

Una visión general de sistemas silvopastoriles y agrosilvopastoriles con Eucalipto en Brasil

Omar Daniel* y Laércio Couto**

* Profesor del Departamento de Ciencias Agrarias,
Universidad Federal de Mato Grosso del Sur, Brasil.
omardaniel@homenet.com.br

** Profesor del Departamento de Ingeniería Forestal,
Universidad Federal de Viçosa, Brasil

I. INTRODUCCIÓN

El eucalipto es una especie adaptada para las prácticas silvopastoriles, porque tiene copas estrechas que permiten la penetración de una cantidad razonable de luz directa o difusa hasta el nivel del suelo permitiendo el crecimiento de plantas forrajeras, siempre que el espaciamiento sea correcto y el manejo apropiado, y además proporciona sombra a los animales.

Si se practica un aclareo al bosque, los beneficios se amplían y se reducen los costos de establecimiento y mantenimiento, sobre todo en el control de malas hierbas y prevención de incendios, además de la posibilidad de adelantar ingresos con la venta de animales aún antes de la primera rotación. Beneficios adicionales se obtienen con la distribución de estiércol y con el uso de leguminosas forrajeras fijadoras de nitrógeno, que pueden mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo.

Sobre la influencia de la sombra en los animales, Klusmann (1988) menciona que la reducción del calor:

- amplía la estación del pastoreo
- aumenta las ganancias de peso, y la producción de leche y de lana;

mejora la reproducción a causa de:

- una pubertad más precoz
- un alargamiento de la vida productiva
- una menor pérdida embrionaria
- calores más regulares
- menor proporción de machos necesarios para la monta
- mejora la tasa de supervivencia de los terneros debido a:
 - una mejora de la calidad de vida de las madres
 - partos más fáciles
 - mayor producción de leche
 - el aumento probable de la resistencia a las enfermedades.

Todo esos efectos de la sombra resultan probablemente de la mejora del microclima con temperatura y humedad del aire y el suelo más favorables (Castro, 1996).

Estos ventajas probablemente favorecieron la crianza frecuente de animales bajo el eucalipto, tal como puede observarse alrededor de los asentamientos y en praderas de la región centro-sur de Brasil (Lima, 1993).

Con la divulgación apropiada del potencial de la agroforestería para las fincas, quizás sea factible una planificación de intervenciones que permitan mayores beneficios como los obtenidos con los cercos vivos, las barreras contra el viento, con la sombra, la conservación de la tierra y del agua, la producción de madera y leña, la protección de los animales durante tiempos malos, y otros (Lima, 1993).

II. SISTEMAS SILVOPASTORILES Y AGROSILVOPASTORILES CON EUCALIPTO

Desde el punto de vista histórico, es probable que las primeras experiencias con la crianza de animales bajo eucalipto en Brasil, ha sido mencionadas por Andrade (1918). En ese caso, lo que originó la iniciativa del consorcio, fue la preocupación en controlar incendios durante la sequía, situación empeorada por el aumento del material potencialmente

combustible de la vegetación baja nativa o de plantas invasoras como el pasto "capim-gordura" (*Melinis minutiflora*). Con el pasar del tiempo este pasto dominó incluso los bosques con 15 años de edad.

Se inició con el pastoreo de ovejas pero los resultados fueron negativos debido a la poca adaptación de las razas usadas (Andrade, 1961). Poco después, los autores probaron bovinos, que fueron muy atacados por gusanos, comunes en la crianza de esos animales bajo los árboles, según el autor. Finalmente, la crianza de equinos tuvo éxito. Se encontró que cada yegua necesitaba de 2.5 ha para su alimentación, con la ventaja que su costo de adquisición y mantenimiento fue un poco inferior al costo de limpieza de la misma área. Además, en esta práctica el material seco quedaba en el suelo y el riesgo de incendios era grande, mientras los animales lograron un control la poda natural y distribuyeron estiércol en el área. La inconveniencia fue la necesidad de descompactar el suelo después de la retirada de los animales.

La compactación del suelo es quizás una de las principales preocupaciones de los investigadores en los SAF, porque es la crítica más grande al sistema silvipastoral. Sin embargo, la compactación depende del número de animales por unidad de área (carga animal), de su edad y del tipo de suelo. Adams (1975) hizo amplia revisión del tema y concluyó que la mayoría de las veces la compactación es dañina a los suelos del bosque y afecta su conservación, en perjuicio al crecimiento de los árboles. Varios trabajos lo demuestran, como se discutirá adelante, aunque hay también otros que indican lo contrario.

