

Fernando Alves da Silva
Leonardo Felix Gajardo
Victor Eleutério Trindade

Projeto Integrador VI: Simulador em 3D

ENTREGA 4

São Paulo
2018

O problema

Sabe-se que incêndios florestais ocorrem frequentemente no Brasil, afetando por muito biomas como Caatinga e Cerrado, por sua vegetação mais seca, além de castigar vegetações mais densas como a da Mata Atlântica e Amazônia, com causas em sua grande maioria vinculadas à ação humana.

Com base nessa verificação, realizou-se uma pesquisa a fim de uma obtenção de dados relativos a incêndios sob uma grande área, almejando o estudo sobre a propagação da chama por meio do comportamento da mesma em determinado ambiente.

Uma vez possível compreender a maneira com que a propagação se comporta, acredita-se na possibilidade de uma melhor prevenção e preparo para uma condição que possa se tornar tão intensa a ponto de causar danos a grandes áreas de mata ou pastagem.

Sobre o modelo

- **Idealização do modelo**

Levando em consideração as informações obtidas por meio da pesquisa, observamos fatores como a importância da intensidade de propagação do incêndio, e horários com maior periculosidade de chama, uma vez que o fogo alcança a máxima intensidade nas horas mais quentes do dia, via de regra entre as 14 e 16 horas, tendo em contrapartida uma intensidade mínima dada entre 3 e 5 horas da manhã, nos levando a compreender que a maioria dos incêndios florestais são mais facilmente combatidos durante as últimas horas da tarde, à noite e de madrugada.

Por meio destas considerações, resolvemos criar um modelo que englobasse um horário com maior chance de propagação, visando compreender melhor e em maior velocidade como cada variável poderia afetar o resultado.

Escolhido o tipo de chama, consideramos o incêndio a mostrar, uma vez que existem formas de propagação por via subterrânea, aérea (se concentra em copas de árvores, dificilmente causando danos à vegetação rasteira) ou superficial. Visando maior facilidade de visualização, o modelo de incêndio superficial foi adotado.

Dos materiais estudados, tirou-se como fatores de influência a quantidade, tipo e arranjo do material combustível, tipo de floresta, condições climáticas, a umidade do material combustível e a topografia, dos quais só não foram acoplados à simulação os dois últimos, porquanto situações como chuvas ou afins não serem mensurados, além da idealização da simulação ser realizada em um plano.

Fixados os maiores detalhes, criou-se um modelo simples num plano contendo apenas uma árvore, sendo esta representativa a um pinheiro (*Pinus elliottii*), espécie que contém um alto poder calorífico por conta de sua casca e seiva.



IMAGEM 1 - ÁRVORE

Em espécies de árvores como o pinheiro, com alto poder calorífico não só nas pontas dos galhos, que são finos e preenchidos por folhagem, como também no centro, por conta da seiva expelida pela árvore, são comuns os casos de incêndio em que a chama se propaga das pontas para o centro, queimando os menores galhos com maior facilidade e mantendo a intensificação da chama graças a queima de longa duração proporcionada pela seiva.



IMAGEM 2 E 3 - DEMONSTRAÇÃO DA QUEIMA DE UM PINHEIRO

Para que fosse possível simular o fogo, criou-se um sistema de partículas com textura de chama, com um sub emissor de partículas capaz de simular fagulhas, podendo atingir longas distâncias de acordo com a força imposta sobre o mesmo.

