerida e outro na área não gerida em cada par, materializados com três estacas sinalizadoras aos 0m, 10m e 20m e com uma fita métrica em todo o comprimento do transecto (Figuras 3 e 4). Todos os dados para cada transecto foram registados na ficha de campo apresentada no Anexo I. Para cada par, foi escolhido um dos modelos propostos por Fernandes et al. (2009) de onde foram utilizados alguns parâmetros que não foi possível retirar no campo, como a humidade de extinção e relação entre superfície e volume.

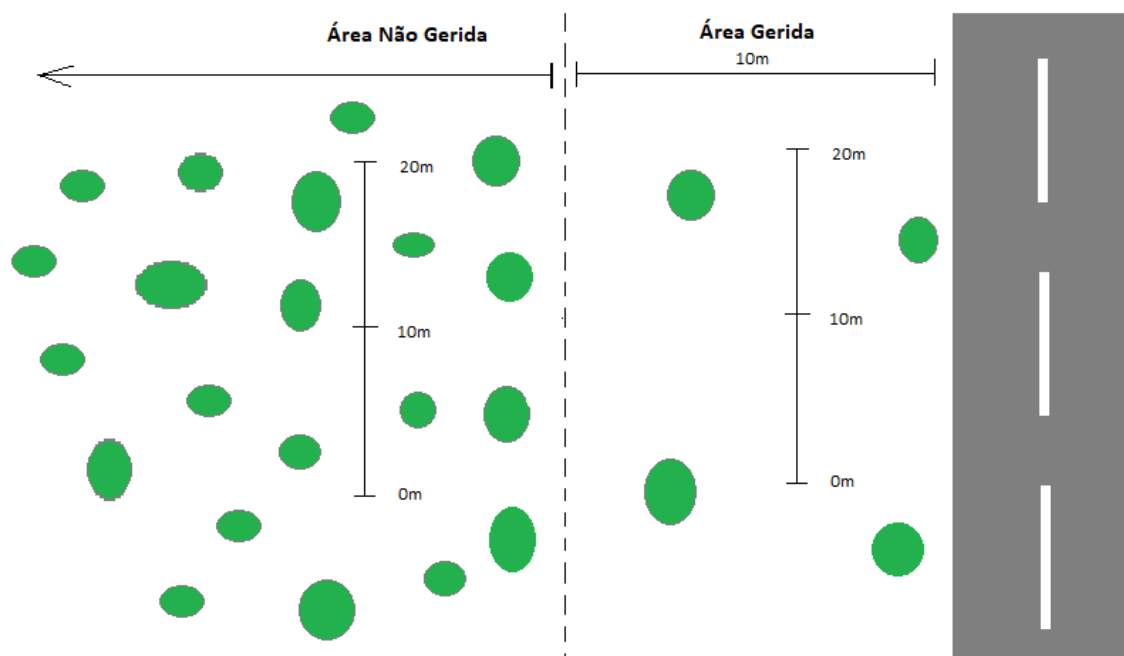


Figura 2 - Esboço de um par de transectos junto a uma estrada. As formas verdes representam árvores.



Figura 3 - Transecto em área não gerida.



Figura 4 - Transecto em área gerida.

2.2.1. Dados Dendrométricos

Aos 0m, 10m e 20m foram colocadas perpendicularmente duas varas metálicas, definindo assim quatro quadrantes. e com uma fita métrica foi medida a distância das árvores mais próximas ao ponto em cada quadrante e registada a espécie. Foi medido ainda, com uma suta, o diâmetro à altura do peito das quatro árvores selecionadas, a sua altura total e altura da base das copas com o hipsómetro VERTEX.

2.2.2. Caracterização da Vegetação

Os transectos foram divididos em 21 pontos, distanciados um metro entre si e em cada ponto, em cilindros imaginários de 50cm de diâmetro, foi feita a caracterização da vegetação. Foi medida a altura de cada espécie diferente (arbustiva ou herbácea) com uma fita métrica metálica ou mira graduada de dois metros, e estimada a sua percentagem de ocupação no cilindro e a percentagem de planta que está viva. Foi medida também a profundidade da folhada com uma régua desde o topo da camada F (folhada em decomposição) até ao topo da camada L (folhada) (Burgan e Rothermel, 1984) e estimada a percentagem de ocupação do cilindro.

2.2.3. Micrometeorologia

Em simultâneo nos dois transectos e durante dez minutos em cada ponto (0m, 10m, 20m), com recurso a estações meteorológicas portáteis, foram registadas a velocidade do vento, a temperatura e a humidade, com intervalo de dois segundos entre cada medição. Depois foi feita uma média destas três medições por transecto.

2.2.4. Recolha de combustíveis

Em cada transecto foram feitas recolhas de material combustível para cálculo do teor de humidade e carga de combustível de 1H, 10H e 100H. Para o teor de humidade, foram recolhidas em caixas herméticas com volume de 2,6dm³ amostras representativas do transecto de arbustos e herbáceas vivas, arbustos e herbáceas mortas, folhada e material das copas das árvores. Numa caixa com volume 26,5dm³, com uma tampa com 0,22m², foi recolhida em três pontos do transecto (0m, 10m e 20m) a folhada abrangida pela área dessa tampa, para depois se calcular a carga de combustível.

2.3. Simulação de Comportamento de Fogo com BehavePlus

O BehavePlus é um *software* de simulação de comportamento de fogo baseado em modelos matemáticos de comportamento e efeito do fogo, sendo o modelo de Rothermel (1972) para fogos de superfície especialmente relevante para este trabalho. Este programa é utilizado para vários fins como previsão de comportamento de incêndios florestais, planeamento de ações de fogo controlado, investigação de incêndios, entre outros (Andrews, 2013). Neste trabalho foi utilizada a componente de simulação de fogos de superfície da versão 6.0 Beta e que calcula os seguintes quatro parâmetros:

Taxa de Propagação do Fogo (m/min): Velocidade com que o fogo percorre os combustíveis de superfície.

Calor do Fogo por unidade de área (kJ/m²): Energia libertada sob a forma de calor por unidade de área dentro da frente de fogo.

Intensidade do Fogo (kW/m): Energia libertada sob a forma de calor por unidade de tempo e numa secção de um metro de largura no complexo combustível

Comprimento do Chama (m): Medida da distância média entre o meio da zona de combustão e a ponta das chamas.

Para chegar a estes valores de simulações foi necessário calcular uma série de variáveis de entrada no programa, que se mostra na Figura 5.

BehavePlus 6.0.0 - [unnamed01.bpr]

File Calculate View Configure Pages Windows Tools Help

Fuel/Vegetation, Surface/Understory			Initialize from a Fuel Model
Fuel Model Number		→	
Fuel Model Code		→	
Fuel Model Type		→	
1-h Fuel Load	tonne/ha	→	
10-h Fuel Load	tonne/ha	→	
100-h Fuel Load	tonne/ha	→	
Live Herbaceous Fuel Load	tonne/ha	→	
Live Woody Fuel Load	tonne/ha	→	
1-h Fuel SA/V	m2/m3	→	
Live Herbaceous Fuel SA/V	m2/m3	→	
Live Woody Fuel SA/V	m2/m3	→	
Fuel Bed Depth	m	→	
Dead Fuel Moisture of Extinction	%	→	
Dead Fuel Heat Content	kJ/kg	→	
Live Fuel Heat Content	kJ/kg	→	
Fuel Moisture			
1-h Fuel Moisture	%	→	
10-h Fuel Moisture	%	→	
100-h Fuel Moisture	%	→	
Live Herbaceous Fuel Moisture	%	→	
Live Woody Fuel Moisture	%	→	
Weather			
Midflame Wind Speed (upslope)	km/h	→	
Terrain			
Slope Steepness	%	→	

Figura 5 - Print interface BehavePlus 6 Beta mostrando as variáveis de entrada para correr uma simulação de comportamento de fogo.

2.4. Cálculo de Variáveis

Os valores das variáveis de entrada necessários fornecer ao BehavePlus foram obtidos do seguinte modo:

2.4.1. Parâmetros de combustível

Carga 1H, 10H e 100H (ton/ha): Peso do combustível morto de 1H, 10H e 100H por unidade de área.

$$Carga = \left(\frac{massa\ total}{\acute{a}rea} \right) * 10$$

Onde,

massa total - massa seca (kg)

área – área total dos pontos de recolha (m²)

Amostragem destrutiva da folhada abrangida pela área de uma tampa com 0,22m² em três pontos de cada transecto (0m, 10m e 20m). Em laboratório, foi separada a folhada com diâmetro inferior a 6 mm (Carga 1H), a folhada com diâmetro superior a 6 mm e inferior a 25 mm (Carga 10H) e a folhada com diâmetro superior a 25 mm (Carga 100H). As amostras foram depois colocadas em recipientes metálicos para serem introduzidas na estufa a 104°C durante 24 horas ou 84°C durante 48 horas, conforme a estufa estivesse a ser utilizada no momento da pesagem. Depois de retiradas da estufa, as amostras foram pesadas dentro de cada recipiente e depois foi pesado apenas o recipiente e calculada a diferença entre estes, de modo a se obter a massa de folhada seca. A massa total obtida em gramas foi depois convertida para quilogramas e dividida pela soma da área em metros quadrados de três tampas. Esse valor foi depois convertido para toneladas por hectare¹.

Carga Herbáceas Vivas (ton/ha): Peso do combustível herbáceo vivo por unidade de área.

$$Carga\ Herbáceas\ Vivas = \frac{M_{vivo}}{(\pi * 0,25^2) * 21}$$

¹ $1 \left(\frac{ton}{ha} \right) = 10 \left(\frac{kg}{m^2} \right)$

Onde,

Mvivo – traduz a massa de material vivo, sendo expressa através da seguinte expressão:

$$Mvivo = Vvivo * d$$

Em que,

Vvivo - volume material vivo (m³)

d - densidade aparente do material (kg/m³)

O volume de material vivo é estimado através da:

$$Vvivo = \pi * 0,25^2 * h * po * pv$$

Onde,

h - altura individuo (m)

po - percentagem de ocupação (%)

pv - percentagem de material vivo (%).

A densidade aparente do material a partir do modelo HER-01 (Cruz, 2005) da seguinte forma:

$$d = \frac{carga}{profundidade}$$

Onde,

carga – carga total dos combustíveis do modelo

profundidade – profundidade do complexo combustível

Para se obter a massa individual de uma herbácea, o volume de material vivo foi multiplicado pelo valor de densidade aparente de herbáceas do modelo HER-01 (Cruz, 2005). Depois foi somada a massa total de herbáceas presentes no transecto e dividida pela área total dos 21 círculos. Esse valor foi depois convertido para toneladas por hectare.

Carga Arbustivas Vivas (ton/ha): Peso do combustível arbustivo vivo por unidade de área.

$$Carga\ Arbustivas\ Vivas = \frac{M_{vivo}}{(\pi * 0,25^2) * 21}$$

Onde,

M_{vivo} – traduz a massa de material vivo, sendo expressa através da seguinte expressão:

$$M_{vivo} = V_{vivo} * d$$

Em que,

V_{vivo} - volume material vivo (m³)

d - densidade aparente do material (kg/m³)

O volume de material vivo é estimado através da:

$$V_{vivo} = \pi * 0,25^2 * h * po * pv$$

Onde,

h - altura individuo (m)

po - percentagem de ocupação (%)

pv - percentagem de material vivo (%).

Para se obter a massa individual de um arbusto, o volume de material vivo foi multiplicado pelo valor de densidade aparente da respetiva espécie ou similar (Silva et al., 2006). Depois foi somada a massa total de arbustos presentes no transecto e dividida pela área total dos 21 círculos. Esse valor foi depois convertido para toneladas por hectare.

Relação Superfície/Volume 1H (m²/m³): Área de superfície do combustível dividida pelo volume desse combustível.

Utilizado o valor presente em (Cohen et al., 2003) da espécie predominante na folhada das áreas não geridas (pinheiro-bravo ou eucalipto) e o mesmo valor foi utilizado

para as áreas geridas. Para povoamentos mistos, foi feita uma ponderação pelo número de árvores de cada espécie aí presentes.

Relação Superfície/Volume Herbáceas Vivas(m^2/m^3): Área de superfície total de uma folha de planta herbácea dividida pelo volume ocupado por essa folha.

Utilizado o valor do modelo HER-01 (Cruz, 2005).

Relação Superfície/Volume Arbustivas Vivas(m^2/m^3): Área de superfície total de uma folha de planta arbustiva dividida pelo volume ocupado por essa folha.

Utilizado o valor individualizado da própria espécie ou similar (Cohen et al., 2003) para cada indivíduo presente nos 21 pontos de cada transecto. Depois foi feita uma média ponderada por volume ocupado por cada indivíduo.

Profundidade (m): Espessura do combustível de superfície.

Em cada ponto, foi medida a profundidade da folhada com uma régua desde o topo da camada F até ao topo da camada L (Burgan & Rothermel 1984) e calculada uma média nos 21 pontos. Para arbustos, foi calculada a média das alturas dos indivíduos identificados nos 21 pontos. Para herbáceas, foi utilizado o mesmo procedimento dos arbustos. Depois estes valores são introduzidos na folha de cálculo NEXUS. Esta é destinada a produzir modelos compósitos a partir de dados de campo, prontos a servir de entrada no *software* BehavePlus e permite calcular uma única profundidade a partir de vários estratos de combustível. Após realizar uma primeira ronda de simulações no BehavePlus, foi verificado que os modelos gerados estavam muito compactos, ou seja, a carga era demasiado elevada tendo em conta a profundidade calculada. Para permitir simulações mais realistas, é normal calibrar os modelos de combustível. E sendo que o modelo de Rothermel é muito sensível ao fator compactação do combustível, é normalmente necessário calibrar este parâmetro através de um ajuste na profundidade. Para corrigir estas profundidades subestimadas, foi calculada uma razão de proporcionalidade entre profundidade e carga total dos modelos que mais se aproximam de cada transecto de Fernandes et al. (2009). Depois foi dividida a carga total obtida para cada transecto por essa razão de proporcionalidade e assim obtida uma profundidade ajustada.

Humidade de Extinção (%): Teor de humidade característico do combustível morto acima do qual a probabilidade de ocorrer uma ignição é quase nula.

Assumido o valor do modelo que mais se aproxima do transecto para folhada, arbustos e herbáceas (Cruz, 2005; Fernandes et al., 2009). Os valores foram introduzidos na folha de cálculo NEXUS e foi obtida uma única humidade de extinção ponderada pelas cargas de folhada, arbustos e herbáceas.

Poder Calorífico Combustível Morto e Poder Calorífico Combustível Vivo (kJ/kg): Quantidade de energia térmica contida numa unidade de combustível morto.

Utilizado o valor individualizado da própria espécie ou similar (Cohen et al., 2003) para cada indivíduo presente nos 21 pontos de cada transecto. Depois foi feita uma média ponderada por volume ocupado por cada indivíduo.

2.4.2. Parâmetros ambientais

Humidade Combustível 1H, Herbáceas Vivas e Arbustivas Vivas (%): Percentagem de água presente no combustível morto de 1H, combustível herbáceo vivo e combustível arbustivo vivo.

$$\text{Humidade Combustível (\%)} = \frac{\text{Peso Húmido} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} * 100$$

Onde,

Peso Húmido - Peso da amostra antes de entrar na estufa (g)

Peso Seco - Peso da amostra depois de sair da estufa (g)

Foi recolhida uma amostra de folhada, uma de herbáceas vivas e outra de arbustivas vivas, em caixas herméticas com volume 2,6 dm³. Em laboratório, foram pesados os recipientes com as amostras (Peso Total Húmido) e colocadas em recipientes metálicos de laboratório e depois pesados apenas os recipientes de campo. As amostras foram introduzidas na estufa a 104° durante 24H ou 84° durante 48H. Após este tempo, as amostras foram novamente pesadas, bem como os recipientes de laboratório (Peso Total Seco). Ao Peso Total Húmido foi subtraído o peso do recipiente de campo e obtido o Peso Húmido. Ao Peso Total Seco foi subtraído o peso do recipiente de laboratório e obtido o Peso Seco.

Humidade Combustível 10H (%): Percentagem de água presente no combustível morto de 10H.

Soma de 1% ao valor de Humidade Combustível 1H (Scott & Burgan, 2005).

Humidade Combustível 100H (%): Percentagem de água presente no combustível morto de 100H.

Soma de 2% ao valor de Humidade Combustível 1H (Scott & Burgan, 2005).

