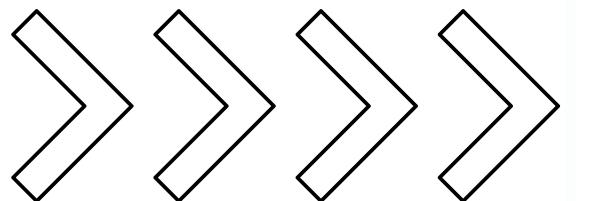


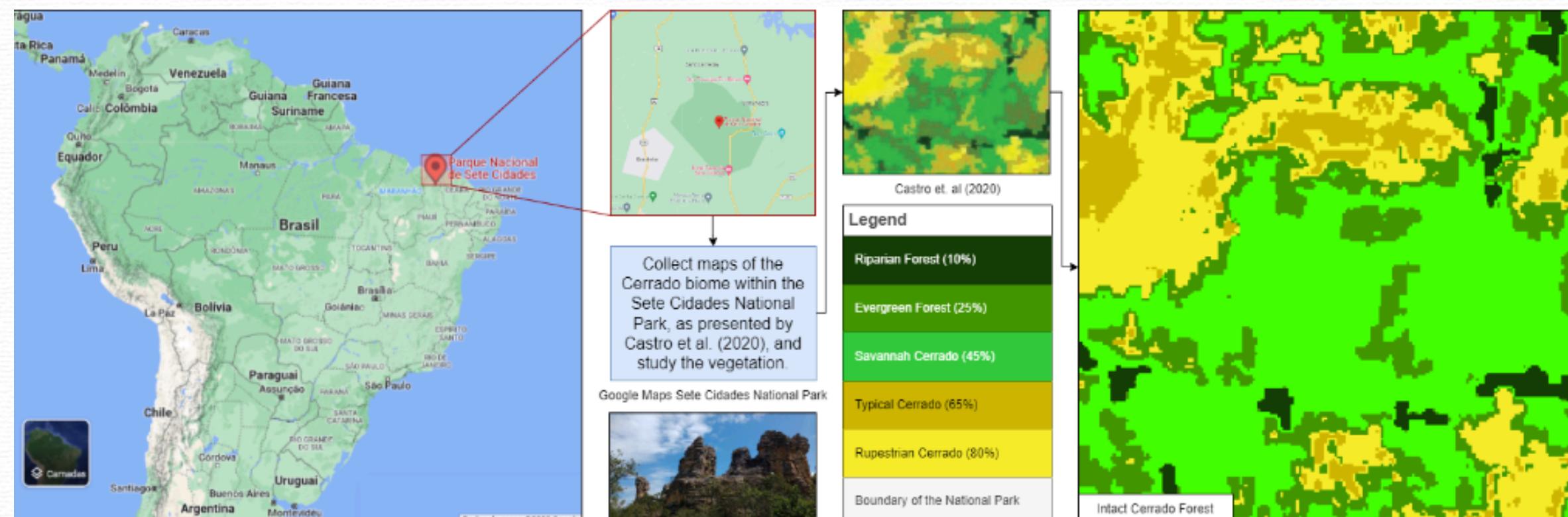
AUTOMATOS CELULARES

Aluno: Paulo Oyama



Artigo Escolhido

Enhancing wildfire simulation with wind and vegetation parameters using Cellular Automata in Sete Cidades National Park: a study in the Brazilian Cerrado biome



O estudo aborda a simulação da propagação de incêndios florestais no Parque Nacional de Sete Cidades, localizado no bioma Cerrado brasileiro, utilizando um modelo baseado em autômatos celulares (AC). A pesquisa tem como objetivo entender melhor o comportamento de incêndios florestais, considerando fatores como tipo de vegetação, direção e intensidade do vento.

(PDF) Enhancing wildfire simulation with wind and...

PDF | Wildfires pose a significant threat to natural ecosystems, human lives, and properties worldwide. Developing...

[researchgate.net](#)

Link

Desafios

Desafios na Modelagem de Incêndios Florestais

- Representação Realista do Comportamento do Fogo:
 - Fenômenos complexos, como interações climáticas e composição do solo, são simplificados.
 - Topografia, um fator importante, não foi incorporada.
- Homogeneidade Presumida da Vegetação:
 - O modelo assume que a vegetação é uniforme em determinadas áreas, reduzindo a precisão dos resultados.
- Ausência de Fatores Críticos:
 - Umidade: Influência do solo e do ar na propagação do fogo não considerada.
 - Disponibilidade de Combustível: Diferenças na quantidade e no tipo de material inflamável não foram detalhadas.
- Modelagem do Vento:
 - Direção e intensidade são fixas em cada simulação, ignorando a variabilidade dinâmica.
- Necessidade de Melhorias:
 - Inclusão de variáveis adicionais e maior flexibilidade para representar diferentes condições ambientais e ecossistemas.

Desenvolvimento do Ambiente

Representação do Ambiente

- O espaço é modelado como uma grade bidimensional (200x200), onde cada célula representa uma parcela do ambiente, como vegetação ou área já queimada.
- Cada célula pode assumir 12 possíveis estados:
 - Estados vivos (5): Representam diferentes tipos de vegetação, como floresta ripária, cerrado típico, e cerrado rupestre.
 - Estados de queima (6): Indicam estágios de intensidade do fogo, variando de fogo inicial (amarelo) até fogo intenso (vermelho).
 - Estado morto (1): Representa áreas já queimadas.

Parâmetros Considerados

- Vegetação: Cada tipo de vegetação tem uma probabilidade específica de queimar, baseada em características como densidade e umidade.
 - Exemplo: Floresta ripária (10%) queima menos que cerrado rupestre (80%).
- Vento: É representado por uma matriz de preferência que modela a direção e intensidade, influenciando a propagação do fogo para células vizinhas.