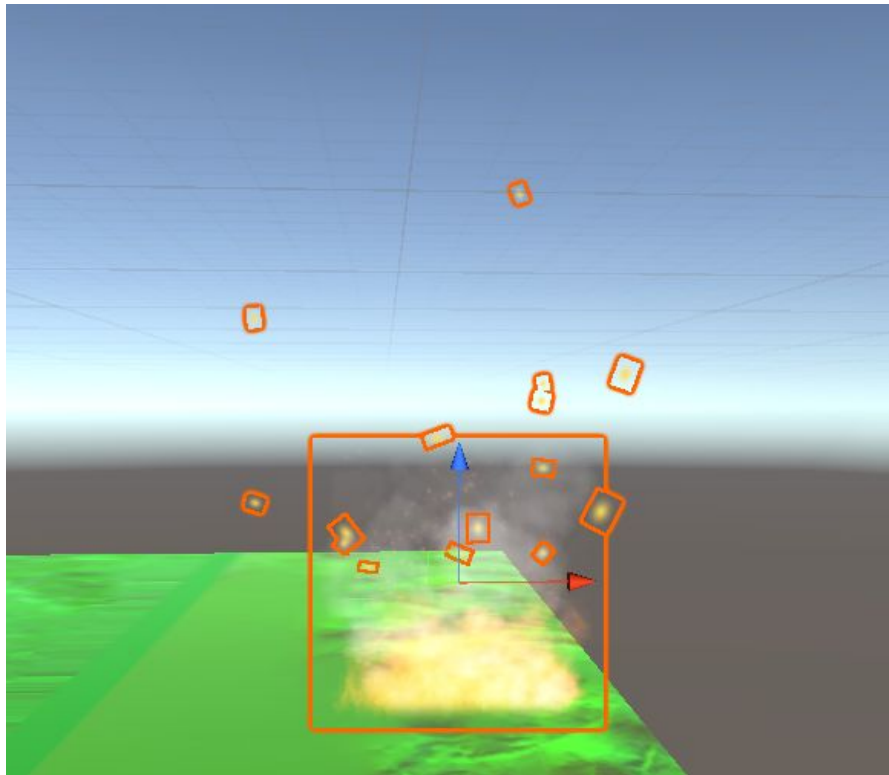


IMAGEM 4 - SISTEMA DE PARTÍCULAS

Para potencializar a dispersão das fagulhas sobre o modelo, criou-se uma estrutura nomeada como campo de vento, estando diretamente ligada aos sistemas de partículas por impulsionar a força e direção de uma partícula durante seu ciclo de vida. Podemos verificar significativas diferenças no modelo por meio da alteração das variáveis contidas no campo de vento, definidas por: Turbulência, que inflige na velocidade de rotação das partículas, Magnitude, que define a força que as partículas têm para se mover, e Frequência, definindo os intervalos em que cada 'onda' de vento era lançada. Por padrão, todas as variáveis dessa estrutura são lançadas de maneira aleatória por quadro.

A propagação ficou composta por dois métodos:

1. Colisão de fagulhas: Dada a contagem da colisão de cada fagulha de um sub-emissor sobre um objeto pré-configurado, se é realizada uma randomização levando em conta a quantidade de partículas existentes e ativas no modelo, onde diferentes comportamentos são utilizados para os intervalos [0:10], [10:100] e [100:], pegando a probabilidade de uma variável aleatória estar entre 10 e 20 (também de acordo com uma soma de 0 a 0.5 do valor com base na força do vento), e o resto da divisão da quantidade de partículas ativas na árvore por este mesmo valor, validando a criação de um novo foco se a validação dessas duas cláusulas forem verdadeiras.
2. Propagação da chama por *Mesh*: Uma vez que o vento, embora com turbulências e oscilações, faça as fagulhas se moverem de modo pouco previsível, pode ser notado um pequeno problema com relação à área atingida pelo fogo. Basicamente, pelo *collider* do objeto ter uma quantidade reduzida de polígonos, o fogo sob a força do vento não era capaz de atingir a parte traseira do modelo, nos forçando a encontrar uma segunda forma de propagação. A propagação por *Mesh* verifica todos os vizinhos da aresta atual, realizando o cálculo da distância Euclidiana para cada um,

considerando a quantidade de emissores em cada aresta (inclusive na própria) e verificando se alguma aresta tem apenas 10% da quantidade de emissores em comparação à aresta mais populosa, e se a aresta menos populada tem uma quantidade de emissores menor que 50. Caso sim, a aresta tem um novo emissor gerado em uma parte aleatória da mesma.

