

CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL COMBUSTÍVEL SUPERFICIAL E EFEITOS DA QUEIMA CONTROLADA SOBRE SUA REDUÇÃO EM UM POVOAMENTO DE *Eucalyptus viminalis*

Guido Assunção Ribeiro¹ e Ronaldo Viana Soares²

RESUMO - Este estudo teve como objetivo caracterizar o material combustível sob um povoamento de *Eucalyptus viminalis* e avaliar os efeitos do fogo na redução da quantidade e da espessura desse material. As queimas em faixas a favor e contra o vento foram realizadas em 10/10/94 (primavera) e em 23/03/95 (outono). O material combustível foi inventariado antes e depois da queima para determinação do peso de matéria seca, consumo pelo fogo, espessura da camada orgânica e percentagem de matéria inorgânica e de nutrientes. Antes da queima, a carga de material combustível era de 26,2 t.ha⁻¹ (primavera) e 27,8 t.ha⁻¹ (outono). O consumo médio pela queima foi de 56 % nas duas épocas (56; 61 e 90 % para as classes C-1, C-2 e C-3 respectivamente). A queima em faixas a favor do vento consumiu, em média, 3,7 t.ha⁻¹ (na primavera) e 2,9 t.ha⁻¹ (no outono) a mais do que a queima contra o vento. A espessura da camada orgânica sofreu redução média de 30 e 34,7 % na primavera e outono, respectivamente. A análise de tecido mostrou uma diminuição estatisticamente significativa para o K nos tratamentos aplicados durante as duas épocas de queima, bem como aumento de Ca após a queima, exceto para a queima contra o vento de outono.

Palavras-chave: queima controlada, efeitos do fogo, inventário de material combustível, redução da camada orgânica.

¹ Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa.

² Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná.

SURFACE FUEL CHARACTERISTICS AND REDUCTION BY PRESCRIBED BURNING IN A *Eucalyptus viminalis* STAND.

ABSTRACT - The purposes of this study were to characterize the fuel under a *Eucalyptus viminalis* stand and to determine burning effects on forest fuel load and duff depth. It was used a randomized block experimental design, with five treatments and four replicates. The burning technique (strip headfire and backfire) were conducted on October 10, 1994 (spring) and March 23, 1995 (fall), respectively. The fuel was inventoried before and after burnings to determine the dry weight fuel load, fuel consumption, duff depth, and percentage of inorganic matter and mineral nutrients. Before burning, the total fuel load was 26.2 (spring) and 27.8 ton.ha⁻¹ (fall). The average consumption of fuel load was 56 % (56; 61 and 90 % for C-1, C-2 and C-3 classes, respectively). The strip headfire consumed, in the average, 3.7 ton.ha⁻¹ (in spring) and 2.9 ton.ha⁻¹ (in fall) more than backfire. The duff depth presented average reduction of 30 % and 34.7 % for spring and fall seasons, respectively. The tissue analysis conducted before and after fuel burning detected a significative decrease after burning for K in the two-season burning treatments and a Ca increase after burning, except for fall backfire burning.

Key words: prescribed burning, fire effects, fuel load; duff depth reduction.

1 INTRODUÇÃO

A queima controlada tem sido objeto de estudo em vários países. Para as condições brasileiras esses estudos são incipientes e há necessidade de melhor se conhecer as interrelações entre a técnica e a periodicidade de queima, as condições meteorológicas e o material combustível.

Queima controlada é definida como a aplicação do fogo de uma forma racional sobre um material combustível existente em uma área específica e sob determinadas condições de clima, visando a obtenção de objetivos bem definidos (Wade & Lundsford, 1990), que podem ser propostos individualmente ou em conjunto.

A remoção de parte da camada orgânica é necessária para reduzir os riscos de incêndio, preparar o solo para regeneração, eliminar vegetação indesejável e favorecer o ambiente para a espécie de interesse. Por outro lado, a sua manutenção pode ser necessária para proteger o sítio das intempéries, aumentar a atividade microbiana, manter a produtividade do sítio e proteger o habitat de pequenos animais (Brown, Reinhart e Fischer, 1991).

A avaliação do comportamento do fogo é baseada nos fatores associados com a combustão, os quais tem o material combustível como determinante de todo o processo de queima. Segundo Countryman (1964), os principais atributos do material combustível são a continuidade, o arranjo e a quantidade. As características ligadas ao processo da ignição são a geometria das partículas, a textura da superfície, o conteúdo de umidade, a composição química e a absorção térmica.

