



Ajuste de equações lineares de suscetibilidade a vento em eucalipto submetido a desrama artificial

Adjust of linear equations of susceptibility to wind eucalyptus subjected to artificial pruning

Ariana de Lima Cardoso¹, Antônio Marcos Rosado², Aderbal Gomes da Silva¹

¹Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), Departamento de Engenharia Florestal, Avenida Carlos Lindemberg, 316, Centro, Jerônimo Monteiro - ES, CEP: 29550-000, Email: arianaflorestal@yahoo.com.br

²Celulose Nipo-Brasileira S.A (CENIBRA)

Recebido em: 09/10/2011

Aceito em: 25/06/2013

Resumo. O objetivo do trabalho foi verificar por meio de equação de regressão linear a influência de diferentes níveis de desrama artificial, na redução da porcentagem de danos provocados pelo vento em hectares de florestas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. O ajuste baseou-se na diminuição da porcentagem de danos por hectare em função de valores médios de força de resistência das árvores a quebra. O aumento da resistência da madeira apresentou alta correlação com a diminuição da porcentagem de perdas por hectares de florestas do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. As perdas em áreas onde não houve a implantação da desrama artificial, observou-se 12,54% de dano por hectare para T, 6,39% de dano por hectare para D1 e 1,70% de dano por hectare para D2. A porcentagem de danos por hectare é maior na região de baixada em relação à testemunha da região de encosta. O ajuste de equação mostrou-se como uma ferramenta útil na previsão da porcentagem de hectares danificados pelo vento. A aplicação do nível de desrama D2 contribui para o aumento da resistência a quebra pelo vento.

Palavras-chave. Danos ao povoamento, plantio clonal, resistência

Abstract. The main of this work was to verify through linear regression equation the influence of different levels of artificial pruning, to reduce the percentage of wind damage in forest hectares of clonal *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. The adjustment based on the decrease in the percentage of damage per hectare on the basis of average values of resistance force tree breakage. The increased resistance of the wood was highly correlated with the decrease in the percentage of losses hectares of forests hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. The losses in areas where there was no deployment of artificial pruning, there was 12.54% damage per hectare for T, 6.39% damage per hectare for D1 and 1.70% damage per hectare for D2. The damage percentage per hectare is higher in the lowland compared to the control region of the slope. The adjustment equation proved to be a useful tool in predicting the percentage of hectares damaged by wind. The application of the pruning level D2 contributes to increased resistance to wind damage.

Key words. Damage settlement, clonal planting, resistance

Introdução

O Brasil é um dos maiores produtores de madeira do mundo, destacando as madeiras que são oriundas de plantios clonais de híbridos do gênero *Eucalyptus*. E para suprir a crescente demanda de madeira é necessária a busca de materiais genéticos produtivos, extensas áreas para plantio, técnicas silviculturais adequadas, condições climáticas favoráveis e intensas pesquisas (Ferreira et al., 2004; Silva, 2005).

O estado de Minas Gerais possui 1 438 971 hectares de florestas de *Eucalyptus*, que corresponde a 28,2% da área total dos plantios de *Eucalyptus* do país em 2012 (ABRAF, 2013).

Entretanto parte dessa produção de madeira em florestas do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* têm sido comprometida em função de um fenômeno que tem provocado a quebra e o tombamento de árvores em plantios clonais de eucalipto na Região do Vale do Rio Doce,



MG. Esse fenômeno denominado de microexplosão produz intensas rajadas de ventos com velocidades altas, que ocorrem numa faixa de poucas centenas de metros e se espalham por poucas dezenas de quilômetros, derrubando os obstáculos numa única direção (Dias, 2007).

Selecionar materiais genéticos que sejam mais resistentes aos danos provocados pelo vento é uma das alternativas para minimizar essas perdas. A escolha de materiais genéticos deve levar em consideração a elasticidade da madeira ou os fenótipos adequados de eucalipto a serem selecionados que não cedem ao vento ou aqueles que cedem, mas retornam à posição normal (Clément-Demange et al., 1996; Cilas et al., 2000).

Uma das formas de selecionar os materiais genéticos mais resistentes aos danos por ventos e determinar a proporção de áreas de florestas do híbrido que não seriam perdidas, é por meio da criação de modelos matemáticos para cada região de ocorrência dos ventos.

A modelagem surge como uma alternativa, amplamente utilizada para suprir tais necessidades em função da complexidade dos fenômenos naturais. Tendo identificado as áreas mais suscetíveis à ocorrência, estas simulações por sua vez, fornecem uma magnitude e dimensão provável do fenômeno (Kobiyama et al., 2004).