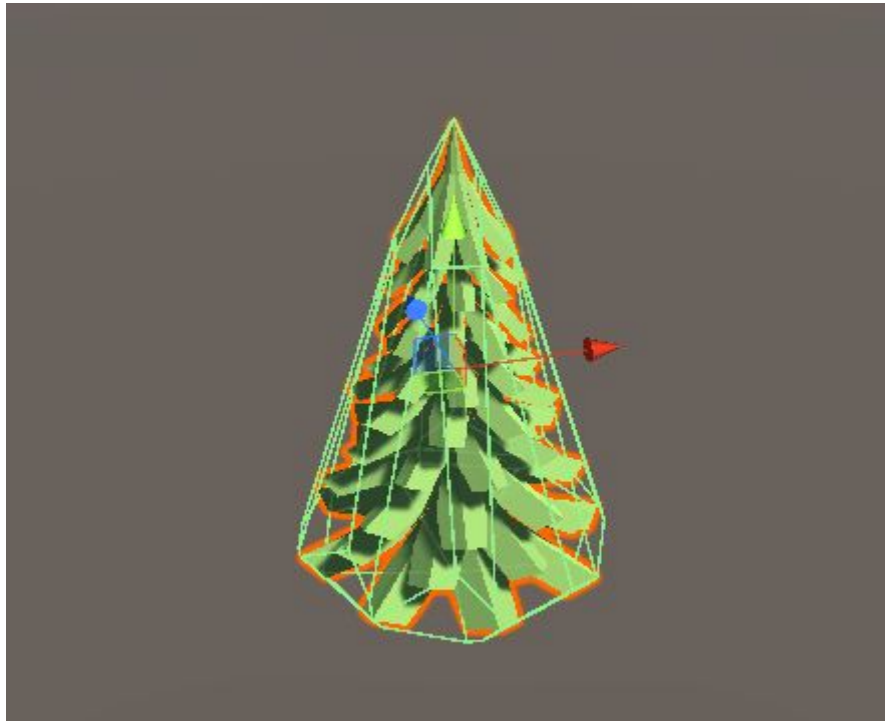


IMAGEM 5 - POLÍGONOS EM ÁRVORE

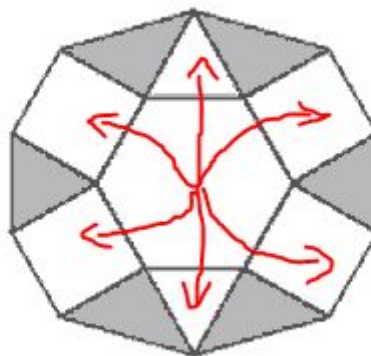


IMAGEM 6 - EXEMPLO ARESTAS CONSIDERADAS PARA CÁLCULO DE DISTÂNCIA

Após realizada a queima total da aresta, definida pelo tempo de queima e quantidade de partículas geradas, sendo que o tempo é relativo à quantidade de focos próximos, com 4 segundos como mínimo e 20 como máximo, considerando um máximo de 40 partículas por emissor por limitação de processamento, a aresta queimada por completo fica escura,

simulando uma possível carbonização do material e facilitando o entendimento do comportamento de cada emissor.

Vale ressaltar que o escurecimento é passado como um degradê, deixando os nós mais escuros de acordo com o tempo de vida em queima da aresta.

- **Junção dos objetos**

Após a definição das funções de cada objeto, realizamos a junção dos mesmos num único espaço, validando todas as interações almejadas. Desta forma, conseguimos multiplicar os objetos de árvore e gerar a representação de uma floresta de pinheiros.