De acordo com Mcarthur e Cheney (1966), Byram (1959) foi o primeiro a definir as variáveis do comportamento do fogo, introduzindo termos como energia do combustível disponível e total, intensidade de queima e taxa de combustão. Alguns estudos tem mostrado que a estimativa da intensidade de queima pode ser feita através da correlação com o comprimento ou com a altura das chamas, conforme mostrado por Johnson (1982), Nelson Jr. e Adkins (1986) ou com a altura de carbonização, Tozzini e Soares (1987). Entretanto, de acordo com Brown e Debyle (1987), o conhecimento da quantidade de material combustível, responsável pela propagação e intensidade do fogo, é fundamental.

Os objetivos do presente estudo foram caracterizar o material combustível superficial existente em um povoamento de *Eucalyptus viminalis* e avaliar os efeitos da queima controlada na redução da quantidade e na espessura desse material, empregando-se duas técnicas de queima, em duas estações do ano.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado num povoamento de *Eucalyptus viminalis*, plantado em 1985, no espaçamento original de 3 x 2 m, pertencente à RIGESA Celulose, Papel e Embalagens Ltda., com sede no município de Três Barras, Estado de Santa Catarina, localizado na latitude de 26° 15' S.

O clima da região, segundo Köppen, é Cfb com temperatura média anual inferior a 17 °C e precipitação anual bem distribuída de 1.500 mm. Os solos são profundos, bem drenados, argilosos, de coloração vermelha e teores elevados de matéria orgânica, classificados como

Latossolo húmico distrófico, textura argilosa, relevo suave ondulado (Governo do Estado de Santa Catarina, 1973).

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com 4 blocos. Cada bloco era composto por 5 parcelas, correspondentes aos tratamentos: controle (Tp e To), queima de outono em faixas a favor do vento (Fo), queima de primavera em faixas a favor do vento (Fp), queima de outono contra o vento (Co), queima de primavera contra o vento (Cp). As parcelas mediam 30 por 60 m. A linha de fogo, acesa no sentido do aclave, simulou a queima a favor do vento, e no sentido do declive, a queima contra o vento.

Para comparação de duas médias utilizou-se o teste de T e, para comparações múltiplas, o teste de SNK, ambos a 90 % de probabilidade. Uma análise de covariância foi realizada para avaliar a influência da quantidade de material combustível existente inicialmente entre as parcelas. Os dados em percentagem, na análise estatística, foram transformados em arco - seno $\sqrt{\%}$

2.1 Coleta dos Dados

2.1.1 Inventário Do Material Combustível

O inventário do material combustível, feito antes e depois da queima, consistiu da coleta e pesagem de 20 amostras de 1 m² em cada parcela. A densidade amostral foi de 1,11 %. O material combustível disponível foi determinado pela diferença entre o inventário preliminar e pós queima.

O material combustível foi agrupado em classes diamétricas, de acordo com Brown, Oberhew e Zohnsten (1982). A classe C-1 ($\varnothing < 0,6$ cm) foi subdividida em 3 subclasses: material verde (C-1MV), material fino não decomposto (C-1MF) e material fino em decomposição (C-1MD). Esta subdivisão passou a não existir após a aplicação dos tratamentos devido à queima das subclasses C-1MV e C-1MF. A classe C-2 era composta por material com diâmetro entre 0,6 e 2,5 cm, e a C-3 com diâmetro entre 2,6 e 7,6 cm.

A espessura da camada de material combustível em decomposição e a do *litter* mais material verde eram medidas antes de qualquer distúrbio na parcela.

Amostras de cada classe/subclasse foram levadas ao laboratório, pesadas em balança com precisão de 0,1 g e mantidas em estufa durante 48 horas, à temperatura de 75 °C, para obtenção do peso da matéria seca. Uma amostra composta para cada classe/subclasse foi feita e o

material moído e homogeneizado em conjunto de peneiras com abertura de 0,42 mm (n° 40) e 0,25 mm (n° 60).

A fração mineral foi determinada no Laboratório de Energia do Departamento de Engenharia e Tecnologia Rurais, da Universidade Federal do Paraná, por meio da incineração em mufla a 600 °C, por 7 horas.

A análise de tecido foi realizada no Laboratório de Nutrição de Plantas, do Departamento de Solos, da Universidade Federal do Paraná, para nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), de acordo com a metodologia proposta por Hildebrand (1976).

2.1.2 Velocidade de Propagação, Intensidade de Queima e Energia Liberada

A velocidade foi determinada pela cronometragem do tempo gasto para a linha de fogo percorrer o maior comprimento da parcela (60 m). Na queima em faixas a favor do vento, a velocidade correspondia à média das velocidades registradas nas faixas. A intensidade da linha de fogo foi estimada pela equação de Byram (1959), e a energia liberada estimada, conforme Rothermel e Deeming (1980).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características da Queima

A Tabela 1 mostra as principais características das queimas controladas, na primavera e outono.

