



UnB

**CIC0203 - Computação Experimental -
TA - 2022.2 - Tarefa T7 - Novo
Aprimoramento de uma Simulação**

URL Read-only Overleaf: <https://www.overleaf.com/read/cqckzkkmwhfg>

Gabriel Pinheiro da Conceição (pinheirogh)

Brasília, 2023-01-20 22:18:48Z

Lista de tarefas pendentes

Sumário

I	Estudos Empíricos Exploratórios	3
1	T7 - Novo Aprimoramento de uma Simulação: Laboratório e Experimento Incêndios Florestais e Saúde Arbórea, por Gabriel Pinheiro da Conceição (pinheirogh)	7
1.1	Introdução	7
1.2	O Fenômeno do Mundo Real	8
1.3	O Laboratório Incêndios Florestais e Saúde Arbórea	8
1.3.1	O Conceito da Simulação	8
1.3.2	O Simulador	8
1.3.2.1	Variáveis Independentes ou de Controle	9
1.3.2.2	Variáveis Dependentes	9
1.3.2.3	Grid	11
1.3.3	A Hipótese Causal	12
1.3.4	O Código do Simulador	13
1.4	Os Experimentos Realizados	14
1.4.1	Experimento 1	14
1.4.1.1	Variáveis Independentes	14
1.4.1.2	Grid pós-simulação	15
1.4.1.3	Gráficos Produzidos	16
1.4.2	Experimento 2	17
1.4.2.1	Variáveis Independentes	17
1.4.2.2	Grid pós-simulação	18
1.4.2.3	Gráficos Produzidos	19
1.4.3	Experimento 3	20
1.4.3.1	Variáveis Independentes	20
1.4.3.2	Grid pós-simulação	21
1.4.3.3	Gráficos Produzidos	22
1.5	Discussão e <i>insights</i> preliminares sobre as hipóteses	23
1.6	Conclusão	23
1.7	Nova Exploração de Dados	23
1.7.1	Preparação da Coleta de Dados	23

SUMÁRIO

1.7.2	Coleta de Dados	24
1.7.3	Exploração dos Dados	24
1.7.4	Reanálise da Hipótese	25
Bibliografia		27

Lista de Figuras

1.1	Variáveis independentes manipuláveis na interface do simulador	9
1.2	Gráfico que apresenta a relação entre as áreas queimadas e preservadas	10
1.3	Capacidade de autorrecuperação da área queimada	11
1.4	Grid de simulação	12
1.5	Variáveis Independentes do Experimento 1	14
1.6	Grid Experimento 1	15
1.7	Área Preservada/Queimada no Experimento 1	16
1.8	Capacidade de recuperação da área queimada no Experimento 1	16
1.9	Variáveis Independentes do Experimento 2	17
1.10	Grid Experimento 2	18
1.11	Área Preservada/Queimada no Experimento 2	19
1.12	Capacidade de recuperação da área queimada no Experimento 2	19
1.13	Variáveis Independentes do Experimento 3	20
1.14	Grid Experimento 3	21
1.15	Área Preservada/Queimada no Experimento 3	22
1.16	Capacidade de recuperação da área queimada no Experimento 2	22
1.17	Covariação entre as variáveis independentes e dependentes	25

LISTA DE FIGURAS

Lista de Tabelas

Resumo

Este documento contém o produto da tarefa especificada no título deste documento, conforme as orientações em <https://www.overleaf.com/read/cytswcjsxxqh>.

Parte I

Estudos Empíricos Exploratórios

hyperref listings

Capítulo 1

T7 - Novo Aprimoramento de uma Simulação: Laboratório e Experimento Incêndios Florestais e Saúde Arbórea, por Gabriel Pinheiro da Conceição (pinheirogh)

1.1 Introdução

Este capítulo apresenta a construção e uso do laboratório de simulações de incêndios florestais para a realização de experimentos que tem por objetivo investigar a hipótese causal “saúde arbórea” que relaciona variáveis independentes e variáveis dependentes, supostamente presente nos estudos bibliométricos por mim realizados e disponíveis na tarefa T4.

É composto por mais cinco seções:

1. Descrição do fenômeno real;
2. Apresentação do laboratório de simulações;
3. Apresentação de análises exploratórias dos dados de experimentos realizados com o uso do laboratório;
4. Discussão sobre *insights* obtidos após os experimentos; e
5. Conclusões.

1.2 O Fenômeno do Mundo Real

Atualmente é de grande preocupação na comunidade científica internacional a produção de conhecimento acerca de incêndios florestais. Esses causam grande devastação da fauna e flora locais e isso leva a consequências desastrosas para a área afetada e para o planeta de um modo geral.

Algumas das consequências conhecidas, de acordo com ([MAUGER, 2009](#)) incluem:

- Impactos Negativos no Clima
- Problemas de Saúde
- Morte de Animais e Plantas
- Degradação do Solo

1.3 O Laboratório Incêndios Florestais e Saúde Arbórea

O laboratório Incêndios Florestais e Saúde Arbórea consiste na simulação de incêndios em áreas com percentual de saúde das árvores definido pelo usuário e visa a análise das consequências desse percentual na capacidade de autorrecuperação da área.

1.3.1 O Conceito da Simulação

A código fonte dessa simulação foi baseado inteiramente no exemplo “forest-fire” do framework MESA e pode ser encontrado na íntegra [neste link](#).

De acordo com ([PROJECT MESA, 2021](#)): “The forest fire model is a simple, cellular automaton simulation of a fire spreading through a forest. The forest is a grid of cells, each of which can either be empty or contain a tree. Trees can be unburned, on fire, or burned. The fire spreads from every on-fire tree to unburned neighbors; the on-fire tree then becomes burned. This continues until the fire dies out.”¹

Nesse laboratório o interesse pelo código importado está na possibilidade de alterar a densidade florestal da área em análise, facilmente. Além disso, o conceito de espalhamento do fogo através da transmissão por contato apresenta grau adequado de semelhança com fenômenos no mundo real

1.3.2 O Simulador

Apresentar a interface com o usuário da simulação de forma textual e gráfica.

¹“O modelo de incêndio florestal é uma simulação de autômato celular simples de um incêndio se espalhando por uma floresta. A floresta é uma grade de células, cada uma das quais pode estar vazia ou conter uma árvore. As árvores podem estar não queimadas, em chamas ou queimadas. O fogo se espalha de cada árvore em chamas para vizinhos não queimados; a árvore em chamas então é queimada. Isso continua até que o fogo se apague.”