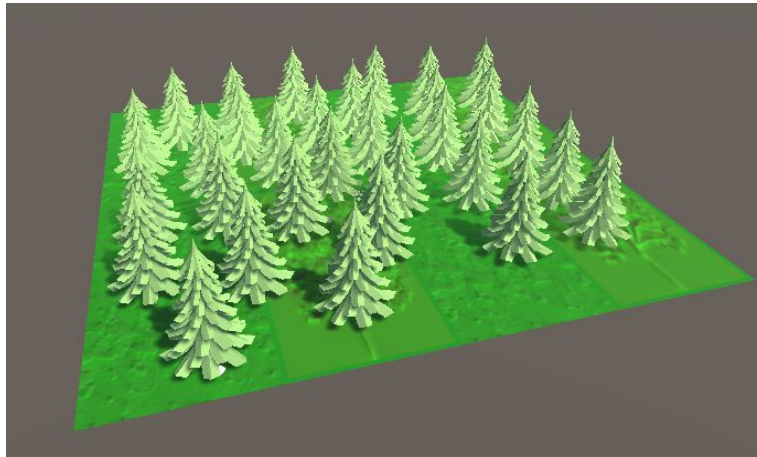


IMAGEM 7 - FLORESTA DO MODELO FINAL

Simulações e resultados

As simulações foram realizadas com os emissores de partículas lançando um máximo de 40 partículas cada, uma vez que considerando a limitação de hardware, emissores lançando uma grande quantidade de partículas poderiam entrar numa sequência exponencial de geração de novos emissores, consumindo uma quantidade excessiva de memória.

Como segundo ponto, cada objeto tem um tempo de vida de 20 segundos, a não ser que seu vizinho mais próximo tenha menos de 5 segundos de vida. Neste caso, a partícula atual tem seu tempo zerado e volta à contagem após esses 5 segundos, somando 10 segundos ao seu tempo de vida anterior.

Em frente a isso, cada simulação oferece também comportamentos únicos de queima, em razão da aleatoriedade da geração de partículas e forças aplicadas pelo vento, nos passando o entendimento de que se faz necessário uma 'visualização de média' sobre as diversas execuções do modelo.