TABELA 1: Características das queimas controladas para as duas épocas de queima.

| Variável | Contra o vento | | Faixas a favor do vento | |
|--|----------------|---------|-------------------------|---------|
| | primavera | outono | primavera | outono |
| Velocidade de propagação (m.s ⁻¹) | 0,0131 | 0,0131 | 0,0468 | 0,0486 |
| Intensidade (kcal.m ⁻¹ .s ⁻¹) | 50,55 | 48,93 | 211,13 | 229,50 |
| Energia liberada (kcal.m ⁻²) | 3806,55 | 3783,28 | 4566,34 | 4709,39 |

3.2 Inventário do material combustível

A Tabela 2 apresenta os resultados da incineração em mufla, feita antes e depois da queima, para determinação do teor da fração mineral.

TABELA 2: Percentagem média da fração mineral, antes e depois da aplicação dos tratamentos.

| Tratamento | Antes da queima | | | Depois da queima | | |
|------------|-----------------|-------|-------|------------------|-------|------|
| | C-1 | | | C-2 | | |
| | C-1MF | C-1MV | C-1MD | C-1 | C-2 | |
| Fp | 2,81 | 9,31 | 31,30 | 0,78 | 27,82 | 0,86 |
| Cp | 2,69 | 10,51 | 31,06 | 0,80 | 28,39 | 0,93 |
| Média | 2,75 | 9,91 | 31,18 | 0,79 | 28,10 | 0,90 |
| Fo | 3,14 | 8,49 | 33,57 | 0,73 | 34,31 | 1,26 |
| Co | 4,50 | 6,01 | 40,20 | 0,86 | 36,42 | 1,38 |
| Média | 3,82 | 7,25 | 36,89 | 0,79 | 35,36 | 1,32 |

F = queima em faixas a favor do vento; C = queima contra o vento; p = primavera; o = outono.

A fração mineral antes da queima foi da ordem de 31 e 37 % para a classe C-1MD nos tratamentos de primavera e outono, respectivamente. Esses valores foram, em ordem decrescente, menores para as classes C-1MV, C-1MF e C-2. Para a classe C-2, composta por material lenhoso, registrou-se um percentual em torno de 1 %, correspondente ao valor médio de teor de cinza da madeira (Buchanan, 1963).

A classe C-1, depois da queima, apresentou médias de cerca de 28 e 35 % de teor mineral, para as queimas de primavera e outono, respectivamente. Mesmo não havendo ramos e folhas verdes, o material da classe C-1MV ainda se encontrava enraizado, revolvendo o solo quando coletado e resultando num percentual significativo de fração mineral.

As classes C-1MF e C-1MV foram praticamente eliminadas ou reduzidas a fragmentos menores, facilitando a coleta do material remanescente. A classe C-2 manteve o percentual de teor mineral dentro dos limites da composição química da madeira.

Os valores médios da quantidade de material combustível (matéria seca) estão apresentados na Tabela 3 para o inventário preliminar e, na Tabela 4, para o inventário pós-queima. A coluna “sem cinza” de cada classe corresponde à quantidade de material combustível, subtraída a fração mineral.

Segundo Brown, Oberhew e Jonhston (1982), a quantidade e distribuição da vegetação, especialmente o material lenhoso sobre o solo, apresentam grande variação entre e dentro dos povoamentos. Neste estudo, a classe C-3 apresentou-se muito dispersa na área e com ausência em algumas parcelas. Essa condição, associada ao alto grau de decomposição e à pequena quantidade, permitem deduzir que esta classe contribuiu muito pouco para a sustentação do fogo.

A quantidade total de material combustível, descontado o teor de cinzas, foi de aproximadamente 26,2 e 27,7 t.ha⁻¹, para as queimas de primavera e outono, respectivamente. Embora os povoamentos de pinus apresentem composição fundamentalmente diferente, Soares (1979) estimou, em seu estudo, que a quantidade total de material combustível variava de 1,2 a 17,3 t.ha⁻¹ para *Pinus oocarpa*, com idade entre 5 e 7,5 anos e de 2,3 a 13,8 t.ha⁻¹ para *P. caribaea* var. *hondurensis*, com idade entre 4,5 e 7,5 anos.

