

MODELAGEM DE UMIDADE DO MATERIAL COMBUSTÍVEL, BASEADA EM VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

Marcos Vinícius Giongo Alves¹, Antonio Carlos Batista², Ronaldo Viana Soares²,
Henrique Soares Koehler³, José Fernando Pereira⁴

¹Eng. Florestal, M.Sc., Doutorando em Eng. Florestal, UFPR, Curitiba, PR, Brasil - malves@creapr.org.br

²Eng. Florestal, Dr., Depto. de Ciências Florestais, UFPR, Curitiba, PR, Brasil - batistaufpr@ufpr.br - soares@ufpr.br

³Eng. Florestal, Dr., Depto. de Fitotecnia, UFPR, Curitiba, PR, Brasil - koehler@ufpr.br

⁴Eng. Florestal, Mestrando em Eng. Florestal, UFPR, Curitiba, PR, Brasil - ze@yahoo.com.br

Recebido para publicação: 06/12/2007 – Aceito para publicação: 30/04/2008

Resumo

O conhecimento da umidade dos materiais combustíveis é imprescindível para a estimativa de parâmetros ligados ao comportamento do fogo. Este trabalho teve como objetivo a predição da umidade do material combustível utilizando variáveis meteorológicas. O material combustível avaliado foi o da camada superficial de acículas em um reflorestamento de *Pinus elliottii* na Estação Experimental de Rio Negro, Paraná (UFPR). Foram utilizadas duas metodologias diferentes para a quantificação da umidade do material combustível, uma baseada em amostras retiradas diretamente do piso da floresta e a outra utilizando amostras também retiradas do piso florestal, mas colocadas em cestos feitos de telas plásticas e utilizadas durante todo o processo de determinação de umidade. Ambos os tipos de amostra foram pesadas em intervalos definidos de tempo, sendo posteriormente submetidas à secagem para a determinação da umidade. A metodologia que apresentou melhores resultados foi a de amostras distintas, que teve seu melhor modelo matemático incorporando a temperatura e a velocidade do vento ($UMC = b_0 + b_1 * T + b_2 * V$), apresentando um coeficiente de determinação (R^2) de 0,86 e um erro padrão da estimativa porcentual ($S_{xy}\%$) de 8,74%.

Palavras-chaves: Incêndio florestal; reflorestamento; pinus; modelagem.

Abstract

Fuel moisture modeling based on meteorological variables. Fuel moisture knowledge is essential to estimate several fire behavior variables. The objective of this research was to estimate fuel moisture basing on meteorological variables. The fuel used in the research was the accumulated needles over the forest floor in a *Pinus elliottii* plantation in the Federal University of Paraná Experimental Station located in Rio Negro county, Paraná State, southern Brazil (26°04'S latitude and 49°45'W longitude). Two methodologies were used to measure the fuel moisture: i) samples were collected and placed in a basket to be weighted along the days; ii) samples were collected along the days directly from the forest floor. Samples from both methodologies were weighted in pre-established time intervals and oven dried for moisture determination. The samples collected directly from the forest floor presented better results and the equation with best fit included the air temperature and wind speed ($UMC = b_0 + b_1 * T + b_2 * V$), with $R^2 = 0,86$ and $S_{xy} = 8,74\%$.

Keywords: Forest fires; fuel moisture; pinus; modeling.

INTRODUÇÃO

Segundo Alves *et al.* (2006), o Brasil possui atualmente cerca de 5,2 milhões de hectares de floresta plantadas, formados basicamente por espécies dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. As florestas plantadas com *Eucalyptus* spp. representam cerca de 65,4% dos reflorestamentos brasileiros, sendo que 31,2% dessas florestas encontram-se localizadas no estado de Minas Gerais. As áreas reflorestadas com *Pinus* spp. representam aproximadamente 34,6% dos reflorestamentos nacionais, e o estado do Paraná, com uma participação de 37% do total, ocupa o primeiro lugar em relação à área plantada com *Pinus* no Brasil.

A crescente expansão dessas áreas de reflorestamento, principalmente no sul do país, vem provocando uma necessidade contínua de aprimoramento das técnicas de manejo e proteção. Os incêndios florestais constituem-se numa preocupação constante e representam um dos principais objetivos dos planos de proteção para as áreas de reflorestamentos.