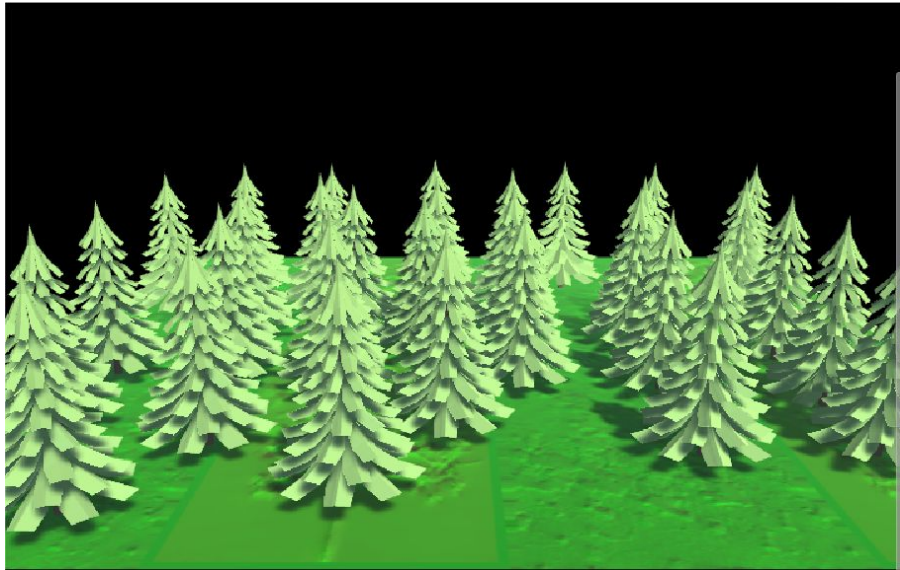


IMAGEM 8 - FLORESTA SEM INCÊNDIO: VISÃO DA CÂMERA DE JOGO

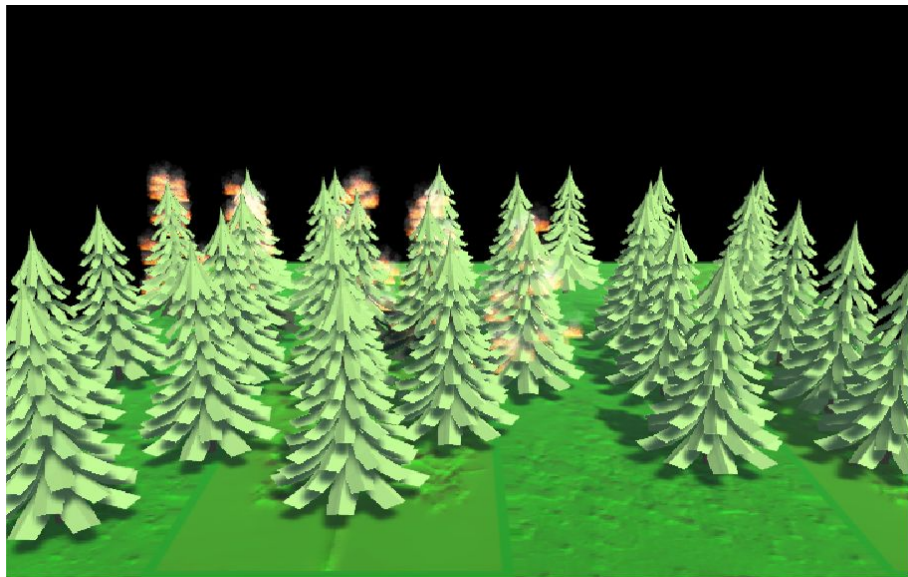


IMAGEM 9 - FLORESTA COM INCÊNDIO: PROPAGAÇÃO INICIAL NA VISÃO DA CÂMERA DE JOGO

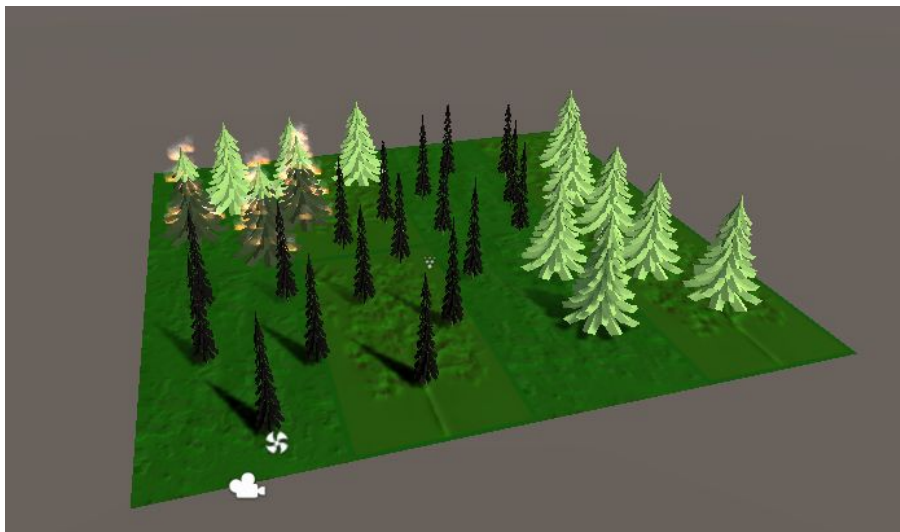


IMAGEM 10 - FLORESTA COM INCÊNDIO: PROPAGAÇÃO NA VISÃO DA CENA

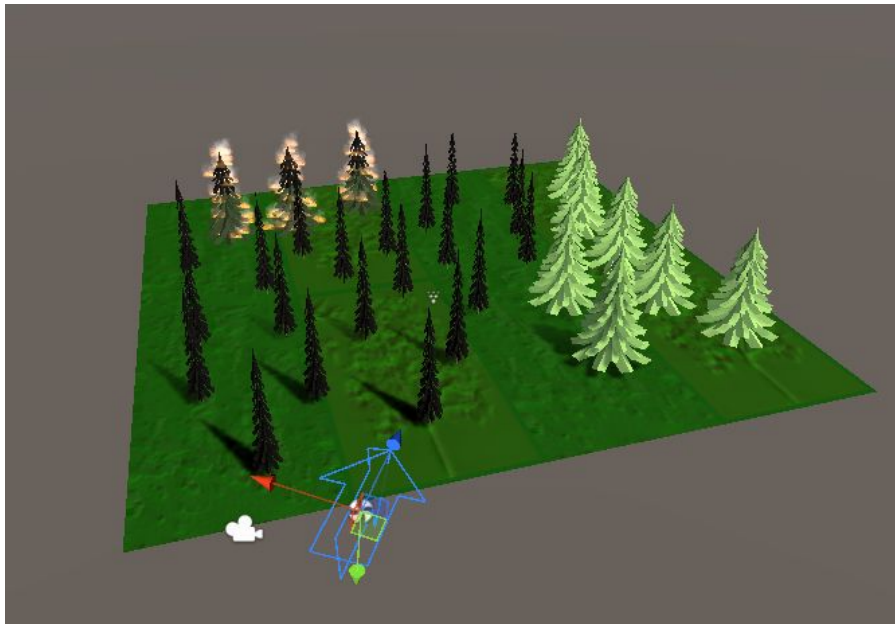


IMAGEM 11 - FLORESTA COM INCÊNDIO: PROPAGAÇÃO PRÓXIMA DO FIM NA VISÃO DA CENA

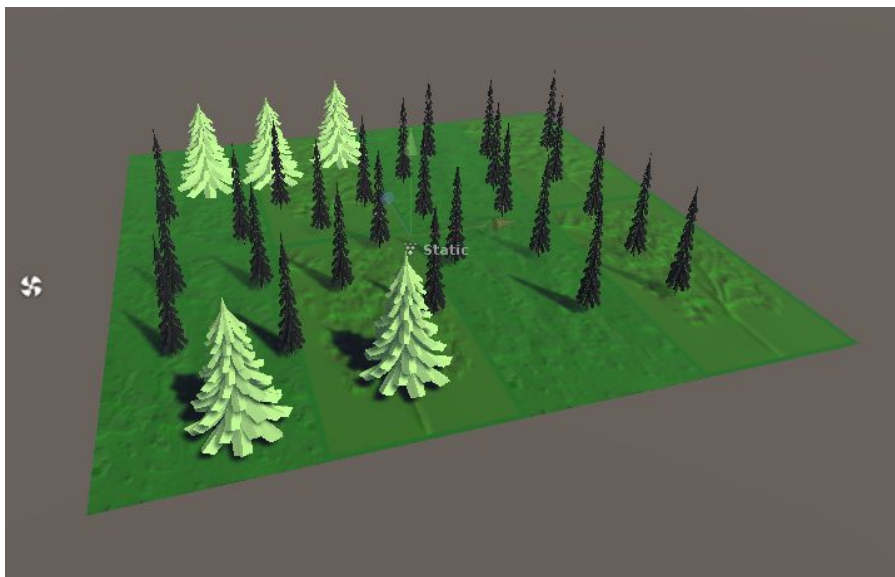


IMAGEM 12 - FLORESTA SEM INCÊNDIO: PROPAGAÇÃO TERMINADA NA VISÃO DA CENA

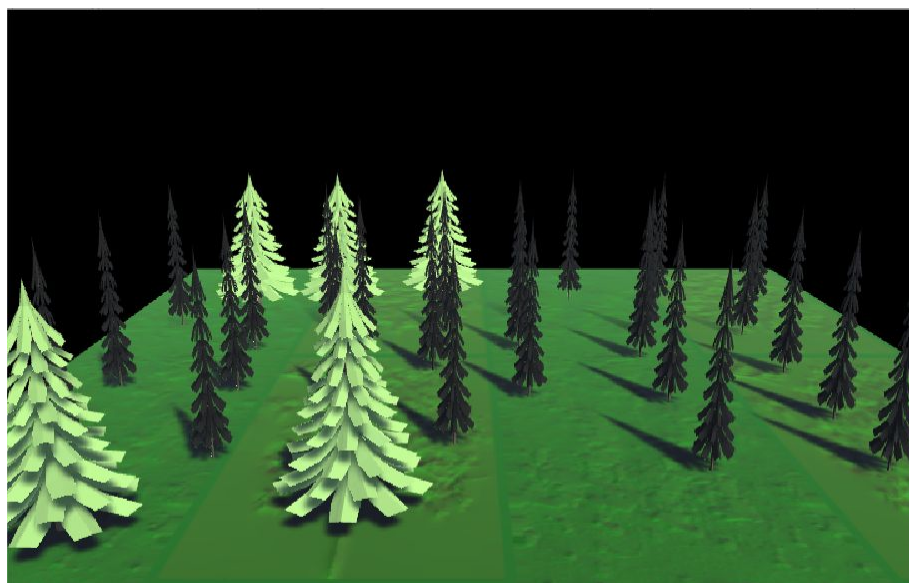


IMAGEM 13 - FLORESTA SEM INCÊNDIO: PROPAGAÇÃO TERMINADA NA VISÃO DA CÂMERA DE JOGO

Observações sobre variáveis estocásticas

De acordo com o que foi mostrado na simulação, notamos que a influência do vento alterou drasticamente o caminho desenhado pela chama no modelo, dado que além de se relacionar com a direção em que as fagulhas realizavam seu percurso, também influenciava em o quão rápidas e potentes estas mesmas fagulhas eram.

Por outro lado, a geração de fagulhas em direções aleatórias não pode ser observada por meio de alterações nas variáveis, sendo que não havia sentido considerar fagulhas saindo numa mesma direção ou de forma contínua.