TABELA 3: Peso médio do material combustível (g.m⁻²), incinerado e não-incinerado, antes da aplicação dos tratamentos.

| Tra- ta- mento | C l a s s e s | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------------|-----------|-------|-----------|--------|-----------|-------|-----------|-------|--------|-----------|
| | C-1MF | | C-1MV | | C-1MD | | C-2 | | C-3* | Total | |
| | bruto | sem cinza | bruto | sem cinza | bruto | sem cinza | bruto | sem cinza | bruto | bruto | sem cinza |
| Tp | 975,2 | 947,3 | 237,1 | 219,8 | 1764,5 | 1131,0 | 114,0 | 113,9 | 13,8 | 3104,6 | 2425,7 |
| Fp | 1045,6 | 1027,3 | 299,5 | 274,7 | 2196,8 | 1515,3 | 148,3 | 148,2 | 9,2 | 3699,4 | 2974,8 |
| Cp | 911,6 | 896,5 | 241,9 | 215,9 | 1760,1 | 1219,4 | 111,2 | 111,2 | 10,0 | 3034,8 | 2453,0 |
| Média | 977,5 | 957,0 | 259,5 | 236,8 | 1907,1 | 1288,6 | 124,5 | 124,4 | 11,0 | 3279,6 | 2617,8 |
| To | 1083,6 | 1056,7 | 313,8 | 284,7 | 2067,2 | 1291,5 | 118,2 | 118,2 | 4,3 | 3587,1 | 2755,3 |
| Fo | 1031,4 | 1009,9 | 322,4 | 291,6 | 2299,7 | 1553,3 | 141,3 | 141,3 | 0,0 | 3794,8 | 2996,1 |
| Co | 1096,2 | 1058,3 | 264,9 | 251,7 | 1856,1 | 1124,0 | 119,2 | 119,1 | 17,5 | 3354,0 | 2570,6 |
| Média | 1070,4 | 1041,6 | 300,4 | 276,0 | 2074,4 | 1322,9 | 126,2 | 126,2 | 7,3 | 3578,6 | 2774,0 |

T = controle; F = queima em faixas a favor do vento; C = queima contra o vento; p = primavera; o = outono.

* O percentual de cinzas para a classe C-3 não foi determinado.

TABELA 4: Peso médio de material combustível ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$), incinerado e não-incinerado, após a aplicação dos tratamentos.

| Tratamento | C l a s s e s | | | | | | Total | |
|------------|---------------|-----------|-------|-----------|-------|--------|-----------|--|
| | C-1 | | C-2 | | C-3* | bruto | sem cinza | |
| | bruto | sem cinza | bruto | sem cinza | bruto | | | |
| Fp | 1630,9 | 1199,0 | 61,7 | 61,7 | 3,5 | 1696,1 | 1264,2 | |
| Cp | 1476,4 | 1066,4 | 44,5 | 44,5 | 0,0 | 1521,0 | 1110,9 | |
| Média | 1553,7 | 1132,7 | 53,1 | 53,1 | 1,8 | 1608,6 | 1187,6 | |
| Fo | 1841,3 | 1232,2 | 42,5 | 42,4 | 0,0 | 1883,8 | 1274,6 | |
| Co | 1654,1 | 1090,8 | 54,1 | 53,9 | 0,0 | 1708,3 | 1144,7 | |
| Média | 1747,7 | 1161,5 | 48,3 | 48,2 | 0,0 | 1796,0 | 1209,7 | |

F = queima em faixas a favor do vento; C = queima contra o vento; p = primavera; o = outono.

* O percentual de cinzas para a classe C-3 não foi determinado.

A Tabela 5 mostra o resumo das quantidades de material combustível antes e depois da queima e o resultado da comparação das médias.

TABELA 5: Peso médio do material combustível ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$), antes e depois da queima de primavera e outono.

| Tratamento | C l a s s e s | | | | | | | | Total | |
|------------|---------------|----------|---------|--------|--------|--------|----------|----------|-------|--|
| | C-1 | | C-2 | | C-3 | | antes | Depois | | |
| | antes | depois | antes | depois | antes | depois | | | | |
| Fp | 2817,4 * | 1199,0 * | 148,2 * | 61,7 * | 9,2 | 3,5 | 2974,8 * | 1264,2 * | | |
| Cp | 2331,8 * | 1066,4 * | 111,2 * | 44,5 * | 10,0 | 0,0 | 2453,0 * | 1110,9 * | | |
| Fo | 2854,8 * | 1232,2 * | 141,3 * | 42,4 * | 0,0 | 0,0 | 2996,1 * | 1274,6 * | | |
| Co | 2433,9 * | 1090,8 * | 119,1 * | 53,9 * | 17,5 * | 0,0 * | 2570,6 * | 1144,7 * | | |

F = queima em faixas a favor do vento; C = queima contra o vento; p = primavera; o = outono.

Pares de médias (na linha, para cada classe) seguidas por "*" diferem estatisticamente pelo teste de T, a 10% (compara situações antes e depois da queima, para cada classe).

A composição do material combustível de cada classe, em termos percentuais, está apresentada na Tabela 6.