La compactación debido al tránsito de los animales causa una disminución en la cantidad de macroporos, reduciendo la infiltración de agua y el crecimiento radicular, y aumentando la actividad de los microorganismos desnitrificadores, y por ende reduciendo la disponibilidad de nitrógeno. El resultado neto de todo esto es el efecto adverso en el crecimiento de los árboles, lo que dificulta el establecimiento de los sistemas agrosilvopastoriles (Myhr *et al*, 1990; German y Jacques, 1990; Wolkowski, 1990; Ferrero, 1991; mencionados por Bezkorowajnyj *et al*, 1993).

En el distrito municipal de Bocaina, Estado de São Paulo, Schreiner (1988) probó la viabilidad de un sistema silvipastoral, en suelos de arena cuarzosa, bajo un bosque de *Eucalyptus grandis* con espaciamiento de 3 x 2 m y 13 meses plantado al principio del experimento. La especie forrajera fue braquiaria (*Brachiaria decumbens*). El ganado permaneció pastoreando durante un año, y el resultado principal fue que no hubo efecto del pisoteo en las características físicas del suelo. Resultados semejantes fueron obtenidos por Couto *et al* (1988) en Dionísio, Estado de Minas Gerais, con ganado bovino pastoreando bajo *E. urophylla*.

Sin embargo, hay situaciones en las cuáles las respuestas son contrarias. Para un suelo también de estructura arenosa, aunque bajo régimen climático diferente (en Ontario, USA), donde pocos animales pastorearon por periodos cortos durante menos de seis meses, y el efecto de la compactación se evaluó sobre la regeneración de varias especies de árboles (Bezkorowajnyj *et al*, 1993). El autor encontró que el aumento de la compactación, sobre todo al final de la estación de crecimiento (septiembre y octubre), era responsable por la disminución en la infiltración de agua a través del perfil del suelo, produciendo una anaerobiosis temporal y la desnitrificación subsecuente de nitratos disponibles en el suelo. Como consecuencia, la limitación de nitrógeno disponible producía la reducción del crecimiento de las plántulas de *Quercus rubra*, *Populus spp.*, *Picea abies* (Karst.), y *Pinus strobus*.

Usando bovinos y ovinos bajo *E. citriodora*, Couto *et al* (1994) también registraron efectos negativos en la compactación del suelo, con el aumento del número de animales por unidad de área, sobre todo en la capa superficial, hasta 15 cm de profundidad. Por otro lado, sus resultados también muestran claras ventajas del uso de ovinos para minimizar ese problema.

Las conclusiones de esos trabajos demuestran que los efectos de la presencia de animales pastoreando bajo bosques de eucalipto, varían caso por caso, dependiendo del tipo de suelo y de animales, además del manejo.

Otra dificultad enfrentada por los productores de eucaliptos es la eliminación de las plantas invasoras. Su control es considerado crítico hasta el tiempo del cierre de las copas de los árboles, que ocurre al segundo año de plantado, hasta cuando se necesitan dos limpiezas anuales. El deshierbe se hace manual, mecánica o químicamente (Betteres *et al*, 1991). Varias compañías en el Valle del Río Doce, Estado de Minas Gerais tienen dificultades con la competencia del pasto guinea (*Panicum maximum*) en la fase de implantación de los rodales, considerado en esas condiciones como mala hierba. Además del aumento del riesgo de incendios, exige el uso de trabajadores necesarios en otras tareas, impide el combate al hormigas cortadoras y aumenta el costo de exploración del bosque. A través de los sistemas silvopastoriles, se ha buscado la coexistencia entre el bosque y esa gramínea.

Considerando que la solución del problema tiene tres alternativas: deshierbe manual o mecanizado, herbicidas, y los sistemas silvopastoriles, Almeida (1991) trabajó en el tema. Las dos primeras alternativas fueron desechadas pronto, debido a las restricciones de mano de obra y al posible perjuicio ambiental, respectivamente. El autor trabajando bajo una plantación de *E. citriodora*, en el distrito municipal de Dionísio, Estado de Minas Gerais, dominado por pasto guinea, obtuvo los datos de la Tabla 1. Los árboles tenían 5 meses de plantados y una media de 2m de altura, mientras los bovinos tenían una edad de 12 meses y los ovinos una edad variada. El experimento duró hasta los 24 meses de edad del bosque. Los principales resultados obtenidos fueron: el porcentaje de árboles dañados no fue influenciado por la presencia de los animales; hubo compactación del suelo, solo evidente en las capas superficiales; ninguno de los tratamientos afectó el crecimiento del eucalipto, altura o diámetro; la asociación redujo el costo de establecimiento y mantenimiento del bosque.