1.3.2.1 Variáveis Independentes ou de Controle

São as seguintes as variáveis Independentes ou de Controle, manipuláveis na interface gráfica do simulador:

Tree Density Variável padrão do modelo. Regula a quantidade de árvores colocadas de forma aleatória no grid de simulação. Nesse modelo, a densidade da área é importante porque o fogo do incêndio só é transmitido por proximidade/vizinhança.

Healthy Tree Percentage Variável adicionada nesta alteração do modelo. Ela visa definir de forma aleatória o percentual de árvores da simulação que serão completamente saudáveis, ou seja, que não aderirão ao incêndio.

A interface de interação com o usuário e que permite a manipulação das variáveis acima citadas pode ser visualizada na figura 1.1.

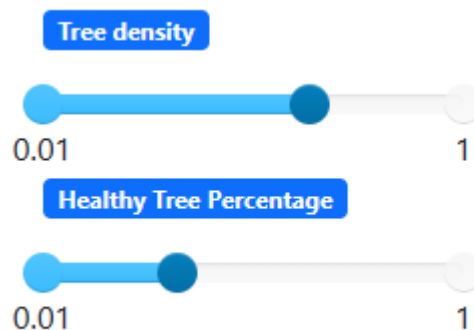


Figura 1.1: Variáveis independentes manipuláveis na interface do simulador

1.3.2.2 Variáveis Dependentes

São as seguintes as variáveis Dependentes, cujos valores são coletados e apresentados na interface gráfica do simulador:

Área preservada e Queimada Variável independente apresentada através de um gráfico de pizza. Relaciona a quantidade de árvores queimadas, em chamas e sadias. Com este dado é possível perceber quais os estados de árvores persistem na área após a simulação.

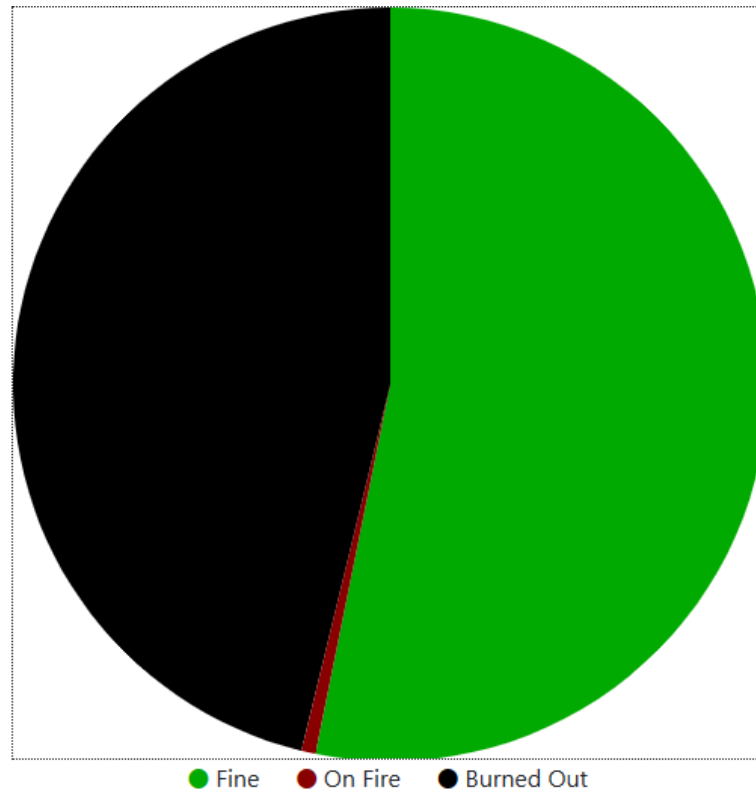


Figura 1.2: Gráfico que apresenta a relação entre as áreas queimadas e preservadas

Capacidade de Recuperação da Área Queimada Variável que considera a capacidade de uma árvore não queimada de recuperar no mínimo mais uma árvore queimada após o incêndio. Ou seja, apresenta a taxa de autorrecuperação no ambiente simulado. Um exemplo pode ser visto na figura 1.3, onde o percentual de recuperação é de apenas 36,46% das 5698 árvores queimadas, ou seja, a quantidade de árvores queimadas superou a quantidade de árvores sadias de modo que área não consegue voltar a ser o que era antes do início do incêndio.

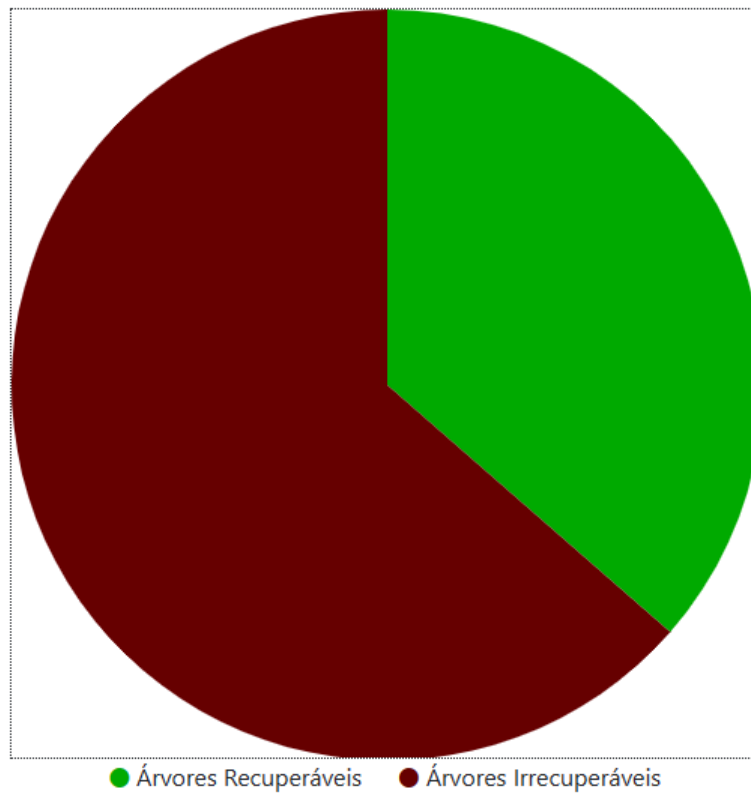


Figura 1.3: Capacidade de autorrecuperação da área queimada

1.3.2.3 Grid

O Grid ou área de simulação é composto por 5 cores principais que são especificadas abaixo:

- Vermelho: Representa as árvores em chamas
- Verde claro: Árvores suscetíveis ao fogo
- Verde escuro: Árvores saudáveis
- Preto: Árvores queimadas
- Branco: Células vazias

A figura 1.4 apresenta um exemplo de simulação em andamento.