O percentual médio de cada classe, antes das queimas de primavera e outono, mostra a homogeneidade de distribuição do material combustível sobre a área de estudo. A classe 1 correspondeu a aproximadamente 95 % do material combustível amostrado. Desse total, cerca da

metade era da classe C-1MD. A outra metade era formada pelas classes C-1MF e C-1MV, que são o material primeiramente atingido pelas chamas e responsável pela sustentação e dispersão do fogo. Os 5 % restantes pertenciam às classes C-2 e C-3. Van Loon (1969) encontrou, para *Eucalyptus pilularis*, que 84 % do material combustível pertencia à classe C-1, 6 % à classe C-2 e 10 % à classe C-3 (envolvendo todo material acima de 2,5 cm de diâmetro).

A comparação entre os percentuais de material combustível, antes e depois da aplicação dos tratamentos (técnicas de queima e estação do ano), não mostrou diferença significativa para cada classe e para o total, indicando que o fogo agiu de maneira uniforme sobre o conjunto de material combustível, exceto para classe C-3 (Tabela 6).

TABELA 6: Percentagem média de material combustível, antes e depois da aplicação dos tratamentos.

| Tratamento | Subclasses de C-1 | | | C l a s s e s | | | | | | | | | Total | | |
|------------|-------------------|-------|-------|---------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|----|--------|--------|----|
| | antes da queima | | | C-1 | | C-2 | | C-3 | | | | | | | |
| | C-1MF | C-1MV | C-1MD | antes | depois | antes | depois | antes | depois | antes | depois | | | | |
| Fp | 18,93 | 5,06 | 27,92 | 51,91 | 50,48 | ns | 2,73 | 2,60 | ns | 0,17 | 0,15 | ns | 54,81 | 53,23 | ns |
| Cp | 16,52 | 3,98 | 22,47 | 42,96 | 44,90 | ns | 2,05 | 1,87 | ns | 0,18 | 0,00 | ns | 45,19 | 46,77 | ns |
| Total | 35,45 | 9,04 | 50,38 | 94,87 | 95,38 | | 4,78 | 4,47 | | 0,35 | 0,15 | | 100,00 | 100,00 | |
| Fo | 18,18 | 5,25 | 27,75 | 51,18 | 50,93 | ns | 2,54 | 1,75 | ns | 0,00 | 0,00 | ns | 53,72 | 52,68 | ns |
| Co | 19,05 | 4,53 | 20,24 | 43,82 | 45,09 | ns | 2,14 | 2,23 | ns | 0,32 | 0,00 | * | 46,28 | 47,32 | ns |
| Total | 37,23 | 9,78 | 47,98 | 95,00 | 96,02 | | 4,69 | 3,98 | | 0,32 | 0,00 | * | 100,00 | 100,00 | |

F = queima em faixas a favor do vento; C = queima contra o vento; p = primavera; o = outono.

Pares de médias (na linha, para cada classe) seguidas por "*" diferem estatisticamente pelo teste T, a 10%.

ns = não-significativo.

A Tabela 7 mostra os valores médios de material combustível consumido (disponível), juntamente com o percentual de redução.

A redução média geral de material combustível foi de cerca de 56 %, praticamente a mesma redução da classe C-1. A redução das classes C-2 e C-3 foi de 60 e 90 %; entretanto, elas representavam apenas 4,74 e 0,34 %, respectivamente, da quantidade total de material combustível. Em termos absolutos a redução foi de cerca de 1.460 g.m⁻² para a classe C-1; 75 g.m⁻² para a classe C-2; e 8,3 g.m⁻² para a classe C-3. Esperava-se que o fogo consumisse maior quantidade do material combustível fino (classe C-1) em relação ao material das classes C-2 e C-3, por causa das suas dimensões e da continuidade. Entretanto, a classe C-1 foi a que apresentou menor percentual de redução, mesmo tendo as subclasses C-MV e C-1MF sido completamente eliminadas pelo fogo.

TABELA 7: Peso médio de material combustível consumido (disponível) (g.m⁻²) e percentual de redução das queimas de primavera e outono.

| Tratamento | C l a s s e s | | | | | | | | |
|------------|---------------|---------|-------------|--------|-------------|----------|-------------|---------|---|
| | C-1 | | C-2 | | C-3 | | Total | | |
| | comb. disp. | % red. | comb. disp. | % red. | comb. disp. | % red. | comb. disp. | % red. | |
| Fp | 1618,4 | *a 57,4 | a 86,5 | a 58,4 | a 5,7 | ab 61,9 | a 1710,6 | *a 57,5 | a |
| Cp | 1265,4 | *a 54,3 | a 66,7 | a 60,0 | a 10,0 | ab 100,0 | a 1342,1 | *a 54,7 | a |
| Média | 1441,9 | 55,9 | 76,6 | 59,2 | 7,8 | 81,0 | 1526,3 | 56,1 | |
| Fo | 1622,6 | a 56,8 | a 98,8 | a 70,0 | a 0,0 | a 0,0 | a 1721,5 | a 57,5 | a |
| Co | 1343,2 | a 55,2 | a 65,2 | a 54,7 | a 17,5 | b 100,0 | a 1425,9 | a 55,5 | a |
| Média | 1482,9 | 56,0 | 82,0 | 62,3 | 8,8 | 100,0 | 1573,7 | 56,5 | |

F = queima em faixas a favor do vento; C = queima contra o vento; p = primavera; o = outono.