En el misma región, Couto *et al* (1994) trabajaron con las mismas especies del eucalipto y forraje, durante 24 meses, buscando evaluar el efecto del pastoreo de bovinos y ovinos en el crecimiento de los árboles, y en los costos del bosque, la compactación del suelo y la ganancia de peso de los

animales. Se concluyó que no había efecto de los tratamientos en la supervivencia y crecimiento (altura y diámetro) de los eucaliptos; que los animales no eran responsables por los daños y perjuicios detectados en los árboles; que la reducción de los costos de establecimiento del bosque era del 52 al 93%; que los animales pueden introducirse en el subosque después de los cuatro meses de plantados. Sus resultados también indican que los sistemas silvopastoriles pueden ayudar en el control de la competencia de las gramíneas.

Tabla 1 - Reducción del costo de establecimiento y mantenimiento del bosque de *E. citriodora*, y niveles de compactación de la tierra por tratamiento

Tratamientos	Reducción del costo (% sobre el testigo)	Resistencia del suelo a la penetración (kgf.cm ⁻²)*
9 becerros	61	11.88 a
6 becerros	52	5.07 b
9 becerros, 10 ovejas	93	8.80 a
6 becerros, 10 ovejas	82	11.43 a
10 ovejas	61	3.93 b
Testigo	-	2.90 b

* promedios seguidos por la misma letra no difieren una del otro en la prueba de Scott-Knott, a 5% de probabilidad. Fuente: Almeida (1991).

En zona semiárida, en el nordeste brasileño, Ribaski *et al* (1993) trabajaron con ganado bovino bajo el *E. camaldulensis* con 8 años de plantado y los pastos *Urochloa mosambicensis*, bufel (*Cenchrus ciliaris*) y guinea (*P. maximum*). Los animales pastorearon dos veces por tres meses durante un año. Como resultado principal, los autores encontraron que había un incremento volumétrico de 21% en el eucalipto del sistema silvopastoril, en relación al sistema convencional. A pesar que los resultados, de una manera general, son favorables a la asociación eucalipto-animales, el asunto de la compactación del suelo merece más investigación en los sistemas silvopastoriles, sea con eucalipto o no. Además de los problemas con erosión provocados por el compactación, las raíces finas que se encuentran en las capas superficiales del suelo pueden ser dañadas por el pisoteo constante (Schneider *et al*, 1978).

Hay trabajos que demuestran la influencia de la compactación sobre la infiltración de agua en el suelo. Singh y Gupta (1990) demostraron que la infiltración en áreas de praderas puede ser 50% menor que en parcelas testigo, bajo los bosques de *Cedrus deodara* y *Pinus wallichiana*, en India. Esa pérdida de la capacidad de infiltración se relacionó con la pérdida de la vegetación del subosque y de la capa orgánica, exponiendo al suelo, y con la disminución de la porosidad debido a la compactación, con aumento consecuente de la escorrentía. Eso significa posibilidades mayores de pérdida del suelo por erosión, y la necesidad de medidas extras de conservación de suelo.

Trabajando con pastoreo intensivo bajo el *C. deodara*, Singh *et al* (1995) estimaron grandes pérdidas de suelo y nutrientes (Tabla 2). Se encontró que la pérdida de suelo y potasio en las áreas con animales era siete veces más grandes que en las áreas cercadas, mientras que para fósforo, carbono orgánico y nitrógeno, las pérdidas eran de tres, cuatro y cinco veces mayores, respectivamente. Los datos son preocupantes, indicando la necesidad de establecer límites para la asociación entre los bosques y animales, para minimizar los impactos ambientales inherentes de esa actividad.

Tabla 2 - Pérdidas de suelo y nutrientes en área de pasto bajo *C. deodara*, en India

Pérdidas	Área de pasto (kg.ha ⁻¹)	Área cercada (kg.ha ⁻¹)
Suelo	1,265.96	185.00
Nitrógeno	2.40	0.44
Fósforo	0.30	0.09
Potasio	2.90	0.43
Carbono orgánico	217.70	51.78

Fuente: Singh *et al* (1995).