Desenvolvimento do Ambiente

	0	1	2
0	100	100	100
1	100	x_{ij}	100
2	100	100	100

(a) $\vec{w} = 0.$

	0	1	2
0	100	95.5	93.5
1	100	x_{ij}	93.5
2	100	95.5	93.5

(b) $\vec{w} = 2.$

	0	1	2
0	100	77.5	67.5
1	100	x_{ij}	67.5
2	100	77.5	67.5

(c) $\vec{w} = 10.$

	0	1	2
0	100	55.0	35.0
1	100	x_{ij}	35.0
2	100	55.0	35.0

(d) $\vec{w} = 20.$

vento da esquerda para direita

Desenvolvimento do Automato

Regras de Atualização

- Propagação do fogo:
 - Se uma célula não está queimando mas um dos seus vizinhos está, essa célula tem a probabilidade P de queimar;
 - Se uma célula está queimando mas nenhum dos seus vizinhos está, os vizinhos têm a probabilidade P de queimar;
 - Se uma célula está queimando mas algum dos seus vizinhos também está, o fogo se espalha para células de vento mais forte;
- Transições de estados:
 - As células passam por diferentes estados de queima ao longo do tempo e, eventualmente, tornam-se "mortas" (pretas).
 - O tempo de permanência em cada estado é definido (uma unidade por estado de queima).
- Influência do vento:
 - A probabilidade de ignição é maior na direção do vento e menor nas direções opostas.

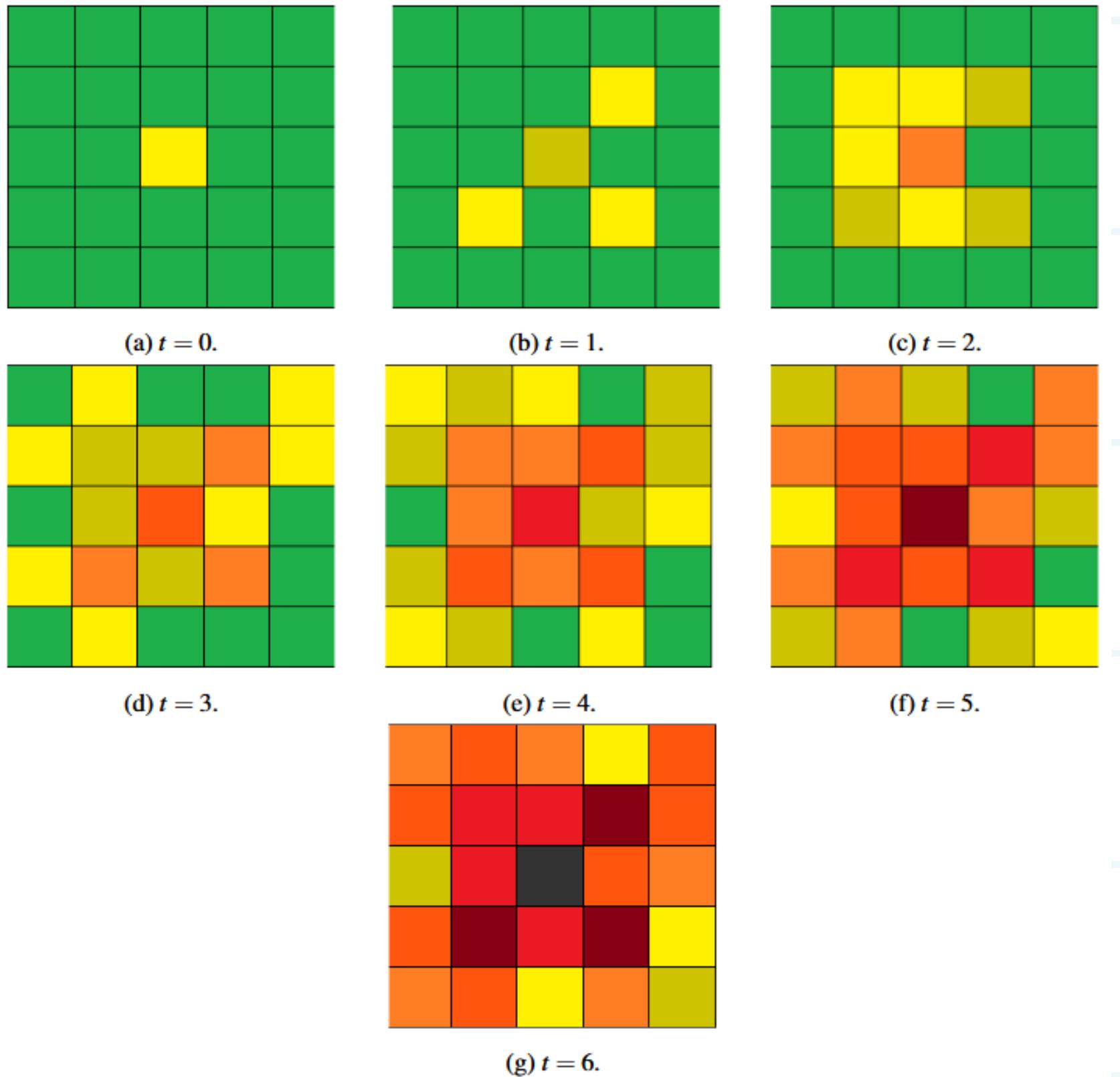
Simulação

- O modelo é inicializado com uma ou mais células em estado de queima (ignição).
- A cada passo de tempo (TTT), o estado de todas as células é atualizado simultaneamente, seguindo as regras descritas.
- A simulação continua até que o fogo se extinguir ou um número máximo de passos seja alcançado.