Neste trabalho, foram utilizadas duas estações meteorológicas portáteis Kestrel 5500, que permitem medir velocidade e direção do vento, humidade, temperatura e pressão. Estas estações foram montadas em tripés de modo a obter a informação necessária para calcular os seguintes parâmetros:

Velocidade do Vento (km/h): Velocidade do vento superficial que influencia o fogo. Valor obtido nas estações meteorológicas utilizadas em campo. Leituras de dois em dois segundos, durante dez minutos em três pontos do transecto (0m, 10m, 20m). É calculada a média dos valores obtidos em cada ponto e depois a é feita a média das médias dos três pontos.

Inclinação do Terreno (%): Neste estudo foi assumida uma inclinação 0% para todos os transectos.

Foram ainda obtidos dois parâmetros não que, não sendo necessários para correr as simulações no BehavePlus, foram utilizados para realizar análise estatística:

Temperatura do Ar (°C): Valor obtido nas estações meteorológicas utilizadas em campo. Leituras de dois em dois segundos, durante dez minutos em três pontos do transecto (0m, 10m, 20m). É calculada a média dos valores obtidos em cada ponto e depois a é feita a média das médias dos três pontos.

Humidade Relativa do Ar (%): Valor obtido nas estações meteorológicas utilizadas em campo. Leituras de dois em dois segundos, durante dez minutos em três pontos do transecto (0m, 10m, 20m). É calculada a média dos valores obtidos em cada ponto e depois a é feita a média das médias dos três pontos.

2.5. Análise Estatística

A seguir explicam-se os testes estatísticos utilizados neste trabalho. Todos eles foram executados recorrendo ao *software* de análise estatística RStudio (R Core Team, 2021), cujos *scripts* se encontram no ANEXO II.

2.5.1. Análise de Componentes Principais

A Análise de Componentes Principais é uma técnica exploratória utilizada para simplificar um conjunto de dados em apenas 2 dimensões. Esta transforma os parâmetros escolhidos num novo sistema de coordenadas em que estas novas variáveis, as componentes principais, são funções lineares dos parâmetros originais (Sewell, 2007). Esta técnica exploratória foi utilizada para perceber se há diferentes padrões nas várias variáveis medidas entre áreas geridas e não geridas. Para esta análise no RStudio, foram utilizados os pacotes *devtools* (v2.4.2; Wickham, Hester & Chang, 2021) e *factoextra* (v1.0.7.999; Kassambra & Mundt, 2020).

2.5.2. Teste de Wilcoxon

O teste de Wilcoxon é um teste de hipóteses não paramétrico utilizado para comparar duas amostras emparelhadas para avaliar se existem diferenças estatisticamente relevantes entre elas (Wilcoxon, 1946). Antes de se realizar este, foi necessário verificar se a distribuição dos dados era normal ou não, através do teste de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965). Verificou-se então que os dados não seguiam uma distribuição normal e seria válido aplicar o teste de Wilcoxon.

Este teste foi realizado para avaliar as diferenças estatisticamente relevantes entre os parâmetros das seguintes amostras:

- Gerido vs Não Gerido (30 pares de amostras);
- EUC Gerido vs EUC Não Gerido (10 pares de amostras);
- MIX Gerido vs MIX Não Gerido (10 pares de amostras);
- PIN Gerido vs PIN Não Gerido (10 pares de amostras).

Um resultado é considerado estatisticamente significativo quando $p\text{-value}$ (probabilidade estatística associada ao teste, ou nível de significância) ≤ 0.05 .

Para correr o teste de Shapiro-Wilk e o teste de Wilcoxon, foi utilizado o pacote *stats* incorporado no programa R (R Core Team, 2021).

2.5.3. Teste de Kruskal-Wallis e Comparações Múltiplas

O teste de Kruskal-Wallis é um teste de não paramétrico utilizado para comparar duas ou mais amostras independentes para avaliar se existem diferenças estatisticamente relevantes entre elas (Kruskal & Wallis, 1952).

Foi realizado para avaliar as diferenças estatisticamente relevantes entre os parâmetros das seguintes amostras:

- EUC Gerido vs MIX Gerido vs PIN Gerido (30 amostras);
- EUC Não Gerido vs MIX Não Gerido vs PIN Não Gerido (30 amostras).

Um resultado é considerado estatisticamente significativo quando p-value (probabilidade estatística associada ao teste ou nível de significância) ≤ 0.05 .

Para correr o teste de Kruskal-Wallis, foi utilizado o pacote stats (R Core Team, 2021).

Posteriormente, foi realizado um teste de comparações múltiplas (post-hoc) para avaliar entre que povoamentos é que há diferença estatisticamente relevante. Foram realizadas as seguintes comparações:

- EUC Gerido vs MIX Gerido;
- EUC Gerido vs PIN Gerido;
- MIX Gerido vs PIN Gerido;
- EUC Não Gerido vs MIX Não Gerido;
- EUC Não Gerido vs PIN Não Gerido;
- MIX Não Gerido vs PIN Não Gerido;

Para correr o teste de comparações múltiplas (post-hoc), foi utilizado o pacote pgirmess (v1.7.0; Giraudoux, 2021).

Para o cálculo das médias, desvio padrão, erro padrão e para gerar os gráficos, foram utilizados os pacotes ggplot2 (Wickham, 2016), Rmisc (v1.5; Hope, 2013) e tidyr (v1.1.3; Wickham, 2021).

3. Resultados

Neste capítulo encontram-se os resultados obtidos para os Parâmetros de Combustível, Parâmetros Ambientais e Comportamento do Fogo, bem como a análise exploratória e análise estatística efetuada. Por serem valores tabelados, os parâmetros Relação Superfície/Volume 1H, Relação Superfície/Volume Herbáceas Vivas, Relação Superfície/Volume Arbustivas Vivas, Humidade de Extinção, Poder Calorífico Combustível Morto e Poder Calorífico Combustível Vivo não foram submetidos a testes estatísticos.

3.1. Efeito da gestão de combustíveis no comportamento do fogo

Aqui apresentam-se os resultados obtidos das comparações entre Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.

3.1.1. Análise de Componentes Principais

A seguir apresenta-se a Análise de Componentes Principais realizada para todo o conjunto de Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas e para cada uma das três composições.

A partir da análise da Figura 6, que engloba a totalidade de Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas, verifica-se que a primeira componente explica 34% dos dados enquanto a segunda explica 24%, sendo que no total explicam 58% da variabilidade dos dados. Verifica-se ainda que a Velocidade do Vento e Temperatura do Ar estão correlacionadas com Áreas Geridas, estão relacionadas positivamente entre si e negativamente em relação às restantes variáveis.

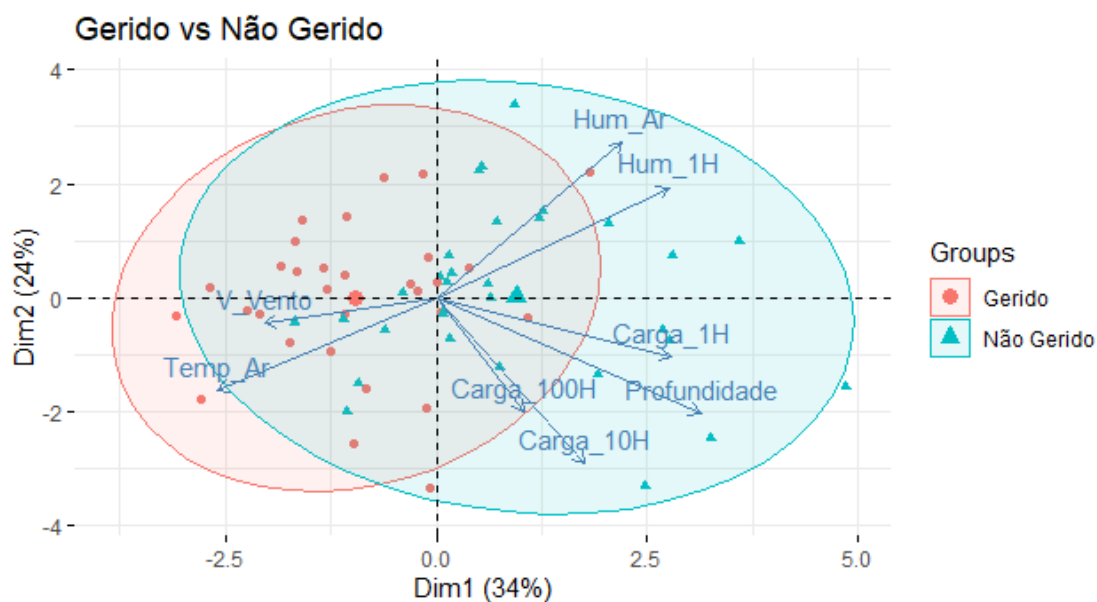


Figura 6 - Análise de Componentes Principais em Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas para os Parâmetros de Combustível e Ambientais recolhidos em campo.

A partir da análise da Figura 7, para áreas de EUC, verifica-se que a primeira componente explica 41,8% dos dados enquanto a segunda explica 22,1%, sendo que no total explicam 63,9% da variabilidade dos dados. Verifica-se ainda que a Velocidade do Vento e Temperatura do Ar estão correlacionadas com Áreas Geridas de EUC, estão relacionadas positivamente entre si e negativamente em relação às restantes variáveis.

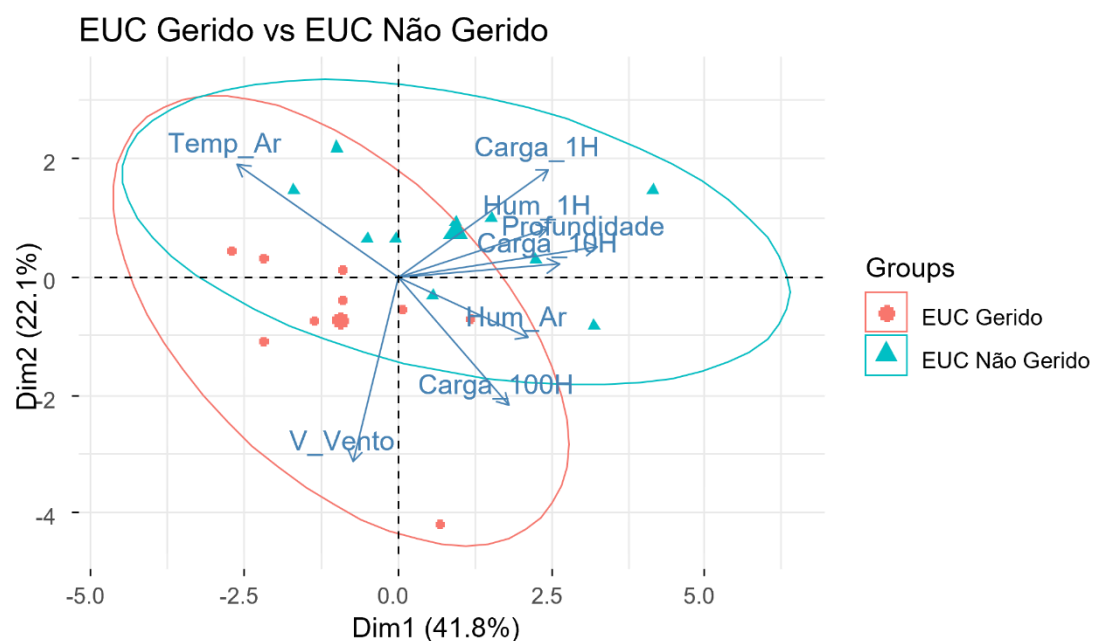


Figura 7 - Análise de Componentes Principais em EUC Gerido vs EUC Não Gerido para os Parâmetros de Combustível e Ambientais recolhidos em campo.

A partir da análise da Figura 8, para áreas de MIX, verifica-se que a primeira componente explica 44,3% dos dados enquanto a segunda explica 21,3%, sendo que no total explicam 65,6% da variabilidade dos dados. Verifica-se ainda que a Velocidade do Vento, a Temperatura do Ar e a Carga de Combustíveis Mortos de 100H estão correlacionadas com Áreas Geridas de MIX, estão relacionadas positivamente entre si e negativamente em relação às restantes variáveis.

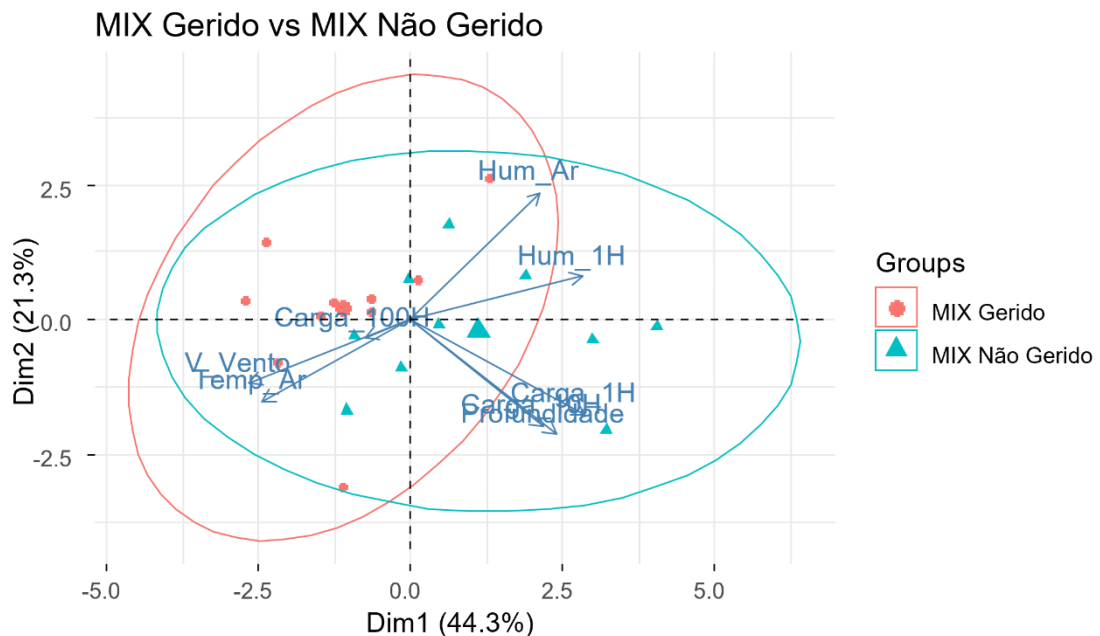


Figura 8 - Análise de Componentes Principais em MIX Gerido vs MIX Não Gerido para os Parâmetros de Combustível e Ambientais recolhidos em campo.

A partir da análise da Figura 9, para áreas de PIN, verifica-se que a primeira componente explica 36,2% dos dados enquanto a segunda explica 25,6%, sendo que no total explicam 61,8% da variabilidade dos dados. Verifica-se ainda que a Velocidade do Vento, a Temperatura do Ar e a Carga de Combustíveis Mortos de 10H estão correlacionadas com Áreas Geridas de PIN, estão relacionadas positivamente entre si e negativamente em relação às restantes variáveis.

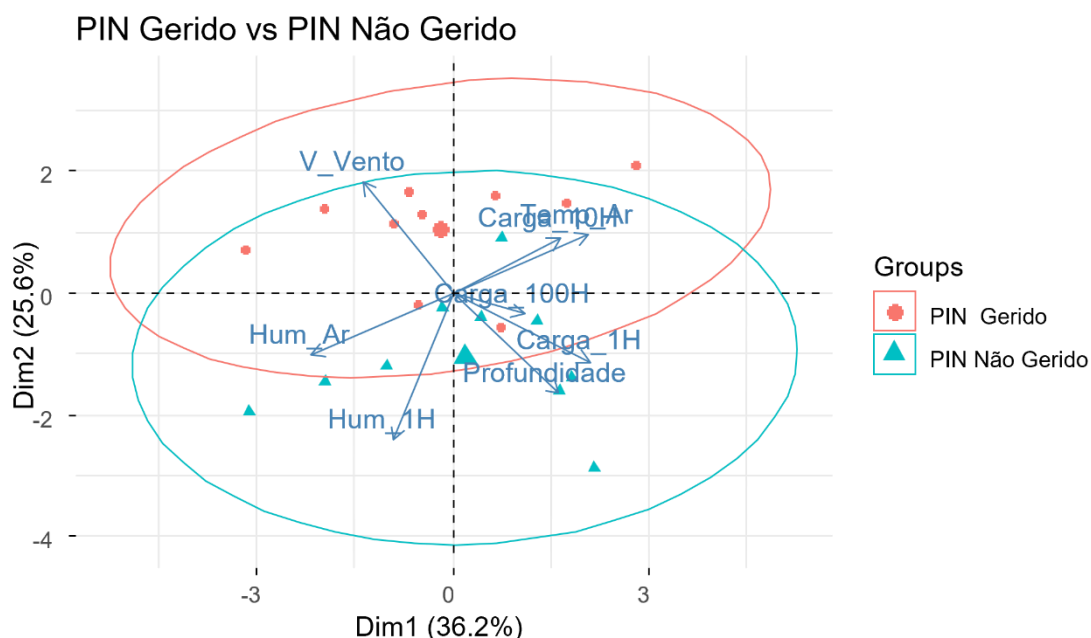


Figura 9 - Análise de Componentes Principais em PIN Gerido vs PIN Não Gerido para os Parâmetros de Combustível e Ambientais recolhidos em campo.