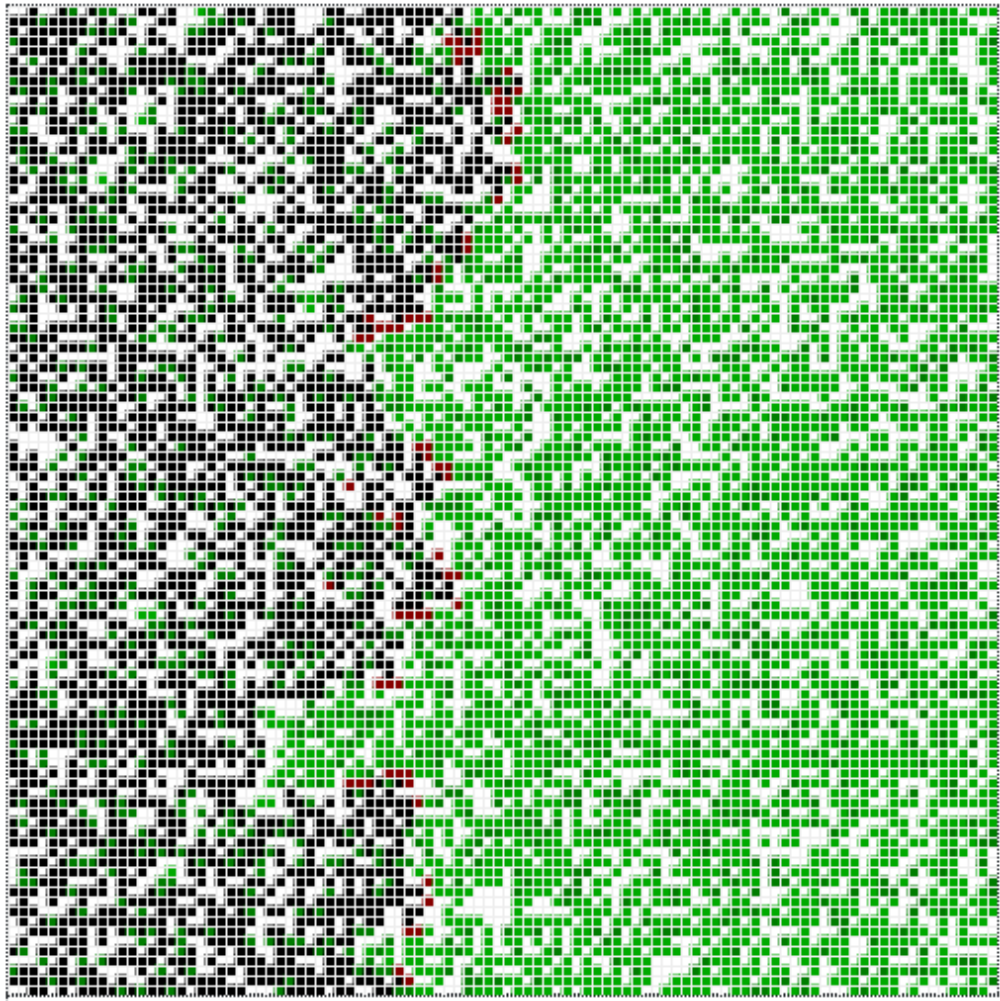


Figura 1.4: Grid de simulação

1.3.3 A Hipótese Causal

A hipótese trabalhada neste laboratório busca comprovar a influência da saúde geral das árvores e consequentemente das florestas na retardação de incêndios florestais e na capacidade de autorrecuperação da área.

A pesquisa bibliométrica feita anteriormente demonstrou um interesse da comunidade científica em explorar variáveis independentes que afetam os ambientes florestais e que os tornam, ou não, mais propícios aos incêndios.

“Em circunstâncias normais, por causa dos altos níveis de umidade, a floresta amazônica não queima. No entanto, a seca extrema torna a floresta temporariamente inflamável.” (ALISSON, 2021) Essa afirmação nos ajuda a entender e captar uma variável dependente fundamental e determinante à saúde arbórea. Adicionalmente de acordo com Bernabé Moya à (MARTINS, 2015)(BBC) em estudo de folhas e ramos de ciprestes: “O fato de essas plantas

terem mais água faz com que elas apresentem uma resistência maior às chamas”. Ou seja, pode-se concluir que a taxa de umidade presente nas plantas é determinante na aderência ou não ao fogo.

Desse modo, nesta primeira alteração do modelo de simulação a nova variável independente (1.3.2.2), foi pensada como fator universal de todos as características que podem influenciar ambientalmente a flora de uma área.

1.3.4 O Código do Simulador

Fazem parte do código fonte do simulador fornecido pelo (PROJECT MESA, 2021) as seguintes principais classes:

- Árvore

- A classe é responsável pela definição do comportamento das células árvore da simulação
- Como alteração foi adicionada um novo atributo: “health”, responsável pela aderência ou não da célula ao fogo.

```
class TreeCell(mesa.Agent):
    def __init__(self, pos, model):
        super().__init__(pos, model)
        self.pos = pos
        self.condition = "Fine"
        self.health = "Unhealthy"
```

- A cada passo a célula avalia se está em chamas e tenta espalhar o fogo para suas árvores vizinhas avaliando seus atributos.

```
def step(self):
    if self.condition == "On Fire":
        for neighbor in self.model.grid.iter_neighbors(self.pos, True):
            if neighbor.condition == "Fine" and neighbor.health == "Unhealthy":
                neighbor.condition = "On Fire"
        self.condition = "Burned Out"
```

- Incêndio

- Responsável pela parte funcional da simulação. Inicialmente os incêndios são instanciados com valores padrão apresentados no código abaixo:

```
def __init__(self, width=100, height=100, density=0.65, health_percentage=0.3)
```