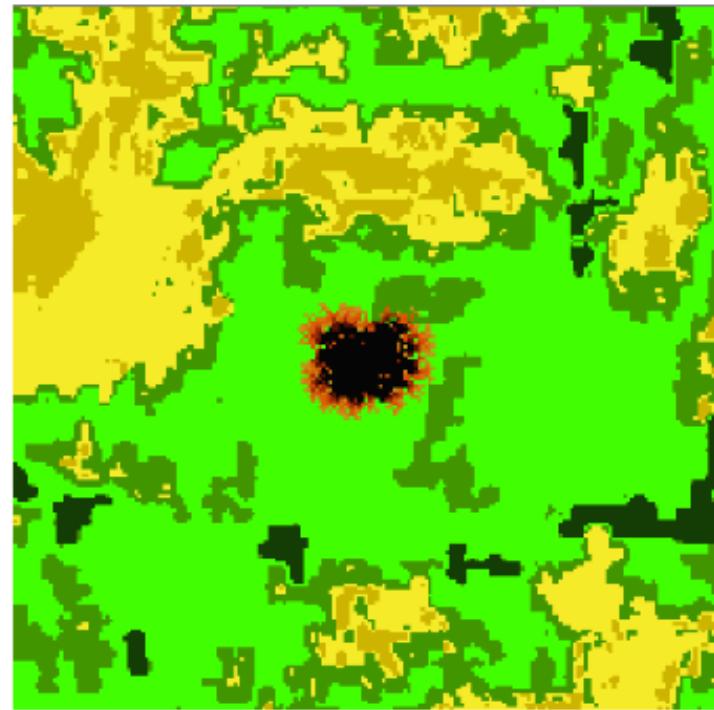
Resultados do Modelo

- O modelo gera padrões visuais que mostram como o fogo se espalha no ambiente ao longo do tempo.
- Indicadores como a porcentagem da floresta queimada são calculados para análise.

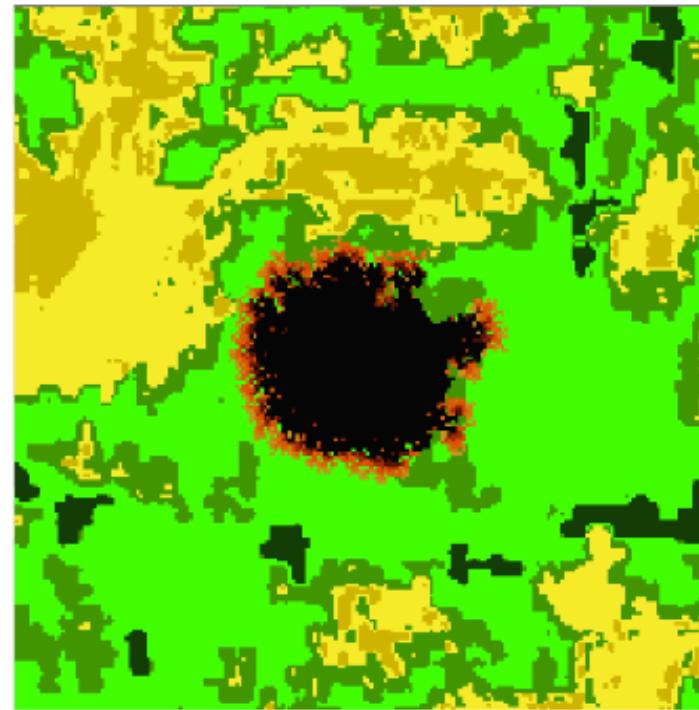
Estados de evolução do fogo



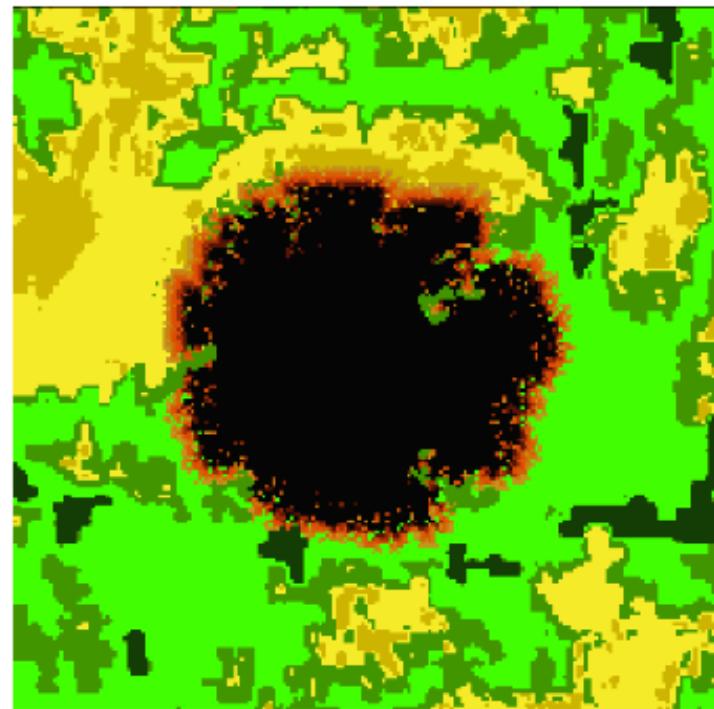
Resultados



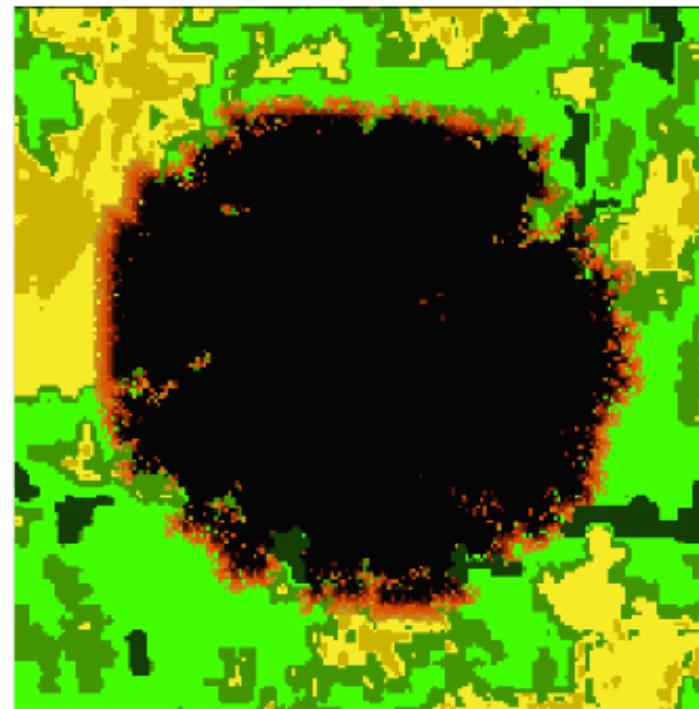
(a) $t = 20, B_f = 2.25\%$.



(b) $t = 40, B_f = 8.67\%$.