O conhecimento da umidade dos materiais combustíveis é imprescindível para a estimativa de parâmetros ligados ao comportamento do fogo, tais como intensidade e velocidade de propagação, além de ser fator decisivo na obtenção de bons resultados com a queima controlada. É também um dos mais importantes fatores a serem analisados para a estimativa do risco de incêndios florestais (FOSBERG; LANCASTER; SCHROEDER, 1970; YEBRA; CHUVIECO; RIAÑO, 2006).

Segundo Soares; Batista (2007), o conteúdo de umidade é a mais importante propriedade que controla a inflamabilidade dos combustíveis vivos e mortos. A umidade do material combustível é o reflexo do clima e das condições atmosféricas e pode variar rapidamente. Os combustíveis vivos e mortos têm diferentes mecanismos de retenção de água e diferentes respostas às variações do clima.

No Brasil a estimativa da umidade do material combustível tem sido feita por meio de medições diretas em amostragem de campo e determinação em laboratório, utilizando-se normalmente a pesagem no campo (massa úmida) com posterior secagem até peso constante, quando são novamente pesadas, determinando-se assim o teor de umidade da amostra avaliada.

O desenvolvimento de métodos indiretos que forneçam estimativas do conteúdo de umidade do material combustível mediante variáveis correlatas de fácil obtenção é uma forma mais rápida de se obter a umidade. Conforme Batista (1984), o desenvolvimento de métodos indiretos na determinação da umidade do material combustível poderia agilizar os trabalhos dos técnicos responsáveis pela proteção dessas áreas florestais, visto que a umidade do material combustível é um dos mais importantes fatores ligados aos incêndios florestais.

Dessa forma, o trabalho desenvolvido teve por objetivo testar duas metodologias através de coletas de uma mesma amostra em cesto plástico e amostras independentes em sacos de papel, para estimar o conteúdo da umidade do material combustível em função de variáveis meteorológicas. Foi calculado o grau de correlação entre elementos meteorológicos e o conteúdo de umidade do material combustível e testaram-se modelos matemáticos que descrevam tais relações.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização

A cidade de Rio Negro situa-se no Segundo Planalto Paranaense, no sudeste do estado do Paraná, a cerca de 120 quilômetros do litoral, sendo a altitude média de 793 metros s.n.m. Está em zona limítrofe entre campo limpo e mata secundária de araucária (MAACK, 1968), com alguma alteração pela cultura de plantas exóticas, principalmente *Pinus* spp. As coletas foram realizadas na Estação Experimental de Rio Negro, administrada pelo Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná e localizada às margens da rodovia BR-116 (km 200), distrito de Tijuco Preto, a aproximadamente 110 km do centro de Curitiba (coordenadas 26°04'02,40" S e 49°45'58,76" W). A Estação Experimental possui uma área de aproximadamente 120 ha, tendo sido criada em 1962 para apoiar as atividades de ensino e pesquisa da recém-criada Escola Nacional de Florestas. Atualmente, cerca de 50% da área está ocupada com plantios florestais, 30% com florestas secundárias de preservação permanente e os restantes 20% usados para culturas anuais e pastagens (Figura 1).

Clima

O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo Cfb, ou seja, clima mesotérmico com temperatura média do mês mais frio inferior a 18 °C e superior a -3 °C, com pelo menos um mês com média igual ou superior a 10 °C. É um clima sempre úmido, com o mês mais seco apresentando precipitações superiores a 60 mm. Possui verões brandos, com o mês mais quente com temperatura média inferior a 22 °C (LONGHI, 1980).

Obtenção de dados meteorológicos

Brown e Davis (1973) consideram que as principais variáveis climáticas que controlam a umidade do material combustível são a precipitação, a umidade relativa e a temperatura. O vento e a

radiação solar são fatores importantes na secagem, mas exercem sua influência pela modificação da temperatura dos combustíveis e da temperatura e umidade relativa no fino filme de ar adjacente.