3.1.2. Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para o total de Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas

A tabela e gráficos seguintes mostram as médias, desvio padrão e erro padrão, bem como os resultados do teste de Wilcoxon entre todo o conjunto de Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas. Nos gráficos, um asterisco no topo das barras significa que para esse parâmetro, do teste de Wilcoxon resultou um valor estatisticamente significativo.

A partir da tabela 1 e dos gráficos seguintes relativos aos Parâmetros de Combustível, é possível observar que nos parâmetros Carga de Combustíveis Mortos de 1H (Figura 10), Carga de Combustíveis Arbustivos (Figura 14) e Profundidade (Figura 15), há diferenças estatisticamente significativas pois os valores obtidos do teste de Wilcoxon foram menores que 0,05. Para estes parâmetros, os valores médios obtidos foram superiores nas Áreas Não Geridas.

Tabela 1 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para os Parâmetros de Combustível de Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.

Parâmetros de Combustível								
Parâmetro	Gerido			Não Gerido			Wilcoxon	
	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	V	p-value
Carga 1H (ton/ha)	5,39	3,78	0,69	9,78	5,23	0,96	38	<0,01
Carga 10H (ton/ha)	2,45	2,60	0,47	3,26	2,67	0,49	130	0,06
Carga 100H (ton/ha)	0,79	1,92	0,35	0,89	1,93	0,35	76,5	1
Carga Herbáceas (ton/ha)	0,39	0,47	0,09	0,44	0,58	0,11	233	1
Carga Arbustivas (ton/ha)	0,87	0,95	0,17	2,28	2,78	0,51	108	<0,01
Profundidade (m)	0,30	0,18	0,03	0,55	0,30	0,06	40	<0,01

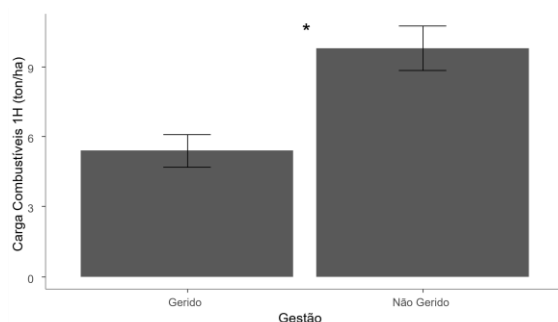


Figura 10 - Carga de Combustíveis Mortos de 1 H para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas

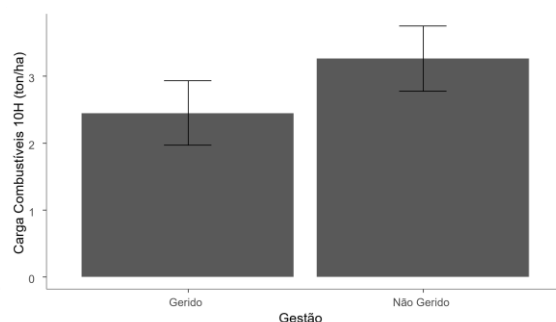


Figura 11 - Carga de Combustíveis Mortos de 10 H para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas

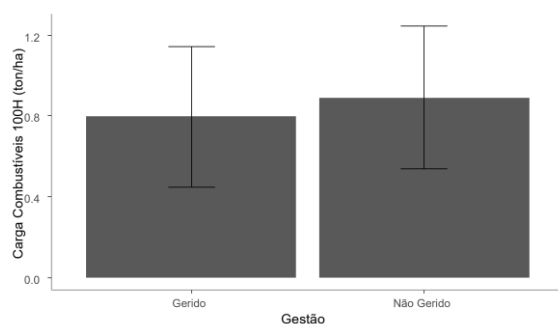


Figura 12 - Carga de Combustíveis Mortos de 100 H para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas

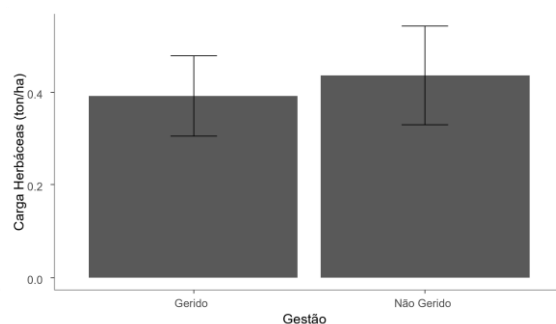


Figura 13 - Carga de Combustíveis Herbáceos Vivos para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas

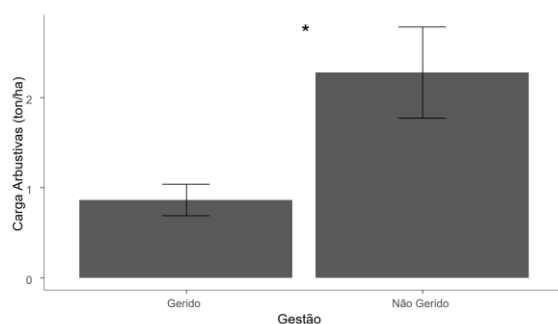


Figura 14 - Carga de Combustíveis Arbustivos para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas

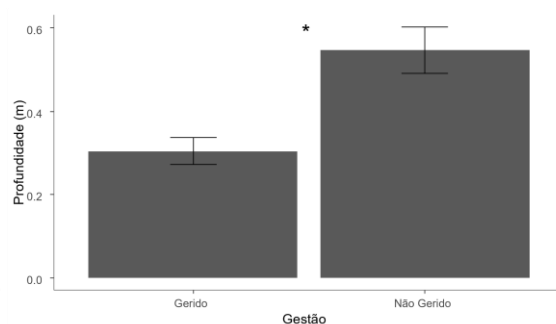


Figura 15 - Profundidade do Complexo Combustível para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas

A partir da tabela 2 e dos gráficos seguintes relativos aos Parâmetros Ambientais, é possível observar que nos parâmetros Humidade de Combustíveis Mortos de 1H, 10H e 100H (Figuras 16, 17 e 18), Velocidade do Vento (Figura 21), Humidade Relativa do Ar (Figura 22) e Temperatura do Ar (Figura 23), há diferenças estatisticamente significativas pois os valores obtidos do teste de Wilcoxon foram menores que 0,05. Para os parâmetros relativos à Humidade, os valores médios obtidos foram superiores nas Áreas Não Geridas, enquanto para Velocidade do Vento e Temperatura do Ar, os valores médios obtidos foram superiores nas Áreas Geridas.

Tabela 2 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para os Parâmetros Ambientais de Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.

Parâmetros Ambientais								
Parâmetro	Gerido			Não Gerido			Wilcoxon	
	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	V	p-value
Humidade 1H (%)	6,87	2,62	0,48	12,07	3,41	0,62	0	<0,01
Humidade 10H (%)	7,87	2,62	0,48	13,07	3,41	0,62	0	<0,01
Humidade 100H (%)	8,87	2,62	0,48	14,07	3,41	0,62	0	<0,01
Humidade Herbáceas (%)	196,09	61,30	11,80	178,13	47,09	9,42	134	0,82
Humidade Arbustivas (%)	144,79	51,35	9,38	138,39	33,04	6,14	243	0,59
Velocidade Vento (km/h)	4,67	1,68	0,31	2,25	1,21	0,22	465	<0,01
Humidade Ar (%)	55,07	11,67	2,13	56,40	11,93	2,18	11	<0,01
Temperatura Ar (°C)	25,93	3,11	0,57	25,20	3,09	0,56	453	<0,01

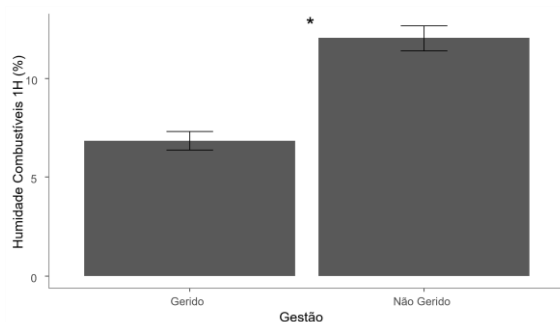


Figura 16 - Humidade de Combustíveis Mortos de 1 H para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.

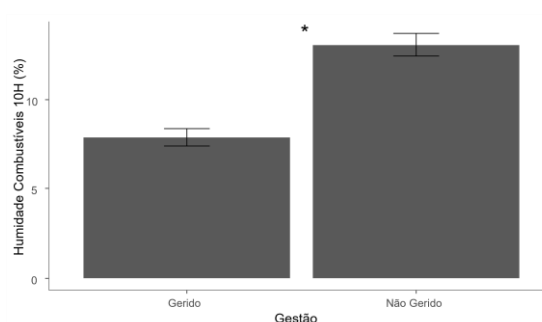


Figura 17 - Humidade de Combustíveis Mortos de 10 H para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.

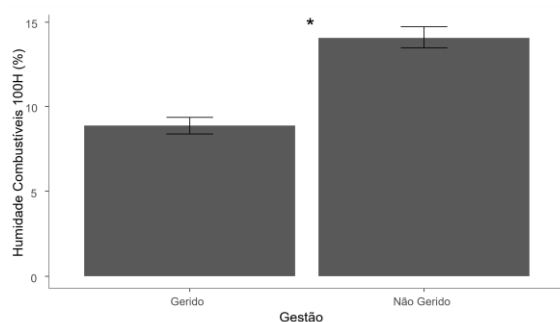


Figura 18 - Humidade de Combustíveis Mortos de 100 H para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.

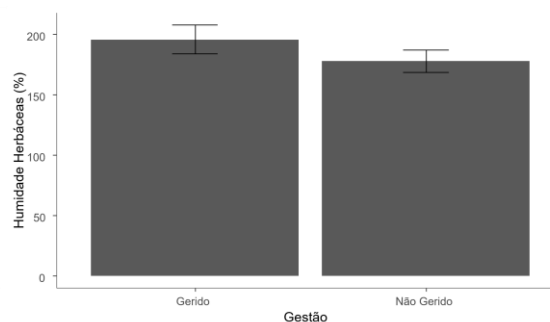


Figura 19 - Humidade de Combustíveis Herbáceos Vivos para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.

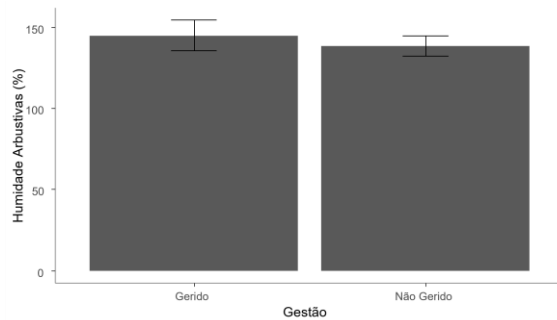


Figura 20 - Humidade de Arbustivos Vivos para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.

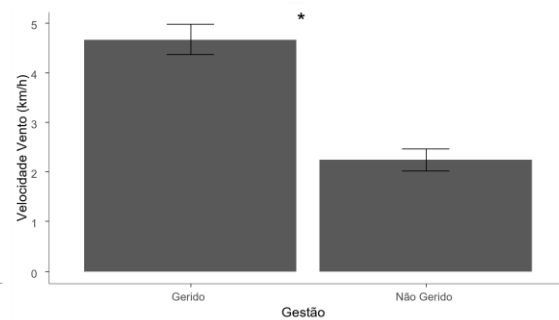


Figura 21 - Velocidade do Vento para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.

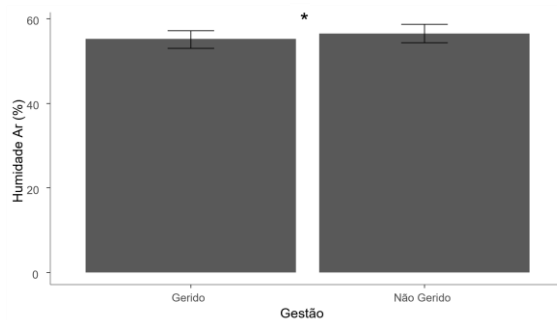


Figura 22 - Humidade Relativa do Ar para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.

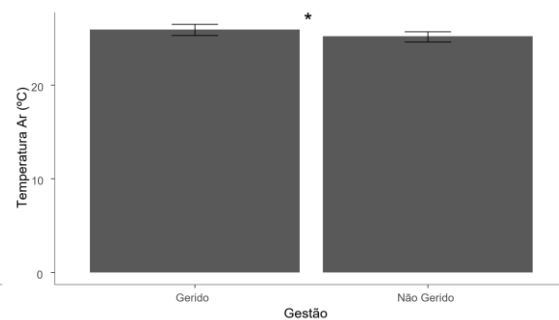


Figura 23 - Temperatura do Ar para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.

A partir da tabela 3 e dos gráficos seguintes relativos ao Comportamento do Fogo, é possível observar que no parâmetro Calor por Unidade de Área (Figura 25) há diferenças estatisticamente significativas pois os valores obtidos do teste de Wilcoxon foram menores que 0,05. O valor médio obtido neste parâmetro foi superior na Área Não Gerida.

Tabela 3 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para o Comportamento do Fogo de Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.

Comportamento do Fogo								
Parâmetro	Gerido			Não Gerido			Wilcoxon	
	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	V	p-value
Taxa Propagação (m/min)	3,30	3,69	0,67	2,39	2,29	0,42	245,50	0,34
Calor p/ unidade área (kJ/m ²)	12520,23	9104,91	1662,32	18850,43	8509,93	1553,69	80	<0,01
Intensidade (kW/m)	1494,21	2106,51	384,59	1651,19	2308,69	4221,51	208	0,63
Comprimento Chama (m)	1,80	1,24	0,23	1,98	1,16	0,21	203	0,56

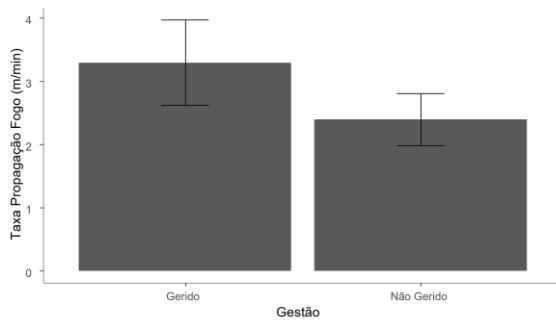


Figura 24 - Taxa de Propagação do Fogo para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.

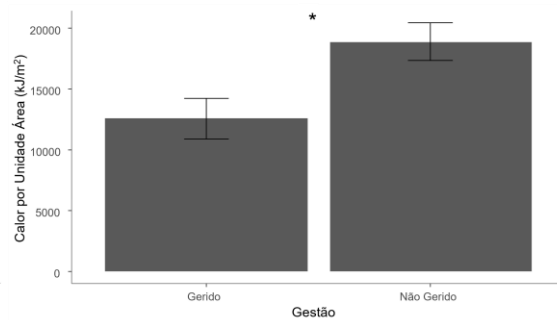


Figura 25 - Calor por Unidade de Áreas para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.

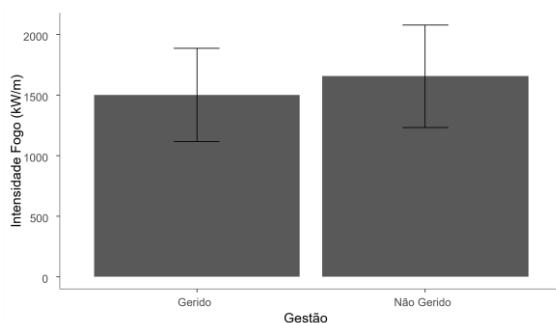


Figura 26 - Intensidade do Fogo para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.

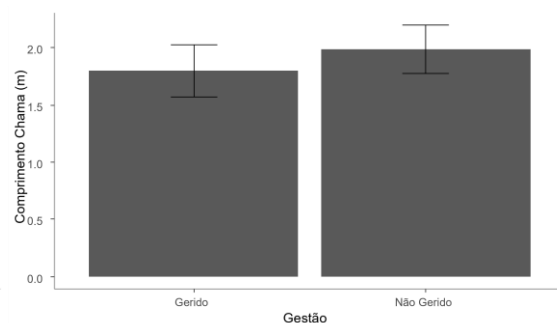


Figura 27 - Comprimento de Chama para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas.