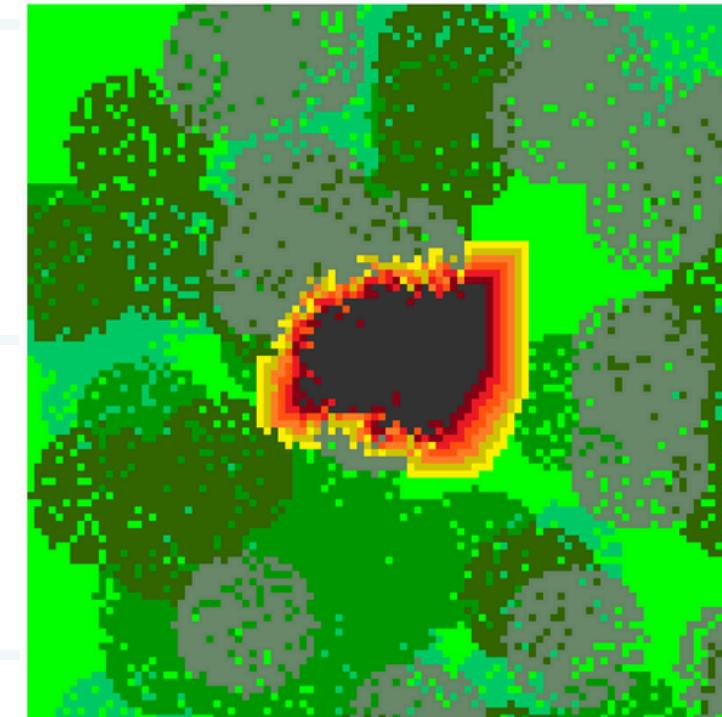
(c) $t = 60, B_f = 22.86\%$.



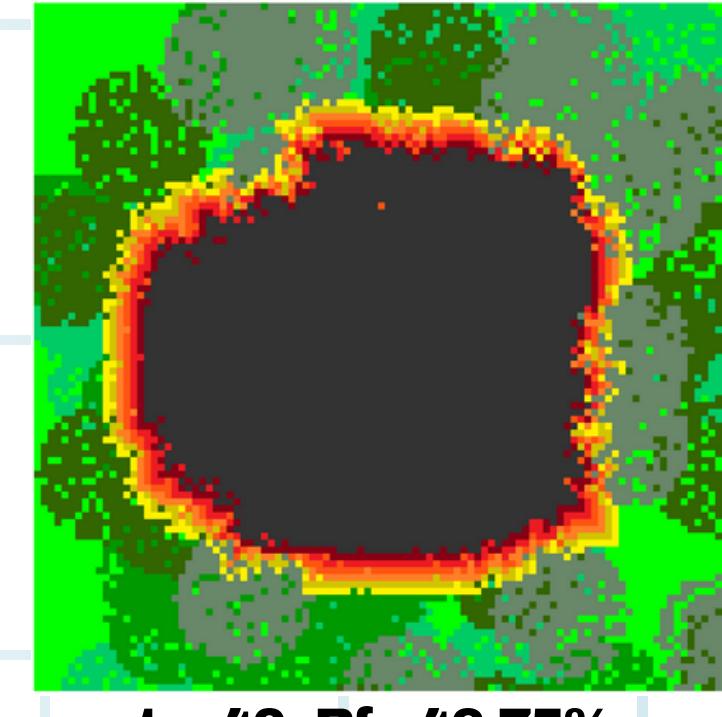
(d) $t = 80, B_f = 42.84\%$.