- Foram adicionados dois novos valores a serem coletados pelo método padrão do simulador e projetados graficamente. São eles: “Árvores Recuperáveis” e “Árvores Irrecuperáveis”. Os dois juntamente com a lógica de seus cálculos podem ser visto abaixo:

```
self.datacollector = mesa.DataCollector(
    {
        "Fine": lambda m: self.count_type(m, "Fine"),
        "On Fire": lambda m: self.count_type(m, "On Fire"),
        "Burned Out": lambda m: self.count_type(m, "Burned Out"),
        "Árvores Recuperáveis":
            lambda m: (self.count_type(m, "Fine")/self.count_type(m, "Burned Out")
            if self.count_type(m, "Burned Out") != 0 else 1)*100,
```

```

"Árvores Irrecuperáveis":
lambda m: 100 - ((self.count_type(m, "Fine")/self.count_type(m, "Burned Out")
if self.count_type(m, "Burned Out") != 0 else 1)*100),
)
)

```

- Para popular o grid, foi adicionada uma nova condição que define o atributo saúde da árvore conforme a taxa correspondente configurada pelo usuário. A condição pode ser vista abaixo:

```

if self.random.random() < health_percentage:
    new_tree.health = "Healthy"

```

- A cada passo a simulação coleta novamente os valores dos dados sendo projetados nos gráficos e avalia se a simulação pode parar.

```

def step(self):
    self.schedule.step()

    self.datacollector.collect(self)

    if self.count_type(self, "On Fire") == 0:
        self.running = False

```

1.4 Os Experimentos Realizados

Foram feitos 3 experimentos para a captação de dados e a tentativa de provar a hipótese causal. A densidade da área foi preservada nos 3 experimentos de modo a avaliar somente as alterações na simulação influenciadas pela variável “saúde arbórea”. Os valores das variáveis independentes assim como os gráficos produzidos estão apresentados abaixo:

1.4.1 Experimento 1

1.4.1.1 Variáveis Independentes



Figura 1.5: Variáveis Independentes do Experimento 1

1.4.1.2 Grid pós-simulação

Current Step: 10

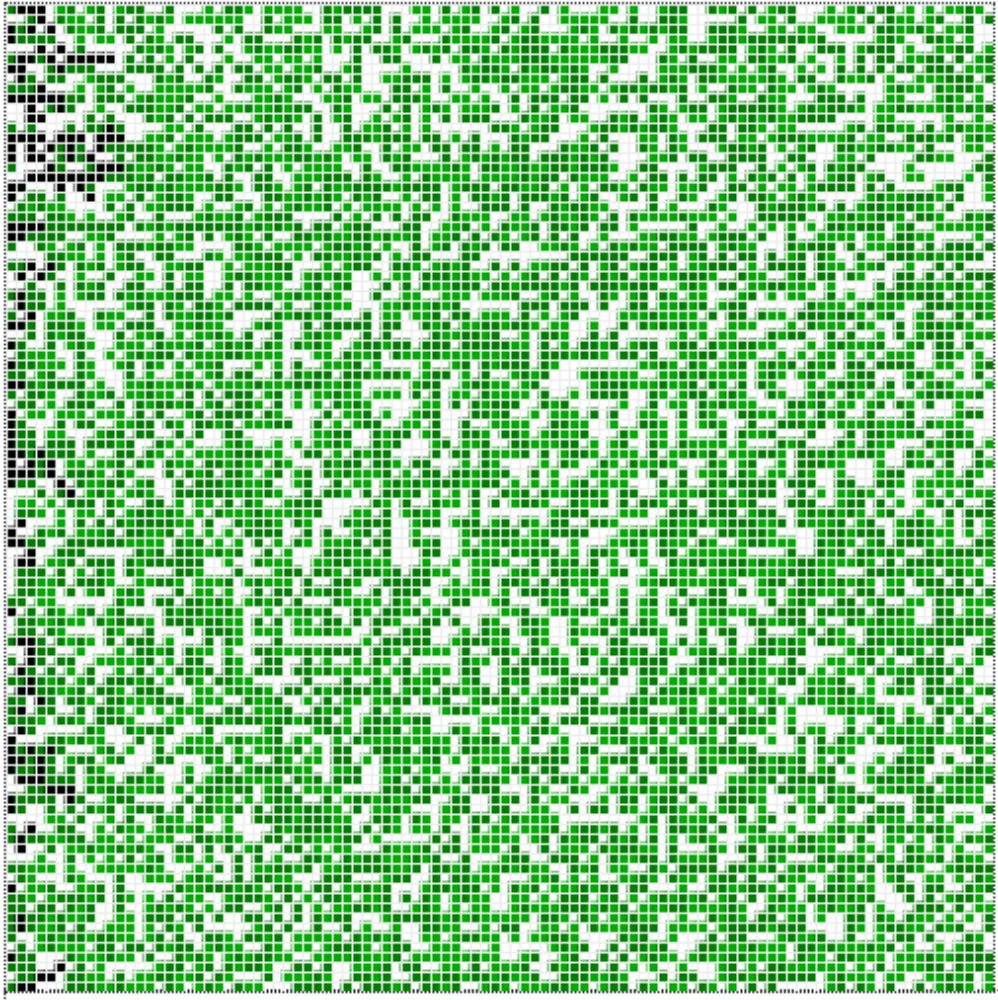


Figura 1.6: Grid Experimento 1

1.4.1.3 Gráficos Produzidos

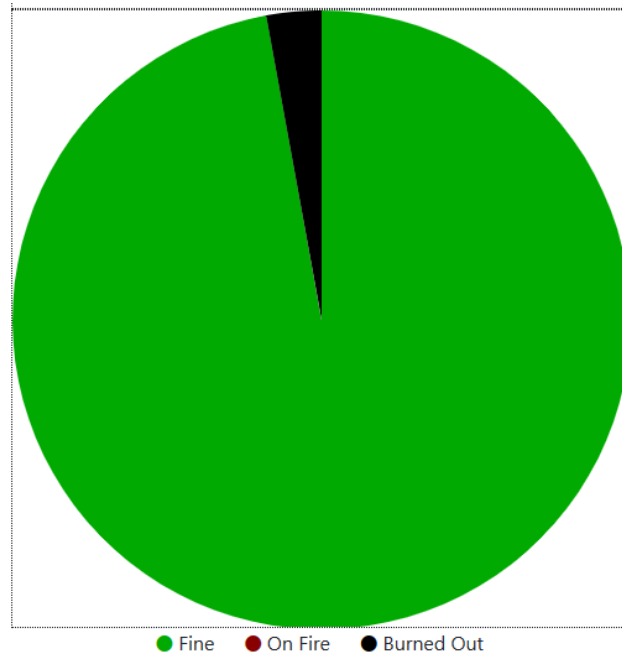


Figura 1.7: Área Preservada/Queimada no Experimento 1

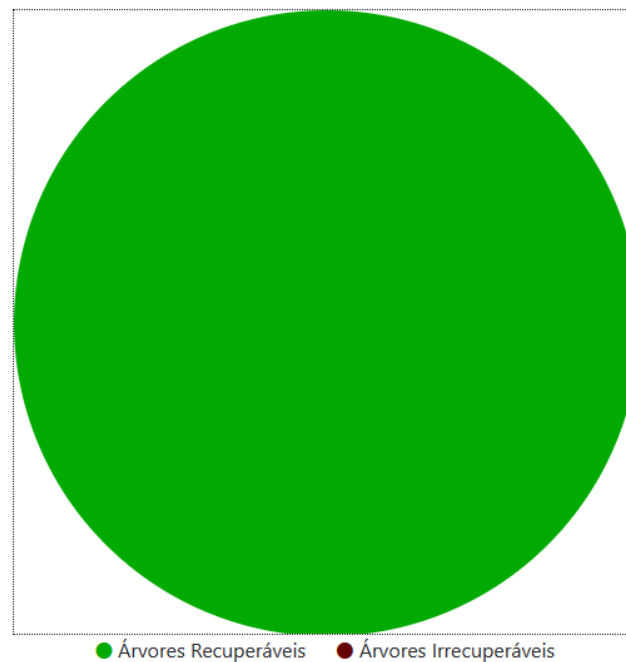


Figura 1.8: Capacidade de recuperação da área queimada no Experimento 1

1.4.2 Experimento 2

1.4.2.1 Variáveis Independentes

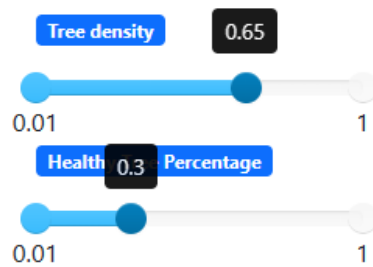


Figura 1.9: Variáveis Independentes do Experimento 2

1.4.2.2 Grid pós-simulação

Current Step: 72

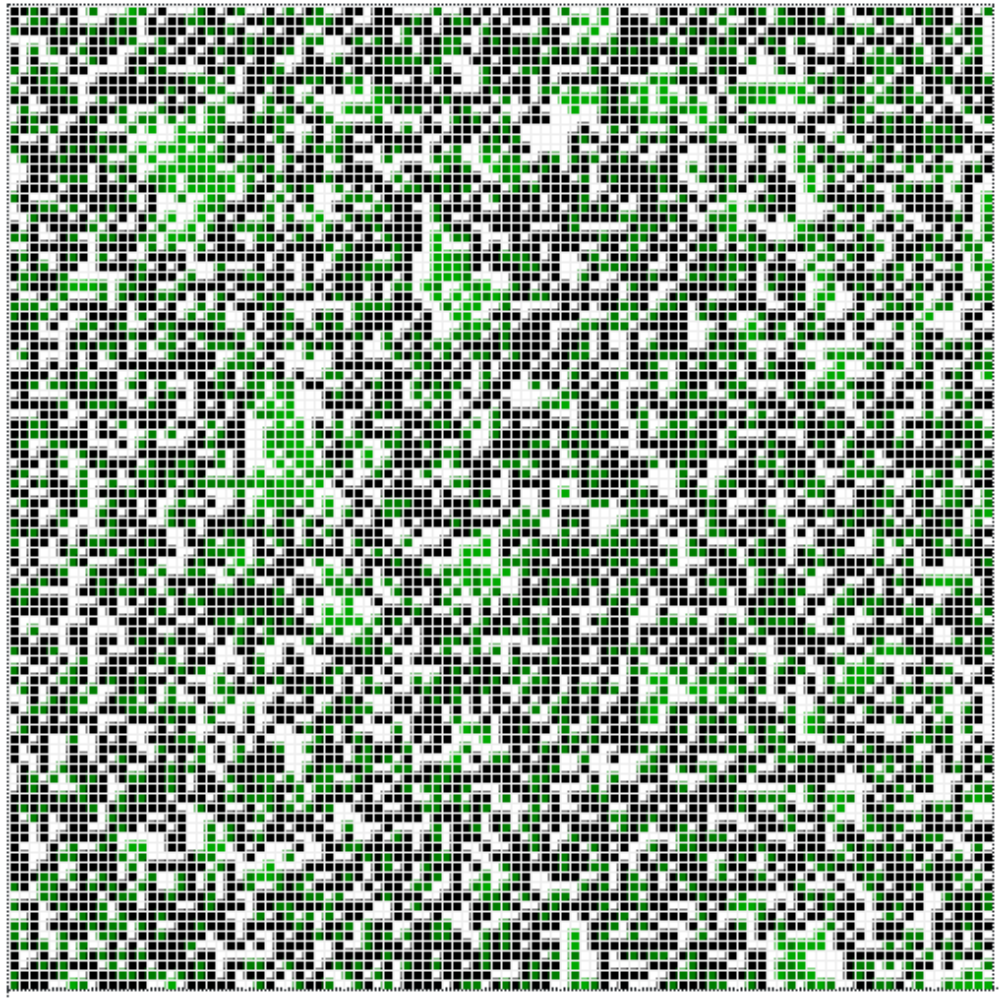


Figura 1.10: Grid Experimento 2

1.4.2.3 Gráficos Produzidos

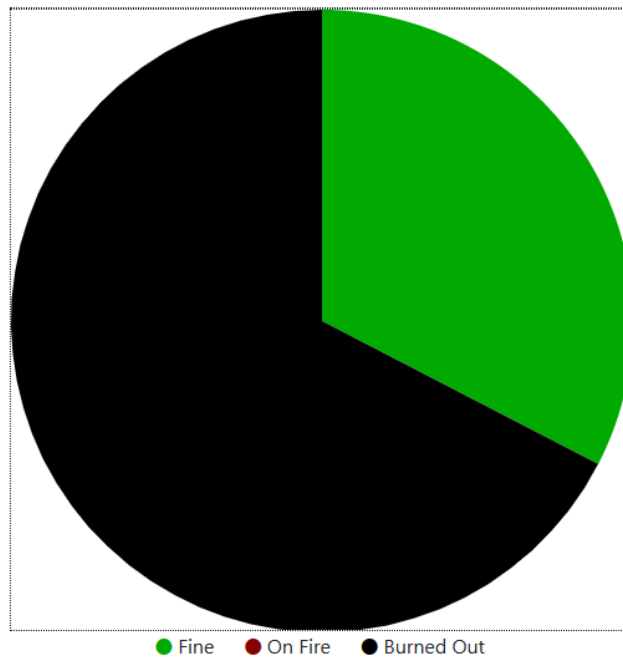


Figura 1.11: Área Preservada/Queimada no Experimento 2

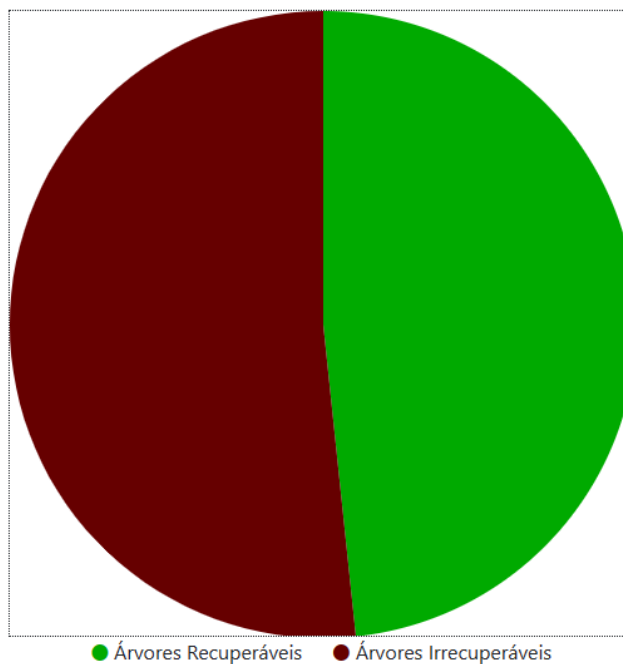


Figura 1.12: Capacidade de recuperação da área queimada no Experimento 2

1.4.3 Experimento 3

1.4.3.1 Variáveis Independentes

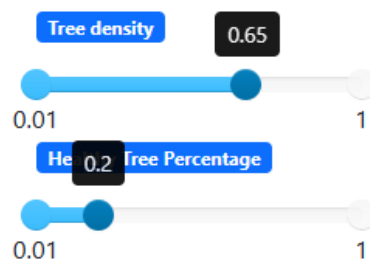


Figura 1.13: Variáveis Independentes do Experimento 3

1.4.3.2 Grid pós-simulação

Current Step: 45

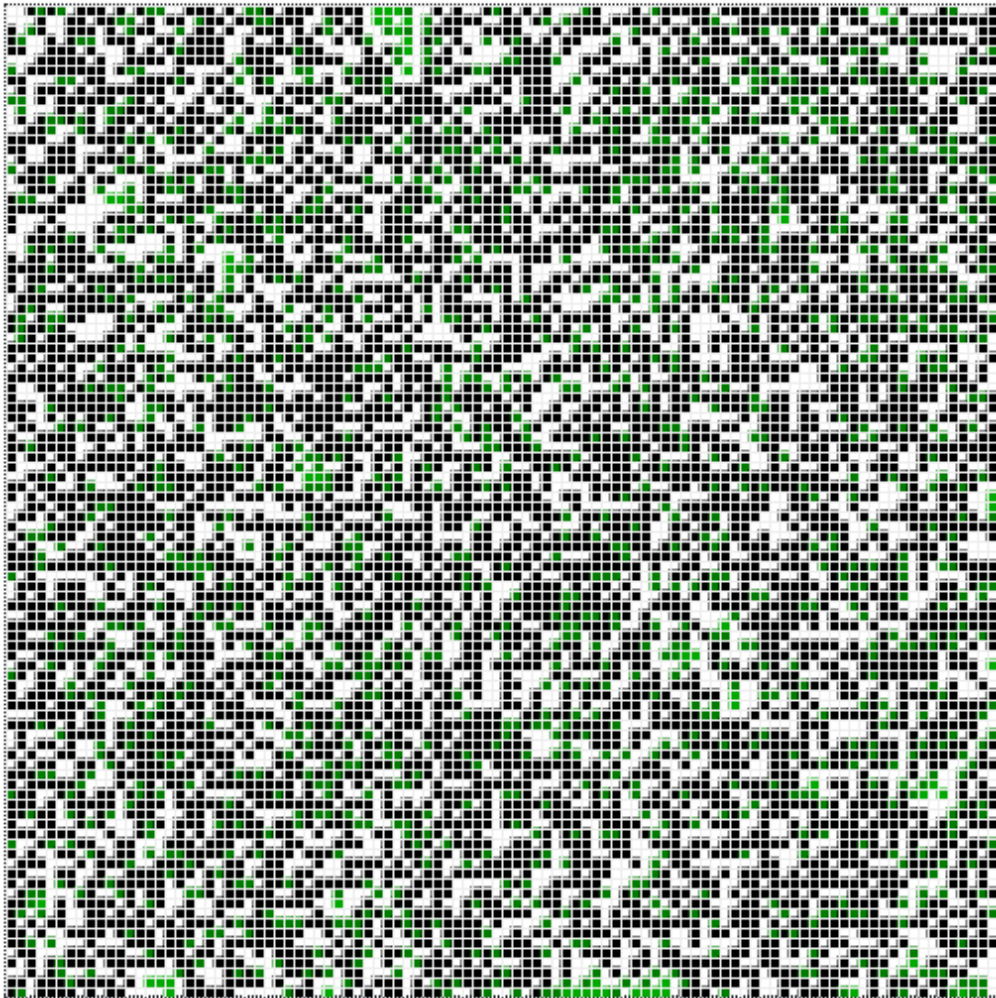


Figura 1.14: Grid Experimento 3

1.4.3.3 Gráficos Produzidos

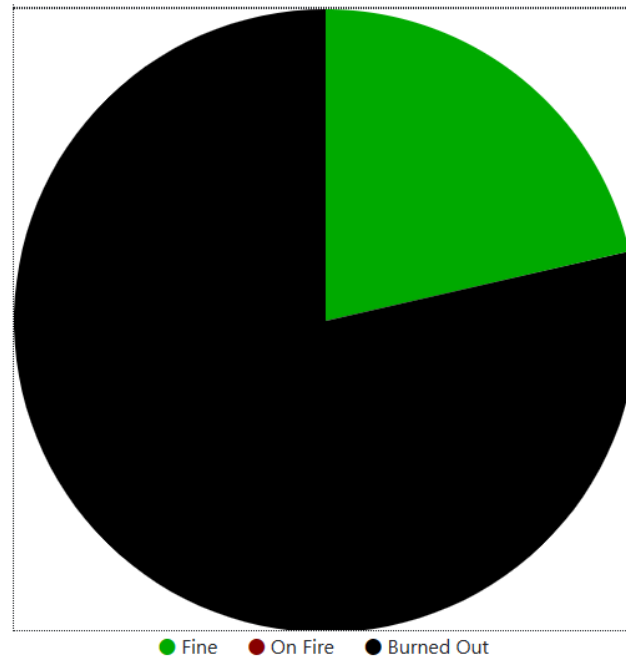


Figura 1.15: Área Preservada/Queimada no Experimento 3

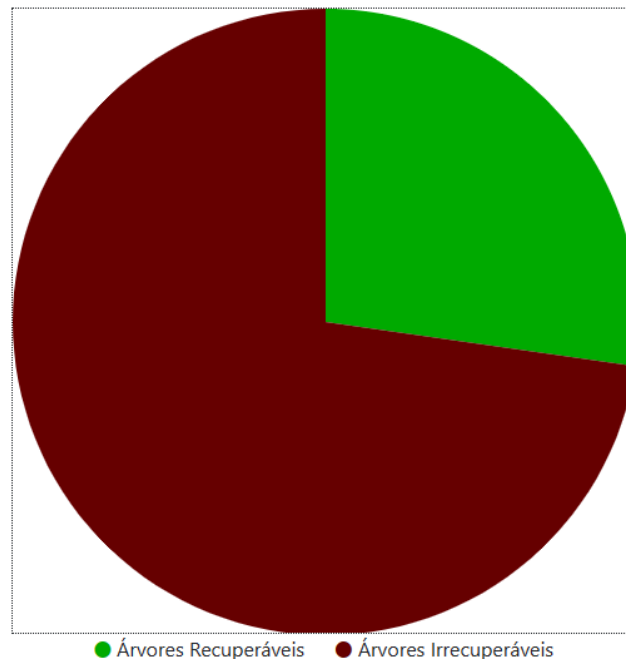


Figura 1.16: Capacidade de recuperação da área queimada no Experimento 2

1.5 Discussão e *insights* preliminares sobre as hipóteses

Dos resultados dos experimentos realizados fica claro que a hipótese causal parece estar correta com relação à influência da saúde arbórea no retardamento de incêndios. É visível nos resultados apresentados que quando a porcentagem de árvores saudáveis foi elevada, houve uma maior preservação do índice de recuperação da área.