Para a obtenção dos dados meteorológicos, utilizou-se uma miniestação da marca Kestrel® modelo 3000. Esse equipamento, segundo informações do fabricante, apresenta uma precisão da temperatura de ± 0.1 °C, abrangendo um intervalo de medição de -20 °C a +60 °C. Os valores de umidade relativa possuem uma precisão de $\pm 3\%$, podendo ser calibrados em campo. Esse equipamento foi instalado em uma baliza, a uma altura de 1,50 m do solo, permanecendo ligado durante toda a realização do experimento. Esses dados foram comparados com os da estação meteorológica automática próxima à área, pertencente ao Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), que se encontra a uma distância aproximada de 60 km da área de estudo (coordenadas 25°27' S e 49°46' W).

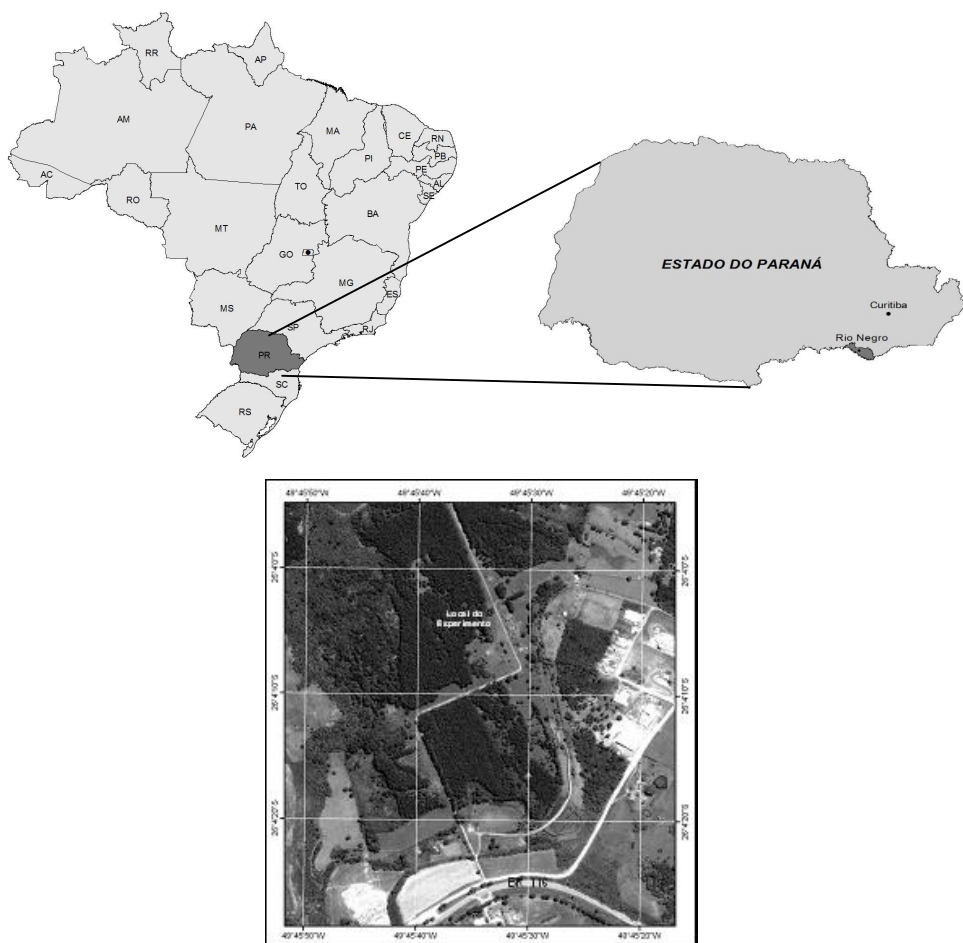


Figura 1. Localização da área de estudo.

Figure 1. Study area location.

Amostragem e análise estatística

Para a amostragem da umidade do material combustível, foram utilizadas duas metodologias distintas. Uma consistiu no monitoramento da umidade de amostras do material combustível, constituídas de acículas recém-caídas de *P. elliottii*, acondicionadas em cestos confeccionados com telas plásticas (malha de ± 7 mm), com dimensões de 25 x 40 cm e cerca de 10 cm de altura (Figura 2). Ao se colocarem as amostras de combustível nos cestos, teve-se o cuidado de modificar o mínimo possível a estrutura do material combustível, bem como a sua recolocação no mesmo local da coleta, a fim de modificar o mínimo possível as condições existentes e não gerar situações que pudessem influenciar os resultados.

