

Avaliação técnica e de custos de um sistema de cabos aéreos na extração de *Pinus taeda* L. em região montanhosaTechnical and cost evaluation of an aerial cable system for the extraction of *Pinus taeda* L. in a mountainous regionEduardo da Silva Lopes¹, Carla Krulikowski Rodrigues², Flávio Cipriano do Carmo³, Nilton César Fiedler⁴ e Diego de Oliveira²**Resumo**

Este trabalho teve como objetivo realizar uma avaliação técnica e de custos de um sistema de cabos aéreos na extração de madeira de *Pinus taeda* L. em região montanhosa. O estudo foi conduzido em uma empresa florestal localizada na região do Vale do Ribeira, estado do Paraná. A análise técnica do cabo aéreo englobou um estudo de tempos e movimentos, onde a operação de extração foi subdividida em fases do ciclo de trabalho, determinando a produtividade, a eficiência operacional e o rendimento energético. A análise de custos incluiu a determinação do custo operacional e de produção. Os resultados mostraram que dentro do estudo de tempos e movimentos, a atividade parcial que consumiu o maior tempo do ciclo operacional foi o "engate" dos cabos nas árvores, com 22,5% do tempo total. A produtividade média do cabo aéreo foi 25,3 m³cc he⁻¹ para uma distância máxima de extração de 350 metros. O custo de produção médio foi de R\$ 9,68 m⁻³cc e consumo específico médio de energia foi 1,79 g.kW⁻¹ m³cc. Pela análise de regressão, a produtividade do cabo aéreo na extração de madeira em região montanhosa foi influenciada pelo volume do feixe de madeira, tempo do ciclo operacional e distância de extração.

Palavras-chave: Cabo aéreo; produtividade; custo; extração florestal.

Abstract

The objective of this study was to evaluate an aerial cable system in the extraction of *Pinus taeda* L. in a mountainous region, from the technical and economic viewpoint. The study was conducted in a forestry company located in the Ribeira Valley region, Paraná State. The technical analysis of the aerial cable system included motion and time study; the extraction operation was bundled into work cycle phases to determine productivity, operational efficiency and energy consumption. Cost analysis included the determination of the production and operational cost. Results showed that the activity that demanded most time in the operational cycle was to clamp the cables to trees, with 22.5% of total time. Mean productivity of the aerial cable was 25.3 m³cc he⁻¹ for a maximum wood extraction distance of 350 meters. Mean production cost was R\$ 9.68 m⁻³cc and specific energy consumption was 1.79 g kW⁻¹ m³cc. The regression analysis indicated that the aerial cable productivity for wood extraction in mountainous region was influenced by: wood volume, the operational time cycle and the distance of transportation.

Keywords: Aerial cable, productivity; cost; wood extraction.

INTRODUÇÃO

O setor de florestas plantadas no Brasil vem passando por uma significativa expansão desde a última década, com uma taxa de crescimento anual de 3,5 %. Além disso, deve-se destacar a sua importância para a economia

nacional, sendo responsável, em 2010, pela geração de 4,7 milhões de empregos diretos e indiretos e um valor bruto de produção de R\$ 51,8 bilhões, segundo o Anuário Estatístico da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF, 2011). Portanto, este crescimento implica na necessidade do aper-

¹Professor Doutor do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Centro-Oeste - PR 153, Km 7 - C.P. 21 - Riozinho - Irati, PR - 84.500-000 - E-mail: eslopes@pq.cnpq.br

²Bolsistas de Iniciação Científica e graduandos do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Centro-Oeste - PR 153, Km 7 - C.P 21 - Riozinho - Irati, PR - 84.500-000 - E-mail: carlakra@gmail.com, diegotst2007@yahoo.com.br

³Bolsista de Iniciação Científica e graduando do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo - Alto Universitário - Alegre, ES - 29.500-000 - E-mail: flaviocipriano@hotmail.com

⁴Professor Doutor do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo - Alto Universitário - Alegre, ES - 29.500-000 - E-mail: fiedler@pq.cnpq.br

feijramento das técnicas e operações de suprimento de madeira para o desenvolvimento sustentável, melhoria dos processos produtivos, segurança do trabalho e responsabilidade ambiental e social.

