

DEPOSIÇÃO DE CALDA EM EUCALIPTO, UTILIZANDO PULVERIZAÇÃO PNEUMÁTICA

DEPOSITION OF SAUCE IN EUCALYPTUS SPRAY USING PNEUMATIC

Walter Luis Castro MEWES¹; Mauri Martins TEIXEIRA²; Haroldo Carlos FERNANDES²; Paulo Roberto CECON³; Cleyton Batista de ALVARENGA⁴

1. Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Florestal, MG, Brasil. walter@ufv.br; 2. Doutor em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil; 3. Doutor em Estatística, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil; 4. Doutorando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil.

RESUMO: O eucalipto é uma das espécies de maior importância dentro do sistema brasileiro de produção da madeira. A área plantada tem aumentado anualmente, com isso as pragas passam a exigir maiores investimentos. O trabalho foi conduzido no Município de Belo Oriente-Minas Gerais, no campo de reflorestamento de *Eucalyptus grandis* da Celulose Nipo-Brasileira (CENIBRA). Foram conduzidos dois experimentos variando a vazão de ar do ventilador que foram 11300 m³ h⁻¹ e 13250 m³ h⁻¹, alterando a rotação na Tomada de Potência de 540 para 650 rpm. As aplicações foram realizadas utilizando três índices de volumétricos, três alturas no dossel e três posições na planta em relação ao pulverizador. O objetivo foi determinar a deposição da calda nas folhas do eucalipto. As folhas com corante alimentício Azul Brillante foram acondicionadas em sacos plásticos e lavadas em 100 mL de água destilada para leitura da absorção no espectrofotômetro. As aplicações foram realizadas com um pulverizador de jato projetado adaptado para direcionar o jato de ar verticalmente a alturas superiores a 20 metros. O pulverizador utilizado mostrou-se eficiente para aplicação de fitossanitários em árvores adultas de eucalipto. Porém, o aumento no volume de ar não aumentou a deposição da calda.

PALAVRAS -CHAVE: *Eucalyptus grandis*. Aplicação de defensivos. Controle de pragas.

INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro aproxima-se dos 530 milhões de hectares de florestas nativas e 4,8 milhões de hectares de florestas plantadas com pinus, eucalipto e acácia-negra. A exploração de áreas nativas mais a exploração das florestas plantadas contribuem com mais de US\$ 20 bilhões para o PIB. As florestas plantadas estão distribuídas em sua maioria, nos estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Minas Gerais e Espírito Santo. As florestas plantadas visam garantir o suprimento de matéria-prima para indústrias de papel, celulose, siderurgia a carvão vegetal, lenha, compensados e lâminas e, painéis reconstituídos. Pode-se observar a importância do eucalipto por ser uma espécie de uso múltiplo com possibilidade de atender a todos os segmentos acima descritos, principalmente para papel e celulose e energia onde historicamente deu contribuição especial

A aplicação de agrotóxicos em eucalipto é muito menos estudada que a aplicação em culturas como a soja, milho, feijão, forrageiras ou mesmo em fruteiras. Porém, não menos importante, uma vez que no Brasil tem crescido muito nas áreas de reflorestamento. O país é o quarto maior produtor de celulose do mundo, atrás apenas de Estados Unidos, Canadá e da China.

Para Holtz et al. (2003), as Myrtaceae nativas do Brasil (goiabeira, gabiroleira entre

outras), abrigam um grande número de espécies de lepidópteros, que passaram a alimentar-se de plantas de eucalipto (SANTOS et al., 2000), como *Eupseudosoma aberrans* e *Eupseudosoma involuta*, *Automeris* spp., *Eacles imperialis* e *Hylesia* spp., *Sabulodes caberata*, *Thyrintina arnobia* e *Oxydia vesulia*.

O ataque de lagartas desfolhadoras é considerado grande fonte de prejuízo nas lavouras de eucalipto. Segundo Oda; Berti Filho (1981), as perdas decorrentes do desfolhamento por lagartas de *Tryrintina arnobia* em eucalipto, com 2,5 e 3,5 anos de idade, variam entre 40 e 13 % do ganho volumétrico de madeira quando se têm 100 ou 50 % de desfolhamento respectivamente.