velocidade do vento = 0

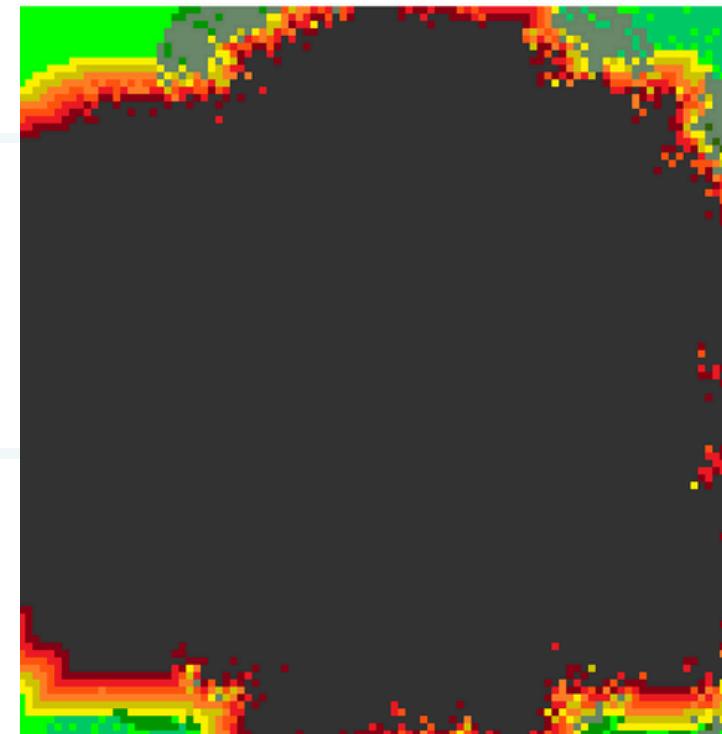
Releitura



$t = 20, B_f = 10,7\%$



$t = 40, B_f = 46,75\%$

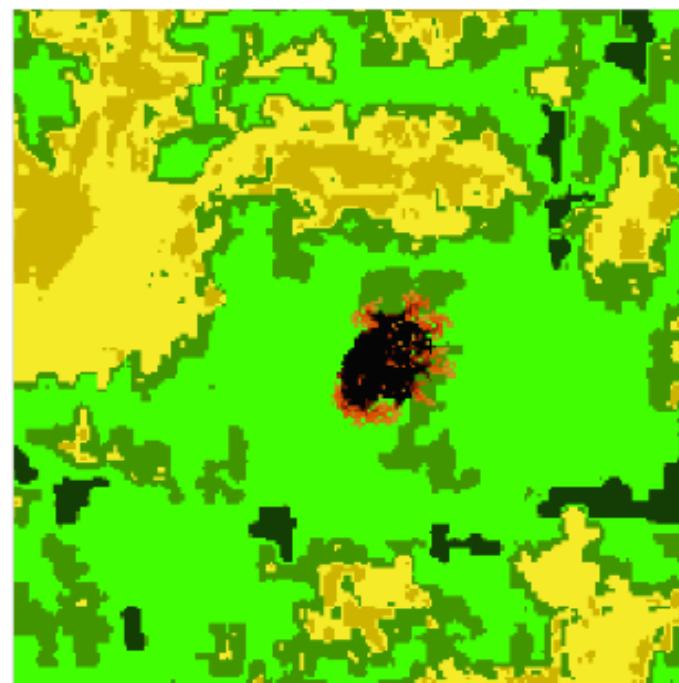


$t = 60, B_f = 95,83\%$

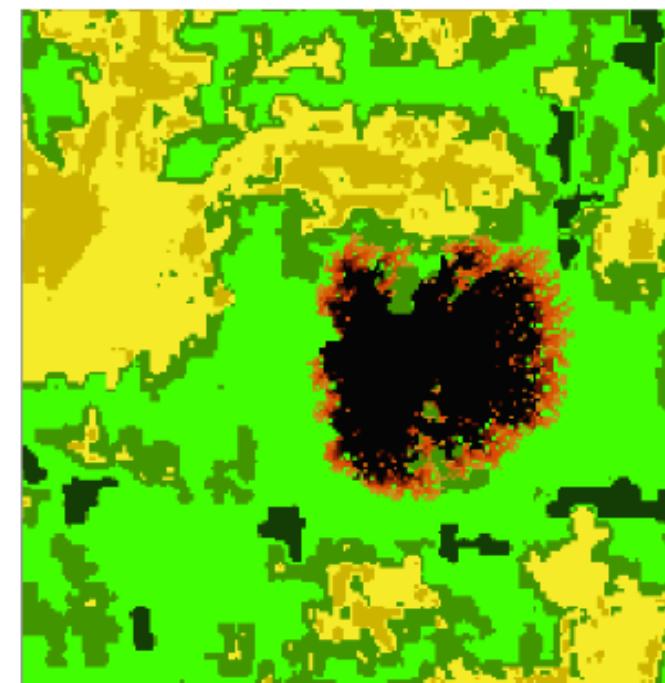


$t = 60, B_f = 100\%$

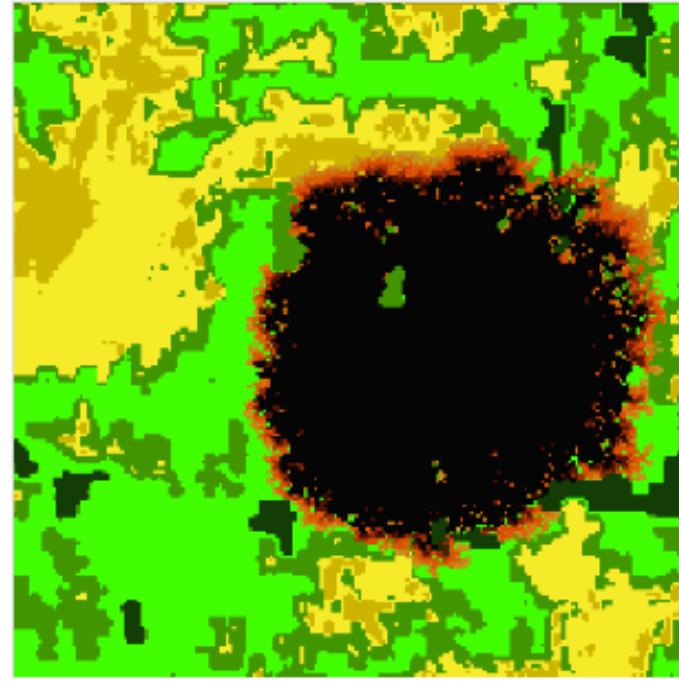
Resultados



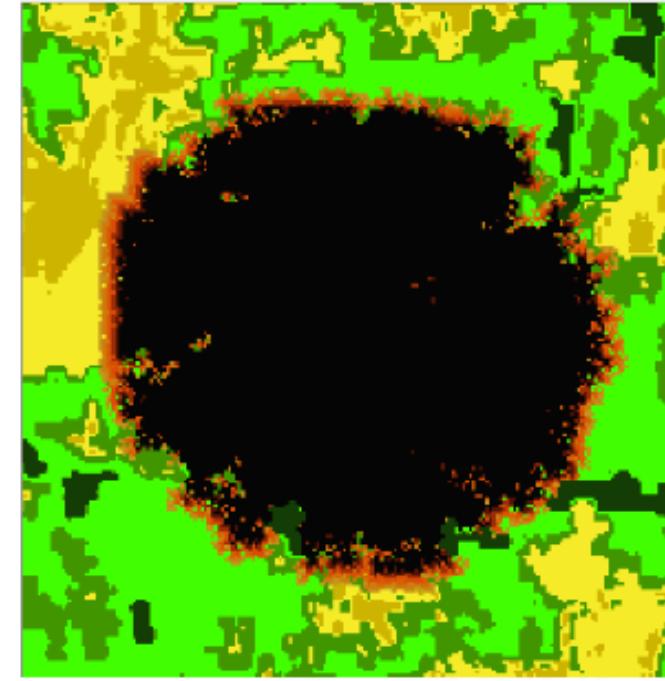
(a) $t = 10, B_f = 2.11\%$.



(b) $t = 40, B_f = 10.58\%$.