3.1.3. Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas por composição

As tabelas e gráficos seguintes mostram as médias, desvio padrão e erro padrão, bem como o resultado do teste de Wilcoxon entre EUC Gerido vs EUC Não Gerido, MIX Gerido vs MIX Não Gerido e PIN Gerido vs PIN Não Gerido. Nos gráficos, um asterisco no topo das barras significa que para esse parâmetro, do teste de Wilcoxon resultou um valor estatisticamente significativo.

A partir das tabelas 4, 5 e 6 e dos gráficos seguintes relativos aos Parâmetros de Combustível, é possível observar que nos parâmetros Carga de Combustíveis Mortos de 1H para EUC e MIX (Figura 28), Carga de Combustíveis Mortos de 10H para MIX (Figura 29), Carga de Combustíveis Herbáceos para PIN (Figura 31), Carga de Combustíveis Arbustivos para EUC (Figura 32) e Profundidade para EUC (Figura 33), há diferenças estatisticamente significativas pois os valores obtidos do teste de Wilcoxon foram menores que 0,05. Para estes parâmetros, os valores médios obtidos foram superiores nas Áreas Não Geridas.

Tabela 4 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para os Parâmetros de Combustível de EUC Gerido vs EUC Não Gerido.

Parâmetros de Combustível								
Parâmetro	EUC Gerido			EUC Não Gerido			Wilcoxon	
	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	V	p-value
Carga 1H (ton/ha)	2,89	2,02	0,64	9,46	6,79	2,15	0	<0,01
Carga 10H (ton/ha)	1,99	2,27	0,72	4,18	3,68	1,16	7	0,08
Carga 100H (ton/ha)	1,65	2,97	0,94	1,76	3,07	0,97	14	0,53
Carga Herbáceas (ton/ha)	0,37	0,38	0,12	0,30	0,51	0,16	42	0,16
Carga Arbustivas (ton/ha)	0,46	0,65	0,21	2,08	1,91	0,60	8	0,04
Profundidade (m)	0,27	0,19	0,06	0,67	0,39	0,12	0	<0,01

Tabela 5 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para os Parâmetros de Combustível de MIX Gerido vs MIX Não Gerido.

Parâmetros de Combustível								
Parâmetro	MIX Gerido			MIX Não Gerido			Wilcoxon	
	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	V	p-value
Carga 1H (ton/ha)	7,64	2,75	0,87	11,28	3,52	1,11	3	<0,01
Carga 10H (ton/ha)	1,95	0,71	0,22	3,06	1,18	0,37	7	0,04
Carga 100H (ton/ha)	0,56	1,27	0,40	0,45	0,60	0,19	13	0,93
Carga Herbáceas (ton/ha)	0,56	0,67	0,21	0,34	0,69	0,22	39	0,28
Carga Arbustivas (ton/ha)	1,48	1,28	0,40	1,52	1,07	0,34	26	0,92
Profundidade (m)	0,42	0,19	0,06	0,57	0,23	0,07	9	0,07

Tabela 6 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para os Parâmetros de Combustível de PIN Gerido vs PIN Não Gerido.

Parâmetros de Combustível								
Parâmetro	PIN Gerido			PIN Não Gerido			Wilcoxon	
	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	V	p-value
Carga 1H (ton/ha)	5,65	4,67	1,48	8,60	5,07	1,60	11	0,11
Carga 10H (ton/ha)	3,41	3,82	1,21	2,54	2,54	0,80	31	0,77
Carga 100H (ton/ha)	0,18	0,35	0,11	0,47	1,00	0,32	3	0,58
Carga Herbáceas (ton/ha)	0,25	0,29	0,09	0,67	0,52	0,16	5	0,02
Carga Arbustivas (ton/ha)	0,66	0,43	0,14	3,24	4,30	1,36	9	0,07
Profundidade (m)	0,22	0,10	0,03	0,41	0,23	0,07	9	0,07

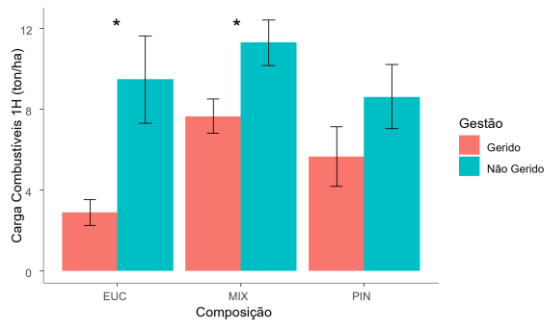


Figura 28 - Carga de Combustíveis Mortos de 1 H para EUC, MIX e PIN.

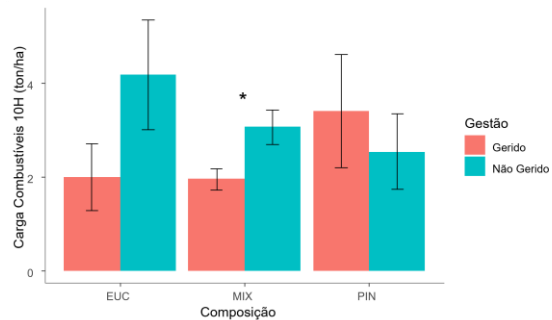


Figura 29 - Carga de Combustíveis Mortos de 10 H para EUC, MIX e PIN.

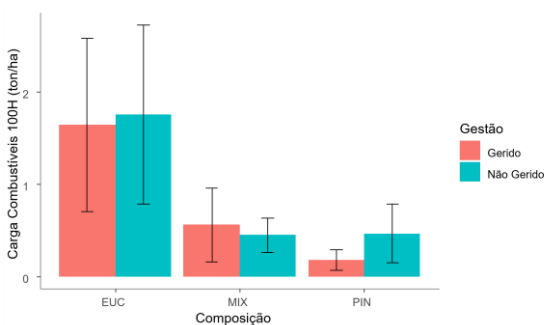


Figura 30 - Carga de Combustíveis Mortos de 100 H para EUC, MIX e PIN.

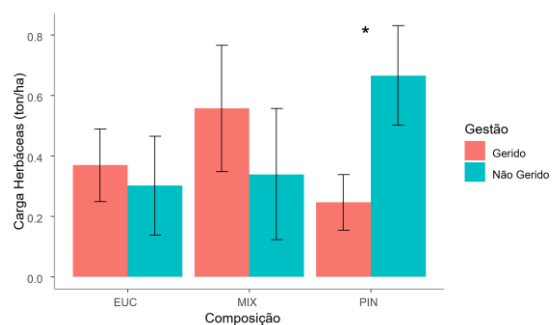


Figura 31 - Carga de Combustíveis Herbáceos para EUC, MIX e PIN.

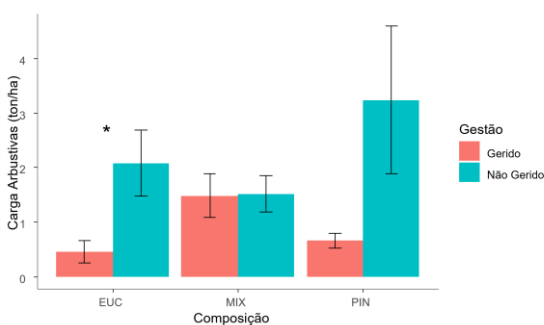


Figura 32 - Carga de Combustíveis Arbustivos para EUC, MIX e PIN.

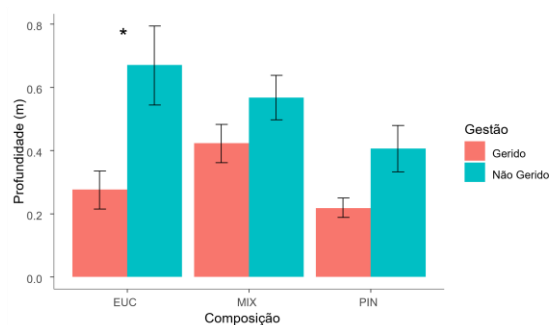


Figura 33 - Profundidade do Complexo Combustível para EUC, MIX e PIN.

A partir das tabelas 7, 8 e 9 e dos gráficos seguintes relativos aos Parâmetros Ambientais, é possível observar que, nos parâmetros Humidade de Combustíveis Mortos de 1H, 10H e 100H (Figuras 34, 35 e 36), Velocidade do Vento (Figura 39), Humidade Relativa do Ar (Figura 40) e Temperatura do Ar (Figura 41), há diferenças estatisticamente significativas pois os valores obtidos do teste de Wilcoxon foram menores que 0,05, nos três tipos de povoamento. Para os parâmetros relativos à Humidade, os valores médios obtidos foram superiores nas Áreas Não Geridas, enquanto para Velocidade do Vento e Temperatura do Ar, os valores médios obtidos foram superiores nas Áreas Geridas.

Tabela 7 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para os Parâmetros Ambientais de EUC Gerido vs EUC Não Gerido.

Parâmetros Ambientais								
Parâmetro	EUC Gerido			EUC Não Gerido			Wilcoxon	
	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	V	p-value
Humidade 1H (%)	6,59	2,89	0,91	10,15	2,99	0,95	0	<0,01
Humidade 10H (%)	7,59	2,89	0,91	11,15	2,99	0,95	0	<0,01
Humidade 100H (%)	8,59	2,89	0,91	12,15	2,99	0,95	0	<0,01
Humidade Herbáceas (%)	246,78	53,57	16,93	188,07	28,57	10,10	31	0,08
Humidade Arbustivas (%)	167,38	68,01	21,51	149,12	36,26	11,47	36	0,43
Velocidade Vento (km/h)	4,86	1,93	0,61	1,91	1,99	0,38	55	<0,01
Humidade Ar (%)	54,74	12,17	3,85	56,16	12,22	3,86	1	<0,01
Temperatura Ar (°C)	26,15	3,99	1,26	25,31	4,02	1,27	54	<0,01

Tabela 8 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para os Parâmetros Ambientais de MIX Gerido vs MIX Não Gerido.

Parâmetros Ambientais								
Parâmetro	MIX Gerido			MIX Não Gerido			Wilcoxon	
	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	V	p-value
Humidade 1H (%)	7,00	2,20	0,70	12,94	3,60	1,14	0	<0,01
Humidade 10H (%)	8,00	2,20	0,70	13,94	3,60	1,14	0	<0,01
Humidade 100H (%)	9,00	2,20	0,70	14,94	3,60	1,14	0	<0,01
Humidade Herbáceas (%)	158,81	40,48	13,49	181,09	33,33	12,60	2	0,09
Humidade Arbustivas (%)	143,08	43,93	13,89	137,67	36,83	11,65	32	0,70
Velocidade Vento (km/h)	4,89	1,92	0,61	2,11	1,16	0,37	55	<0,01
Humidade Ar (%)	54,67	13,08	4,14	55,49	13,07	4,13	5	0,02
Temperatura Ar (°C)	25,32	3,21	1,02	24,79	3,04	0,96	52	<0,01

Tabela 9 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para os Parâmetros Ambientais de PIN Gerido vs PIN Não Gerido.

Parâmetros Ambientais								
Parâmetro	PIN Gerido			PIN Não Gerido			Wilcoxon	
	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	V	p-value
Humidade 1H (%)	7,00	2,96	0,94	13,12	3,09	0,98	0	<0,01
Humidade 10H (%)	8,00	2,96	0,94	14,12	3,09	0,98	0	<0,01
Humidade 100H (%)	9,00	2,96	0,94	15,12	3,09	0,98	0	<0,01
Humidade Herbáceas (%)	174,66	49,12	17,37	168,10	65,82	20,81	13	0,55
Humidade Arbustivas (%)	132,93	29,83	9,43	127,28	23,08	7,69	18	0,65
Velocidade Vento (km/h)	4,25	1,17	0,37	2,73	1,22	0,39	55	<0,01
Humidade Ar (%)	55,82	10,89	3,44	57,55	11,65	3,68	0	<0,01
Temperatura Ar (°C)	26,31	2,03	0,64	25,49	2,28	0,72	55	<0,01

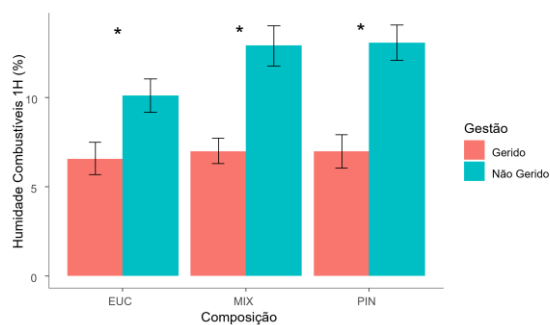


Figura 34 - Humidade de Combustíveis Mortos de 1H para EUC, MIX e PIN.

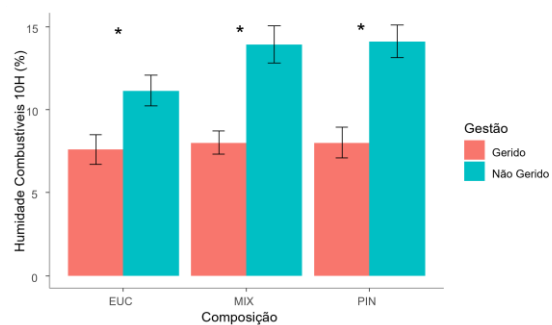


Figura 35 - Humidade de Combustíveis Mortos de 10H para EUC, MIX e PIN.

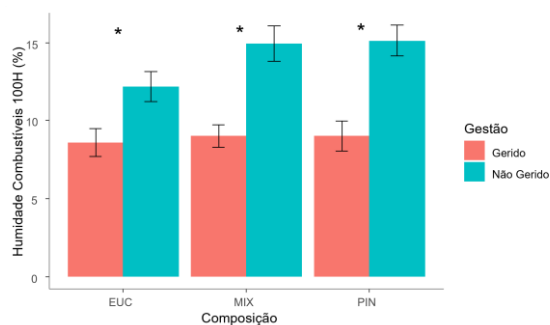


Figura 36 - Humidade de Combustíveis Mortos de 100H para EUC, MIX e PIN.

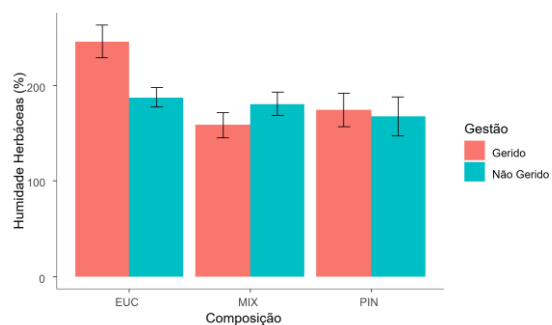


Figura 37 - Humidade de Combustíveis Herbáceos Vivos para EUC, MIX e PIN.

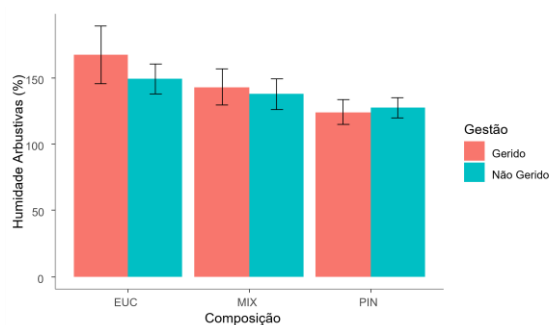


Figura 38 - Humidade de Arbustivos Vivos para EUC, MIX e PIN.

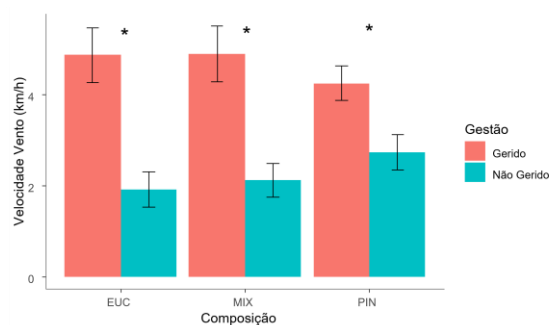


Figura 39 - Velocidade do Vento para EUC, MIX e PIN.

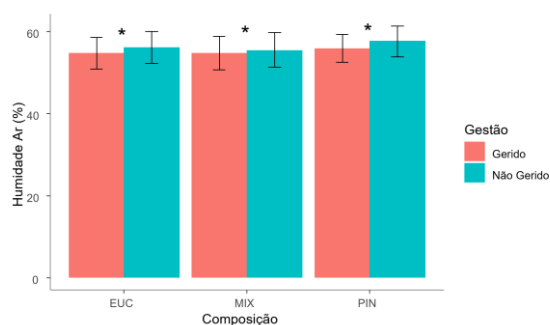


Figura 40 - Humidade Relativa do Ar para EUC, MIX e PIN.