À medida que as plantas são mais altas, aumenta também a dificuldade de se avaliar a eficiência da aplicação. É o caso do eucalipto, uma vez que, tendo a copa das plantas muitas vezes acima de 20 metros torna difíceis as avaliações dos parâmetros da aplicação de agrotóxicos. Diante disso, a coleta de folhas para avaliação da deposição é uma das alternativas mais adequadas para verificar a eficiência da aplicação se comparado ao uso de etiquetas de papel sensível a água.

Segundo Scudeler et al. (2004) inúmeros fatores influenciam a aplicação e distribuição de agrotóxicos na planta. Os autores relatam que na pulverização, a deposição e a distribuição da calda sobre a planta dependem de fatores como: tamanho

da planta, densidade da copa, deriva, tamanho de gotas, volume de calda, forma e volume da planta, velocidade de deslocamento do pulverizador, vento e tipo de equipamento.

A determinação do volume de pulverização para culturas arbóreas deve ser feita levando em consideração o volume da copa das plantas *Tree Row Volume* (TRV) introduzido por Sutton; Unrath (1988), que consiste no volume de vegetação existente em um hectare e o índice volumétrico que representa o volume de calda aplicado por 1000 m³ de planta (VIRGINIA..., 1989).

O objetivo do trabalho foi avaliar a deposição da calda nas folhas de eucalipto adulto, utilizando pulverizador pneumático terrestre adaptado para aplicação em eucalipto.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos em área de eucaliptos (*Eucalyptus grandis*) da empresa Celulose Nipo-Brasileira (CENIBRA) no Município de Belo Oriente Estado de Minas Gerais. A área do talhão onde foi realizado o trabalho tinha 43,16 ha plantados com o clone 111C89 com 6,3 anos de idade.

Utilizou-se um trator New Holland, modelo TL85E e um pulverizador pneumático desenvolvido para aplicação terrestre de agrotóxicos em cultura de porte alto da marca Jacto. A configuração do canhão do pulverizador permite alcançar alturas superiores a 20 metros durante as aplicações.

Os experimentos constituíram um fatorial 3x3x3 de parcelas subsubdivididas, tendo nas parcelas os volumes de aplicação de 2754 L ha⁻¹; 2060 L ha⁻¹ e 1305 L ha⁻¹; nas subparcelas as alturas, terço superior, médio e inferior e nas subsubparcelas as posições frontal, lateral e posterior em relação a posição do pulverizador. O delineamento adotado foi em blocos casualizados, com três repetições, sendo que cada árvore constituiu uma repetição. Os dados foram analisados por meio de Análise de Variância e as médias foram comparadas utilizando-se o teste Tukey, a 5 % de probabilidade. Os índices volumétricos utilizados foram 27 mL m⁻³, 20,2 mL m⁻³ e 12,8 mL m⁻³ de copa.

No primeiro experimento utilizou a vazão de ar de 11300 m³ h⁻¹ obtida com 540 rpm na tomada de potência (TDP). No segundo, objetivando verificar o efeito do volume de ar na deposição elevou-se o mesmo para 13250 m³ h⁻¹ utilizando 650 rpm na tomada de potência aferidas com auxílio de um tacômetro Minipa modelo MDT-2238A.

Os índices volumétricos foram obtidos nas velocidades de 1,66 km h⁻¹; 2,38 km h⁻¹ e 3,46 km h⁻¹ respectivamente.

Para a avaliação dos depósitos, foi utilizado o corante alimentício azul brilhante (FD&C n.1). O corante foi utilizado na concentração de 2 g L⁻¹; sendo detectado por absorvância em espectrofotometria, pela determinação da concentração de uma substância através da absorção relativa da luz, utilizando o espectrofotômetro modelo SP1105.

Obteve-se a curva de calibração utilizando soluções padrão em várias concentrações conhecidas do traçador obtidas a partir da amostra da calda coletada no tanque do pulverizador. Partindo da amostra de 2 g L⁻¹ obteve-se o valor da absorvância elaborando o gráfico da absorvância versus concentração de corante e a equação de calibração do aparelho conforme descrito por Skoog et al. (2002) e Palladini et al. (2005) em trabalho de seleção do corante para determinar a deposição da calda nas folhas nas mais diversas culturas.