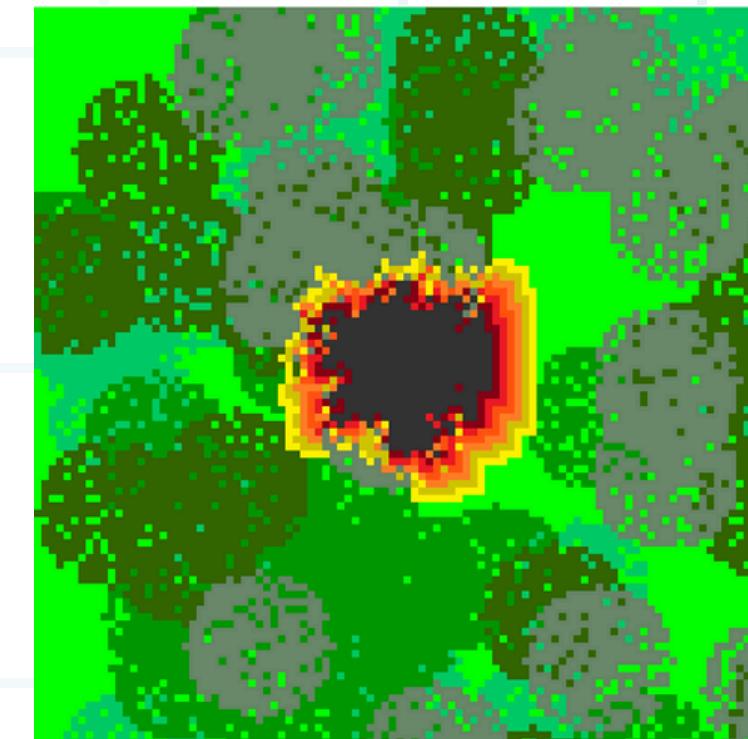


(c) $t = 60, B_f = 28.74\%$.

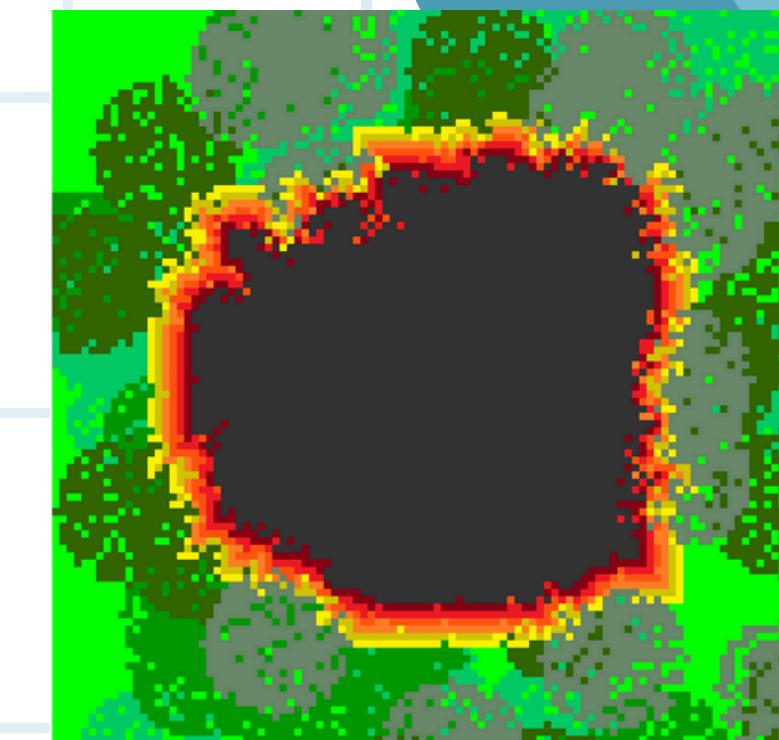


(d) $t = 80, B_f = 48.02\%$.