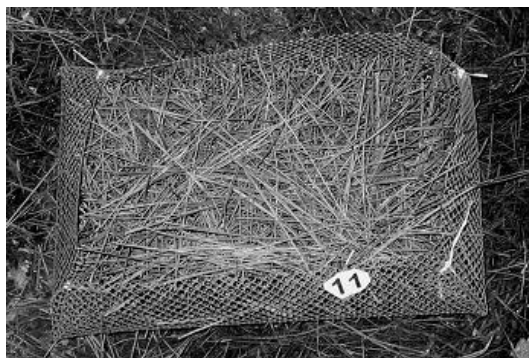


Figura 2. Amostra de material combustível acondicionada em cesto plástico.
Figure 2. Sample of forest fuel packed in plastic basket.

Após a instalação dos cestos com as amostras, conforme croqui apresentado na figura 3, aguardou-se cerca de duas horas para dar início à pesagem dos cestos no campo, com intervalos de aproximadamente duas horas e meia entre as pesagens. As medições foram iniciadas às 15h30min do dia 28/03/2007 e finalizadas às 08h00min do dia 30/03/2007, resultando assim em 20 períodos medidos, gerando 240 observações.

A segunda metodologia utilizada consistiu na coleta de amostras de material combustível (acículas da camada superficial da cama de combustíveis) em intervalos de aproximadamente duas horas, seguindo sempre a mesma sequência de medição, conforme croqui da figura 3. Após a coleta, o material foi acondicionado em sacos de papel, identificado e pesado (peso da massa úmida) sequencialmente no local da coleta. Esse material foi posteriormente transportado para o Laboratório de Incêndios Florestais (UFPR) e secado em estufa a 75 °C durante 48 horas, até peso constante, para a determinação do peso da massa seca. Esse mesmo procedimento de secagem do material também foi adotado para as amostras acondicionadas nos cestos, ou seja, depois de encerrado o período da coleta o combustível de cada cesto foi acondicionado em sacos devidamente identificados, seguindo-se os mesmos procedimentos descritos anteriormente para a determinação do peso da massa seca.

Em trabalhos realizados por Lopes *et al.* (2006) em áreas com *Pinus pinaster* e *Eucalyptus globulus*, foram utilizadas unidades amostrais com cerca de 50 gramas. Em trabalhos realizados por Gonçalves (2006), com as mesmas espécies, foram utilizadas amostras com 30 gramas. Essa quantidade de material pode, no entanto, apresentar maior erro devido às pequenas variações da umidade ao longo dos períodos analisados, variações estas na umidade do material combustível que podem não ser detectadas. Devido a esse fato, nas duas metodologias utilizaram-se amostras com cerca de 200 gramas.

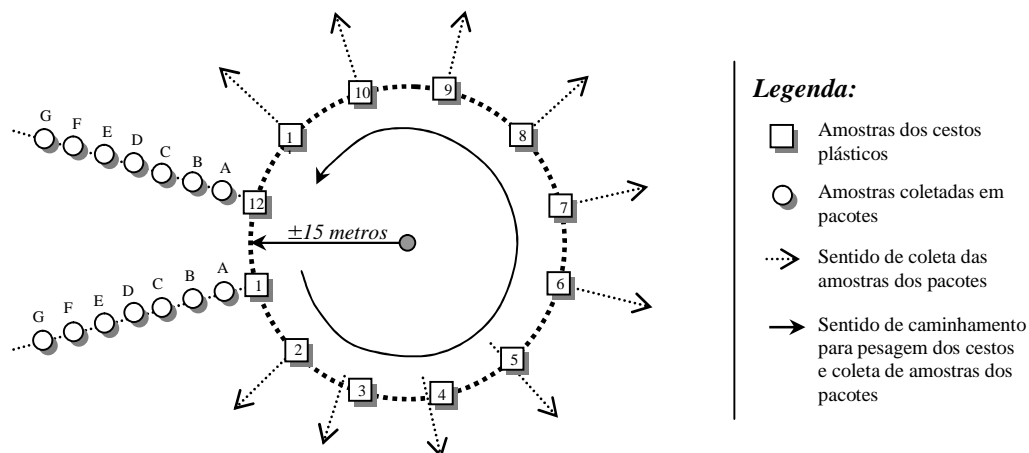


Figura 3. Metodologia da amostragem utilizada no desenvolvimento dos trabalhos.
Figure 3. Sampling methodology utilized in the work development.