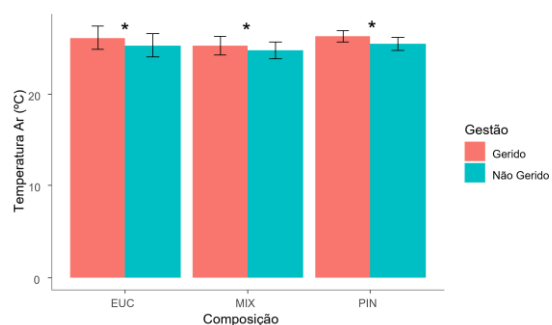


Figura 41 - Temperatura do Ar para EUC, MIX e PIN.

A partir das tabelas 10, 11 e 12 e dos gráficos seguintes relativos ao Comportamento do Fogo, é possível observar que nos parâmetros Calor por Unidade de Área para EUC e MIX (Figura 43), Intensidade para EUC (Figura 44) e Comprimento de Chama para EUC (Figura 45) há diferenças estatisticamente significativas pois os valores obtidos do teste de Wilcoxon foram menores que 0,05. O valor médio obtido nestes parâmetros foi superior na Área Não Gerida.

Tabela 10 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para o Comportamento do Fogo de EUC Gerido vs EUC Não Gerido.

Comportamento do Fogo								
Parâmetro	EUC Gerido			EUC Não Gerido			Wilcoxon	
	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	V	p-value
Taxa Propagação (m/min)	1,89	1,56	0,49	2,9	3,22	1,02	13,5	0,31
Calor p/ unidade área (kJ/m ²)	6618,4	2849,68	901,15	18158,4	9813	3103,14	0	<0,01
Intensidade (kW/m)	645,64	951,44	300,87	2370,27	3682,62	1164,55	7	0,04
Comprimento Chama (m)	1,26	0,82	0,26	2,20	1,61	0,51	7	0,04

Tabela 11 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para o Comportamento do Fogo de MIX Gerido vs MIX Não Gerido.

Comportamento do Fogo								
Parâmetro	MIX Gerido			MIX Não Gerido			Wilcoxon	
	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	V	p-value
Taxa Propagação (m/min)	6,12	5,17	1,63	2,67	1,80	0,57	45	0,08
Calor p/ unidade área (kJ/m ²)	16234,00	6300,49	1992,39	20491,9	5216,33	1649,55	8	0,04
Intensidade (kW/m)	2954,67	2942,50	930,50	1620,83	1230,34	389,07	40	0,23
Comprimento Chama (m)	2,67	1,47	0,47	2,16	0,82	0,26	41	0,19

Tabela 12 - Estatística descritiva e teste de Wilcoxon para o Comportamento do Fogo de PIN Gerido vs PIN Não Gerido.

Comportamento do Fogo								
Parâmetro	PIN Gerido			PIN Não Gerido			Wilcoxon	
	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	V	p-value
Taxa Propagação (m/min)	1,89	1,23	0,39	1,62	1,50	0,48	27	0,64
Calor p/ unidade área (kJ/m ²)	14708,3	12647,43	3999,47	17901,0	10262,42	3245,26	20	0,49
Intensidade (kW/m)	882,31	1071,74	338,92	962,47	998,34	315,70	25	0,85
Comprimento Chama (m)	1,47	0,94	0,30	1,59	0,88	0,28	26	0,92

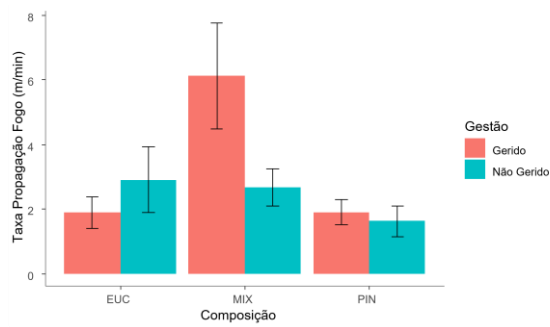


Figura 42 - Taxa de Propagação do Fogo para EUC, MIX e PIN.

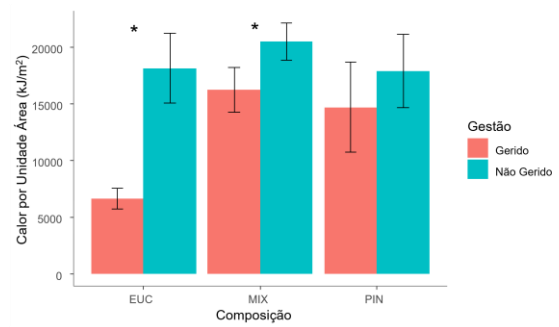


Figura 43 - Calor por Unidade de Área para EUC, MIX e PIN.

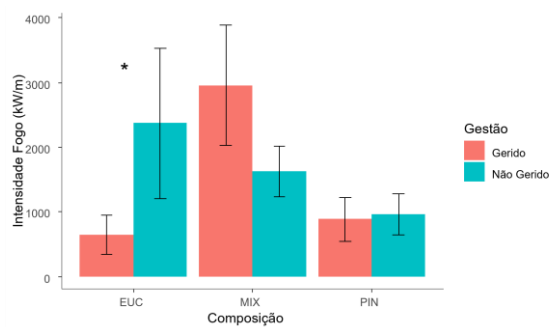


Figura 44 - Intensidade do Fogo para EUC, MIX e PIN.

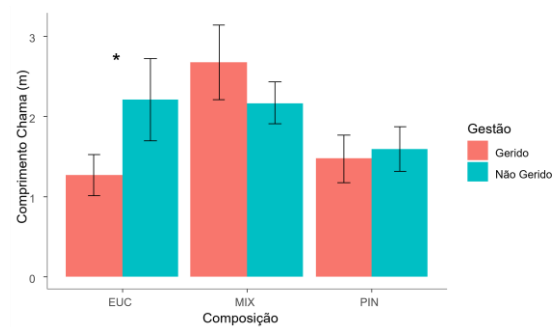


Figura 45 - Comprimento de Chama para EUC, MIX e PIN.

3.2. Efeito da composição dos povoamentos no comportamento do fogo

A seguir apresentam-se os resultados obtidos das comparações entre Áreas Geridas EUC vs MIX vs PIN e Áreas Não Geridas EUC vs MIX vs PIN.

3.2.1. Teste de Kruskal-Wallis em Áreas Geridas EUC vs MIX vs PIN

As tabelas e gráficos seguintes mostram os resultados obtidos do teste de Kruskal-Wallis e do teste de comparações múltiplas realizado em Áreas Geridas para EUC vs MIX vs PIN. Nos gráficos, quando as letras no topo das barras são diferentes, significa que há significância estatística para esse parâmetro entre esses povoamentos.

A partir da tabela 13 e dos gráficos seguintes relativos aos Parâmetros de Combustível, é possível observar que nos parâmetros Carga de Combustíveis Mortos de 1H (Figura 46) e Carga de Combustíveis Arbustivos (Figura 50) há diferenças estatisticamente significativas pois os valores obtidos no teste de Kruskal-Wallis foram menores que 0,05. No teste de comparações múltiplas, em ambos os parâmetros, verifica-se que estas diferenças ocorrem entre EUC e MIX.

Tabela 13 - Teste de Kruskal-Wallis e teste de comparações múltiplas para os Parâmetros de Combustível de EUC vs MIX vs PIN Gerido.

Parâmetros	Parâmetros de Combustível						
	Comparações múltiplas				Kruskal Wallis		
	Composições	Dif. Obs.	Dif. critic	Diferença	Qui-quadrado	df	p-value
Carga 1H (ton/ha)	EUC-MIX	10,7	9,43	TRUE	7,54	2	0,02
	EUC-PIN	4,0	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	6,7	9,43	FALSE			
Carga 10H (ton/ha)	EUC-MIX	3,1	9,43	FALSE	1,67	2	0,43
	EUC-PIN	5,1	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	2,0	9,43	FALSE			
Carga 100H (ton/ha)	EUC-MIX	4,2	9,43	FALSE	2,75	2	0,25
	EUC-PIN	5,7	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	1,5	9,43	FALSE			
Carga Herbáceas (ton/ha)	EUC-MIX	0,5	9,43	FALSE	1,37	2	0,50
	EUC-PIN	4,2	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	3,8	9,43	FALSE			
Carga Arbustivas (ton/ha)	EUC-MIX	10,2	9,43	TRUE	6,72	2	0,04
	EUC-PIN	5,4	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	4,8	9,43	FALSE			
Profundidade (m)	EUC-MIX	7,1	9,43	FALSE	5,62	2	0,06
	EUC-PIN	1,7	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	8,8	9,43	FALSE			

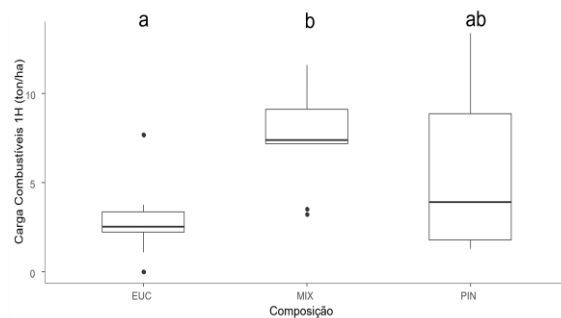


Figura 46 - Carga de Combustíveis Mortos de 1H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.

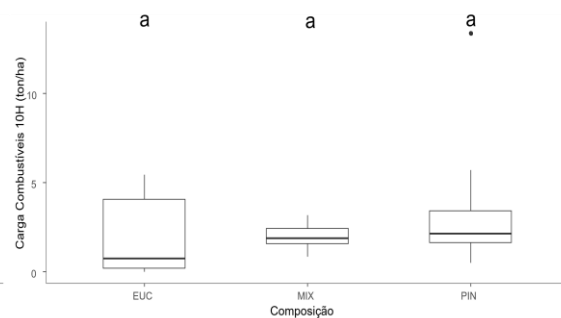


Figura 47 - Carga de Combustíveis Mortos de 10H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.

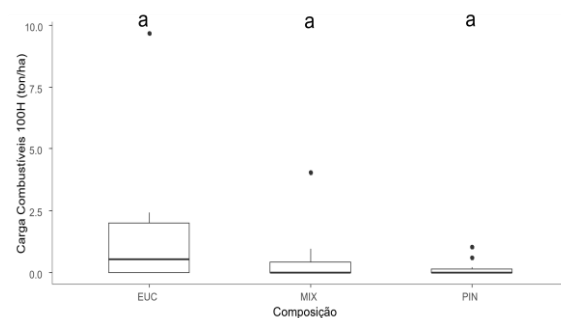


Figura 48 - Carga de Combustíveis Mortos de 100H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.

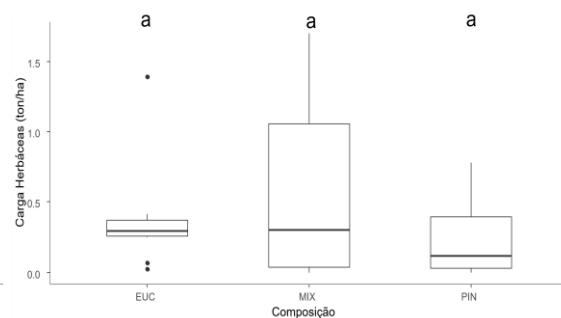


Figura 49 - Carga de Combustíveis Herbáceos para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.

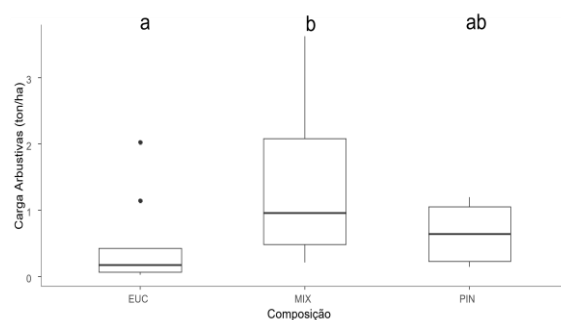


Figura 50 - Carga de Combustíveis Arbustivos para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.

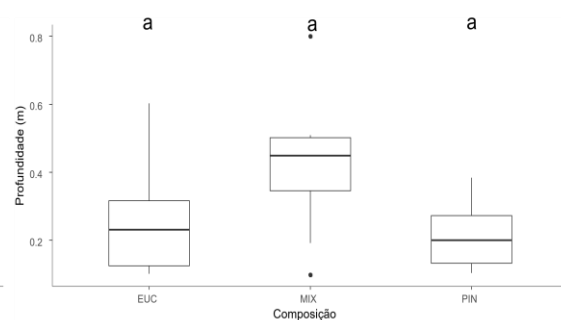


Figura 51 - Profundidade do Complexo Combustível para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.

A partir da tabela 14 e dos gráficos seguintes relativos aos Parâmetros Ambientais, é possível observar que no parâmetro Humidade de Combustíveis Herbáceos Vivos (Figura 55) há diferenças estatisticamente significativas, pois o valor obtido no teste de Kruskal-Wallis foi menor que 0,05. No teste de comparações múltiplas, verifica-se que estas diferenças ocorrem entre EUC e MIX e também entre EUC e PIN.

Tabela 14 - Teste de Kruskal-Wallis e teste de comparações múltiplas para os Parâmetros Ambientais de EUC vs MIX vs PIN Gerido.

Parâmetros Ambientais							
Parâmetros	Comparações múltiplas				Kruskal Wallis		
	Composições	Dif. Obs.	Dif. critic	Diferença	Qui-quadrado	df	p-value
Humidade 1H (%)	EUC-MIX	2,2	9,43	FALSE	0,69	2	0,71
	EUC-PIN	3,2	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	1,0	9,43	FALSE			
Humidade 10H (%)	EUC-MIX	2,2	9,43	FALSE	0,69	2	0,71
	EUC-PIN	3,2	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	1,0	9,43	FALSE			
Humidade 100H (%)	EUC-MIX	2,2	9,43	FALSE	0,69	2	0,71
	EUC-PIN	3,2	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	1,0	9,43	FALSE			
Humidade Herbáceas (%)	EUC-MIX	11,6	8,73	TRUE	11,84	2	<0,01
	EUC-PIN	9,9	9,01	TRUE			
	MIX-PIN	1,7	9,23	FALSE			
Humidade Arbustivas (%)	EUC-MIX	2,4	9,43	FALSE	3,47	2	0,18
	EUC-PIN	7,2	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	4,8	9,43	FALSE			
Velocidade Vento (km/h)	EUC-MIX	2,1	9,43	FALSE	1,31	2	0,52
	EUC-PIN	2,4	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	4,5	9,43	FALSE			
Humidade Ar (%)	EUC-MIX	0,6	9,43	FALSE	0,02	2	0,99
	EUC-PIN	0,3	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	0,3	9,43	FALSE			
Temperatura Ar (°C)	EUC-MIX	0,6	9,43	FALSE	0,52	2	0,77
	EUC-PIN	2,1	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	2,7	9,43	FALSE			

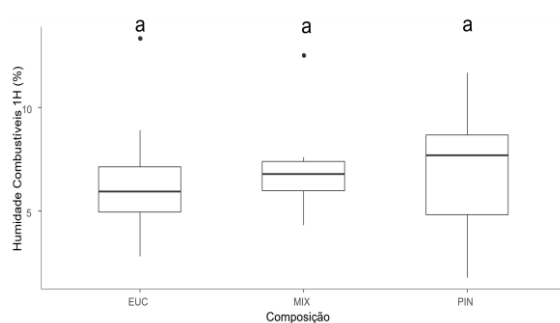


Figura 52 - Humidade de Combustíveis Mortos de 1H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.

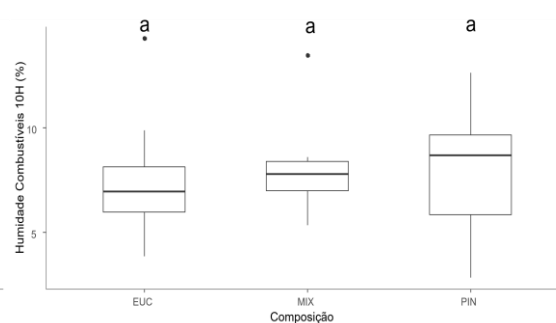


Figura 53 - Humidade de Combustíveis Mortos de 10H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.

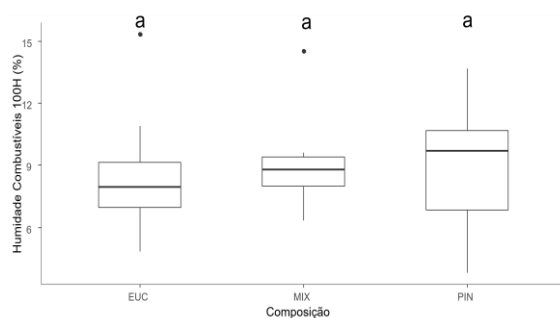


Figura 54 - Humidade de Combustíveis Mortos de 100H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.