Otro asunto que merece la atención de la investigación es la tolerancia de las especies forrajeras a la sombra. Varios trabajos han sido realizados, probándose especies que mejor se adaptan a las condiciones del sotobosque. El uso de forrajes, sobre todo las leguminosas, no tiene como

meta solo la alimentación de los animales, sino también la reducción de deshierbes, herbicidas y fertilizantes, y la mejora de la productividad del bosque debido a la fijación de nitrógeno, la producción de semillas y el aumento de la biodiversidad (Couto, 1992; Almeida, 1995). A pesar de las diferencias de tolerancia de las gramíneas y leguminosas a diferentes niveles de la sombra en el sotobosque, de una manera general la tendencia es hacia la reducción de la productividad. Macedo et al (1996) encontraron que el pasto guinea (*P. maximum var. Tanzania*) sufre mucho con la sombra cercano a las árboles de eucalipto, descubriendo que el índice de cobertura del suelo varía de 0.50% a 1m de la línea de árboles, hasta 19% entre 4 y 6m de la línea. En términos de productividad, Givaldo et al (1995) concluyeron que el simple incremento en la densidad de los árboles, de 74 a 96 por hectárea, redujo en 50% el rendimiento del forraje en el verano en Colombia. Esta gramínea es, sin embargo, una de las más productivas en sombra moderada, junto con *Setaria sphacelata* (Castro, 1996).

En la Tabla 3 se muestra una lista de especies forrajeras, clasificada por su tolerancia a la sombra. Todavía no parece ser lo último en el tema, teniendo en cuenta las muchas interacciones que determinan la tolerancia de una especie a la sombra. Sin embargo, de una manera general se puede decir que la productividad de las leguminosas tiende a ser menos afectada por el nivel bajo de luz que las gramíneas (Ludlow et al, 1974). Por otro lado, también se ha demostrado que con deficiencia de nitrógeno y bajo sombra moderada, es posible que mejoren los parámetros de la producción y calidad de las gramíneas, respecto a condiciones con mayor luminosidad (Eriksen y Whitney, 1981).

El uso de especies de crecimiento rastroso, presenta la ventaja de cubrir mejor el suelo, protegiéndolo contra la erosión. Aun así, se han desarrollado experimentos con especies arbustivas, como el guandul (*Cajanus cajan*), que presenta otro tipo de ventaja: tiene un ciclo de vida corto, de 2.5 años aproximadamente, (García y Couto, 1991) sin problemas de erradicación. Con eucalipto, algunos resultados pueden

presentarse, principalmente para el Estado de Minas Gerais, donde se concentran la mayoría de los trabajos, debido a los esfuerzos de los investigadores del Universidad Federal de Viçosa (UFV), en particular de las áreas de Agroforestería del Curso de Posgrado en Ciencia Forestal, y de Forrajes y Pastos del Curso de Posgrado en Zootecnia, junto con los productores de eucaliptos.

Tabla 3 - Tolerancia a la sombra de algunos gramíneas y leguminosas forrajeras

Tolerancia a la sombra	Gramíneas	Leguminosas
Alta	<i>Axonopus compressus</i>	<i>Calopogonium caeruleum</i>
	<i>Brachiaria miliiformis</i>	<i>Desmodium herephyllum</i>
	<i>Ischaemum aristatum</i>	<i>Desmodium intortum</i>
	<i>Ischaemum timorense</i>	<i>Desmodium ovalifolium</i>
	<i>Ottochloa nodosum</i>	<i>Flemingia congesta</i>
	<i>Paspalum conjugatum</i>	<i>Mimosa pudica</i>
	<i>Stenotaphrum secundatum</i>	
Media	<i>Brachiaria brizantha</i>	<i>Centrosema pubescens</i>
	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Desmodium canum</i>
	<i>Brachiaria humidicola</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>
	<i>Imperata cylindrica</i>	<i>Macroptilium axillare</i>
	<i>Panicum maximum</i>	<i>Neonotonia wightiis</i>
		<i>Pueraria phaseoloides</i>
		<i>Vigna luteola</i>
Baja	<i>Brachiaria mutica</i>	<i>Calopogonium mucunoides</i>
	<i>Digitaria decumbens</i>	<i>Macroptilium atropurpureum</i>
		<i>Stylosanthes guianensis</i>

Fuente: Shelton *et al* (1987).