Para a determinação do volume de copa das árvores TRV por hectare em função do diâmetro, comprimento da copa e distância entrelinhas da cultura utilizou-se a (Equação 1).

$$TRV = \frac{H L 1000}{D} \quad (1)$$

Em que TRV é o volume de copa por área, (m³ ha⁻¹); H, altura do dossel (m); L, largura da planta (m); e D, distância entre linhas (m).

Baseado no volume de pulverização e no TRV, determinou-se o índice de volume por meio da (Equação 2). Em que IV é o índice volumétrico, (mL m³); VP é o volume de pulverização em (L ha⁻¹); TRV é o volume de copa (m³ ha⁻¹).

$$IV = \frac{VP}{TRV} 100 \quad (2)$$

Uma árvore de cada tratamento e de cada repetição foi cortada pelo Feller Buncher e conduzida até o solo para a tomada das medidas e coleta de folhas.

Para análise da deposição foram coletadas três folhas por planta, uma em cada altura no dossel da árvore (terço inferior, médio e superior) e nas posições em relação ao pulverizador (posição frontal, lateral e oposta).

Após a coleta, as folhas foram individualmente acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificados, e em seguida lavadas,

adicionando-se 100 mL de água destilada ao recipiente, e agitando-o por 30 segundos para a retirada da calda depositada na superfície da folha, os recipientes foram armazenados em ambiente escuro para evitar a fotodegradação do corante. Dessa solução retirou-se um pequeno volume para a leitura da absorbância. Interpolando os valores da absorbância aos dados da curva de calibração, determinou-se a concentração do traçador existente na amostra e posteriormente o volume de calda presente na folha.

Para a determinação da área foliar, após a lavagem das folhas e retirada do produto, as mesmas foram fotografadas utilizando-se uma máquina fotográfica Sony, modelo Syber shot T10 com resolução de 7.2 Mega Pixels. As imagens foram analisadas com auxílio do software Image Tool versão 3.0. Com base nessas informações, determinou-se a quantidade de produto na folha, segundo Skoog et al. (2002). A partir dos valores de calda depositado nas folhas e das áreas foliares,

determina-se a concentração de calda por área ($\mu\text{L cm}^{-2}$), utilizando a equação 3.

$$C_i V_i = C_f V_f \quad (3)$$

Em que: C_i é a concentração do corante na calda aplicada (mg L^{-1}); V_i é o volume capturado pelo alvo (mL); C_f é a concentração do corante na amostra, detectada pelo espectrofotômetro em absorbância e transformada para (mg L^{-1}); $V_f =$ Volume de diluição da amostra (100 mL).

Utilizou-se um Termo-anemômetro digital modelo TAFR-180 para monitorar a temperatura e a velocidade do vento e um Psicrômetro modelo M-II fabricado pela empresa Meteoro Instrumento para umidade relativa durante a execução do experimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A curva de calibração do aparelho obtida a partir de uma amostra da calda diretamente no tanque, é apresentada na Figura 1.

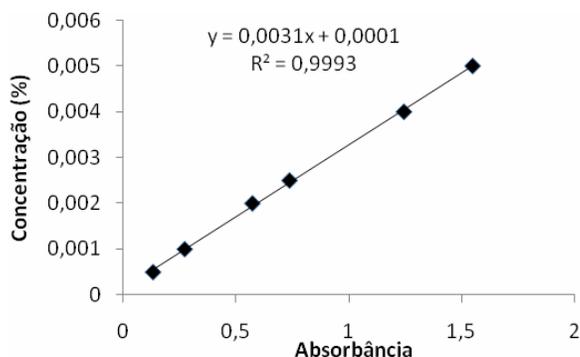


Figura 1. Curva de calibração do espectrofotômetro.

Os resultados encontrados para a concentração do corante estão de acordo com os encontrados por Palladini et al. (2005). Na equação, os valores de Y representam a concentração da solução (%), enquanto os valores de X são os

valores da leitura de absorbância feita nas amostras lavadas nas folhas retiradas das plantas. O TRV medido no talhão do experimento foi de $102228 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. A Tabela 1, apresenta os valores da deposição em relação ao Índice de Volume.