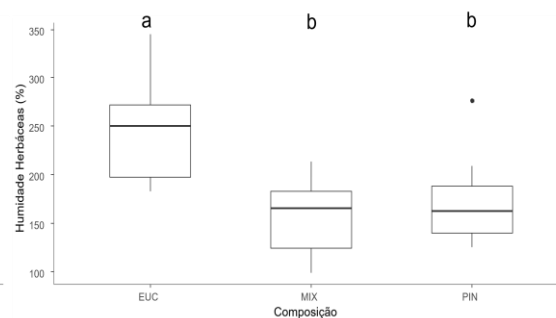


Figura 55 - Humidade de Combustíveis Herbáceos Vivos para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.

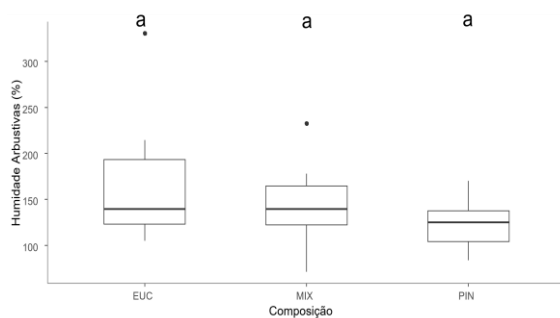


Figura 56 - Humidade de Combustíveis Arbustivos Vivos para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.

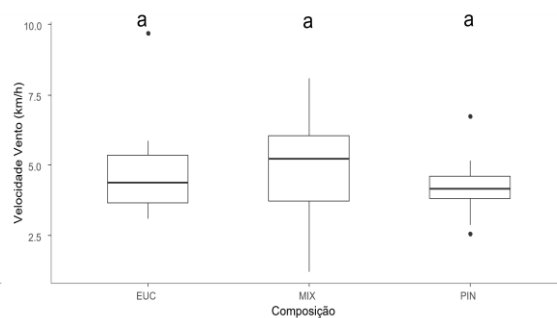


Figura 57 - Velocidade do Vento para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.

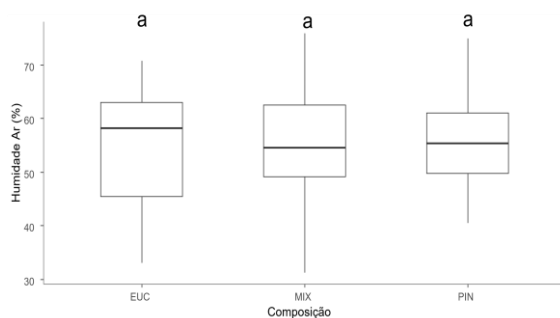


Figura 58 - Humidade Relativa do Ar para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.

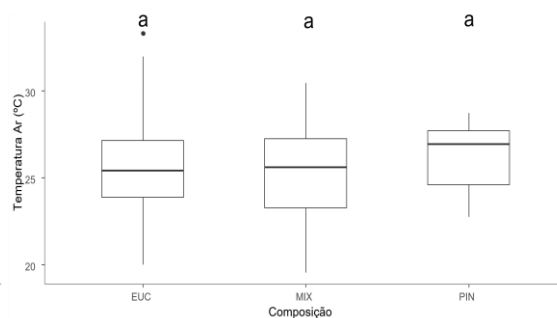


Figura 59 - Temperatura do Ar para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.

A partir da tabela 15 e dos gráficos seguintes relativos aos Comportamento do Fogo, é possível observar que no parâmetro Calor por Unidade de Área (Figura 61) há diferenças estatisticamente significativas pois o valor obtido no teste de Kruskal-Wallis foi menor que 0,05. No teste de comparações múltiplas, verifica-se que estas diferenças ocorrem entre EUC e MIX.

Tabela 15 - Teste de Kruskal-Wallis e teste de comparações múltiplas para o Comportamento do Fogo de EUC vs MIX vs PIN Gerido.

Parâmetros	Comportamento do Fogo						
	Comparações múltiplas				Kruskal Wallis		
	Composições	Dif. Obs.	Dif. critic	Diferença	Qui-quadrado	df	p-value
Taxa Propagação (m/min)	EUC-MIX	8,4	9,43	FALSE	5,77	2	0,06
	EUC-PIN	0,4	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	8,0	9,43	FALSE			
Calor por unidade área (kJ/m²)	EUC-MIX	11,7	9,43	TRUE	8,83	2	0,01
	EUC-PIN	6,0	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	5,7	9,43	FALSE			
Intensidade (kW/m)	EUC-MIX	9,1	9,43	FALSE	6,37	2	0,04
	EUC-PIN	1,1	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	8,0	9,43	FALSE			
Comprimento Chama (m)	EUC-MIX	9,1	9,43	FALSE	6,37	2	0,04
	EUC-PIN	1,1	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	8,0	9,43	FALSE			

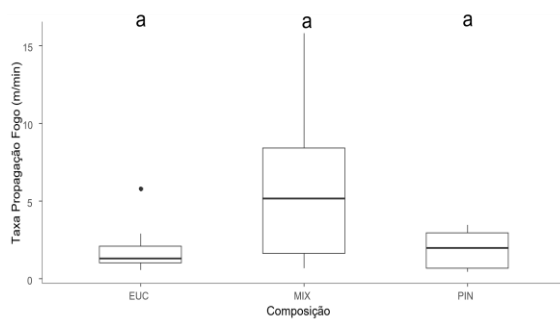


Figura 60 - Taxa de Propagação do Fogo para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.

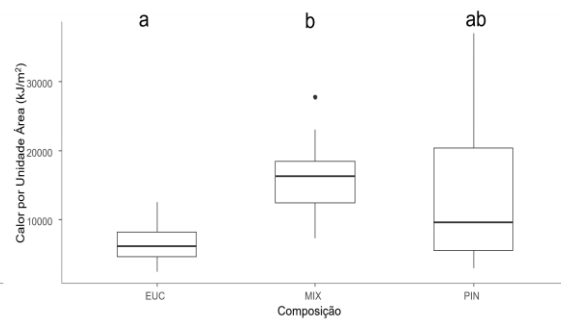


Figura 61 - Calor por Unidade de Área para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.

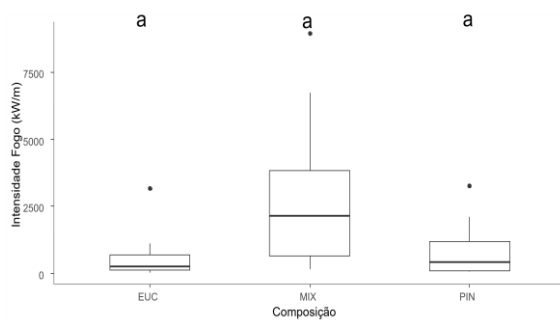


Figura 62 - Intensidade do Fogo para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.

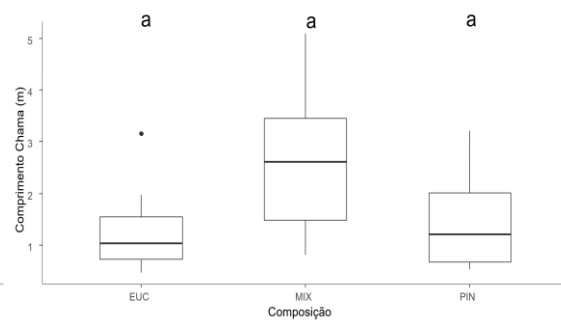


Figura 63 - Comprimento de Chama para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Geridas.

3.2.2. Teste de Kruskal-Wallis em Áreas Não Geridas EUC vs MIX vs PIN

A tabela e gráficos seguintes mostram os resultados obtidos do teste de Kruskal-Wallis e do teste de comparações múltiplas realizado em Áreas Não Geridas para EUC vs MIX vs PIN.

A partir das tabelas 16, 17 e 18 e dos gráficos seguintes relativos aos Parâmetros de Combustível, Parâmetros Ambientais e Comportamento do Fogo, é possível observar que em nenhum dos parâmetros há diferenças estatisticamente significativas pois o valor obtido no teste de Kruskal-Wallis foi sempre superior a 0,05.

Tabela 16 - Teste de Kruskal-Wallis e teste de comparações múltiplas para os Parâmetros de Combustível de EUC vs MIX vs PIN Não Gerido.

Parâmetros de Combustível							
Parâmetros	Comparações múltiplas				Kruskal Wallis		
	Composições	Dif. Obs.	Dif. critic	Diferença	Qui-quadrado	df	p-value
Carga 1H (ton/ha)	EUC-MIX	7,0	9,43	FALSE	4,10	2	0,13
	EUC-PIN	0,2	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	6,8	9,43	FALSE			
Carga 10H (ton/ha)	EUC-MIX	0,0	9,43	FALSE	1,74	2	0,42
	EUC-PIN	4,5	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	4,5	9,43	FALSE			
Carga 100H (ton/ha)	EUC-MIX	0,4	9,43	FALSE	1,05	2	0,59
	EUC-PIN	3,2	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	2,8	9,43	FALSE			
Carga Herbáceas (ton/ha)	EUC-MIX	1,5	9,43	FALSE	6,03	2	0,05
	EUC-PIN	7,5	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	9,0	9,43	FALSE			
Carga Arbustivas (ton/ha)	EUC-MIX	1,5	9,43	FALSE	0,30	2	0,86
	EUC-PIN	0,6	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	2,1	9,43	FALSE			
Profundidade (m)	EUC-MIX	0,6	9,43	FALSE	2,53	2	0,28
	EUC-PIN	5,1	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	5,7	9,43	FALSE			

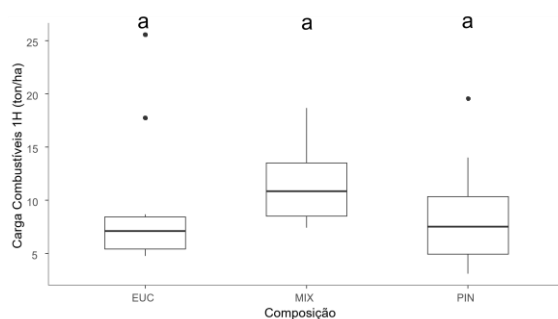


Figura 64 - Carga de Combustíveis Mortos de 1 H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.

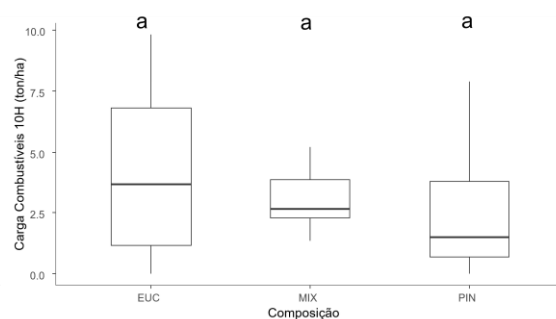


Figura 65 - Carga de Combustíveis Mortos de 10 H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.

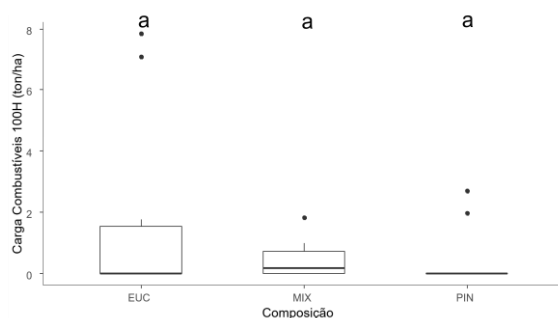


Figura 66 - Carga de Combustíveis Mortos de 100 H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.

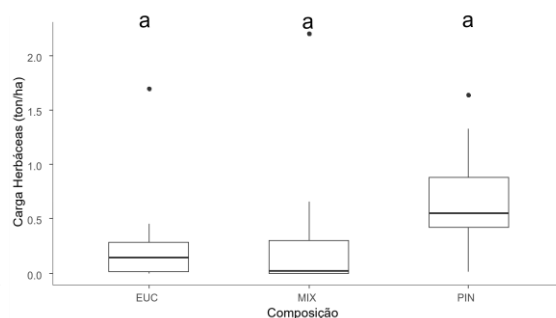


Figura 67 - Carga de Combustíveis Herbáceos para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.

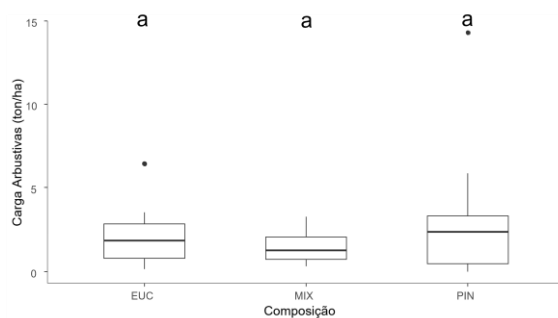


Figura 68 - Carga de Combustíveis Arbustivos para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.

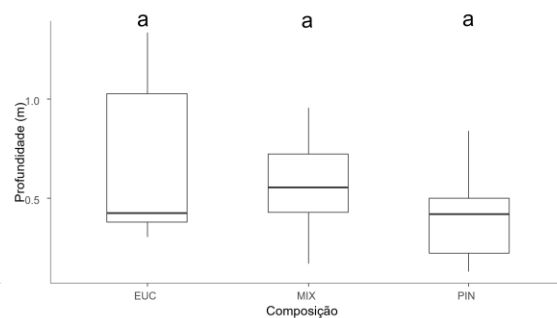


Figura 69 - Profundidade do Complexo Combustível para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.

Tabela 17 - Teste de Kruskal-Wallis e teste de comparações múltiplas para os Parâmetros Ambientais de EUC vs MIX vs PIN Não Gerido.

Parâmetros	Parâmetros Ambientais				Kruskal Wallis		
	Composições	Dif. Obs.	Dif. critic	Diferença	Qui-quadrado	df	p-value
Humidade 1H (%)	EUC-MIX	7	9,43	FALSE	4,90	2	0,09
	EUC-PIN	8	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	1	9,43	FALSE			
Humidade 10H (%)	EUC-MIX	7	9,43	FALSE	4,90	2	0,09
	EUC-PIN	8	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	1	9,43	FALSE			
Humidade 100H (%)	EUC-MIX	7	9,43	FALSE	4,90	2	0,09
	EUC-PIN	8	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	1	9,43	FALSE			
Humidade Herbáceas (%)	EUC-MIX	1,2	9,12	FALSE	1,32	2	0,52
	EUC-PIN	3,9	8,36	FALSE			
	MIX-PIN	2,7	8,68	FALSE			
Humidade Arbustivas (%)	EUC-MIX	4,0	9,12	FALSE	1,42	2	0,49
	EUC-PIN	3,9	9,37	FALSE			
	MIX-PIN	0,1	9,37	FALSE			
Velocidade Vento (km/h)	EUC-MIX	1,7	9,43	FALSE	2,62	2	0,27
	EUC-PIN	6,2	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	4,5	9,43	FALSE			
Humidade Ar (%)	EUC-MIX	0,8	9,43	FALSE	0,11	2	0,95
	EUC-PIN	0,5	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	1,3	9,43	FALSE			
Temperatura Ar (°C)	EUC-MIX	0,2	9,43	FALSE	0,50	2	0,78
	EUC-PIN	2,3	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	2,5	9,43	FALSE			

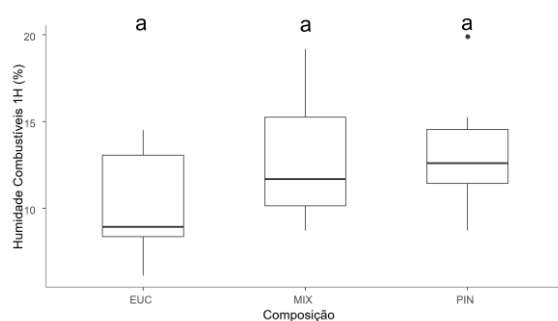


Figura 70 - Humidade de Combustíveis Mortos de 1 H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.

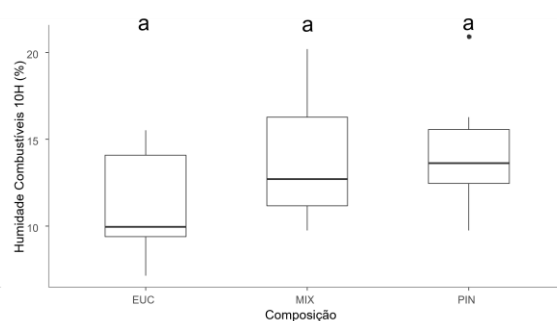


Figura 71 - Humidade de Combustíveis Mortos de 10 H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.