Buscando evaluar el efecto de algunos forrajes (*C. mucunoides* Desv., *C. cajan*, *M. minutiflora*, *B. brizantha*, *P. maximum*, *Andropogon gayanus*) en el crecimiento de *E. clöziana*, Santos(1990) realizó un experimento en el distrito Municipal de Montes Claros, Estado de Minas Gerais, con eucaliptos, espaciando 3 x 1.5m, de dos años de edad. Los forrajes fueron sembrados entonces y se tomaron datos por un año. Sus conclusiones principales fueron: no se encontró daño ni perjuicios los árboles debido a

la asociación; los forrajes *P. maximum* + *C. cajan* presentaron valores mayores de materia verde y seca; la producción de materia verde y seca en las asociaciones con *P. maximum*, *M. minutiflora*, *B. brizantha* fue considerada satisfactoria.

García *et al* (1993, 1994), probando la asociación entre *E. grandis*, *B. decumbens* y *M. minutiflora*, en varios marcos de siembra de los árboles hasta dos a tres años de edad, en la Zona de la Mata del Estado de Minas Gerais, concluyeron que: el marco más adaptado para la asociación fue de 6 x 2m, pero podría ser de 4 x 2m ó de 5 x 2m para el caso del *B. decumbens* que se mostró poco exigente en luz en comparación con *M. minutiflora*. En el período en que transcurrió el experimento, el crecimiento del eucalipto no fue afectado por la asociación.

En la asociación con árboles es común preguntarse sobre la época adecuada para sembrar los forrajes. Couto y Medeiros (1993) respondieron a esta pregunta para *E. grandis* con *B. decumbens*. Ellos concluyeron que el eucalipto no tolera la coexistencia con esa forrajera desde su plantación, necesitando control por lo menos hasta aproximadamente los 120 días de plantado. La coexistencia no afectó el crecimiento en altura, pero sí la materia seca de hojas y ramas, además del diámetro y la materia seca del tallo. Se ha observado ese efecto negativo de la asociación de forrajes en el crecimiento del eucalipto tanto con gramíneas como con leguminosas, en la fase inicial del sistema, todavía faltando las confirmaciones de esa reducción al final de la rotación. Cuando el forraje es una leguminosa que causa problemas al crecimiento inicial del eucalipto, hay opiniones que con el pasar del tiempo esos efectos negativos se revierten, compensados por la fijación de nitrógeno y mejora en el reciclaje de nutrientes (Ferreira Neto, 1994).

En investigaciones realizadas en la zona de sabana de Minas Gerais, se descubrió que leguminosas que produjeron una cantidad más grande de materia verde y que cubren mejor el suelo, como es el caso de *C. mucunoides* y *C. cajan*, perjudican el crecimiento, la altura y diámetro, de

E. grandis, *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. clöziana* y *E. urophylla*. Eso probablemente pasó debido a la competencia por nutrientes y agua, porque estos forrajes presentan sistemas de raíces profundos y ramificados (Ferreira Neto, 1994; Almeida, 1995). Sin embargo, cuando los componentes fueron *Crotalaria juncea* y *Desmodium heterophyllum*, hubo una tendencia al aumento de la producción de biomasa de la parte aérea y en la supervivencia del eucalipto (Almeida, 1995).

El trabajo de Upadhyaya (1996) refuerza la necesidad de considerar los niveles de penetración en el suelo del sistema radicular de la especie asociada. En observaciones hechas en asociaciones entre seis especies de árboles y especies forrajeras nativas de India, el autor verificó que la producción total de masa del sotobosque era diez veces superior bajo *Prosopis cineraria* que con *E. camaldulensis*. Al excavar el suelo para estudiar el sistema de raíces, notó que las raíces del eucalipto se llegaron hasta 1.8 m de profundidad, con 80% de ellas concentradas en los primeros 0.70 m, donde también se encontraron el raíces de la vegetación nativa. Mientras para la *P. cineraria*, la profundidad era de 3.0 m, sin la concentración superficial.

Hasta ahora nosotros sólo hablamos de los sistemas silvopastoriles. Sin embargo, se han estudiado y usado en Brasil, algunos modelos de sistemas agrosilvopastoriles con eucalipto. Este tipo de SAF no era preferido por los investigadores en Brasil sino hasta recientemente. Sin embargo, además de las ventajas generales común a todo SAF, el sistema agrosilvopastoril potencializa el lado económico, ambiental y de uso de recursos naturales y de insumos.