Médias seguidas da mesma letra entre os quatro tratamentos, para cada classe e total, não diferem entre si pelo teste de SNK, a 10%.

Pares de médias seguidas de “*”, dentro de cada época de queima, diferem estatisticamente pelo teste T, a 10 %.

Empregando os mesmos procedimentos de inventário utilizados neste estudo, Van Loon (1969) chegou a um percentual médio de redução de 70 % em área coberta por eucalipto. Batista (1995), trabalhando em povoamento de *Pinus taeda*, na região de Sengés/PR, encontrou uma redução variando de 26,01 % a 41,28 % para queima contra o vento e de 16,95 % a 52,79 % para queima a favor do vento.

No presente estudo, o percentual de redução da queima em faixas a favor do vento foi de 57,5 % para as duas épocas, consumindo cerca de 3,7 t.ha⁻¹ na primavera e 2,9 t.ha⁻¹ no outono a mais que a queima contra o vento. Nesta, a redução foi de 54,7 e 55,5 % na primavera e outono, respectivamente. Estes resultados estão de acordo com a afirmação de McArthur & Cheney (1966), de que a queima em faixas a favor do vento consome maior quantidade de material combustível por ser mais intensa. Entretanto, quando comparadas todas as combinações de tratamento, não foi detectada diferença estatística significativa nos percentuais de redução de material combustível, entre as duas épocas de queima.

O resultado da análise de covariância, realizada para eliminar a dúvida de que as diferenças da quantidade de material combustível antes da aplicação dos tratamentos (co-variável) pudessem ter algum efeito sobre a quantidade depois da queima (variável), está apresentado na Tabela 8, revelando uma diferença significativa entre as condições pré e pós-queima e confirmando os resultados apontados pelo teste de comparação de médias.

TABELA 8: Análise de covariância para a quantidade de material combustível

| Fonte de Variação | G.L. | Soma dos produtos | | | G.L. | S.Q. | Q.M. | F |
|-------------------|------|-------------------|------------|----------------|------|------------|------------|-------|
| | | Y ² | X.Y | X ² | | | | |
| Repetição | 3 | 869454,70 | 421900,21 | 267212,10 | | | | |
| Trat. | 4 | 4900827,54 | -991285,66 | 1259743,75 | | | | |
| Erro | 12 | 706614,01 | 396999,89 | 803996,42 | 11 | 200968,03 | 18269,82 | |
| Total | 19 | 6476896,25 | -172385,57 | 2330952,28 | | | | |
| Trat.+Erro | 16 | 5607441,55 | -594285,77 | 2063740,18 | 15 | 5436307,81 | | |
| Trat. (ajust) | | | | | 4 | 5235339,78 | 1308834,94 | 71,64 |

3.3 Redução da espessura da camada de material combustível

O combustível em decomposição formava uma camada compacta, com material sem forma definida e em contato direto com o solo. A camada superior (L = C-1MF+C-1MV) era composta pelo combustível aéreo, compreendendo o material verde e o material de desrama natural recente. A Tabela 9 mostra os valores médios da espessura, por tratamento e época de queima.

TABELA 9: Valores médios da espessura do material combustível (cm), antes e depois da queima de primavera e outono e percentual de redução.

| Tratamento | Espessura da camada em decomposição | | Redução da camada em decomposição | | L (cm) |
|------------|-------------------------------------|--------|-----------------------------------|----------------|---------|
| | Antes | depois | (antes-depois) | (antes-depois) | |
| | (cm) | (cm) | (cm) | (%) | |
| Tp | 2,53 | 2,53 | - | - | 14,84 |
| Fp | 3,35 | * 2,18 | * 1,18 | 35,07 | a 11,58 |
| Cp | 2,48 | * 1,88 | * 0,60 | 24,24 | a 12,93 |
| To | 2,86 | 2,86 | - | - | 11,48 |
| Fo | 3,18 | * 2,10 | * 1,08 | 33,86 | a 36,05 |
| Co | 3,15 | * 2,03 | * 1,13 | 35,71 | a 14,88 |

T = controle; F = queima em faixas a favor do vento; C = queima contra o vento; p = primavera; o = outono.