Tabela 1. Deposição média da calda ($\mu\text{L cm}^{-2}$) para os índices volumétricos a 540 rpm

Volume	Posição	Alturas		
		A ₁	A ₂	A ₃
IV ₁	P ₁	3,52	1,84	1,66
	P ₂	2,84	1,27	1,46
	P ₃	3,09	1,89	1,23
IV ₂	P ₁	3,51	2,98	2,66
	P ₂	3,06	3,79	2,29
	P ₃	3,80	3,38	2,03
IV ₃	P ₁	1,93	1,47	3,48
	P ₂	2,67	3,47	1,53
	P ₃	3,59	1,88	1,60

IV₁ = 27 mL m^{-3} ; IV₂ = $20,2 \text{ mL m}^{-3}$ e IV₃ = $12,8 \text{ mL m}^{-3}$ de copa; A₁ = terço inferior; A₂ = terço médio e A₃ = terço superior da copa e P₁ = posição frontal; P₂ = lateral e P₃ = posterior em relação ao pulverizador.

O volume aplicado e a posição das folhas em relação ao deslocamento do trator não influenciaram na deposição da calda, não havendo interação entre volume, altura e posição a 5 % de significância.

O fator altura influenciou na quantidade de deposição de calda nas folhas. Observou-se que nenhuma das interações foi significativa, o mesmo

resultado foi encontrado para os fatores volume de aplicação de calda e posição da folha na copa. Os maiores valores de deposição foram encontrados no terço inferior da copa, os quais não diferiram daqueles encontrados no terço médio pelo teste de Tukey a 5 %. No entanto, diferiram dos valores encontrados no terço superior que foram os menores observados (Tabela 2).

Tabela 2. Volume médio depositado com rotação de 540 rpm na TDP

Altura	Deposição de calda ($\mu\text{L cm}^{-2}$)
Terço inferior	3,11 ^a
Terço médio	2,44 ^{ab}
Terço superior	1,99 ^b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a 5 % de significância pelo teste de Tukey.

O aspecto que afetou a deposição nas folhas foi a altura em relação ao solo, pois as copas das árvores estavam acima de 15 metros, e também pela arquitetura da copa em forma de cone, fatores que dificultam a chegada da calda no dossel superior. A maior densidade de folhas no dossel inferior exerce o efeito de uma cortina impedindo a chegada de produto às partes mais altas. Comportamento semelhante foi relatado por Escola et al. (2006), que denominou o fenômeno como “efeito parede”.

Devido ao comportamento de várias espécies de lagartas desfolhadoras que atacam o eucalipto e preferem folhas maduras ou mais velhas, encontradas na parte inferior do dossel conforme afirma Specht et al. (2006), pode-se afirmar que a aplicação foi eficiente. Os mesmos autores relatam que estas lagartas apresentam hábito gregário, e tece superfícies sedosas unindo as folhas para construção de seu abrigo, o que pode em caso de ataque intenso dificultar a chegada do ingrediente ativo no interior desses locais e comprometer a eficácia do controle

principalmente quando da aplicação de produtos que atuam por contato.

Na rotação de 650 rpm na TDP a deposição de calda foi avaliada aplicando três volumes de calda por hectare, em três alturas da copa: terço inferior, médio e superior. No segundo experimento, também não foram constatadas interações significativas entre volume, altura e posição (Tabela 3). Estes resultados comprovam que o aumento na rotação da TDP não melhorou a eficiência da deposição, e poderá implicar em danos mecânicos para o motor do trator; a bomba do pulverizador, elevar os custos com manutenção do trator e pulverizador e ainda reduzir a autonomia do trator aumentando o consumo de combustível, que é significativo nos custos de produção. Sendo assim, fica comprovado que caso seja necessário aumentar o volume de ar produzido visando alcançar maiores alturas, deve-se buscar alternativas que não seja o acréscimo na rotação.