No setor florestal, a colheita de madeira é a etapa mais importante do ponto de vista econômico, chegando a representar 50% ou mais dos custos totais da madeira posta na indústria, além de ser influenciada por diversos fatores que interferem diretamente na execução das operações (MACHADO, 1989 e LOPES, 2001). De acordo com Arce *et al.* (2004), a colheita de madeira representa a operação final de um ciclo de produção florestal, onde são obtidos os produtos mais valiosos, constituindo um dos principais fatores que determinam a rentabilidade florestal.

Dentro da colheita de madeira é importante destacar a operação de extração, que é considerada um dos pontos críticos do processo produtivo, pois o custo de unidade de madeira chega a ser 25 vezes maior que o transporte principal (BIRRO *et al.*, 2002). Além disso, a extração é influenciada por diversos fatores, como o nível de experiência do operador, condições do povoamento e do terreno, distância de extração, características das máquinas e equipamentos, dentre outros, que interferem na produtividade e nos custos de produção, além de ser grande causadora de impactos no meio ambiente (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

Penna (2009) afirma que a extração de madeira em regiões montanhosas sempre foi um grande desafio para as empresas do setor florestal, exigindo um alto nível de planejamento, bem como o desenvolvimento de máquinas e equipamentos específicos para essas condições, capazes de aliar os custos e a interferência no meio ambiente.

Por outro lado, Simões *et al.* (2010a) afirmam que a oferta de equipamentos é bastante restrita para a realização da extração de madeira em regiões montanhosas, sendo que nestas condições, destaca-se os sistemas de cabos aéreos, que é uma opção técnica e economicamente viável, em função do baixo investimento financeiro despendido. Além disso, é importante destacar a grande vantagem ambiental destes equipamentos pela não necessidade de construção de estradas específicas no interior da floresta, possibilitando maior agilidade e produtividade da extração nestas condições, bem como a minimização de impactos no meio ambiente.

No Brasil, o sistema de cabos aéreos ainda não é muito difundido, sendo uma tecnologia pouco utilizada pelas empresas do setor florestal. Entretanto, com o crescente aumento da demanda por madeira e a conseqüente elevação do valor de mercado desse produto, algumas áreas caracterizadas por terrenos com elevada declividade até então pouco utilizadas, passam a ser uma alternativa econômica importante para a implantação e colheita de futuros plantios. Nestas áreas como não é possível o uso de tratores florestais tradicionais para a realização da extração da madeira, o uso de cabos aéreos se justifica tanto do ponto de vista técnico e econômico quanto ambiental.

Portanto, considerando a escassez de trabalhos na extração de madeira com cabos aéreos, o conhecimento da produtividade e dos custos de produção, bem como das variáveis que influenciam esta operação em região montanhosa é de fundamental importância para a maximização da produtividade, minimização dos custos e execução das operações de forma ambientalmente correta.

Este trabalho objetivou realizar uma avaliação técnica e de custos da extração de *Pinus taeda* L. com uso de um sistema de cabos aéreos em região montanhosa.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada nas áreas de colheita de madeira de uma empresa florestal situada na região do Vale do Ribeira, Paraná. A área experimental está localizada a uma latitude de coordenadas N: 7234000 m e E: 675000 m do sistema UTM (SAD 69), com altitude média de 800 m. A temperatura média da região é de 18° C, enquanto o relevo é caracterizado por ondulado a montanhoso.

O estudo foi desenvolvido em plantios de *Pinus taeda* L. de primeira rotação, com volume médio individual com casca de 0,437 m³/árvore e de 545 m³/hectare. O regime de manejo utilizado pela empresa era o corte raso executado aos 22 anos de idade, sendo a madeira destinada para serraria.

O sistema de colheita de madeira utilizado pela empresa era de Árvores Inteiras (*Full-tree*). Inicialmente era realizado o corte das árvores pelo método semimecanizado com o uso de motosserras, seguido pela extração dos feixes de árvores pelo método mecanizado com o uso de cabos aéreos até o pátio de descarga. Em segui-

da, os feixes de árvores eram arrastados até o pátio de estocagem com o uso de um *Skidder*, onde era então realizado o desgalhamento semimecanizado das árvores com o uso de motosserras, e por fim, o traçamento dos fustes pelo método mecanizado com o uso de um *Slasher*.

As etapas do corte e extração era composto por uma equipe de oito trabalhadores florestais, sendo dois motosserristas responsáveis pela derubada das árvores; quatro engatadores que realizavam o engate dos cabos nas árvores para o posterior guinchamento e extração até o pátio, um desengatador responsável pelo desengate dos cabos das árvores após a subida do carro teleférico e um operador do cabo aéreo responsável pela operação do equipamento.