No entanto, uma variável tão generalizada como a atual taxa de saúde geral da área considerada como um todo e que engloba diversos aspectos pode não significar tanto no mundo real. Isso porque há múltiplos fatores que podem ser considerados futuramente como variáveis independentes expandidas a partir da variável “saúde arbórea”, como por exemplo temperatura do ambiente e nível de umidade, que por sua vez podem ser englobados por uma taxa de emissão de gases na atmosfera e assim sucessivamente.

1.6 Conclusão

A dinâmica de experimentação desse laboratório tem sido enriquecedora no entendimento de como a alteração das variáveis independentes pode culminar em ambientes de simulação diversos.

Pode-se concluir que a hipótese causal e a simulação estão no caminho certo, mas para as próximas etapas o ideal é que seja feita uma especialização/expansão da principal variável independente (saúde arbórea) de modo que quanto mais altos os índices das variáveis independente especializadas, menor a quantidade de árvores saudáveis. Isto é, continuar trabalhando a variável “saúde arborea”, mas de forma indireta.

1.7 Nova Exploração de Dados

Esta seção faz parte da tarefa T7 e busca aprimorar a análise do laboratório desenvolvido anteriormente. Serão feitos experimentos em grandes quantidades de modo a extrair distribuições e observar variações dos fatores manipuláveis.

1.7.1 Preparação da Coleta de Dados

Foi criado um novo *script* nos arquivos do laboratório intitulado: “datacollector.py”. O arquivo possui como base a versão de código disponibilizada na descrição da tarefa T7 para a coleta de dados dos experimentos relacionados ao modelo de Boltzmann Wealth.

No arquivo base, foram feitas as seguintes mudanças:

- Definição de parâmetros:

```
params = {"width": 100, "height": 100, "density": 0.65, "health_percentage": np.arange(0, 1, 0.1)}
```

Os parâmetros foram alterados para os considerados no experimento de simulação de incêndio. Além disso, somente o parâmetro “health_percentage” será variado, de modo

a comprovar a direta interferência da principal variável independente na hipótese considerada.