Tabela 3. Volumes médios depositados ($\mu\text{L cm}^{-2}$) com rotação de 650 rpm

Volume	Posição	Altura		
		A ₁	A ₂	A ₃
IV ₁	P ₁	2,76	1,51	2,93
	P ₂	3,05	1,60	1,95
	P ₃	1,91	1,83	1,83
IV ₂	P ₁	2,35	2,13	0,70
	P ₂	2,55	1,24	1,23
	P ₃	2,38	1,27	1,67
IV ₃	P ₁	1,88	1,37	1,13
	P ₂	1,35	1,79	0,90
	P ₃	2,06	1,42	1,25

IV₁ = 27 mL m⁻³; IV₂ = 20,2 mL m⁻³ e IV₃ = 12,8 mL m⁻³ de copa; A₁ = terço inferior; A₂ = terço médio e A₃ = terço superior da copa e P₁ = posição frontal; P₂ = lateral e P₃ = posterior em relação ao pulverizador.

No experimento com volume de ar de 13250 m³ h⁻¹ a altura em relação ao dossel foi novamente a variável que interferiu na deposição. O mesmo

comportamento em relação ao efeito parede citado por Escola et al. (2006), foi verificado com o acréscimo do volume de ar. Entretanto, a deposição

da calda nas folhas do terço inferior foi maior que nos terços médios e superiores, não havendo diferenças entre estes últimos pelo teste de Tukey a 5 % de significância.

Entre a deposição nos terços médios e superiores não houve diferenças estatísticas significativas pelo teste de Tukey a 5 % de significância. Os resultados mostraram que na aplicação com maior volume de ar obteve-se menor deposição no terço médio e superior das plantas. Teoricamente, a deposição nos terços médio e superior deveria ser maior, pois, o aumento no volume de ar para o mesmo volume de calda

implica em gotas menores. Portanto, com maior capacidade de acompanhar as correntes de ar e alcançar maiores alturas. Entretanto, este comportamento não foi observado, e a razão para tal é que devido a grande altura das copas, as gotas menores sofrem primeiro os efeitos da gravidade e não alcançaram o dossel da planta. O efeito parede é semelhante para clones com mesmo padrão de desenvolvimento e uniformidade de copa mostrando que além dos efeitos negativos no trator e pulverizador, a qualidade da aplicação também foi inferior (Tabela 4).

Tabela 4. Média dos volumes depositados com rotação de 650 rpm

Altura	Deposição de calda ($\mu\text{L cm}^{-2}$)
Terço inferior	2,25 ^a
Terço médio	1,57 ^b
Terço superior	1,51 ^b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre a 5 % de significância pelo teste de Tukey.

O uso de pulverizadores de jato transportado possibilita aos produtores a redução no volume de calda aplicado. Isto ocorre, em função do menor tamanho das gotas e da capacidade do jato de ar conduzir as gotas até o alvo desejado. Como resultado dessa redução há um aumento na capacidade operacional, redução na quantidade de água e menor contaminação do ambiente. Trabalho com dois volumes de calda, mostrou que o maior volume de calda não apresentou influência na deposição, para Balan et al. (2006).

Na pulverização pneumática as gotas apresentam diâmetro da mediana volumétrica menor que na pulverização hidráulica, sendo que os fatores climáticos temperatura, umidade relativa e velocidade do vento afetam sobremaneira a deposição. O volume de calda é um fator que apresenta enorme interferência qualidade das aplicações. Estes resultados corroboram a maioria dos trabalhos conduzidos com o objetivo de quantificar a deposição, onde o acréscimo no volume implica em aumento na deposição como se pode observar em trabalhos conduzidos por Balan et al. (2006) e Ramos et al. (2007).

A posição da folha na planta não influenciou na deposição provavelmente em função do formato da copa e do tamanho das gotas. O jato de ar produziu ambientes semelhantes em relação a posição das folhas coletadas levando em consideração o posicionamento do pulverizador. O acréscimo no volume de ar, também não representou aumento nos valores de deposição.

CONCLUSÕES

A vazão de ar do ventilador e a posição das folhas em relação ao pulverizador não aumentaram a deposição de calda nas folhas de eucalipto.