As determinações da umidade do material combustível foram baseadas nas diferenças entre o peso da massa úmida (medido em campo) e o peso da massa seca (obtido em laboratório), pela equação (1).

$$UMC = \frac{P_U - P_S}{P_S} * 100 \quad (1)$$

A determinação das correlações entre as variáveis utilizadas e os ajustes das equações de regressão foram as técnicas utilizadas para descrever os relacionamentos entre as variáveis e estimar a umidade do material combustível em função das variáveis meteorológicas. Antes do ajuste das equações, as variáveis foram testadas para verificação das condicionantes da regressão. Saglam *et al.* (2006), em trabalho semelhante com *Pinus brutia* e *Pinus nigra*, necessitaram realizar transformações dos dados da umidade do material combustível (logaritmo), enquanto que no presente trabalho não foi necessária nenhuma transformação.

Na modelagem para descrever a relação entre as variáveis meteorológicas e a umidade do material combustível, foram testados nove modelos matemáticos, a saber:

$$\text{Ln UMC} = b_0 + b_1 * T \quad (2)$$

$$\text{Ln UMC} = b_0 + b_1 * UR \quad (3)$$

$$UMC = b_0 + b_1 * T \quad (4)$$

$$UMC = b_0 + b_1 * UR \quad (5)$$

$$UMC = b_0 + b_1 * V \quad (6)$$

$$UMC = b_0 + b_1 * T + b_2 * UR \quad (7)$$

$$UMC = b_0 + b_1 * T + b_2 * V \quad (8)$$

$$UMC = b_0 + b_1 * URA + b_2 * V \quad (9)$$

$$UMC = b_0 + b_1 * T + b_2 * URA + b_3 * V \quad (10)$$

onde:

UMC: teor de umidade do material combustível, em %;

T: temperatura do ar, em °C;

UR: umidade relativa do ar, em %;

V: velocidade do vento, em m.s⁻¹;

Ln: logaritmo neperiano;

b₀, b₁, b₂ e b₃: coeficientes da regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi obtido um grande número de observações para as variáveis medidas, nas duas diferentes metodologias aplicadas. No primeiro método (cestas plásticas), foram feitas 240 observações, e no segundo (amostras coletadas independentemente), 84 observações.

Durante o período das coletas, a velocidade do vento variou de 0,0 a 0,6 m.s⁻¹, a umidade relativa de 49 a 98%, a temperatura de 19,1 a 29,7 °C e a umidade do material combustível de 6,18 a 37,02%, conforme se pode observar na tabela 1.

Para uma melhor visualização dos dados amostrados, foram elaborados gráficos das duas metodologias aplicadas, relacionando-se a umidade relativa do ar com a umidade do material combustível. Na figura 4 (A e B), pode-se observar tal comparação, sendo que a letra (A) representa o primeiro método e a letra (B) o segundo. No gráfico, observa-se que o segundo método (B) apresentou visualmente uma melhor relação entre as variáveis, enquanto que no primeiro obteve-se uma boa relação inicial, que não se manteve até o final do período analisado.

Da mesma forma, os gráficos (C e D), que compararam a temperatura e a umidade do material combustível, representando respectivamente os métodos 1 e 2, apresentaram a mesma tendência dos gráficos anteriores mas de maneira inversa, por se tratar da variável temperatura, com o segundo método mantendo uma melhor relação entre as variáveis.

As relações entre as variáveis medidas estão apresentadas na tabela 2, na qual se observa que houve correlações significativas entre a umidade do material combustível (UMC) e as demais variáveis meteorológicas. No primeiro método, a melhor correlação foi obtida entre UMC e a temperatura (-0,452), bem inferior ao segundo, em que a melhor correlação (0,809) foi observada entre UMC e UR.

Tabela 1. Estatísticas descritivas das variáveis meteorológicas e umidade do material combustível observadas.

Table 1. Statistics of meteorological variables and fuel moisture observed.