Esas características lo vuelven particularmente importante para los productores del tan mal visto eucalipto, porque: presenta una biodiversidad mayor en el tiempo; propicia el uso mejor de los recursos edáficos, a nivel horizontal y vertical; los insumos aplicados puede ser más eficientemente utilizados por el bosque, cultivos y animales. Además, del punto de vista económico, el productor puede obtener ingresos

anticipados importantes por medio de los aclareos (POTTIER, 1984), y posible superávit a lo largo del ciclo de las rotaciones programadas para los árboles.

Las ventajas económicas de esa modalidad de SAF pueden motivar a los productores rurales al cultivo de árboles de especies nativas, de crecimiento lento, con madera de superior calidad. Se diluyen los costos de establecimiento de los árboles y los agrosilvicultores prácticamente se "olvidan" de los árboles, y solo se acuerdan de ellos cuando están en punto de la cosecha.

Los ejemplos con eucalipto son raros. Marques (1990) evaluó el crecimiento y desarrollo del paricá (*Schizolobium amazonicum*), tatajuba (*Bagassa guianensis*) y eucalipto (*E. tereticornis*), hasta 36 meses, en asociación con maíz y pasto marandu en Paragominas. Los árboles eran cultivados en líneas triples de 3 x 3 m, distanciados 12 m unos de los otros. Sus resultados y conclusiones para los tratamientos con eucalipto fueron:

- no hubo diferencia en la supervivencia, altura y diámetro del eucalipto, entre el monocultivo y asociación;
- hubo ganancias de más de 110% en materia seca total y de 59% de materia seca del madera de eucalipto en la asociación, debido al uso de los residuos de fertilizantes aplicados en el maíz;
- la productividad de maíz bajo eucalipto fue de 1,086, 738 y 335 kg/ha, respectivamente para los 1, 2 y 3 años. Aunque esta fue baja, redujo los gastos de la plantación y mantenimiento de los árboles en el primer y segundo año, en 21% y 64%;
- la productividad de materia seca del pasto marandu, doce meses después del sembra, fue de 9,029 kg/ha, valor que se encontró dentro de los parámetros regionales;
- las ganancias con maíz en el año 3 indican que debe adelantarse la sembra del pasto marandu al año 2, y los animales deben introducirse al año siguiente.

Otro sistema interesante, usado por la CMM, en el distrito municipal de

Vazantes, Estado de Minas Gerais, y por ella denominado sistema agrosilvipastoril rotativo, ha presentado buenos resultados (Oliveira y Macedo, 1996). La tecnología consiste en el cultivo en serie de arroz y soya hasta el segundo año, entre las líneas del eucalipto plantado 10 x 4 m. Después la asociación se puede hacer de varias maneras:

- Tercer año: establecimiento de praderas, asociadas a la plantación y cultivos de arroz, soja, maíz, sorgo, frijol, o aún maíz y frijol. Buscando disminuir los efectos de la competencia del eucalipto con los cultivos agrícolas y para aumentar el valor a los árboles, se les podan las ramas hasta la altura de 2.40 m;
- Cuarto año: en los módulos con praderas se manejan animales para engorda; en otros, pueden repetirse los cultivos agrícolas del tercer año, siguiendo una rotación de cultivos
- Quinto año: el manejo continúa con animales en módulos de praderas, formándose otras con el arroz y gramíneas forrajeras (denominado sistema Barreirão);
- empezando del sexto año: opción de aclareo selectivo de los árboles buscando reducción la competencia y ingresos anticipados; podar las ramas hasta 7 m de altura; el mantenimiento de las praderas cada trienio; comercialización anual de animales; previsión de corte final, renovación del bosque y de las praderas a partir del año 11.