Esses danos e as mudanças microclimáticas têm apresentado acréscimo nas áreas danificadas a cada ano, dificultam o planejamento do abastecimento e reduz significativamente os lucros das empresas. Prejudicando a competitividade dessas empresas no mercado mundial, seja de madeira ou de seus subprodutos (Rosado, 2006).

Além disso, em um ambiente competitivo a informação gerada pode promover o sucesso de uma empresa, fornecendo subsídios que permitam se antecipar e adaptar-se às novas situações do mercado, ao uso correto da matéria-prima, reduzindo gastos e evitando perdas no processo produtivo (Valério et al., 2009).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi verificar, por meio de equação de regressão linear, a influência de diferentes níveis de desrama artificial na porcentagem de áreas em hectares danificadas pelo vento em florestas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Material e Métodos

O estudo foi realizado em plantios do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, em

espaçamento 3,00 x 3,33 m, com 24 meses de idade localizados na região do Vale do Rio Doce, leste de Minas Gerais, pertencente à empresa Celulose Nipo-brasileira S/A.

O clima da região é do tipo Aw – Tropical Quente Semi-Úmido, segundo a classificação de Köppen, com inverno seco marcado por baixos índices de precipitação.

A caracterização de ventos na região estudada baseou-se em dados registrados na estação meteorológica da Empresa Celulose Nipo-brasileira S/A, Belo Oriente, MG. A velocidade média dos ventos foi de 3,0 m.s⁻¹ e os índices de precipitação anual variaram de 846 a 1478 mm.

Os solos predominantes foram cambissolos latossólicos e caracterizam-se por serem rasos, distróficos e de baixa fertilidade natural.

Um ano após a aplicação da desrama artificial foram coletados os dados utilizados nas equações de regressão linear, os quais foram obtidos por meio do teste de resistência a vento para as árvores submetidas a diferentes níveis de desrama. As etapas de realização do teste de resistência foram:

- Selecionar as árvores para o teste;
 - Identificar o ponto na árvore equivalente a 85 % de sua altura, onde a mesma será amarrada;
 - Amarrar a corda na posição determinada (85% da altura total);
 - Instalar a primeira roldana no mesmo nível da base da árvore a uma distância no solo equivalente à altura do amarrio na árvore (85% da altura total), que garanta que a corda esteja sendo puxada num ângulo de 45°, para isto utiliza-se uma roldana amarrada no centro de uma corda que tem suas extremidades amarradas na base de outras duas árvores;
 - Passar a corda pela primeira roldana;
 - Instalar o dinamômetro com a segunda roldana a uma distância no mínimo dois metros a mais que a altura total da árvore que esta sendo tracionada;
 - Passar a corda pela segunda roldana;
 - Instalar o guincho motorizado na base de uma árvore mais próxima que garanta um ângulo de 45° entre a corda antes e depois da segunda roldana;
 - Zerar o dinamômetro;
 - Acionar o motor para tracionar a corda;
- Observar e registrar as forças indicadas no dinamômetro que coincidem com a árvore nas posições tombada, tocando a ponta da copa no solo e quebrando.

A desrama foi aplicada segundo o esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas o clone e nas subparcelas os níveis de desrama (T1-testemunha, D1-desrama de 30% e D2-desrama de 50%), no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Foram utilizadas 36 árvores por parcela, totalizando 432 árvores. A desrama foi realizada no mês de março de 2010, em clone com 24 meses de idade.

Além disso, cada equação foi ajustada considerando condições específicas do terreno, ou seja, a equação 1 foi ajustada para plantios localizados em encosta e a equação 2 para plantios localizados em regiões de baixada, que são áreas mais propícias a ação do vento.

O ajuste baseou-se na diminuição da porcentagem de dano por hectare em função de

valores médios de força de resistência das árvores a quebra.

A equação proposta e ajustada foi do tipo:

$$Y = \beta_1 X + \beta_0$$

sendo: Y a estimativa da porcentagem de dano por hectare, X a força de resistência ao vento dos clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Após o ajuste das equações, em função dos valores da força de resistência a quebra das árvores, obtidos pelo teste de resistência, calculou-se a porcentagem de dano por hectare após a aplicação da desrama artificial.