O cabo aéreo analisado era da marca Koller, modelo K-601, com motor Cummins de 102,9 Kw (140 hp) de potência, montado na carroceria de um caminhão 6X4, marca Mercedes Benz, modelo 2318 (Figura 1). O equipamento possuía como características: uma torre de 10 m de altura; quatro cabos de ancoragem com 45 m de comprimento e 20 mm de espessura; um cabo de apoio de 600 m de comprimento e 20 mm de espessura e um cabo de tração de 700 m de comprimento e 12 mm de espessura.



Figura 1. Cabo aéreo montado sobre caminhão.
Figure 1. Aerial cable on truck.

Inicialmente foi realizado um estudo de tempos e movimentos piloto da extração de madeira com o cabo aéreo, buscando definir o número mínimo de observações necessárias, a um nível de confiança de 95% e um erro relativo de 5%, com o uso da seguinte equação proposta por Conaw (1977):

$$n \geq t^2 + s^2 / E^2 \quad (1)$$

em que: n = número mínimo de ciclos necessários; t = valor de t , para o nível de probabilidade desejado e $(n-1)$ graus de liberdade; s = desvio padrão da amostra e; E = erro admissível, em porcentagem.

Em função da distância máxima de extração observada durante a realização do estudo piloto, a área experimental foi subdividida em sete parcelas amostrais, sendo estratificada em sete classes de distância de extração, em intervalos de 50 metros, de modo a avaliar a influência da distância na produtividade e custo do cabo aéreo (Tabela 1).

Tabela 1. Distâncias de extração de madeira com cabo aéreo.

Table 1. Distances of wood extraction with aerial cable.

Parcela (no)	Distância de extração (m)
1	0 a 50
2	51 a 100
3	101 a 150
4	151 a 200
5	201 a 250
6	251 a 300
7	301 a 350

Análise Técnica

A análise técnica do cabo aéreo baseou-se na realização de um estudo de tempos e movimentos, onde foi determinado a produtividade, a eficiência operacional e o consumo específico de energia.

O estudo de tempos e movimentos foi realizado empregando-se o método de cronometragem de tempo contínuo, caracterizado pela medição do tempo sem a detenção do cronômetro, ou seja, de forma contínua. A leitura do cronômetro foi realizada no ponto de medição referente à atividade parcial recém concluída. No estudo foi utilizado um cronômetro centesimal, prancheta e formulários de campo específicos desenvolvidos para esta finalidade.

O ciclo operacional do cabo aéreo foi subdividido nos seguintes elementos parciais: Descida do Carro (DC): iniciava com o deslocamen-

to do carro teleférico a partir da torre instalada sobre o caminhão e terminava com a parada do mesmo próximo ao local de engate das árvores no interior do talhão; Engate (EG): iniciava no momento em que o operador apanhava o cabo dando início ao deslocamento até as árvores a serem engatadas, e terminava quando, após engatar a última árvore, sinalizava pelo rádio para início do arraste do feixe de árvores; Arraste (AR): iniciava no momento em que o feixe de árvores iniciava a movimentação de arraste, e terminava quando o cabo de arraste com o feixe de árvores era engatado no carro teleférico; Subida do Carro Teleférico (SC): Iniciava quando, após de realizado o engate do cabo de arraste e dado o sinal pelo rádio, o carro teleférico iniciava a subida com o feixe de árvores, e terminava quando o carro aproximava-se do pátio de descarga; Desengate (DE): Iniciava quando, após o carro com o feixe de árvores posicionava no pátio de descarga, e terminava quando as árvores eram desengatadas e colocadas sobre o pátio de estocagem; e Interrupções (IN): Foram registrados como interrupções todos os tempos em que o equipamento não estava realizando as atividades acima mencionadas.

Para a determinação da produtividade do cabo aéreo foi obtido o volume médio por árvore fornecido pelo inventário da empresa, sendo esse valor multiplicado pelo número de árvores extraídas com casca durante os ciclos operacionais de extração, sendo então, divididas pelas horas efetivamente trabalhadas, conforme a seguinte expressão:

$$Pr = N * V / he \quad (2)$$

em que: Pr = Produtividade ($m^3cc \text{ he}^{-1}$); N = número de árvores extraídas; V = volume médio individual das árvores com casca (m^3cc); e he = tempo efetivo de trabalho (horas).