Complementando el sistema, Oliveira y Macedo (1996) mencionan que se mantiene la distancia mínima de un metro de las líneas del eucalipto, para facilitar el cultivo y reducir la competencia, y para las divisiones de cada módulo de 200 ha se usan los propios árboles como postes para los cercos. Los autores concluyeron que el sistema usado por CMM es económicamente viable, con base en los indicativos Valor Presente Líquido (VPL), Razón Beneficio/Costo (B/C) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

Oliveira y Macedo (1996) también comprobaron que el sistema es bastante sensible a la elevación de costos. En las simulaciones que lograron en aquel momento, con un aumento de 15% el sistema no sería viable. Todos los resultados mostrados hasta aquí están específicamente relacionados con la producción de madera. Sin embargo, es posible el manejo silvipastoril con otros objetivos, como la producción de aceite esencial, o de aceite y madera para energía. Lima (1993) se refiere a esas actividades en Distrito de Barra Bonita, Estado de São Paulo, usando el ganado bovino y producción de aceite de *E. globulus*, *E. staigeriana* e *E. citriodora*, obteniendo éxito.

III. LOS SAF CON EUCALIPTO Y LOS PROGRAMAS DE FOMENTACIÓN FORESTAL

La elevación del precio de las tierras localizadas en las áreas de influencia de las grandes compañías consumidoras de madera del eucalipto, así como algunas restricciones impuestas por legislaciones forestales, sea municipales, estatales o federales, estimularon a que estas compañías y los órganos gubernamentales empezaran programas de fomento forestal para aumentar el suministro de materia prima (Couto y Mejora, 1995).

En la actualidad, gran parte de las compañías forestales brasileñas tienen ese tipo de programas, en el que los arbolitos de eucalipto, los insumos y los recursos para la instalación y mantenimiento de los cultivos son proporcionados a productores rurales establecidos en un cierto radio económico. En compensación el productor rural asume el compromiso de venta de la madera a la compañía al final de la rotación, que dura siete años en general, a precios del mercado, guardando lo necesario para su propio consumo.

Por medio de esos programas de fomento forestal, las compañías intentan convertir a los productores rurales en sus compañeros en la actividad de producción de madera, qué resulta en beneficios para las dos partes y para la sociedad. Actualmente, programas de fomento existen en varias regiones y estados de Brasil y se destacan: Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Río Grande del Sur y Bahía. Por otro lado, al inicio del fomento

de eucalipto, hubo algunas dudas con relación a la sustitución de áreas dedicada a la agricultura y la crianza de animales en plantaciones del eucalipto. En este caso, podría haber una reducción de la producción de alimentos en función del aumento de la producción de madera por parte de los productores rurales. Fue observado, sin embargo, con el pasar de los años, que el productor rural asigna, a la reforestación con arbolitos del programa de fomento, las áreas menos favorecidas de su propiedad, y no las áreas ocupadas anualmente para cultivos agrícolas y praderas cultivadas, como es natural. Sin embargo, esa duda despertó en la Universidad Federal de Viçosa - UFV (Minas Gerais), empezando de la década de los 80, el interés en la enseñanza y en las investigaciones con Sistemas Agroforestales al nivel de Posgrado. El objetivo principal fue el estudio de una serie de Sistemas Agroforestales que involucran eucaliptos, proporcionando subsidios principalmente para los programas de fomento forestal. La mayoría del trabajo se desarrolló con el apoyo de la Universidad Federal de Viçosa, del Concilio Nacional de Desarrollo Tecnológico y Científico (CNPq) y de las compañías asociadas a la Sociedad de Investigaciones Forestales (SIF). Los resultados alcanzados hasta el presente han estado indicando que los Sistemas Agroforestales parecen ser una alternativa de uso del suelo que puede integrar la producción agrícola, la crianza de animales y la producción forestal, ayudando, por consiguiente, a suplir la demanda de producción de madera y de alimentos, sin conflictos (Couto y Betters, 1995).

El programa de investigaciones fue un triunfo que estimuló la creación, en Minas Gerais, de un programa de fomento agroforestal de por parte de la Pains Forestal, en el área de Divinópolis (Minas Gerais). El programa empezó con la creación de un Centro de Investigación en Sistemas Agroforestales cuyo objetivo es el desarrollo de tecnologías que serán usados por los productores participantes de los programas de fomento forestal de la compañía. El área de la propiedad donde se estableció el Centro de Investigaciones es de 200 ha aproximadamente. Los resultados experimentales obtenidos demuestran gran ventaja de los sistemas probados, en términos de productividad y la rentabilidad económica (Franco, 1994).