- Máximo de passos para estabilização

```
max_steps_per_simulation = 60
```

O número máximo de passos por simulação foi alterado para 60 conforme observações manuais dados os parâmetros fixos considerados para que a simulação se estabilizasse.

1.7.2 Coleta de Dados

Foram feitos 300 experimentos por variação do parâmetro “health_percentage”.

O parâmetro “density”², que configura a densidade arbórea do grid de simulação foi fixado de modo a inibir interferências por parte do espalhamento ou não do fogo nos experimentos.

Os dados foram armazenados em um único arquivo CSV, dada a quantidade suficiente de variações nos parâmetros necessários.

1.7.3 Exploração dos Dados

Os dados extraídos e armazenados no arquivo CSV foram carregados no RStudio e analisados através dos métodos da própria linguagem R e da biblioteca de plotagem de gráficos ggplot2.

De acordo com (GROLEMUND, 2023): “Covariation is the tendency for the values of two or more variables to vary together in a related way. The best way to spot covariation is to visualise the relationship between two or more variables.”³ e ainda de acordo com (GROLEMUND, 2023), entre outras opções “Another alternative to display the distribution of a continuous variable broken down by a categorical variable is the boxplot. A boxplot is a type of visual shorthand for a distribution of values that is popular among statisticians.”⁴

Desse modo, conclui-se que para a análise requerida nesta tarefa, o melhor tipo de gráfico é um boxplot. O gráfico foi gerado conforme as descrições teóricas e o código R abaixo utilizando como eixo x a variável dependente: “arvores_recuperaveis” e como eixo y a variável independente: “health_percentage”. O resultado pode ser visto na figura 1.17.

²densidade

³“Covariação é a tendência de valores de duas ou mais variáveis de variar juntas de forma relacionada. A melhor maneira de observar covariações é visualizar o relacionamento entre as duas ou mais variáveis.”