A eficiência operacional é a percentagem do tempo efetivamente trabalhado em relação ao tempo total programado para o trabalho, sendo determinada pela seguinte expressão:

$$EO = (he / (he + hp)) * 100 \quad (3)$$

em que: EO = eficiência operacional (%); he = tempo efetivo de trabalho (horas); e hp = tempo de interrupções operacionais e não operacionais (horas).

O rendimento energético que indica a massa de combustível necessária para produzir uma

unidade de potência na unidade de tempo, foi obtida pela razão entre o consumo específico efetivo de combustível em gramas para cada kilowatts fornecido durante uma hora ($g \text{ kW}^{-1} \text{ he}^{-1}$) e a produtividade média com casca do equipamento ($m^3cc \text{ he}^{-1}$), expresso em $g \text{ kW}^{-1} m^3cc$ (Lopes, 2007 citado por SIMÕES *et al.*, 2010b).

Análise econômica

A análise econômica do cabo aéreo baseou-se nos seguintes parâmetros: custo operacional e custo de produção.

O custo operacional foi determinado pelo método contábil, conforme metodologia proposta por Miyata (1980) e Lopes (2001), a partir de dados reais obtidos em campo e planilhas de custos da empresa. O custo operacional englobou os custos fixos (depreciação, juros e seguros), os custos variáveis (combustíveis, lubrificantes e graxas, óleo hidráulico, manutenção, transporte de pessoal), os custos de pessoal (salário e encargos sociais) e o custo de administração.

O custo de produção foi obtido pela divisão dos custos operacionais ($R\$ \text{ he}^{-1}$) pela produtividade por hora efetiva de trabalho ($m^3cc \text{ he}^{-1}$), corrigido de acordo com o índice de eficiência operacional da operação de extração.

Análise estatística e de regressão

Os resultados obtidos da extração com o cabo aéreo foram submetidos à análise de variância para experimentos inteiramente casualizados. Nos casos em que houve diferença estatística significativa foi realizado o teste de média por Tukey, ao nível de 95% de probabilidade, de modo a comparar a produtividade e o custo de produção nas diferentes distâncias de extração florestal.

Foram ainda realizadas análises de regressão, de modo a verificar a relação entre a variável dependente (produtividade) e as variáveis independentes (volume de madeira extraído, tempo do ciclo operacional e distância de extração). Para a análise estatística das equações, utilizaram-se como critérios de seleção as equações de produtividade do equipamento com maior coeficiente de determinação (R^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise Técnica

Neste estudo foram coletados 377 ciclos operacionais, atendendo à exigência do estudo piloto de 294 ciclos operacionais. Durante o

estudo, foram extraídas um total de 1.497 árvores, devendo ressaltar um número médio de quatro árvores e um volume médio de 1,88 m³ por ciclo operacional.

Na Figura 2 é apresentada a distribuição percentual dos tempos do ciclo operacional do cabo aéreo. Como pode ser visto, o elemento parcial “engate das árvores” foi que consumiu o maior tempo médio do ciclo operacional, com 22,5% do tempo total. O elevado tempo deveu-se, principalmente, à dificuldade de deslocamento do trabalhador no interior do talhão, fato este ocasionado pela elevada declividade e obstáculos existentes na área estudada. Entretanto, este tempo foi inferior ao encontrado por Oliveira (2009), que observou um tempo percentual de 41,9% do ciclo operacional consumido para o “engate das árvores”.

Em seguida, destacam-se as atividades parciais de “subida do carro teleférico” e “arraste das árvores”, com 16,1 e 15,8% do tempo total, respectivamente, seguido, por fim, pelo “desengate” e “descida do carro”, que consumiram 14,0 e 13,7 % do tempo total do ciclo operacional, respectivamente.

Ao contrário do que ocorre normalmente na extração executada com o trator florestal *Forwarder*, onde o equipamento passa a maior parte do ciclo operacional realizando o carregamento e descarregamento da madeira, ou com o trator florestal *Skidder* que passa a maior parte do tempo realizando viagens carregadas e descarregadas, os resultados obtidos neste estudo mostraram um equilíbrio dos tempos entre as atividades parciais do sistema de cabos aéreos.