Resultados e Discussão

Os valores obtidos para os coeficientes das equações de regressão encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Valores de correlação, β_1 , β_0 , para a Região do Vale do Rio Doce de acordo com cada equação

| Equação | R ² | β_1 | β_0 |
|---------|----------------|-----------|-----------|
| 1 | 0,846 | -0,2897 | 28,766 |
| 2 | 0,8471 | -0,3826 | 35,907 |

Os resultados obtidos para os coeficientes da equação assemelham-se aos encontrados por Santana et al. (2005), em estudo realizado para simulação de crescimento e produção de *Eucalyptus grandis*, os resultados para ajustes de equações de sítios, encontrados para R² foram 0,864 e 0,862.

Segundo Triola (2008), a equação de regressão expressa uma relação entre X, denominada variável independente, e Y, denominada variável

dependente. Uma vez determinada uma boa relação entre essas variáveis, pode-se com o uso de uma equação de regressão prever o valor de uma variável dependente, dado algum valor específico da outra variável independente.

Os gráficos das equações ajustadas para as condições de encosta (equação 1) e baixada (equação 2), estão ilustrados nas Figuras 1 e 2.

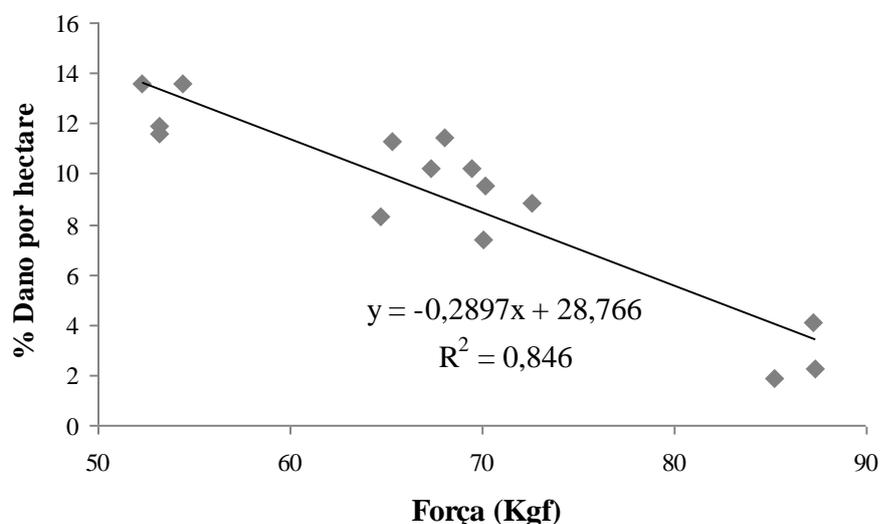


Figura 1. Equação de regressão 1 obtida com os valores da força para diminuição da porcentagem de dano por hectare em plantios de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, na região do Vale do Rio Doce, MG

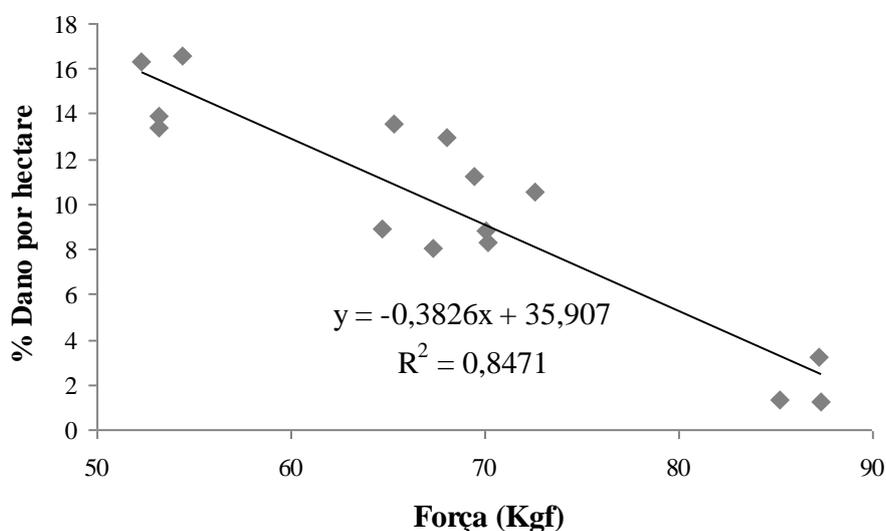


Figura 2. Equação de regressão 2 obtida com os valores da força para diminuição da porcentagem de dano por hectare em plantios de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, na região do Vale do Rio Doce, MG

Os gráficos ilustrados evidenciam que o aumento da resistência da madeira da árvore em pé tem alta correlação com a diminuição da porcentagem de danos por hectares de florestas do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, ou seja, quanto maior a resistência da madeira, menores serão os danos causados pelo vento nesses povoamentos florestais. O aumento da resistência da madeira da árvore no povoamento de eucalipto foi promovido pela aplicação da desrama artificial, pois

com a retirada dos galhos, a madeira torna-se resistente, os nós que seriam formados a partir desses galhos dão lugar à madeira limpa.