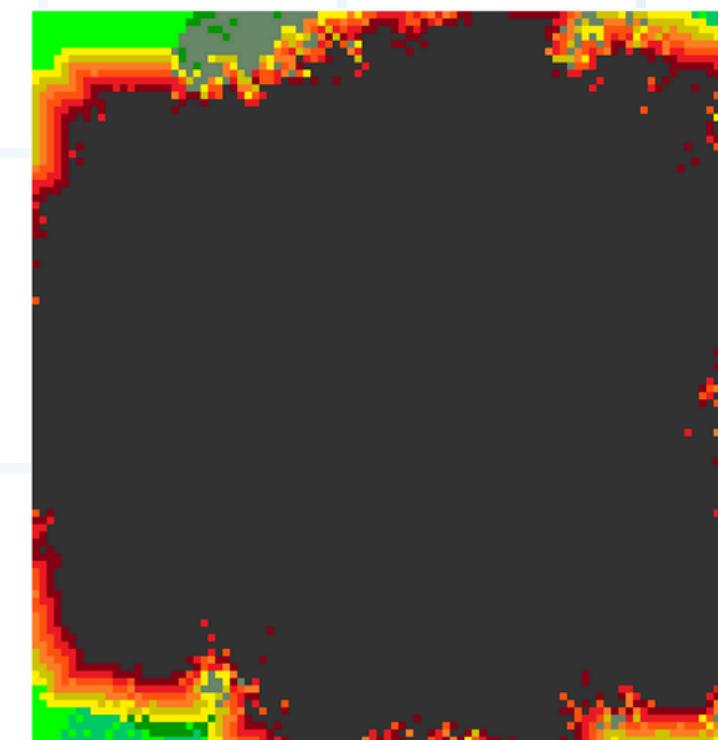
Releitura



$t = 20, B_f = 9,92\%$



$t = 40, B_f = 45,75\%$



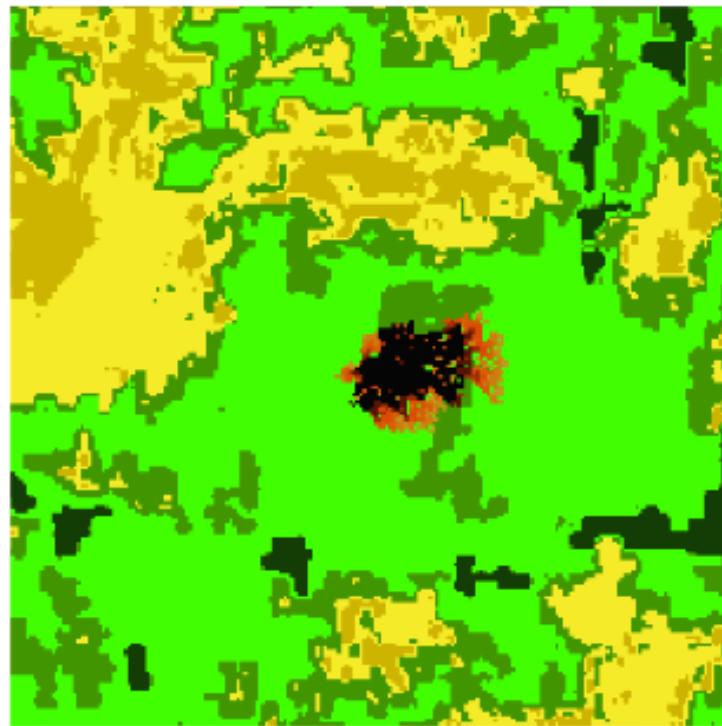
$t = 60, B_f = 98,22\%$



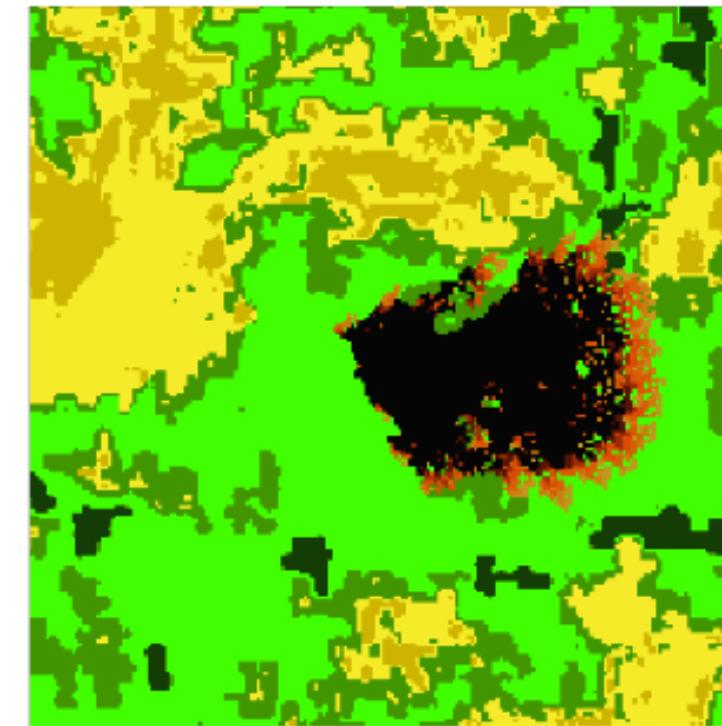
$t = 60, B_f = 100\%$

velocidade do vento = 10, Direção Esquerda - Direita

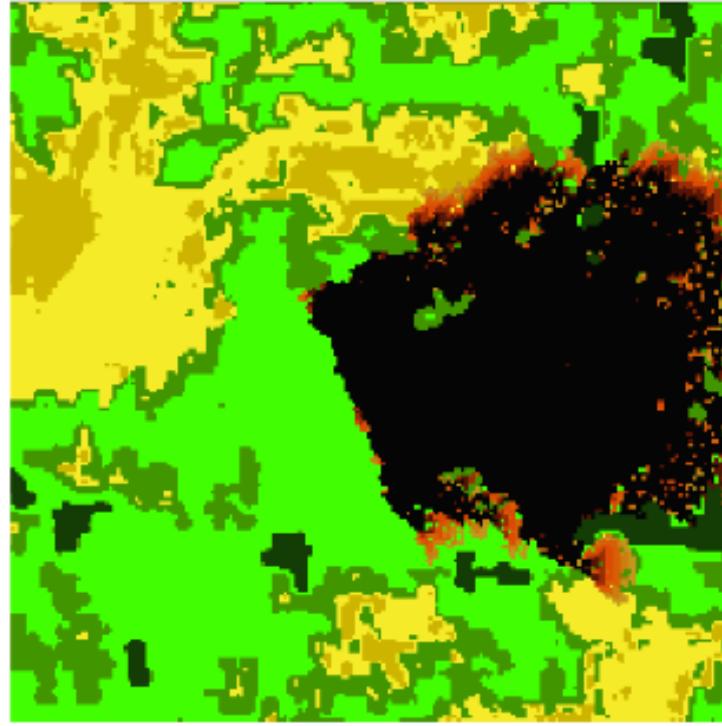
Resultados



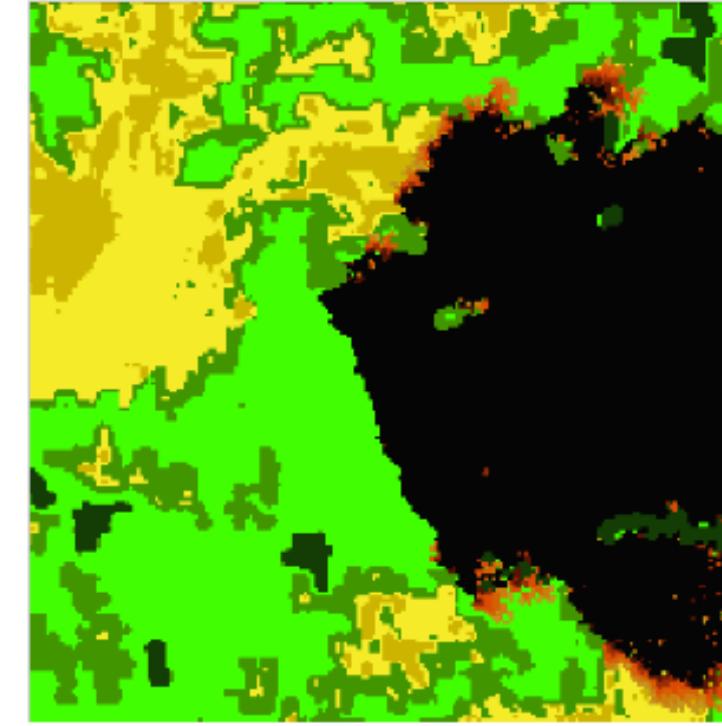
(a) $t = 20, B_F = 2.29\%$.



(b) $t = 40, B_F = 10.53\%$.