⁴“Outra alternativa para exibir a distribuição de uma variável contínua dividida por uma variável categórica é o boxplot. Um boxplot é um tipo de atalho visual para uma distribuição de valores que é popular entre os estatísticos.”

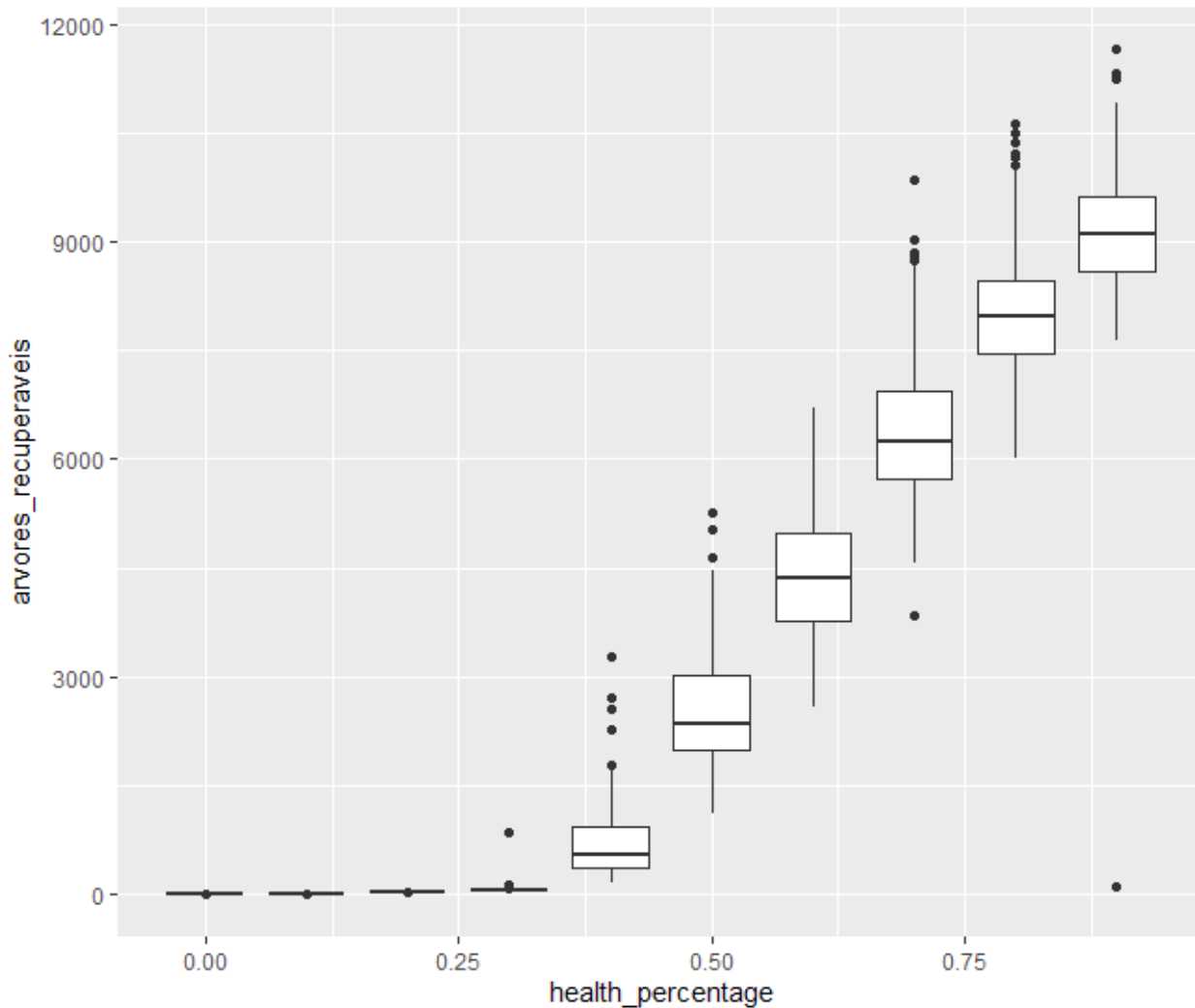


Figura 1.17: Covariação entre as variáveis independentes e dependentes

Como interpretação do gráfico gerado, percebe-se que a covariação tende para quantidades mais altas de árvores capazes de serem recuperadas conforme há um aumento da saúde arbórea nas simulações feitas. É possível observar, ainda, que a quantidade de árvores recuperáveis tende a zero durante a variação inicial da saúde arbórea. Isso pode ser explicado pela hipótese definida de que uma árvore saudável recupera uma árvore queimada e que portanto para que haja recuperação devem haver árvores com saúde, o que não acontece na variação inicial do argumento “health_percentage”.

1.7.4 Reanálise da Hipótese

Diante do analisado nesta nova parte do laboratório, mantém-se a hipótese causal inicial e reafirma-se que uma maior possibilidade de manipulação da variável independente “saúde

arbórea” faria a análise mais robusta e verossímil.

Bibliografia

- ALISSON, Elton. *Seca e fogo amplificam morte de árvores e emissões de CO₂ na Amazônia - eCycle*. pt-BR. Jul. 2021. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/seca-e-fogo-amplificam-morte-de-arvores-e-emissoes-de-co2-na-amazonia/>>. Acesso em: 5 jan. 2023. Citado na p. 12.
- GROLEMUND, Hadley Wickham and Garrett. *7 Exploratory Data Analysis | R for Data Science*. Disponível em: <<https://r4ds.had.co.nz/exploratory-data-analysis.html>>. Acesso em: 20 jan. 2023. Citado na p. 24.
- MARTINS, Alejandra. *Desvendado mistério das árvores que resistem a incêndios florestais*. pt-BR. Set. 2015. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/09/150901_ciprestes_misterio_incendio_rm>. Acesso em: 5 jan. 2023. Citado na p. 12.
- MAUGER, João Santana. *Incêndios Florestais - Causas, Consequências e Como Evitar*. 2009. Disponível em: <<https://www.ibram.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/Cartilha-Inc%C3%AAndios-Florestais-Causas-Consequ%C3%AAncias-e-Como-Evitar.pdf>>. Acesso em: 5 jan. 2023. Citado na p. 8.
- PROJECT MESA. *Mesa: Agent-based modeling in Python 3+ — Mesa .1 documentation*. Disponível em: <<https://mesa.readthedocs.io/en/latest/>>. Acesso em: 20 jul. 2021. Citado nas pp. 8, 13.