É importante ainda ressaltar que, os tempos médios consumidos por ciclo operacio-

nal do cabo aéreo foram de 45 segundos para o elemento “descida do carro teleférico”, 74 segundos para o “engate das árvores”, 52 segundos para o “arraste das árvores”, 53 segundos para a “subida do carro teleférico” e 46 segundos para o “desengate das árvores”.

A Figura 3 apresenta a distribuição percentual média dos tempos de interrupções operacionais do cabo aéreo, que consumiram 17,9% do tempo total do ciclo operacional. É importante ressaltar que, desse valor, a manutenção preventiva do equipamento consumiu o maior tempo das interrupções (32,4%). Tal fato deve-se à maior complexidade e exigência da operação que ocorrem em situações adversas e que exige manutenções constantes do equipamento.

Em seguida, destacam-se as interrupções causadas devido à espera pelo *Skidder* para a retirada das árvores posicionadas no pátio de descarga (25,5%). Tal resultado deve-se a uma situação particular que ocorria na empresa, em função desse trator florestal ser responsável pelo arraste dos feixes de árvores extraídas a partir de dois módulos de cabos aéreos, comprometendo a eficiência do sistema de colheita de madeira.

Portanto, os resultados mostraram a necessidade de modificações no sistema de colheita, sendo recomendado o uso de trator florestal arrastador de menor porte e custo operacional para cada sistema de cabo aéreo, sendo capaz de realizar o arraste dos feixes de árvores do pátio de descarga até o pátio de estocagem onde ocorrerá o processamento final da madeira com maior agilidade e eficiência.

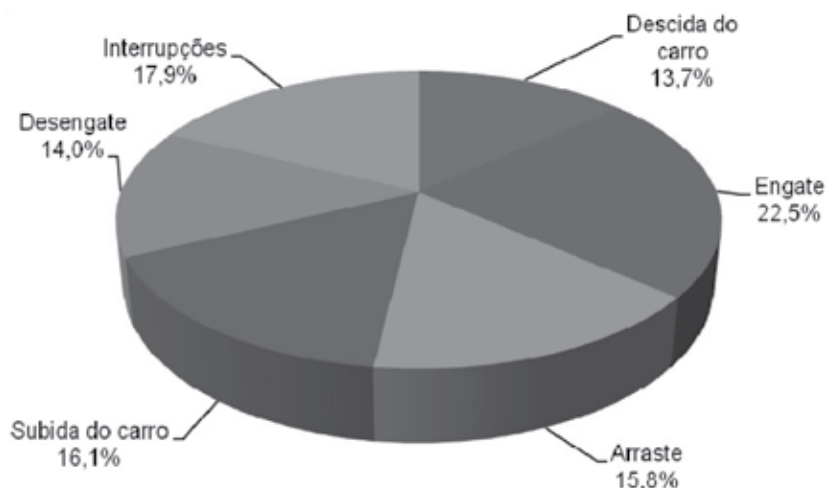


Figura 2. Composição percentual do ciclo operacional do cabo aéreo.

Figure 2. Percent composition of the operational cycle of the aerial cable.

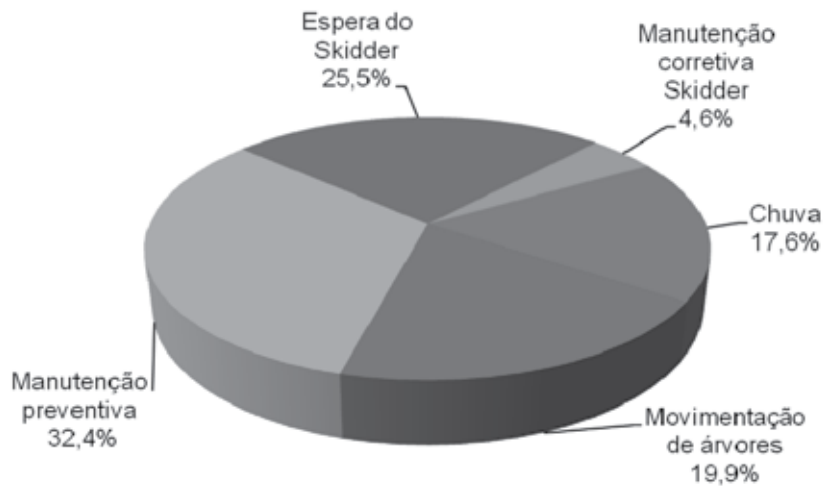


Figura 3. Composição percentual das interrupções operacionais do cabo aéreo.
Figure 3. Percent composition of the operational interruptions of the aerial cable.