Variáveis	Velocidade do vento (m.s ⁻¹)		Umidade relativa (%)		Temperatura (°C)		Umidade do material combustível (%)	
	Exp. 01 ¹	Exp. 02 ²	Exp. 01 ¹	Exp. 02 ²	Exp. 01 ¹	Exp. 02 ²	Exp. 01 ¹	Exp. 02 ²
Nº de observações	240	84	240	84	240	84	240	84
Valor mínimo	0,0	0,0	49,0	45,0	19,1	19,7	6,18	11,8
Valor máximo	0,6	0,4	98,0	97,0	29,7	30,1	37,02	37,6
Média	0,1	0,1	77,2	75,6	23,3	24,6	22,21	24,4
Desvio padrão	0,14	0,14	22,21	18,62	3,48	3,67	6,41	5,03
Erro padrão	0,01	0,01	1,43	2,03	0,22	0,40	0,41	0,55

¹ Monitoramento de uma mesma amostra de material acondicionado em cesto plástico a cada intervalo de tempo. ² Coleta de novas amostras de material a cada intervalo de tempo.

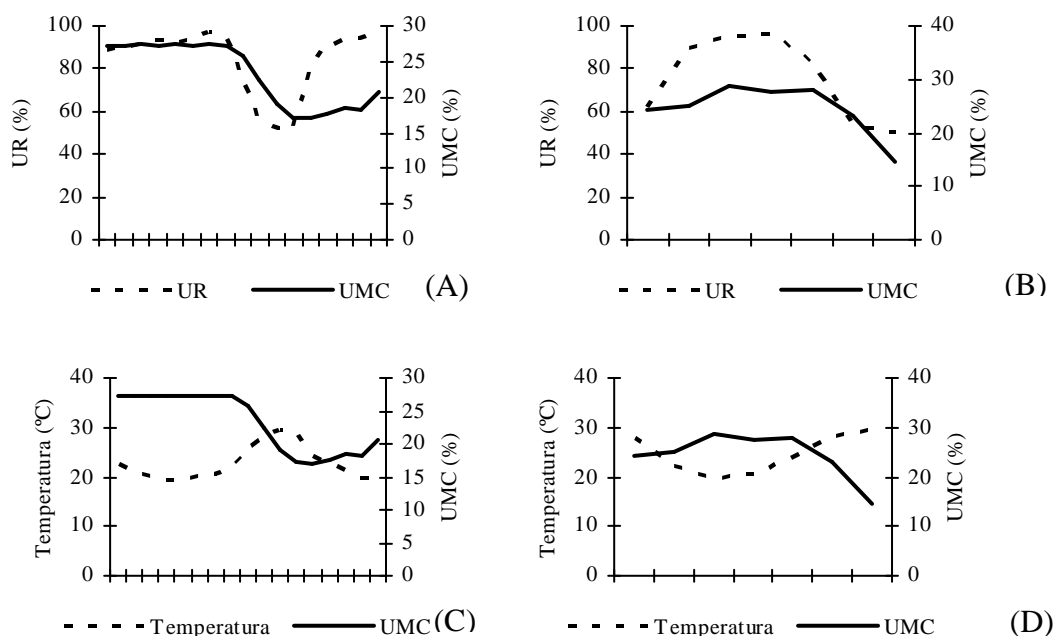


Figura 4. Resultados comparativos entre a umidade relativa do ar (UR) e umidade do material combustível (UMC) e da temperatura com a umidade do material combustível nas duas metodologias utilizadas, sendo A e C referentes à amostragem em cestas plásticas e B e D referentes às amostras independentes em sacos a cada intervalo de tempo.

Figure 4. Comparative results between relative humidity (UR) and fuel moisture content (UMC), and temperature with fuel moisture in the two methodologies used, being A and C concerning with sampling in plastic baskets and B and D concerning with independent sampling in bags, each time period.

A correlação entre UMC e T obtida com amostras independentes nesse experimento foi similar à encontrada por Saglam *et al.* (2006) em estudo equivalente realizado na Turquia ($r = -0,738$).

Os resultados do ajuste de equações matemáticas aos dados coletados podem ser observados na tabela 3, na qual são analisados os diversos modelos testados para descrever as relações existentes entre a umidade do material combustível (%) e as variáveis meteorológicas. Os melhores resultados foram decorrentes da segunda metodologia (amostras independentes).

Tabela 2. Correlações entre as variáveis meteorológicas e a umidade do material combustível.