L=espessura da camada de serrapilheira recente + material verde.

Pares de médias, na linha, seguidas de “*” diferem pelo teste de T, a 10%.

Médias, na coluna, seguidas da mesma letra, não diferem pelo teste SNK, a 10 %.

O percentual geral de redução da espessura da camada de material combustível em decomposição foi de cerca de 32,7 %. A comparação das médias resultou em diferença significativa entre a espessura da camada em decomposição, antes e depois da passagem do fogo, para os tratamentos a favor e contra o vento, para as duas épocas de queima.

O efeito dos tratamentos sobre a redução da camada em decomposição, analisando as duas épocas conjuntamente, não resultou em diferença estatística. Isso mostra a ação homogênea do fogo, a exemplo do percentual de redução da quantidade total de material combustível e da quantidade total de material combustível consumido (Tabela 7).

Brown, Reinhart e Fischer (1991) observaram uma redução média de 3,0 cm, correspondendo a 64 %, numa variação de 29 a 93 %, da espessura da camada em decomposição, em um povoamento de coníferas dominada por *Abies grandis* e *Pinus monticola*. Todas as medidas de consumo de matéria orgânica foram moderadamente correlacionadas com o conteúdo de umidade da camada orgânica superior.

3.4 Análise de Tecido do Material Combustível

O material combustível foi analisado para determinação dos teores de N, P, K, Ca e Mg, cujos resultados são mostrados na Tabela 10.

As variações entre as concentrações de cada nutriente, determinadas antes e depois da queima, foram pouco evidentes para os teores de N, P e Mg e marcantes para os de K e Ca.

As concentrações médias encontradas por Poggiani *et al.* (1987) foram da ordem de 0,91, 0,04, 0,35, 1,48 e 0,14% para N, P, K, Ca e Mg respectivamente, para folheto de *Eucalyptus viminalis*, analisado dos quatro aos sete anos de idade. Foi observado, ainda, que o *E. viminalis* contribui mais acentuadamente com o elemento Ca. No presente estudo a subclasse C-1MF foi a que apresentou maior concentração de cálcio.

A perda de nutrientes devido ao consumo da subclasse C-1MV não foi grande, uma vez que ela contribui com apenas 10 % da composição total de material combustível em cada época de queima.

A subclasse C-1MD, com a maior concentração de N e P, depois da subclasse C-1MV e com concentração aproximadamente igual à subclasse C-1MF, à exceção do Ca, sofreu redução de apenas 10 %. Assim, a classe que mais contribuiu para a perda de nutrientes foi a C-1MF, considerando que ela foi totalmente consumida pelo fogo e que representava cerca de 35 % da composição total de material combustível em cada época de queima.

TABELA 10: Valores médios dos teores de N, P, K, Ca e Mg em %, resultantes da análise de tecido feita para o material combustível, antes e depois da queima.

| Trata- mento | N | | P | | K | | Ca | | Mg | |
|-----------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | antes | depois | antes | depois | antes | depois | antes | depois | antes | depois |
| Tp | 0,84 | - | 0,05 | - | 0,27 | - | 0,49 | - | 0,08 | - |
| Fp | 0,84* | 0,78* | 0,05 | 0,05 | 0,25* | 0,10* | 0,43* | 0,61* | 0,07 | 0,08 |
| Cp | 0,75 | 0,68 | 0,05 | 0,05 | 0,24* | 0,10* | 0,47* | 0,67* | 0,07* | 0,08* |
| To | 0,74 | - | 0,05 | - | 0,26 | - | 0,42 | - | 0,07 | - |
| Fo | 0,82 | 0,69 | 0,05 | 0,04 | 0,24* | 0,11* | 0,40* | 0,52* | 0,07 | 0,07 |
| Co | 0,82 | 0,69 | 0,05* | 0,03* | 0,29* | 0,13* | 0,50 | 0,51 | 0,08 | 0,08 |

F = queima em faixas a favor do vento; C = queima contra o vento; p = primavera; o = outono.

Pares de médias para cada elemento, seguidas de “*” diferem estatisticamente pelo teste de T, a 10 % (compara situação antes e depois a queima).

O K apresentou variação com diferença estatística significativa entre a condição antes e depois da queima. A concentração foi reduzida em 60 e 54 % e em 58 e 55 % nas queimas em faixas a favor e contra o vento, de primavera e outono, respectivamente. Enquanto o Ca teve um comportamento inverso, com aumento das concentrações após a queima. Estes aumentos foram de 42, 43, 30 e 2 % para a queima em faixas a favor e contra o vento de primavera e outono, respectivamente.

As diferenças significativas detectadas para os outros elementos não foram grandes em termos percentuais, com exceção da redução de cerca de 40 % para o P na queima contra o vento de outono.