O comportamento do modelo e de suas variáveis acabou por demonstrar que, de acordo com a força do vento imposta sobre os objetos ali contidos, um dos modos de propagação se sobressaia. Caso a força do vento fosse menor, as partículas tendiam a subir mais, facilitando a propagação quando na parte rasteira da árvore, porém, não passando para outras árvores e diminuindo a propagação por *Mesh*, em razão de da homogeneização da queima por área.

Em alternativa, o vento forte proporcionou uma alta concentração de partículas numa mesma área de colisão, consequentemente aumentando a quantidade de colisões e proporcionando maior utilidade à queima por *mesh*, devido à grande diferença entre a quantidade de focos de um polígono para outro. Por outro lado, a alta concentração da chama em algum local facilitava a propagação do incêndio para árvores próximas na mesma direção do vento, considerando que uma maior força exercida sobre cada partícula ocasionava numa linearidade do traçado das fagulhas.

Conclusão

Com base nos resultados obtidos e nas observações levantadas, podemos considerar que obtivemos êxito com a simulação, posto que o comportamento do fogo ficou deveras similar

a um incêndio real, crescendo ou parando de acordo com a força exercida para a propagação do mesmo por meio de fagulhas.

Podemos assumir que o único faltante deu-se pela falta de propagação pelo solo, sendo que em incêndios superficiais este também é um agente de importância para a propagação, gerando uma linha de fogo e deixando claro a forma com que o espalhamento está sendo tratado.