Por fim, é importante ressaltar as interrupções ocorridas devido à necessidade de movimentação de árvores derrubadas, com 19,9% do tempo total, ocasionado pelo fato dos trabalhadores responsáveis pelo “engate” necessitarem movimentar algumas árvores que se encontravam sobrepostas uma sobre as outras. Tal resultado mostrou a necessidade da oferta de treinamentos e reciclagens periódicas aos operadores de motosserra, de modo que façam, na medida do possível, uma derrubada direcionada, evitando a sobreposição das árvores e a perda de tempo no “engate”, ressaltando a dificuldade de realização dessa operação devido à elevada inclinação do terreno.

Considerando um plantio florestal em primeira rotação e uma distância máxima de extração de 350 metros, a produtividade média efetiva do cabo aéreo foi de 25,3 m³cc he⁻¹, com uma eficiência operacional média de 82,1%. Os valores obtidos neste estudo estão acima aos encontrados por Oliveira (2009), que estudando o mesmo modelo de equipamento obteve uma produtividade média de 16,6 m³ he⁻¹ para uma distância máxima de extração de 355 metros. Já Simões *et al.* (2010a) encontraram para um

cabo aéreo montado sobre trator agrícola, uma produtividade média de 14,26 m³ he⁻¹ para uma distância máxima de 400 metros.

A produtividade média do cabo aéreo em função das diferentes distâncias de extração é apresentada na Tabela 2. Como pode ser visto, à medida que houve o aumento da distância de extração, a produtividade do equipamento diminuiu ocasionada pelo aumento do tempo do ciclo operacional, confirmando, portanto, a influência da distância de extração na produtividade do equipamento.

Em relação ao rendimento energético do cabo aéreo obteve-se 1,79 g kW⁻¹ m³cc, considerando um consumo específico de combustível de 45,19 g kW⁻¹.he⁻¹ e uma produtividade média de 26,1 m³cc he⁻¹, sendo os resultados comportaram-se de forma idêntica ao custo de produção do equipamento.

Análise Econômica

Na Figura 4 é apresentada a participação percentual dos custos fixos e variáveis do cabo aéreo, que acarretou um custo operacional total de R\$ 215,95 he⁻¹. Neste estudo, os custos fixos corresponderam a 37,8%, os custos variáveis a 38,4%, o custo da

Tabela 2. Produtividade média do cabo aéreo nas diferentes distâncias de extração de madeira.
Table 2. Mean productivity of the aerial cable over different distances of wood extraction.

Parcela (no)	Distância de Extração (m)	Produtividade (m ³ he ⁻¹)
1	0 a 50	31,9a
2	51 a 100	31,1a
3	101 a 150	24,1 b
4	151 a 200	23,7 bc
5	201 a 250	23,1 c
6	251 a 300	18,3 d
7	301 a 350	14,8 e
Média		25,3

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey, ao nível de 95% de probabilidade.

equipe de pessoal operacional a 16,5% e o custo de administração a 7,4% dos custos totais.

Dentre os custos fixos, destaca-se a depreciação do equipamento, com valor percentual de 21,2%, seguido pelos juros com 16,6%. Em relação aos custos variáveis, destacam-se a elevada participação do custo de manutenção (27,8%) e mão de obra (16,5%), ocasionados pelas freqüentes manutenções realizadas no equipamento e pelo elevado número de trabalhadores envolvidos no módulo operacional do cabo aéreo, respectivamente.

Considerando uma produtividade média efetiva de 25,3 m³cc.he⁻¹ e um custo operacional médio de R\$ 215,95 he⁻¹, o custo médio de produção da extração de madeira com o cabo aéreo foi de R\$ 8,54 m⁻³cc. Já Oliveira (2009), em um mesmo estudo com uma torre K-601, obteve um custo de produção de R\$ 9,68 m⁻³, ocasionado pela menor produtividade do equipamento.

A Figura 5 ilustra a relação entre a produtividade e o custo de produção do cabo aéreo nas

diferentes distâncias de extração. Como pode ser visto, existe uma relação diretamente proporcional, pois à medida que houve redução nos valores de produtividade, houve aumento dos custos de produção, demonstrando a influência da distância de extração na produtividade e no custo de produção do equipamento. Já Simões *et al.* (2010a) encontraram o mesmo comportamento em seus estudos com sistemas de cabos aéreos semelhantes.