4 CONCLUSÕES

- O teor de fração mineral encontrado no inventário do material combustível, principalmente aquele em contato direto com o solo (classe C-1MD), foi muito alto, o que pode mascarar a estimativa da carga total real de material combustível.

- A classe C-1, equivalente ao material com diâmetro/espessura menor ou igual a 0,6 cm, correspondeu, em média, a 95 % da quantidade total de material combustível ($27,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$).
- A distribuição percentual das classes de material combustível manteve-se praticamente a mesma após a queima, indicando que nem a técnica de queima nem a estação do ano exerceram influência.
- A queima em faixas a favor do vento consumiu maior quantidade de material combustível que a queima contra o vento, na queima realizada na primavera.
- O percentual de redução médio da espessura da camada em decomposição foi de 32,7 %, apresentando diferença significativa quando comparado à situação antes da queima.
- As variações na concentração de nutrientes, resultantes da análise de tecido, foram mais marcantes para o K, em que se observou redução, e para o Ca, registrando elevação, ambas estatisticamente significativas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATISTA, A.C. **Avaliação da queima controlada em povoamentos de *Pinus taeda* L. no norte do Paraná.** Curitiba: UFPr, 1995. 108p. (Tese Doutorado em Engenharia Florestal).
- BROWN, J.K.; DEBYLE, N.V. Fire damage, mortality, and suckering in aspen. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 17, n. 9, p. 1100-1109, 1987.
- BROWN, J.K.; OBERHEU, R.D.; JOHNSTON, C.M. **Handbook for inventorying surface fuels and biomass in the Interior West.** Ogden: Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1982. p.1-22. (General Technical Report, INT-129).

- BROWN, J.K.; REINHARDT, E.D.; FISCHER, W.C. Predicting duff and woody fuel consumption in Northern Idaho prescribed fires. **Forest Science**, Bethesda, v. 37, n. 6, p. 1550-1566, 1991.
- BUCHANAN, M.A. Extraneous Components of Wood. In: BROWNING, B.L. **The Chemistry of Wood**. New York : Interscience Publishers, 1963. p. 315-367.
- BYRAM, G.M. Combustion of forest fuels. In: DAVIS, K.P. **Forest fire - control and use**. New York : Mc Graw Hill, 1959. p. 77-84.
- COUNTRYMAN, C.M. **Mass fire and fire behavior**. Berkeley : Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, 1964. 51 p. (Research Paper, PSW-19).
- GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de Santa Catarina**. Santa Maria : Universidade Federal de Santa Maria, 1973. 248 p.
- HILDEBRAND, C. **Manual de análise química de solo e de plantas**. Curitiba : UFPR, 1976. (mimeografado).
- JOHNSON, Von J. The dilemma of flame length and intensity. **Fire Management Notes**, Washington, v. 43, n. 4, p. 3-7, 1982.
- McARTHUR, A.G.; CHENEY, N.P. The characterization of fire in relation to ecological studies. **Australian Forest Research**, Melbourne, v. 2, n. 3, p. 36-45, 1966.
- NELSON Jr., R.M.; ADKINS, C.W. Flame characteristics of wind-driven surface fires. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 16, n. 6, p. 1293-1300, 1986.
- POGGIANI, F.; ZAMBERLAN, E.; MONTEIRO Jr., E.; GAVA, I.C. Quantificação da deposição de folheto em talhões experimentais de *Pinus taeda*, *Eucalyptus viminalis* e *Mimosa scabrella* plantados em uma área degradada pela mineração do xisto betuminoso. **IPEF**, Piracicaba, n. 37, p. 21-29, 1987.
- ROTHERMEL, R.C.; DEEMING, J.E. **Measuring and interpreting fire behavior for correlation with fire effects**. Ogden : Intermountain Forest and Range Experiment Station, 1980. 4 p. (General Technical Report, INT-93).
- SOARES, R.V. Determinação da quantidade de material combustível acumulado em plantios de *Pinus* spp. na Região de Sacramento, MG. **Floresta**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 48-62, 1979.
- TOZZINI, D.S.; SOARES, R.V. Relações entre comportamento do fogo e danos causados a um povoamento de *Pinus taeda*. **Floresta**, Curitiba, v. 15, n. 1-2, p. 9-13, 1987.

VAN LOON, A.P. **Investigations into the effects of prescribed burning on young even-aged blackbutt**. New South Wales : Forestry Commission of New South Wales, 1969. 49 p. (Research Note, n. 23).

WADE, D.D.; LUNDSFORD, J. Fire as a management tool: prescribed burning in the Southern United States. **Unasylva**, Rome, v. 41, n. 162, p. 28-38, 1990.