Table 2. Correlations between meteorological variables and fuel moisture.

Primeiro método (cestas plásticas)					Segundo método (amostras independentes)				
	T	UR	V	UMC		T	UR	V	UMC
T	1,000	--	--	--	T	1,000	--	--	--
UR	-0,965	1,00	--	--	UR	-0,988	1,000	--	--
V	0,562	-0,508	1,00	--	V	0,884	-0,924	1,000	--
UMC	-0,452	0,398	0,03	1,00	UMC	-0,791	0,809	-0,698	1

T: Temperatura (°C); UR: Umidade relativa do ar (%); V: Velocidade do vento (m/s); UMC: Umidade do material combustível.

Em ambas as metodologias testadas, os melhores ajustes foram observados nas equações que incorporaram a temperatura e a velocidade do vento ($UMC = b_0 + b_1 * T + b_2 * V$), apresentando, respectivamente, para o primeiro e segundo métodos, coeficientes de determinação (R^2) de 0,47 e 0,86 e erro padrão da estimativa percentual ($S_{yx}\%$) de 14,9 e 8,74%.

Tabela 3. Estatísticas obtidas para os modelos de regressão (1- cestas plásticas e 2- amostras independentes) ajustados para determinação da umidade do material combustível em função das variáveis meteorológicas.

Table 3. Statistics obtained for regression models (1- plastic baskets, 2- independent sampling) adjusted to determine the fuel moisture based on meteorological variables.

Método	Nº	Modelos matemáticos	Coeficientes				R^2	$S_{yx}\%$
			b_0	b_1	b_2	b_3		
1	1	$LnUMC = b_0 + b_1 * T$	1,7250	-0,0155	-	-	0,36	16,6
	2	$LnUMC = b_0 + b_1 * UR$	1,1365	0,0027	-	-	0,26	16,8
	3	$UMC = b_0 + b_1 * T$	42,512	-0,8146	-	-	0,38	15,5
	4	$UMC = b_0 + b_1 * UR$	11,550	0,1466	-	-	0,28	16,8
	5	$UMC = b_0 + b_1 * V$	23,989	-5,5710	-	-	0,01	19,7
	6	$UMC = b_0 + b_1 * T + b_2 * UR$	94,239	-2,0678	-0,2748	-	0,45	15,2
	7	$UMC = b_0 + b_1 * T + b_2 * V$	46,642	-1,0491	27,357	-	0,47	14,9
	8	$UMC = b_0 + b_1 * UR + b_2 * V$	8,2624	0,1761	18,014	-	0,32	17,0
	9	$UMC = b_0 + b_1 * T + b_2 * UR + b_3 * V$	108,335	-2,5637	-0,3245	31,4213	0,56	14,1
2	1	$LnUMC = b_0 + b_1 * T$	1,8458	-0,0189	-	-	0,56	15,3
	2	$LnUMC = b_0 + b_1 * UR$	1,0907	0,0038	-	-	0,58	15,1
	3	$UMC = b_0 + b_1 * T$	47,943	-0,9555	-	-	0,62	13,2
	4	$UMC = b_0 + b_1 * UR$	9,9502	0,1921	-	-	0,64	12,7
	5	$UMC = b_0 + b_1 * V$	27,166	-40,465	-	-	0,38	16,8
	6	$UMC = b_0 + b_1 * T + b_2 * UR$	-1,9338	0,3023	0,2510	-	0,64	14,2
	7	$UMC = b_0 + b_1 * T + b_2 * V$	1,5883	0,0902	-20,046	-	0,86	8,74
	8	$UMC = b_0 + b_1 * UR + b_2 * V$	-5,0587	0,3492	46,928	-	0,72	12,5
	9	$UMC = b_0 + b_1 * T + b_2 * UR + b_3 * V$	-68,611	1,5139	0,68688	59,5827	0,75	13,6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Comparando-se as metodologias testadas no desenvolvimento deste trabalho, observa-se que a primeira metodologia, que utilizou as mesmas amostras de combustível acondicionadas em cestos plásticos para determinação do teor de umidade em intervalos regulares de tempo (através da diferença de peso), não se mostrou eficiente para a determinação das relações existentes entre a UMC e demais variáveis. Acredita-se que essa metodologia pode gerar grande alteração do arranjo original do material combustível superficial, além do fato de que esse processo de pesagem exige a manipulação constante das amostras, podendo contribuir para a perda da UMC de forma mais rápida e reduzir o tempo de resposta da absorção da umidade, o que impede o estabelecimento de relações matemáticas confiáveis e representativas.