A medida que as árvores submetidas a desrama artificial tornam-se mais resistentes à quebra, perde-se menor quantidade de hectares de plantios de acordo com as equações (1) e (2). Exemplos dessa afirmação encontram-se ilustrados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Valor médio de força para quebrar de acordo com cada nível de desrama artificial e a estimativa da porcentagem de dano por hectare obtido pela equação (1)

| Nível de desrama artificial (%) | Força para quebrar (Kgf) | Porcentagem de danos (ha) |
|---------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| T | 56,02 | 12,54 |
| D1 | 77,23 | 6,39 |
| D2 | 93,43 | 1,70 |

Tabela 3. Valor médio de força para quebrar de acordo com cada nível de desrama artificial e a estimativa da porcentagem de dano por hectare obtido pela equação (2)

| Nível de desrama artificial (%) | Força para quebrar (Kgf) | Porcentagem de danos (ha) |
|---------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| T | 50,75 | 16,49 |
| D1 | 52,73 | 15,73 |
| D2 | 79,90 | 5,34 |

Os resultados na Tabela 2 obtido por meio da equação 1, indicam que se os povoamentos florestais de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* forem submetidos aos níveis de desrama artificial D1 e D2, haverá considerável diminuição dos danos provocados pelo vento em termos percentuais por hectares.

Esses valores referem-se ao fato de que a desrama proporciona o aumento da resistência da árvore a quebra pelo vento que ocorre na região de estudo, além de estar associada à condição para a qual a equação foi ajustada, que são os plantios localizados na encosta do terreno. Quando se compara as perdas



com áreas onde não houve a implantação da desrama artificial, observou-se 12,54% de dano por hectare para T, 6,39% de dano por hectare para D1 e 1,70% de dano por hectare para D2.

O fato do nível de desrama artificial D1 ter contribuído em menor proporção para a diminuição dos danos por hectare, mostra as condições em que se encontravam os povoamentos na época da aplicação da desrama artificial, ou seja, em função do seu rápido crescimento, a maior parte dos galhos das árvores se encontravam secos e não cumpriam sua função fisiológica na planta, a sua retirada pouco contribuiu para o aumento da resistência da madeira aos danos provocados pelo vento.

De acordo com Polli et al. (2006) para obter madeira limpa, o galho deve ser removido o mais cedo possível, enquanto o seu diâmetro ainda é reduzido. Entretanto, segundo Vale et al. (2002), para a obtenção de madeiras isentas de nós, deve ser feita a seleção dos clones que apresentem menores valores médios para nodosidade, associada à adoção da prática de desrama artificial.

Para que haja uma diminuição considerável da porcentagem de hectares danificados pelo vento em função da resistência promovida pela desrama artificial, é necessário que a mesma seja realizada antes da idade de 24 meses, principalmente na região do Vale do Rio Doce, onde o crescimento dessas árvores é superior quando comparado com outros povoamentos de mesma idade, localizados em outras regiões.

A Tabela 3 indica os resultados da equação 2, ajustada para a região de baixada. Apesar de ter indicado que a desrama promoveu a diminuição dos danos por hectare danificados pelo vento, os resultados indicam que na região de baixada, é necessário um aumento da resistência quando se compara com os valores obtidos pela equação 1, ajustada para a região de encosta. Podemos observar que a porcentagem de danos por hectare é maior na região de baixada (equação 2) em relação à testemunha da região de encosta (equação 1), ou seja, pode-se afirmar que os níveis de desrama artificial contribuíram mais para a diminuição da porcentagem de danos por hectare, na região de encosta que na região baixada.

A utilização desse tipo de equação torna-se uma ferramenta útil para prever o percentual de área de florestas que poderá ser perdido, devido a danos causados por vento. Estes resultados são diretamente influenciados pelo clone que está plantado na região, caso ele seja mais suscetível ao vento. O emprego da

desrama artificial pode minimizar a perda em função dos benefícios alcançados com a retirada de galhos, que promove a redução do número de nós na madeira que dá lugar à madeira limpa, conferindo maior resistência aos danos provocados pelo vento. Além da diminuição desses nós estar diretamente ligada a diversas etapas do processo de produção de celulose, como por exemplo, a colheita, que tem altos custos, pois essas áreas não podem ser totalmente colhidas de forma mecanizada, mas somente de forma semi-mecanizada. Além disso, no processo de cozimento da madeira para a fabricação de celulose, os nós levam um tempo maior para serem cozidos e são gastos mais reagentes, influenciando diretamente no preço final da celulose.