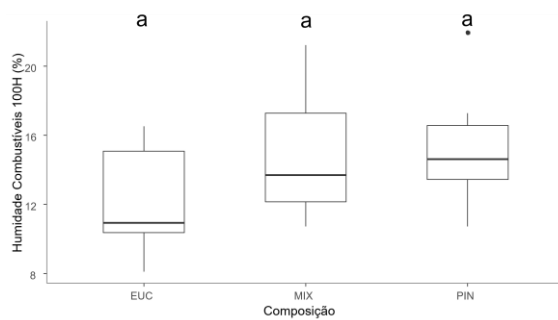


Figura 72 - Humidade de Combustíveis Mortos de 1 H para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.

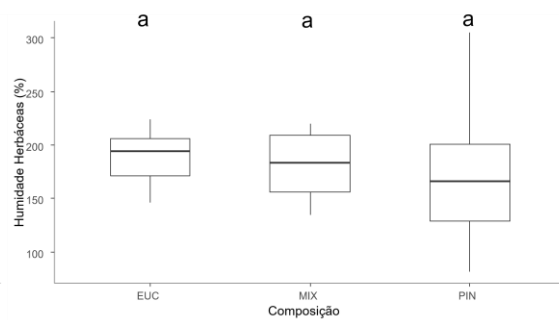


Figura 73 - Humidade de Combustíveis Herbáceos Vivos para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.

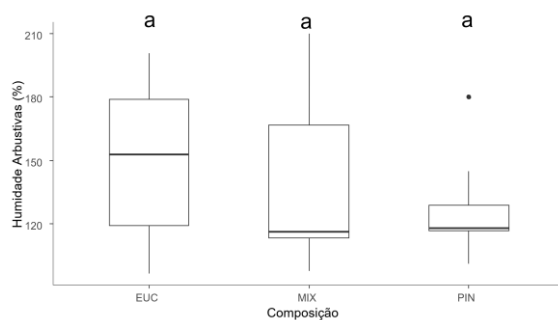


Figura 74 - Humidade de Combustíveis Arbustivos Vivos para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.

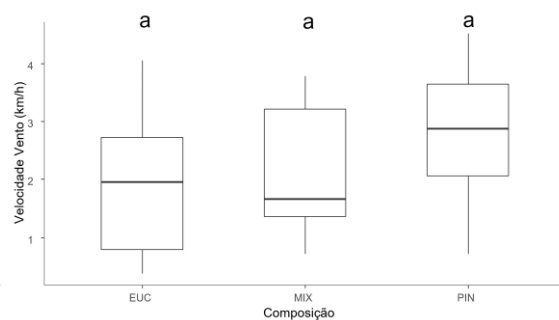


Figura 75 - Velocidade do Vento para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.

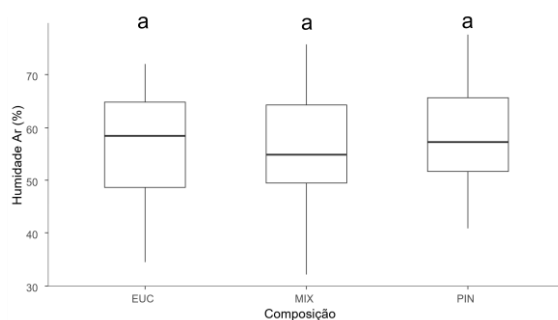


Figura 76 - Humidade Relativa do Ar para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.

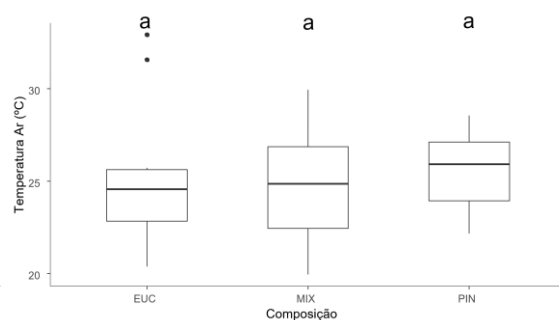


Figura 77 - Temperatura do Ar para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.

Tabela 18 - Teste de Kruskal-Wallis e teste de comparações múltiplas para o Comportamento do Fogo de EUC vs MIX vs PIN Não Gerido.

Comportamento do Fogo							
Parâmetros	Comparações múltiplas				Kruskal Wallis		
	Composições	Dif. Obs.	Dif. critic	Diferença	Qui-quadrado	df	p-value
Taxa Propagação (m/min)	EUC-MIX	2,5	9,43	FALSE	2,92	2	0,23
	EUC-PIN	4,2	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	6,7	9,43	FALSE			
Calor por unidade área (kJ/m²)	EUC-MIX	5,7	9,43	FALSE	2,53	2	0,28
	EUC-PIN	0,6	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	5,1	9,43	FALSE			
Intensidade (kW/m)	EUC-MIX	3,4	9,43	FALSE	2,49	2	0,29
	EUC-PIN	2,8	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	6,2	9,43	FALSE			
Comprimento Chama (m)	EUC-MIX	3,4	9,43	FALSE	2,49	2	0,29
	EUC-PIN	2,8	9,43	FALSE			
	MIX-PIN	6,2	9,43	FALSE			

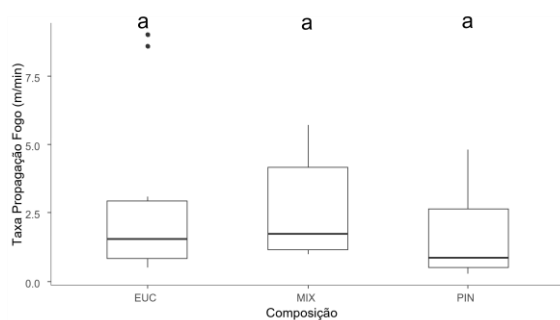


Figura 78 - Taxa de Propagação do Fogo para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.

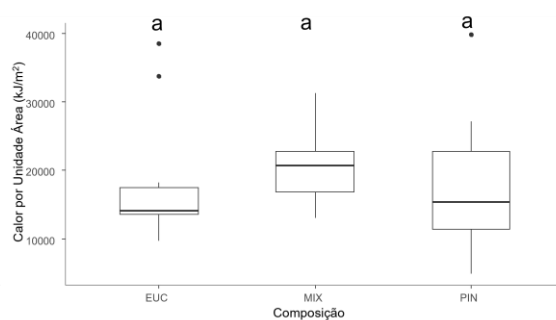


Figura 79 - Calor por Unidade de Área para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.

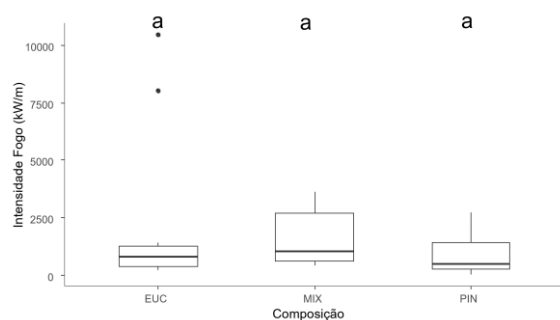


Figura 80 - Intensidade do Fogo para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.

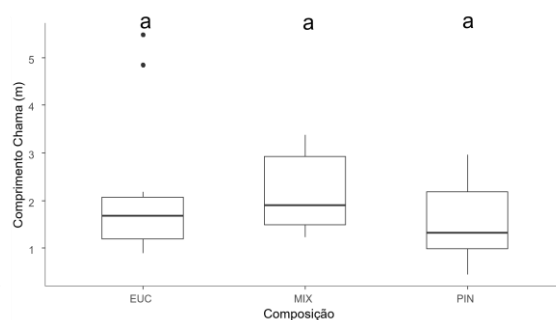


Figura 81 - Comprimento de Chama para EUC vs MIX vs PIN de Áreas Não Geridas.

4. Discussão

Este trabalho permitiu estudar o efeito da gestão de combustíveis, através da comparação dos parâmetros de combustível, parâmetros ambientais e comportamento do fogo entre Áreas Geridas e Áreas Não Geridas para todas as amostras e também comparar separadamente cada tipo de povoamento. Permitiu também comparar estes parâmetros entre os três tipos de povoamentos.

Da Análise de Componentes Principais é possível verificar que, tanto quando se considera a totalidade das áreas, como quando estas são analisadas pela sua composição, as Áreas Geridas estão associadas a uma maior Velocidade do Vento e maior Temperatura do Ar, ao passo que as Áreas Não Geridas estão associadas a maiores, Humidades, Cargas e Profundidade dos combustíveis. Este resultado vai de encontro ao esperado uma vez que nas Áreas Geridas é feita a remoção da vegetação, estando estas mais expostas a fatores ambientais como a radiação solar e o vento. No entanto, em qualquer dos casos verifica-se que existe bastante sobreposição das elipses.

Em relação dos Parâmetros de Combustível de Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas (Tabela 1), é possível verificar que as Áreas Não Geridas estão associadas a valores superiores em todos os parâmetros, sendo que houve resultados estatisticamente significativos para Carga de Combustíveis Mortos de 1H, Carga de Combustíveis Arbustivos Vivos e Profundidade. Nas Áreas Não Geridas é esperado que haja maior Carga de Combustíveis Mortos de 1H devido à queda de folhas das árvores. Devido a não haver remoção da vegetação, é esperado também que haja mais vegetação arbustiva nestas áreas, o que leva também a uma maior Carga de Combustíveis Arbustivos Vivos e por consequência destes dois fatores, uma maior Profundidade do complexo combustível.

Para os Parâmetros de Combustível para EUC Gerido vs EUC Não Gerido (Tabela 4), verifica-se que as Áreas Geridas estão associadas a uma maior Carga de Combustíveis Herbáceos, ao passo que as Áreas Não Geridas estão associadas a valores superiores nos restantes parâmetros. Isto pode ser porque os eucaliptos são árvores de crescimento rápido, absorvendo muita água do solo, não permitindo o desenvolvimento de outras plantas no sub-coberto (Singwane & Malinga, 2012; Zewdie, 2008). Importa também referir a possibilidade de existirem efeitos alelopáticos do eucalipto no crescimento de outras plantas (Dejam et al., 2014; Babu & Kandasamy,

2008), embora este efeito seja questionado por outros autores, como Nelson (2021). As diferenças mais significativas ocorreram nos parâmetros Carga de Combustíveis Mortos de 1H, Carga de Combustíveis Arbustivos Vivos e Profundidade. Nas Áreas Não Geridas é esperado que haja maior Carga de Combustíveis Mortos de 1H devido à queda de folhas das árvores. Devido a não haver remoção da vegetação, é esperado também que haja mais vegetação arbustiva nestas áreas, o que leva também a uma maior Carga de Combustíveis Arbustivos Vivos e por consequência destes dois fatores, uma maior Profundidade do complexo combustível.

Da análise dos Parâmetros de Combustível para MIX Gerido vs MIX Não Gerido (Tabela 5), verifica-se que as Áreas Geridas estão associadas a uma maior Carga de Combustíveis Mortos de 100H e a Carga de Combustíveis Herbáceos, ao passo que as Áreas Não Geridas estão associadas a valores superiores nos restantes parâmetros. À semelhança do que acontece nas áreas de EUC, e uma vez que os eucaliptos estão sempre presentes nas áreas mistas consideradas, estes podem não permitir o desenvolvimento de outras plantas (Babu & Kandasamy, 2008; Dejam et al., 2014; Singwane & Malinga, 2012; Zewdie, 2008), explicando a maior Carga de Combustíveis Herbáceos encontrada nas Áreas Geridas. Durante o trabalho de campo verificou-se que após o trabalho de remoção de vegetação em algumas das Áreas Geridas, o material era deixado no local, o que pode explicar que exista uma maior Carga de Combustíveis Mortos de 100H nestas áreas. No entanto, estes dois parâmetros não tiveram resultado estatisticamente significativo. As diferenças mais significativas ocorreram nos parâmetros Carga de Combustíveis Mortos de 1H e Carga de Combustíveis Mortos de 10H. Nas Áreas Não Geridas é esperado que haja maior Carga de Combustíveis Mortos de 1H e 10H devido à queda de folhas e ramos das árvores e da presença de material arbustivo morto.

Em relação aos Parâmetros de Combustível para PIN Gerido vs PIN Não Gerido (Tabela 6), verifica-se que as Áreas Geridas estão associadas a uma maior Carga de Combustíveis Mortos de 10H, ao passo que as Áreas Não Geridas estão associadas a valores superiores nos restantes parâmetros. Foi obtido um resultado estatisticamente significativo no parâmetro Carga de Combustíveis Herbáceos. Este pode dever-se ao facto de, ao contrário de povoamentos com eucalipto, os povoamentos de pinheiro permitirem o desenvolvimento de herbáceas (Singwane & Malinga, 2012).

Para os Parâmetros Ambientais para o total de Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas (Tabela 2) e da análise efetuada por composição (Tabelas 7, 8 e 9), os

resultados estatisticamente significativos são os mesmos, sendo que as Áreas Geridas estão associadas a uma maior Velocidade do Vento e maior Temperatura do Ar, ao passo que as Áreas Não Geridas estão associadas a maiores Humidades e Cargas. Este resultado era também esperado uma vez que nas Áreas Geridas é feita a remoção da vegetação, estando estas mais expostas a fatores ambientais como a radiação solar e o vento ao passo que nas Áreas Não Geridas, por haver sombra e também mais material morto no chão, as humidades nesses locais são superiores.

Em relação ao Comportamento do Fogo para Áreas Geridas vs Áreas Não Geridas (Tabela 3), apenas no parâmetro Calor por Unidade de Área foi obtido um valor estatisticamente significativo do teste de Wilcoxon. As Áreas Geridas estão associadas a uma maior Taxa de Propagação, ao passo que as Áreas Não Geridas estão associadas a um maior Calor por Unidade de Área, Intensidade e Comprimento de Chama. Estes resultados demonstram que não há uma diferença significativa no sentido de agravamento do comportamento do fogo entre Áreas Geridas e Áreas Não Geridas. Apesar de haver uma maior carga de combustíveis nas Áreas Não Geridas, há também nestas áreas uma maior humidade dos combustíveis e do ar. Nas Áreas Geridas, pelo contrário, há uma menor carga de combustíveis e uma maior temperatura do ar e velocidade do vento, associado também a uma menor humidade. O facto de haver maior carga de combustíveis nas Áreas Não Geridas é compensado nas Áreas Geridas por uma maior temperatura, velocidade do vento e humidade, fazendo com que Comportamento do Fogo nestas duas áreas não seja assim tão diferente.

Da análise do Comportamento do Fogo para EUC Gerido vs EUC Não Gerido (Tabela 10), foram obtidos valores estatisticamente significativos no sentido de agravamento do Comportamento do Fogo para todos os parâmetros exceto a Taxa de Propagação. As Áreas Não Geridas estão associadas a valores superiores em cada parâmetro. Isto pode ser explicado pelo facto de alguns EUC estarem com claros sinais de abandono e pela elevada combustibilidade das folhas e cascas destas árvores que se encontram nas Áreas Não Geridas.

Para o Comportamento do Fogo para MIX Gerido vs MIX Não Gerido (Tabela 11), resultou um valor estatisticamente significativo para o Calor por Unidade de Área. As Áreas Geridas estão associadas a uma maior Taxa de Propagação, Intensidade e Comprimento de Chama, ao passo que as Áreas Não Geridas estão associadas a um maior Calor por Unidade de Área. Uma vez que estas áreas se encontram divididas com cinco de coberto de eucalipto/acácia e cinco de coberto de eucalipto/pinheiro-bravo,

apresentam maior variabilidade entre si, podendo ser mais difícil encontrar um padrão comum pela amostragem ser pequena.

Em relação ao Comportamento do Fogo para PIN Gerido vs PIN Não Gerido (Tabela 12), não resultaram valores estatisticamente significativos no sentido de agravamento do comportamento do fogo. As Áreas Geridas estão associadas a uma maior Taxa de Propagação, ao passo que as Áreas Não Geridas estão associadas a um maior Calor por Unidade de Áreas, Intensidade e Comprimento de Chama. Isto pode dever-se ao fato da velocidade do vento ser superior nas Áreas Geridas.

Das comparações efetuadas entre os três tipos de composições em Áreas Geridas, e para os Parâmetros de Combustível (Tabela 13), resultaram valores estatisticamente significativos para a Carga de Combustíveis Mortos de 1H e Carga de Combustíveis Arbustivos Vivos. Nestes dois casos, a diferença verifica-se entre EUC e MIX, sendo o valor superior nos MIX. Uma vez que é desconhecida a data em que foi realizada a mais recente intervenção nestas áreas, pode haver diferenças no desenvolvimento de vegetação e acumulação de folhada, sendo maior quando estas tenham ocorrido há mais tempo, o que pode resultar numa maior Carga de Combustíveis Mortos de 1H e Carga de Combustíveis Arbustivos Vivos.