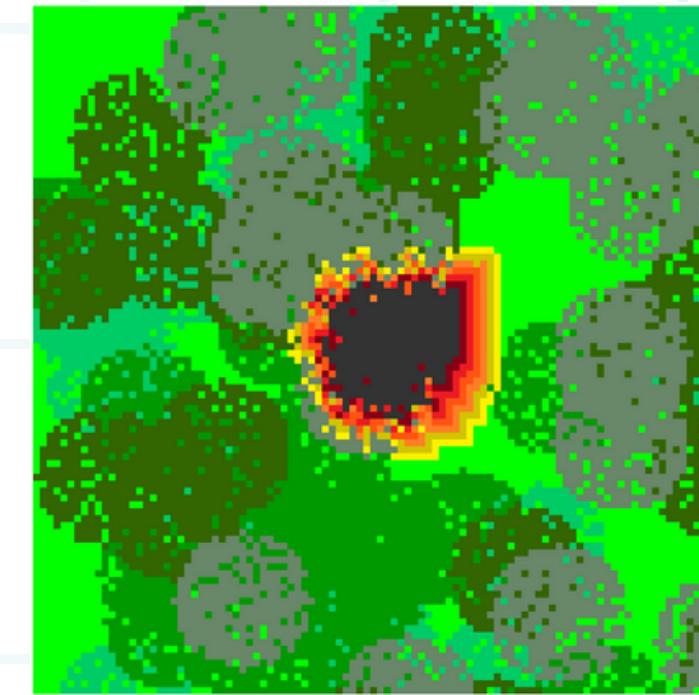
(c) $t = 60, B_F = 24.76\%$.



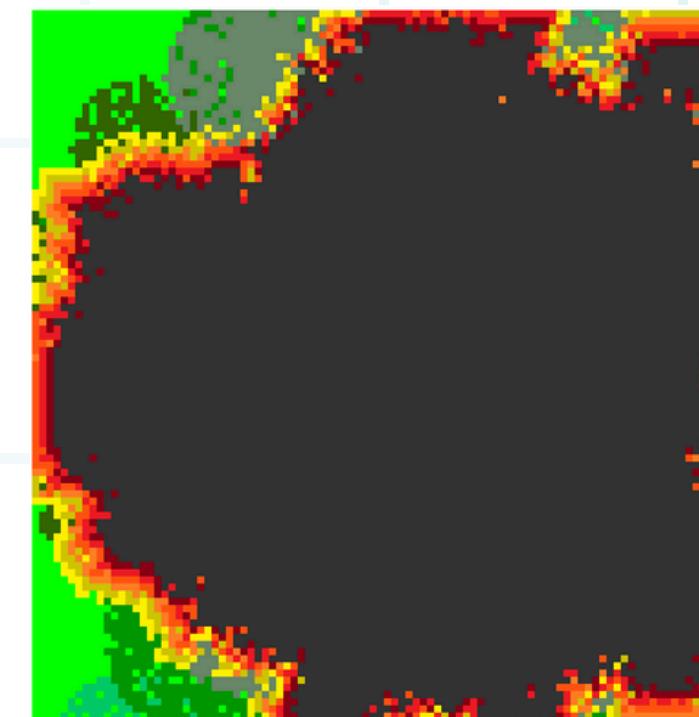
(d) $t = 80, B_F = 34.86\%$.

velocidade do vento = 10, Direção Esquerda - Direita

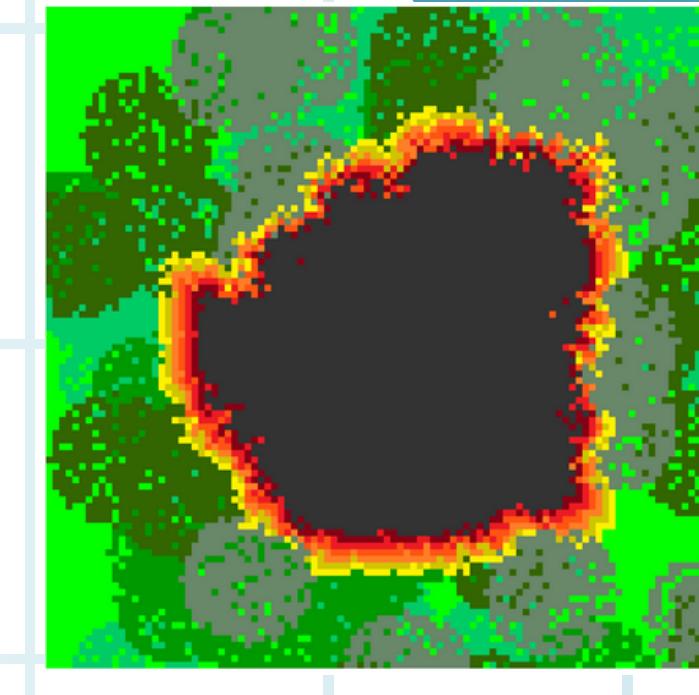
Releitura



$t = 20, B_F = 8,30\%$



$t = 60, B_F = 89,83\%$



$t = 60, B_F = 100\%$



$t = 60, B_F = 100\%$

Limitações, problemas e abordagens

Problemas no Mapa (200x200)

- O artigo não fornece o mapa (200x200) em nenhum tipo de documento;
- A releitura foi feita de forma a conseguir suportar um mapa dinâmico em json;

Problemas na matrix de vento

- O artigo não fornece nenhuma equação de como é calculada a matrix de vento, por conta disso na releitura teve que haver ligeiras adaptações

Problemas na implementação

- O fogo espalha mais rápido do que no artigo, apesar de ambos terem uma grid 200x200
 - Pode ser causado pela diferença de mapa ou erro na função de probabilidade;
- O fogo não se desloca para áreas com vento com muita intensidade como o do artigo
 - Pode ser causado pela função que calcula a matrix de vento;

Tratativas como padding colunas e linhas adicionais para a vizinhança de Moore foram feitas

- Foram adicionadas uma coluna a esquerda e direita, assim como uma linha acima e abaixo

A releitura foi implementada em C#, com o link do repositório (<https://github.com/PauloOyama/FireSpread>)

Simples Execução do Autômato Celular 2D