Na Tabela 3 é apresentada a equação que estimou a produtividade do cabo aéreo em função do volume médio de madeira extraído por ciclo operacional, do tempo médio do ciclo operacional e da distância de extração das árvores pelo carro teleférico. Como pode ser observado, existiu uma forte correlação entre as variáveis, com alto R² (0,90), indicando, portanto, um bom ajuste e que estas variáveis são capazes de estimar a produtividade e o custo do cabo aéreo na extração de madeira em região montanhosa.

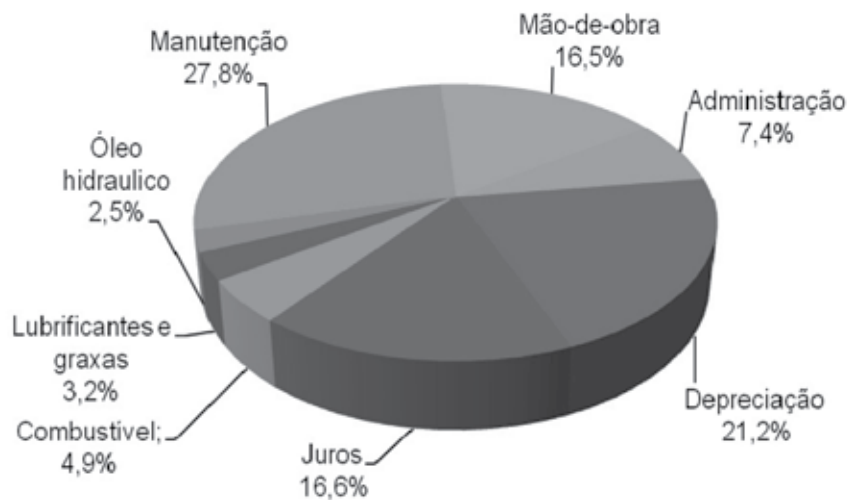


Figura 4. Composição percentual do custo operacional do cabo aéreo.
Figure 4. Percent composition of the operational cost of the aerial cable.

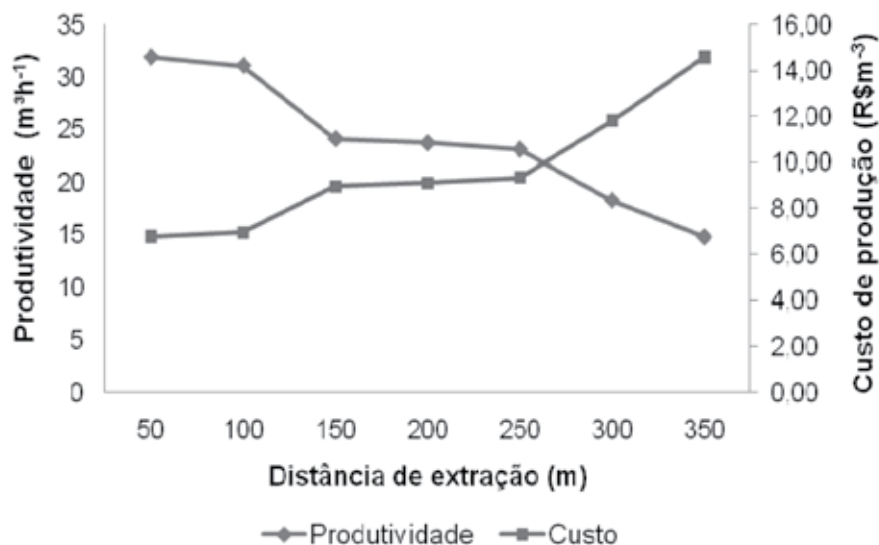


Figura 5. Produtividade e custo de produção médio do cabo aéreo em diferentes distâncias de extração de madeira.
Figure 5. Average productivity and production cost of the aerial cable in different distances of wood extraction.

