



## **MODELAGEM DO COMPORTAMENTO DO FOGO EM SERRAPILHERA DE EUCALIPTO ATRAVÉS DE QUEIMAS LABORATORIAIS EXPERIMENTAIS**

Benjamin Leonardo Alves White<sup>1</sup>,

E-mail do primeiro autor: benjmk@hotmail.com

Genésio Tâmara Ribeiro<sup>1</sup>, Rosemeri Melo e Souza<sup>1</sup>

<sup>1</sup> - Universidade Federal de Sergipe ;

### **INTRODUÇÃO**

Os incêndios constituem uma das maiores ameaças aos reflorestamentos e florestas nativas do planeta. Embora ocorram desde que os raios e a vegetação passaram a coexistir na Terra, estudos específicos a respeito do comportamento do fogo começaram a ser desenvolvidos apenas à medida que as florestas nativas passaram a receber valor econômico e à medida que milhões de hectares passaram a ser reflorestados com o objetivo de extrativismo mercantil (White; Ribeiro, 2011). Nas áreas de plantação de eucalipto, a alta produtividade e concentração de biomassa representam um grande risco para ocorrência de incêndios florestais de grande porte. Nestas áreas o fogo costuma ser veemente temido já que existe um alto valor econômico associado à venda da madeira. Através de queimas experimentais em laboratório, onde todas as variáveis, dependentes e independentes, são definidas, torna-se possível a construção de modelos matemáticos para caracterizar o comportamento do fogo. Tal caracterização é importante, pois serve de base para o treinamento das forças de combate; em atividades relacionadas com a prevenção das ignições de origem humana; definição dos níveis de prontidão e do posicionamento dos meios de supressão; planejamento da intensidade do ataque; delineamento das táticas de supressão e da estratégia de combate em incêndios ativos; e planejamento e execução de queimadas controladas.

### **OBJETIVOS**

Construir modelos matemáticos para a velocidade de propagação do fogo, comprimento das chamas e consumo do material combustível com base em variáveis independentes de fácil obtenção.

### **MATERIAL E MÉTODOS**

Todo o material combustível foi inicialmente coletado e quantificado nas dependências do Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe, município de São Cristóvão, e levado ao laboratório na cidade de Aracaju. Até o presente momento, foram realizadas 26 queimas laboratoriais experimentais das 100 inicialmente previstas. As queimas foram realizadas com auxílio de uma mesa de combustão de 1,5m x 1,5m. Dentre as variáveis do comportamento do fogo analisadas estão: velocidade de propagação do fogo, comprimento das chamas e consumo do material combustível. As variáveis independentes quantificadas foram: carga do material combustível morto de 1-h e de 10-h, carga total de material combustível, espessura do manto, densidade do manto, umidade do material combustível morto de 1-h e de 10-h, temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento. As variáveis dependentes foram modeladas através da regressão linear multivariada utilizando o procedimento forward stepwise para selecionar quais das variáveis independentes melhor explicam a sua variação. O modelo estatístico foi

desenvolvido a partir do software JMP versão 7.0. utilizando-se o nível de significância estatística de 0,05.

## RESULTADOS

Velocidade de Propagação Durante as queimas em laboratório, a velocidade de propagação do fogo variou de 0,05 a 1,97(m/min), apresentando uma velocidade média de 0,17m/min. Através do procedimento forward stepwise, as variáveis: velocidade do vento (Seq SS = 1,6; p = 0,001; R2 acumulado = 0,36), espessura do manto (Seq SS = 1,12; p = 0,001; R2 acumulado = 0,62) e carga do material combustível morto de 10-h (Seq SS = 0,27; p = 0,047; R2 acumulado = 0,68) foram as que responderam significativamente pela variação na velocidade de propagação do fogo. A equação gerada apresentou R2 ajustado = 0,64.  $VP = -0,23-0,05 \cdot CMS2 + 13,02 \cdot EM + 0,08 \cdot VV$  Onde: VP = Velocidade de Propagação do fogo; CMS2 = Carga do material combustível morto de 10-h; EM = Espessura do manto; e VV = Velocidade do vento. Comprimento das Chamas O comprimento das chamas durante as queimas experimentais variou de 0,1 a 1m, apresentando um valor médio de 0,38m. As variáveis: espessura do manto (Seq SS = 0,83; p < 0,001; R2 acumulado = 0,54), velocidade do vento (Seq SS = 0,23; p = 0,002; R2 acumulado = 0,69), umidade do material combustível morto de 1-h (Seq SS = 0,15; p = 0,003; R2 acumulado = 0,79) e carga total do material combustível (Seq SS = 0,07; p = 0,022; R2 acumulado = 0,84) foram as que responderam significativamente pela variação no comprimento das chamas. A equação gerada apresentou R2 ajustado = 0,81.  $CC = 0,21-0,01 \cdot CT + 13,18 \cdot EM - 0,01 \cdot UMS1 + 0,02 \cdot VV$  Onde: CC = Comprimento das Chamas; CT = Carga total do material combustível; EM = Espessura do manto; UMS1 = Umidade do material combustível morto de 1-h; e VV = Velocidade do vento. Consumo do Material Combustível O consumo do material combustível durante as queimas experimentais variou de 2 a 99%, apresentando um valor médio de 88%. As variáveis: densidade do manto do material combustível (Seq SS = 0,97; p < 0,001; R2 acumulado = 0,33), umidade do material combustível morto de 1-h (Seq SS = 0,82; p = 0,005; R2 acumulado = 0,61), e carga do material combustível morto de 10-h (Seq SS = 0,22; p = 0,029; R2 acumulado = 0,68) foram as que responderam significativamente pela variação no consumo do material combustível. A equação gerada apresentou R2 ajustado = 0,64.  $CMC = 1,69 + 0,05 \cdot CMS2 - 0,01 \cdot D - 0,04 \cdot UMS1$  Onde: CMC = Consumo do Material Combustível; CMS = Carga do material combustível morto de 10-h; DM = Densidade do manto; e UMS1 = Umidade do material combustível morto de 1-h.