Os resultados obtidos neste trabalho confirmam que a prática da desrama artificial aumenta a resistência mecânica da madeira da árvore em pé quanto à quebra pela ação do vento. Este estudo se tornou possível devido ao teste de resistência, que simulou a ação do vento sobre as árvores. Esta prática poderá se tornar rotina na empresa, visando minimizar os danos por ventos em clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

A quebra de árvores é o tipo dano provocado por vento em florestas clonais de eucalipto que mais causa perdas em volume de madeira em florestas localizadas na região do Vale do Rio Doce, em Minas Gerais.

Conclusões

O ajuste de equação mostrou-se como uma ferramenta útil na previsão da porcentagem de hectares danificados pelo vento.

A aplicação do nível de desrama de 50% contribui para o aumento da resistência a quebra pelo vento, implicando diretamente na redução da perda de hectares em florestas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Referências

Associação Brasileira de produtores de Florestas Plantadas. Anuário estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>>. Acesso em: 03 jun. 2013.

CILAS, C.; MONTAGNON, C.; BERTRAND, B.; GODIN, C. Wood elasticity of several *Coffea canephora* Pierre clones. A new trait to be included



- in selection schemes. **Agronomie**, v. 20, n. 4, p. 439 - 444, 2000.
- CLÉMENT DEMANGE, A.; CHAPUSET, T.; LEGNATÉ, H.; COSTES, E.; DOUMBIA, A.; OBOUAYEBA, S.; NICOLAS, D. Wind damage: the possibilities of an integrated research for improving the prevention of risks and the resistance of clones in the rubber tree. In: IRRDB – Symposium on physiological and molecular aspects of the breeding of *Hevea brasiliensis*, **Proceedings**... Penang, 1996. p. 182-189.
- DIAS, M.A.F.S. Furacões e tornados: um espetáculo de rotação na atmosfera terrestre. **Revista USP**, n.72, p. 44-53, 2007.
- FERREIRA, E. M. Determinação do tempo ótimo do enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v. 28, n. 2, p. 183-187, 2004.
- KOBIYAMA, M; CHECCHIA, T; SILVA, R.V; SCHRÖDER, P. H; GRANDO, A. REGINATTO, G. M. P. Papel da comunidade e da universidade no gerenciamento de desastres naturais. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1., 2004, Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 834-846 (CD-ROM)
- POLLI, H.Q.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; VITAL, B. R.; PEZZOPANE, J.E.M. FONTAN, I.C.I. Qualidade da madeira em clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden submetido a desrama artificial. **Revista Árvore**, v.30, n.4, p.557-566, 2006.
- ROSADO, A.M. **Avaliação da tolerância de árvores de eucalipto a quebra por vento**. 2006, 42p. Monografia (Especialista), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- SANTANA, C.; MELLO, A.A.; EISFELD, R.L.; SANQUETTA, C.R.; Sistemas de equações para simulação do crescimento da produção em povoamento de *Eucalyptus grandis* Hill ex maiden. sem desbaste baseado no modelo de clutter. **Revista Ambiência**. v. 1, n, 2, p. 239-256, 2005.
- SILVA, C.R. **Efeito do espaçamento e arranjo de plantio na produtividade e uniformidade de clones de *Eucalyptus* na região nordeste do Estado de São Paulo**. 2005. 50 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestal), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2005.
- TRIOLA, MARIO F. **Introdução à estatística. LTC- Livros Técnicos e Científicos**, Rio de Janeiro: Editora S/A, 2008. 410p.
- VALE R. S.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; MORI, F. A.; MORAIS. A. R. Efeito da desrama artificial na qualidade da madeira de clones de *Eucalipto* em sistema agrossilvicultura. **Revista Árvore**, v.26, n.3, p.285-297, 2002.
- VALÉRIO, A.F.; WATZLAWICK, L. F.; BALBINOT, R.; CALDEIRA, M.V.W.; FILHO, A.F.; Modelagem para a estimativa do rendimento no desdobro de toras de *Araucaria angustifolia* (BERTOL.) KUNTZE. **Revista Floresta**, v. 39, n. 3, p. 619-628, 2009.