CONCLUSÕES

Com base na análise e discussão dos resultados, esta pesquisa permitiu obter as seguintes conclusões:

- O elemento parcial “engate das árvores” consumiu o maior tempo do ciclo operacional do cabo aéreo, ocasionado pela dificuldade de deslocamento do trabalhador no interior do talhão devido à declividade acentuada do terreno.
- A produtividade média do cabo aéreo variou de 14,8 a 31,9 m³cc he⁻¹, com um custo de produção médio de extração de R\$ 9,68 m⁻³cc, sendo os valores influenciados diretamente pela distância de extração.
- A manutenção e a mão de obra representaram os maiores percentuais na composição dos custos operacionais do cabo aéreo, ocasionado pela maior exigência da operação e o elevado número de trabalhadores envolvidos.
- Para a maior eficiência da colheita de madeira torna-se necessário o uso de um trator florestal arrastador de menor porte para cada módulo de cabo aéreo, de modo a realizar o arraste dos feixes de árvores nos pátios com maior agilidade e eficiência.
- As variáveis volume de madeira, tempo do ciclo operacional e distância de extração influenciaram a produtividade e os custos do cabo aéreo na extração de madeira em regiões montanhosas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. *Anuário Estatístico da ABRAF - 2011: Ano base 2010*. Brasília: ABRAF, 2011.

ARCE, J.E.; MACDONAGH, P.; FRIEDL, R.A. Geração de padrões ótimos de corte através de algoritmos de traçamento aplicados a fustes individuais. *Revista Árvore*, Viçosa, v.28, n.2, p. 383-391, 2004.

BIRRO, M.H.B.; MACHADO, C.C.; SOUZA, A.P. MINETTI, L.J. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “*track skidder*” em região montanhosa. *Revista Árvore*, Viçosa, v.26, n.5, p.525-532, 2002.

CONAW, P.L. *Estatística*. São Paulo: Edgard Blucher, 1977. 264 p.

LOPES, E.S. *Aplicação do programa SNAP III (Scheduling and Network Analysis Program) no planejamento da colheita e do transporte florestal*. 2001. 150p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

MACHADO, C.C. *Exploração florestal*. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1989. v.6, 34p.

MIYATA, E.S. *Determining fixed and operating costs of logging equipment*. (S.I.): Washington: USDA Forest Service, 1980. 16p. (General Technical Report, NC-55)

OLIVEIRA, D.; LOPES, E.S.; FIEDLER, N.C. Avaliação técnica e econômica do Forwarder na extração de toras de pinus. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.37, n.84, p.525-533, 2009.

OLIVEIRA, R.J. *Avaliação técnica e econômica de cabos aéreos na colheita de pinus no município de Cerro Azul-PR*. 2009. 54p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

PENNA, E.S. *Avaliação ergonômica e ambiental de cabos aéreos na colheita de pinus em Cerro Azul, PR*. 2009. 155p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

SIMÕES, D.; FENNER, P.T.; BANTEL, C.A. Custos e rendimentos operacionais da extração de madeira de eucalipto com cabo aéreo. *Cerne*, Lavras, v.16, n.2, p.185-192, 2010a.

SIMÕES, D.; FENNER, P.T.; ESPERANCINI, M.S.T. Avaliação técnica e econômica da colheita de florestas de eucalipto com harvester. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.38, n.88, p.611-618. 2010b.

Recebido em 12/02/2011

Aceito para publicação em 12/09/2011

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS (IPEF)

Armando José Storni Santiago (International Paper do Brasil Ltda.) - Presidente

Germano Aguiar Vieira (Masisa Brasil Empreendimentos Florestais Ltda.) - Vice-Presidente

Empresas Associadas Mantenedoras / Partners

- » Arauco Florestal Arapoti S.A.
- » Arborgen Tecnologia Florestal Ltda
- » ArcelorMittal BioEnergia Ltda
- » ArcelorMittal BioFlorestas Ltda
- » Caxuana S/A Reflorestamento
- » Celulose Nipo-Brasileira S/A - CENIBRA
- » CMPC Celulose Riograndense
- » Copener Florestal Ltda
- » Duratex S/A
- » Eucatex S/A Indústria e Comércio
- » Fibria Celulose S/A
- » Forestal Oriental
- » International Paper do Brasil Ltda
- » Jari Celulose, Papel e Embalagens S.A.
- » Klabin S/A
- » Lwarcel Celulose Ltda
- » Masisa do Brasil Ltda
- » Montes Del Plata S.A.
- » Ramires Reflorestamentos Ltda
- » Rigesa Celulose, Papel e Embalagens Ltda
- » Stora Enso Florestal RS Ltda
- » Suzano Papel e Celulose S.A.
- » Veracel Celulose S/A
- » V&M Florestal Ltda