Diante disso, pode-se considerar que, dentre as metodologias utilizadas para atender os objetivos propostos, a segunda metodologia de coletas independentes em intervalos de tempos predeterminados apresentou melhores resultados para se avaliar a realidade existente.

Os resultados das análises estatísticas do segundo método mostraram que existe uma forte relação entre as variáveis que representam as condições meteorológicas e a umidade do material combustível (superficial), pois os modelos matemáticos mostraram bons ajustes, que poderão agilizar os trabalhos dos técnicos responsáveis pela proteção dessas áreas florestais, visto que a umidade do material combustível é um dos mais importantes fatores ligados aos incêndios florestais.

Embora o melhor resultado para o método 2 tenha sido obtido para o modelo que utiliza as variáveis temperatura e velocidade do vento, os modelos 3 e 4, que utilizam uma única variável (temperatura ou umidade relativa), também apresentaram resultados bons ($R^2 = 0,62$ e $R^2 = 0,64$, respectivamente). A vantagem desses modelos em relação ao que apresentou melhor ajuste é que nem sempre se tem disponível a informação sobre a velocidade do vento, ao contrário das variáveis temperatura e umidade relativa, que sempre estão disponíveis, principalmente pela facilidade de obtenção.

Este trabalho foi desenvolvido apenas em uma estação do ano (final do verão) e deveria ser repetido nas demais estações, para melhorar o entendimento do comportamento da UMC com as variáveis meteorológicas durante outras épocas do ano.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. V. G.; KOEHLER, H. S.; MELO FILHO, B. Perspectives and Tendencies of the Brazilian Forestry Sector. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO IUFRO, 2., 2006, La Serena. **Resumos do...** La Serena: INFOR, 2006. v. 1.

BATISTA, A. C. **Determinação de umidade do material combustível sob povoamentos de *Pinus taeda*, Curitiba –PR.** 61 f. Dissertação (Mestrado) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1984.

BROWN, A. A.; DAVIS, K. P. **Forest fire: control and use.** 2nd ed. New York: McGraw Hill, 1973. 686 p.

FOSBERG, M. A.; LANCASTER, J. W.; SCHROEDER, M. J. Fuel moisture response – Drying relationships under standar and field conditions. **Forest Science**, Lawrence, v. 16, p. 121-128, 1970.

GONÇALVES, D. P.; PEDROSA, L. S.; LOPES, S. M. G.; VIEGAS, D. X.; LEMOS, L. T. The Relation Between the Moisture Content of Fine Forest Fuels and Several Forest Fire Related Aspects. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FOREST FIRE RESEARCH, 5., 2006, Coimbra. [**Anais...**]. Coimbra: ADAI: CEIF, 2006. 8 p.

LONGHI, S. J. **A estrutura de uma floresta natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., no sul do Brasil.** 198 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1980.

LOPES, S. M. G.; VIEGAS, D. X.; VIEGAS, M. T.; LEMOS, L. T. Moisture Content of Fine Forest Fuels in the Central Portugal (*Lousã*) for the Period 1996 – 2004. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FOREST FIRE RESEARCH, 5., 2006, Coimbra. [**Anais...**]. Coimbra: ADAI: CEIF, 2006. 13 p.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná.** Curitiba: P. Max Roesner, 1968.

SAGLAM, B.; BILGILI, E.; KUÇUK, O.; DINC DURMAZ, B. Determination of Surface Fuels Moisture Contents Based on Weather Conditions. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FOREST FIRE RESEARCH, 5., 2006, Coimbra. [**Anais...**]. Coimbra: ADAI: CEIF, 2006. 9 p.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Incêndios florestais: controle, efeitos e uso do fogo.** Curitiba, 2007. 264 p.

YEBRA, M.; CHUVIECO, E.; RIAÑO, D. Investigation of a method to estimate live fuel moisture content from satellite measurements in fire risk assessment. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 234, Supl. 1, p. S32, 2006.