Vale ressaltar que como utilizamos somente uma árvore de alto poder calorífico para geração da floresta, podemos considerar que o modelo abriga somente a tipagem de florestas plantadas, dado que para possibilitar a simulação sobre um outro tipo de vegetação ou bioma específico, seria necessária a modelagem de uma maior quantidade de espécimes no universo simulado, além da consideração da vegetação rasteira para a queima, e não só o espalhamento por fagulhas de uma árvore para outra.

Dadas limitações do modelo e reflexões acerca do resultado, concluímos que por mais que se tenha noção sobre uma grande quantidade de variáveis numa simulação de incêndio, se mantém a dificuldade de predição do comportamento de queima, visto que a geração de fagulhas pode tornar os cálculos extremamente complexos. Em contrapartida, analisar quais árvores correm risco se faz possível, uma vez que a proximidade ao foco e estar ou não na direção do vento potencializam a chance de queima.

Referências

- Magalhães, S.R.; Ribeiro, C.A.A.S.; et al. Comportamento do fogo em diferentes períodos e configurações de uma paisagem no Nordeste de Portugal. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 457-469, abr.-jun., 2017;
- Torres, F.T.P.; Roque, M.P.B.; et al. Mapeamento do Risco de Incêndios Florestais Utilizando Técnicas de Geoprocessamento. *Floresta e Ambiente* 2017; 24: e00025615. 2017.
- Martins, R.N.; Oliveira, G.A.G.; et al. Plano de ação para o desenvolvimento integrado do Vale do Parnaíba - PLANAP: Técnicas de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais. Curitiba, PR. 2010.