## DISCUSSÃO

Velocidade de Propagação No modelo de Fernandes (2009), em vegetação de Pinus em Portugal, a velocidade do vento, umidade do material combustível morto e inclinação do terreno foram as variáveis que melhor responderam, respectivamente, pela mudança na velocidade de propagação do fogo. Gold *et al.* (2007) para florestas secas de eucalipto na Austrália, definiram que a velocidade do vento, teor de umidade do material seco de 1-h, carga e espessura do material combustível foram os fatores que mais influenciaram, respectivamente, a velocidade de propagação do fogo. O modelo de Rothermel (1972) considera a velocidade de propagação do fogo como resultado da velocidade do vento, inclinação do terreno, calor de pré-ignição, carga do material combustível e teor de umidade do material combustível. Comprimento das Chamas Fernandes (2009), concluiu que o comprimento das chamas irá depender em ordem decrescente da velocidade de propagação e do teor de umidade do material combustível morto de 1-h. Gold *et al.* (2007) definiram que o comprimento das chamas irá depender da velocidade de propagação do fogo e da espessura do manto. Consumo do Material Combustível De acordo com Fernandes e Loureiro (2013) o consumo do material combustível está principalmente associado ao teor de umidade do mesmo. Já, de acordo com Botelho *et al.* (1994), além da umidade, a carga do material combustível antes da queima também está associada ao consumo.

## CONCLUSÃO

Com base nos resultados preliminares pode-se concluir que a velocidade do vento, espessura do manto e carga do material combustível morto de 10-h foram as variáveis responsáveis, em ordem decrescente, pela variação na velocidade de propagação do fogo. A espessura do manto, velocidade do vento, umidade do material combustível

morto de 1-h e carga total do material combustível foram responsáveis, em ordem decrescente, pela variação no comprimento das chamas. A densidade do manto do material combustível, a umidade do material combustível morto de 1-h, e a carga do material combustível morto de 10-h, responderam, em ordem decrescente, pela variação no consumo do material combustível.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOTELHO, H. S.; VEGA, J. A.; FERNANDES, P. A. M.; REGO, F. M. C. Prescribed fire behavior and fuel consumption in Northern Portugal and Galiza maritime pine stands. In: 2º International Conference Forest Fire Research. Proceedings... Coimbra, p. 343 - 353, 1994.

FERNANDES, P. A. M. Examining fuel treatment longevity through experimental and simulated surface fire behaviour: a maritime pine case study. Canadian Journal of Forest Research, v. 39, p. 2529 – 2535, 2009.

FERNANDES, P. A. M.; LOUREIRO, C. Fine fuels consumption and CO2 emissions from surface fire experiments in maritime pine stands in northern Portugal. Forest Ecology and Management, v. 291, p. 344 - 356, 2013.

GOULD, J. S.; MCCAWE, W. L.; CHENEY, N. P.; ELLIS, P. F.; KNIGHT, I. K.; SULLIVAN, A. L. Project Vesta-Fire in Dry Eucalypt Forest: Fuel Structure, Fuel Dynamics and Fire Behaviour. Ensis-CSIRO, Canberra ACT, and Department of Environment and Conservation. Perth, WA, 2007, 218 p.

ROTHERMEL, R. C. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. United States Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Research Paper INT-115. Ogden, UT, 1972.

WHITE, B. L. A.; RIBEIRO, A. S. Análise da precipitação e sua influência na ocorrência de incêndios florestais no Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil. Ambi-Agua, Taubaté, v. 6, n. 1, p. 148-156, 2011.