Para os Parâmetros Ambientais (Tabela 14), resultaram valores estatisticamente significativos para a Humidade de Combustíveis Herbáceos Vivos. Neste caso, a diferença verifica-se entre EUC e MIX e entre EUC e PIN, sendo o valor superior nos EUC. Uma explicação para isto pode ser por haver variáveis que não foram consideradas e que podem influenciar este parâmetro como o número de horas de exposição solar ou a data da última ocorrência de precipitação.

Para o Comportamento do Fogo (Tabela 15), resultaram valores significativos para o Calor por Unidade de Área. Neste caso, a diferença verifica-se entre EUC e MIX. Os valores de todos os parâmetros são sempre superiores nas áreas de MIX. Por existirem acácias nas Áreas Não Geridas MIX, que são uma espécie invasora de rápida expansão, dominam facilmente o espaço da Área Geridas, podendo fazer com que haja uma maior carga de combustível e um agravamento dos parâmetros de Comportamento do Fogo.

Finalmente, para as comparações efetuadas entre os três tipos de composições em Áreas Não Geridas, não se verificou qualquer diferença significativa. Para o

Comportamento do Fogo, os valores foram similares, sendo que são sempre superiores em MIX. Em Portugal, EUC e PIN são os povoamentos com maior propensão ao fogo (Silva et al., 2009) apresentando no entanto valores similares nos parâmetros de Comportamento do Fogo. No caso dos povoamentos MIX, por estes serem compostos por eucalipto/pinheiro-bravo e também eucalipto/acácia e alguns estarem num evidente estado de abandono, pode explicar os valores maiores em MIX para o Comportamento do Fogo.

Este estudo destaca-se por incluir dados micrometeorológicos para cada local amostrado, o que permitiu uma caracterização o mais realista possível do comportamento do fogo de superfície para a Região Centro. É de salientar o fato de não haver diferenças estatisticamente significativas no sentido do agravamento do Comportamento do Fogo de superfície entre Áreas Geridas e Áreas Não Geridas. As características encontradas nos dois tipos de áreas fazem com que haja um efeito compensatório que resulta em que o Comportamento do Fogo de superfície não seja tão diferente. Estudos deste tipo são importantes para conseguir avaliar a real importância das FGC na contenção do fogo e para que as normas elaboradas sejam baseadas em dados científicos concretos.

No futuro, este estudo pode ser melhorado pela inclusão de outros fatores como a avaliação de fogo de copas e informações ambientais mais abrangentes. A inclusão da avaliação de fogo de copas poderá descrever melhor a realidade, uma vez que as Áreas Não Geridas têm uma elevada cobertura de copas, o que não acontece nas Áreas Geridas, o que resultaria num agravamento do Comportamento do Fogo. Uma vez que este trabalho é baseado nas condições ambientais existentes no momento da recolha dos dados em campo, poderá ser importante também fazer simulações para condições ambientais mais severas, pois podem condicionar o Comportamento do Fogo.

Apesar de não se terem registado diferenças significativas no Comportamento do Fogo de superfície entre Áreas Geridas e Áreas Não Geridas, estas faixas podem ser importantes por permitirem um melhor acesso a meios de combate (Syphard et al., 2011), por permitirem diminuir a probabilidade de ignição a partir de, por exemplo, vias de comunicação e linhas de transporte de energia e também por permitirem diminuir a probabilidade de ocorrência de grandes incêndios (Oliveira et al., 2016). No entanto, as decisões e normas elaboradas no que diz respeito às FGC devem ser acompanhadas de outras medidas (Oliveira et al., 2016) que avaliem a eficácia das FGC na redução dos efeitos do fogo.

5. Bibliografia

- Anderson, H. E. (1982). *Aids to determining fuel models for estimating fire behavior* (Vol. 122). US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station.
- Andrews, P. L. (2013). Current status and future needs of the BehavePlus Fire Modeling System. *International Journal of Wildland Fire*, 23(1), 21-33.
- Babu, R. C., & Kandasamy, O. S. (1997). Allelopathic effect of *Eucalyptus globulus* Labill. on *Cyperus rotundus* L. and *Cynodon dactylon* L. Pers. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 179(2), 123-126.
- Burgan, R. E. & Rothermel, R. C. (1984). *BEHAVE: fire behaviour prediction and fuel modeling system – FUEL subsystem*. General Technical Report INT-167. Ogden UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Foreste and Range Experiment Station; 126p.
- Cohen, M., Cuiñas, P., Diez, C., Fernandes, P., Guijarro, M., & Moro, C. (2003). Wildland fuel particles characterization database content. *Contract No. EVG1-CT-2001-00041, Fire Star: A Decision Support System for Fuel Management and Fire Hazard Reduction in Mediterranean Wildland—Urban Interfaces. Deliverable D6-03-A1*.
- Cruz, M. G. (2005). Guia Fotográfico para Identificação de Combustíveis Florestais - Região Centro de Portugal. *Centro de Estudos Sobre Incêndios Florestais*, 148, 148–162.
- Dejam, M., Khaleghi, S. S., & Ataollahi, R. (2014). Allelopathic effects of *Eucalyptus globulus* Labill. on seed germination and seedling growth of eggplant (*Solanum melongena* L.). *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 3(1), 81-86.
- Fernandes, P., Gonçalves, H., Loureiro, C., Fernandes, M., Costa, T., Cruz, M. G., & Botelho, H. (2009). Modelos de combustível florestal para Portugal. In *Actas do 6º Congresso Florestal Nacional, Ponta Delgada, Portugal. Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais, Lisboa, Portugal* (pp. 348-354).

- Giraudoux P. (2021). pgirmess: Spatial Analysis and Data Mining for Field Ecologists. R package version 1.7.0. <https://CRAN.R-project.org/package=pgirmess>
- Hope R. M. (2013). Rmisc: Rmisc: Ryan Miscellaneous. R package version 1.5. <https://CRAN.R-project.org/package=Rmisc>
- InduForestFire. O Projeto (2020). www.indufire.pt. Acesso:13 de outubro de 2021
- Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas (2019). 6.º *Inventário Florestal Nacional (IFN6) - 2015 Relatório Final*.
- Kassambara A. & Mundt F. (2020). factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. R package version 1.0.7.999. <http://www.sthda.com/english/rpkgs/factoextra>
- Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American statistical Association*, 47(260), 583-621.
- Nelson, K. M., Bisbing, S., Grossenbacher, D. L., Ritter, M., & Yost, J. M. (2021). Testing an invasion mechanism for *Eucalyptus globulus*: Is there evidence of allelopathy?. *American Journal of Botany*, 108(4), 607-615.
- Oliveira, T. M., Barros, A. M., Ager, A. A., & Fernandes, P. M. (2016). Assessing the effect of a fuel break network to reduce burnt area and wildfire risk transmission. *International Journal of Wildland Fire*, 25(6), 619-632.
- Pinto, A., & Fernandes, P. M. (2014). Microclimate and modeled fire behavior differ between adjacent forest types in northern Portugal. *Forests*, 5(10), 2490- 2504.
- R Core Team (2021) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Rothermel, R. C. (1972). *A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels* (Vol. 115). Intermountain Forest & Range Experiment Station, Forest Service, US Department of Agriculture.

- San-Miguel-Ayanz, J., Durrant, T., Boca, R., Maianti, P., Libertá, G., Artes Vivancos, T., Jacome Felix Oom, D., Branco, A., De Rigo, D., Ferrari, D., Pfeiffer, H., Grecchi, R., Nuijten, D., Onida, M. and Loffler, P., Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2020, EUR 30862 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-42350-8.
- Scott, J. H. & Burgan R. E. (2005). *Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model*. US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591-611.
- Silva, J. S., Moreira, F., Vaz, P., Catry, F., & Godinho-Ferreira, P. (2009). Assessing the relative fire proneness of different forest types in Portugal. *Plant Biosystems*, 143(3), 597-608.
- Silva, J. S., Rego, F. C., Fernandes, P., & Rigolot, E. (2010). Towards integrated fire management. Outcomes of the European Project Fire Paradox.
- Silva, T. P. D., Pereira, J. M. C., Paúl, J. C., Santos, M. T. N., & Vasconcelos, M. J. P. (2006). Estimativa de emissões atmosféricas originadas por fogos rurais em Portugal. *Silva Lusitana*, 14(2), 239-263.
- Singwane, S. S., & Malinga, P. (2012). Impacts of pine and eucalyptus forest plantations on soil organic matter content in Swaziland-Case of Shiselweni Forests. *J Sustain Dev Afr*, 14, 137-151.
- Wickham H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York.
- Wickham H. (2021). *tidyr: Tidy Messy Data*. R package version 1.1.3. <https://CRAN.R-project.org/package=tidyr>
- Wickham H., François R., Henry L. & Müller K. (2021). *dplyr: A Grammar of Data Manipulation*. R package version 1.0.5. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>

Wickham H., Hester J. & Chang W. (2021). devtools: Tools to Make Developing R Packages Easier. R package version 2.4.2.
<https://CRAN.R-project.org/package=devtools>

Wilcoxon, F. (1946). Individual comparisons of grouped data by ranking methods. *Journal of economic entomology*, 39(2), 269-270.

Zewdie, M. (2008). *Temporal changes of biomass production, soil properties and ground flora in Eucalyptus globulus plantations in the central highlands of Ethiopia* (Vol. 2008, No. 2008: 18).

Anexo I – Ficha de Campo

FIELD FORM - TASK 3 – INDUFORESTFIRE											
TRANSECT ()											
ATTENTION: For composition pairs put: Broadleaves – Transect B; Pine stands – Transect P; Eucalypt stands – Transect E/For management pairs put: Managed stands - Transect M; Unmanaged stands – Transect U											
Local:		Pair ID:		Visit ID:		Hour of visit:					
Date of visit:		Last intervention:									
Forest Type:											
Management method (indicate if it is a control area (not managed):											
Thinned ()		Clear cut ()		Pruning ()		Management Surface fuels:					
						Cutting ()		Prescribed fire ()		Tillage ()	
Lat (central point):		Long (central point):		Alt (central point):		Aspect:		Transect azimuth:			
Point ID 1											
SPECIES-minimum of 2m of CBH											
TD - CENTRE DISTANCE (cm)											
DBH - DIAMETER AT BREAST HEIGHT (cm)											
CBH - CROWN BASE HEIGHT (cm)											
TH - TREE HEIGHT (cm)											
CC- CANOPY COVER (%)											
DISTANCE BETWEEN TREE CROWNS (MANAGEMENT DECREE-LAW N.º 10/2018)											
Point ID 2											
SPECIES-minimum of 2m of CBH											
TD - CENTRE DISTANCE (cm)											
DBH - DIAMETER AT BREAST HEIGHT (cm)											
CBH - CROWN BASE HEIGHT (cm)											
TH - TREE HEIGHT (cm)											
CC- CANOPY COVER (%)											
DISTANCE BETWEEN TREE CROWNS (MANAGEMENT - DECREE-LAW N.º 10/2018)											
Point ID 3											
SPECIES-minimum of 2m of CBH											
TD - CENTRE DISTANCE (cm)											
DBH - DIAMETER AT BREAST HEIGHT (cm)											
CBH - CROWN BASE HEIGHT (cm)											
TH - TREE HEIGHT (cm)											
CC- CANOPY COVER (%)											
DISTANCE BETWEEN TREE CROWNS (MANAGEMENT - DECREE-LAW N.º 10/2018)											

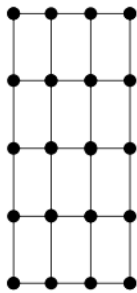
VEGETATION OCCUPATION AND COMPOSITION														
Points	Shrubs and trees						Ferns, herbs, and other non-woody understory species				Litter			
	Species or genus	Cover (%)	Height (cm) only understory plants	Live fuel Percentage (%)	Presence of dead material with diameter (To collect materials*)			Species	Cover (%)	Height (cm)	Live fuel percentage (%)	Cover (%)	Height (cm)	
					< 6 mm % (1h)	> 6 mm % (10h)*	% (100h)*							
01														
02														
03														
04														
05														
06														
07														
08														
09														
10														
11														
12														
13														

Points	Shrubs and trees						Ferns, herbs, and other non-woody understory species				Litter	
	Species or genus	Cover (%)	Height (cm) only understory plants	Live fuel Percentage (%)	Presence of dead material with diameter (To collect materials*)		Species	Cover (%)	Height (cm)	Live fuel percentage (%)	Cover (%)	Height (cm)
					< 6 mm	> 6 mm						
					% (1h)	% (10h)*						
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												

METEOROLOGICAL DATA					
step: 2 seconds (30 measurements per minute) - collect the data in the shade					
P1 (10 minutes)		P2 (10 minutes)		P3 (10 minutes)	
start time:	final time:	Solar radiation (W/m ²):	start time:	Solar radiation (W/m ²):	final time:

COLLECTION OF FINE DEAD AND LIVE FUEL MATERIAL: Downed material (litter and coarse): one collection for fuel load estimation per transect point as measured by the container lid (include coarse material (diameter > 6 mm) and litter). Other 6 collections for fuel moisture estimation: one hermetically closed container for litter + one for dead shrubs + one of live shrubs + one of dead herbaceous + one of live herbaceous + crown leaves. Carry out the fuel collection at the same points of collection of meteorological data. While waiting 10 minutes for stations to capture data, collect fuel.

DRONE FLIGHT



ATTENTION

- Follow the Drone protocol correctly
- Do not fly if:
 - a) It is raining and / or the wind speed is equal to or greater than 15km/h.
 - b) If tall trees, buildings, poles, electrical installations are observed on the site.
 - c) Ideally, the Drone flight should be the first or the last task of the visit so that the material is safely stored in the car.

Anexo II – Scripts RStudio

Análise Exploratória

Análise de Componentes Principais

Exemplo do *script* para a análise por Gestão.

```
PCA_grafico<-prcomp(~Carga_1H+Carga_10H+Carga_100H+Profundidade+Hum_1H,  
Hum_Ar, Temp_Ar, scale=TRUE))
```

```
fviz_pca_biplot(PCA_grafico,label="var",habillage=Base_Dados$Gestao,addEllipses=T  
RUE, ellipse.level=0.95)
```

Análise Estatística

Exemplo do *script* usado para um parâmetro (Carga_1H).

Média, desvio padrão e erro padrão para cada um dos parâmetros por Gestão

```
summary_X<-summarySE(Base_Dados, measurevar = "Carga_1H", groupvars =  
"Gestao")
```

Gráficos de Barras

```
ggplot(summary_X, aes(x=Gestao, y=Carga_1H))+  
  geom_bar(stat = "identity",position = position_dodge())+  
  theme_classic() +  
  theme(axis.line.x = element_line(colour = "grey50"),  
        axis.line.y = element_line(colour = "grey50"))+  
  geom_errorbar(aes(ymin=Carga_1H-sd, ymax=Carga_1H+sd), width=0.2,position =  
position_dodge(0.9))
```


Média, desvio padrão e erro padrão para cada um dos parâmetros por Gestão e Composição

```
summary_X <- summarySE(Base_Dados, measurevar = "Carga_1H", groupvars  
=c("Composicao","Gestao"))
```

Gráficos de Barras

```
ggplot(summary_X, aes(x=Composicao, y=Carga_1H, fill=Gestao))+  
  geom_bar(stat = "identity", position = position_dodge())+  
  theme_classic() +  
  theme(axis.line.x = element_line(colour = "grey50"),  
        axis.line.y = element_line(colour = "grey50"))+  
  geom_errorbar(aes(ymin=Carga_1H-se, ymax=Carga_1H+se), width=0.2, position =  
position_dodge(0.9))
```

Teste Shapiro-Wilk

```
shapiro.test(Base_Dados$Carga_1H)
```

Teste Wilcoxon

```
wilcox.test(Base_Dados$Carga_1H_Gerido, Base_Dados$Carga_1H_Nao_Gerido,  
paired=T)
```

Teste Kruskal-Wallis e teste de comparações múltiplas e boxplots

```
kruskal.test(Carga_1H~Composicao, data = Base_Dados_Gerido)
```

```
kruskalmc(Carga_1H~Composicao, data = Base_Dados_Gerido)
```

```
ggplot(Base_Dados_Gerido, aes(x=Composicao, y=Carga_1H))+  
  geom_boxplot(width=0.5)+  
  theme_classic() +  
  theme(axis.line.x = element_line(colour = "grey50"),  
        axis.line.y = element_line(colour = "grey50"))
```