A densidade e a altura da copa reduziram a deposição da calda, pelo efeito parede das folhas no dossel.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, à FAPEMIG e à CAPES, pelo suporte financeiro que permitiu o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

ABSTRACT: Eucalyptus is a species of great importance in the Brazilian system of production of wood. The area planted has increased annually, with the plagues that will demand larger investments. The work was conducted in Belo Oriente, Minas Gerais, in the field of reforestation of Eucalyptus grandis Celulose Nipo-Brasileira (CENIBRA). Two experiments were conducted by varying the flow of air from the fan who was $11300 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ and $13250 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, changing the rotation of the power socket 540 to 650 rpm. The applications were performed using three indices of volumetric three heights in the canopy and three positions at the plant in relation to the spray. The objective was to determine the spray deposition on leaves of the eucalyptus. Leaves with Brilliant Blue food dye were placed in plastic bags and washed in 100 mL of distilled water to reading the absorption spectrophotometer. The applications were performed with a spray jet adapted designed to direct the jet of air vertically to heights exceeding 20 meters. The sprayer was efficient for the

application of pesticides in adult trees of eucalyptus. However, the increase in air volume did not increase the deposition of solution.

KEYWORDS: *Eucalyptus grandis*. Application of pesticides and pest control.

REFERENCIAS

BALAN, M. G.; ABI SAAB, O. J. G.; SILVA, C. G. Depósito e perdas de calda em sistema de pulverização com turboatomizador em videira. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 470-477, 2006.

ESCOLA, A.; CAMP, F.; SOLANELLES, F.; PLANAS, S.; GARCIA, F.; ROSSE, J. R.; GIL, E.; VAL, L. **Spray application volume in apple pear orchards in catalonia (spain) and variable rate technology for dose adjustment**. St. Joseph, Mich.: ASAE, 2006. (Paper, 1620).

HOLTZ, A. M.; ZANUNCIO, J. C.; OLIVEIRA, H. G.; PALLINI, A.; MARINHO, J. S.; OLIVEIRA, C. L.; PINON, T. B. M. Aspectos biológicos de *Trypenteina arnobia* (Lep.: Geometridae) provenientes de lagartas criadas em folhas de *Eucalyptus cloeziana* ou de *Psidium guajava* sob condições de campo. **Revista árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 897-901, 2003.

ODA, S.; BERTI FILHO, E. Incremento anual volumétrico de *Eucalyptus saligna* SM em áreas com diferentes níveis de infestação de lagartas de *Thyrpenteina arnobia* Stoll, 1782 (Lepidoptera, Geometriadae). **IPEF**, n. 17, p. 27-31, 1981.

PALADINI, L. A.; RAETANO, C. G.; VELINI, E. D. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p. 440-445, 2005.

RAMOS, H. H.; YANAI, K.; CORRÊA, I. M.; BASSANEZI, R. B.; GARCIA, L. C. Características da pulverização em citros em função do volume de calda aplicado com turboatomizador. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. esp. p. 56-65, 2007.

SANTOS, G. P.; ZANUNCIO, T. V.; ZANUNCIO, J. C. Desenvolvimento de *Thyrpenteina arnobia* Stoll (Lepidoptera: Geometridae) em folhas de *Eucalyptus urophylla* e *Psidium guajava*. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, n. 1, p. 13-22, 2000.

SCUDELER, F.; RAETANO, C. G.; ARAÚJO, D.; BAUER, F. C. Cobertura da pulverização e maturação de frutos do cafeeiro com ethephon em diferentes condições operacionais. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 1, p. 129-139, 2004.

SKOOG, A. D.; HOLLER, F. J.; NIEMAN, T. A. **Princípios de análise instrumental**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 835 p.

SPECHT, A.; FORMENTINI, A. C.; CORSEUIL, E. Biologia de *Hylesia nigricans* (Berg) (Lepidoptera, Saturniidae, Hemileucinae). **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 23, n. 1, p. 248-255, 2006.

SUTTON, T. B., UNRATH, C. R. Evaluation of the tree-row-volume model for full season pesticide application on apples. **Plant Disease**, Madison, v. 72, n. 7, p. 629-632, 1988.

Virginia and West Wirginia Cooperative Extension Services (1989) 1989-1990 **Spray Bulletin for Commercial Tree Fruit Growers**. Publ. 456-419. West Virginia University. Morgantown. 117 pp.