IV. ALGUNAS CONSIDERACIONES FINALES

Algunas preguntas deben ser mejor atendidas por los investigadores: la capacidad de carga del suelo y del pasto; el espaciamiento adecuado de los árboles; el efecto de la edad de los árboles sobre la producción de los forrajes; la determinación de especies forrajeras que ocupan espacio y recursos diferentes de los árboles; la influencia del clima; la selección de especies forrajeras y árboles más eficaces en el uso de la luz y en el consumo de agua y nutrientes; la selección de forrajes resistentes a la competencia por el agua y el posible efecto de aleloquímicos de los árboles; la influencia de la dirección de las líneas de árboles sobre el sotobosque. Así los sistemas silvopastoriles se volverían más confiables de lo que ya se ha demostrado, con posibilidades de uso en el país entero con garantía de éxito y opciones variadas de asociaciones.

Esa escasez relativa de información no significa que las prácticas silvopastoriles no deben practicarse inmediatamente. Las experiencias realizadas, sobre todo en los Estados de Minas Gerais y São Paulo lograron éxito, y han ido de la teoría a la práctica. El fomento forestal es una opción interesante para mantener el equilibrio entre la necesidad de producir alimentos y madera del eucalipto. Es un asunto que merece una mayor atención por parte de los gobiernos e investigadores, teniendo en cuenta que, a pesar de sus inconvenientes, en Brasil, el cultivo del eucalipto no tiene todavía suplente.

V. REFERENCIAS

- ADAMS, S.N. 1975. Sheep and cattle grazing in forests: a review. *The Journal of Applied Ecology*, Oxford, 12(1):143-152.
- ALMEIDA, J.C.C. 1991. Comportamento do *Eucalyptus citriodora* Hooker, em áreas pastejadas por bovinos e ovinos no Vale do Rio Doce, Minas Gerais. Viçosa: UFV, 1991. 44p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa.
- ALMEIDA, N.O. 1995. Crescimento inicial de eucaliptos consorciados com leguminosas na região de cerrado em Minas Gerais. Viçosa: UFV, 1995. 105p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa.
- ANDRADE, E.N. 1961. O eucalipto. 2ed. São Paulo:Companhia Paulista de Estradas de Ferro, 688p.
- ANDRADE, E.N., VECCHI, O. 1918. Os eucalyptos. Sua cultura e exploração. *Typografia Brazil*: São Paulo, 228 p.
- BETTERS, D.R., WRIGHT, L.L. AND COUTO, L. 1991. Short rotation woody crop plantation in Brazil and the United States. *Biomass and Bioenergy*, UK, 1(6):305-316.

- BEZKOROWAJNYJ, P.G., GORDON, A.M. AND MCBRIDE, R.A. 1993. The effect of cattle foot traffic on soil compaction in a silvo-pastoral system. *Agroforestry Systems*, Dordrecht, 21(1):1-10.
- CASTRO, C.R.T. 1996. Tolerância de gramíneas forrageiras tropicais ao sombreamento. Viçosa: UFV, 1996. 247p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa.
- COUTO, L. 1992. O estado da arte e do conhecimento dos sistemas agroflorestais com eucaliptos em Minas Gerais. Viçosa, UFV, 19p. (DEF, Apostilado, Trabalho apresentado no concurso para Prof. Titular).
- COUTO, L. AND BETTERS, D.R. 1995. Short-rotation eucalypt plantations in Brazil: social and environmental issues. Oak Ridge: Oak Ridge National Laboratory/U.S. Department of Energy, 34 p.
- COUTO, L., GARCÍA, R., BARROS, N.F. E GOMES, J.M.G. 1988. Redução do custo de reflorestamento no Vale do Rio Doce em Minas Gerais por meio da utilização de sistemas silvipastoris: gado bovino em eucaliptal a ser explorado. Belo Horizonte: EPAMIG, 28p. (EPAMIG, Boletim Técnico, 26).
- COUTO, L. E MEDEIROS, A.G.B. 1993. Efeito do período de controle de convivência da braquiária no estabelecimento da cultura do eucalipto. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7. Curitiba. Anais. Curitiba, SBF/SBEF, 1:277-280.
- COUTO, L., ROATH, R.L., BETTERS, D.R., GARCIA, R., AND ALMEIDA, J.C.C. 1994. Cattle and sheep in eucalypt plantations: a silvipastoral alternative in Minas Gerais, Brazil. *Agroforestry Systems*, Dordrecht, 28:173-185.
- ERIKSEN, F. AND WHITNEY, S. 1981. Effect of light intensity on growth of some tropical forage species. I-Interaction of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. *Agronomy Journal*, 73(3):427-433.
- FERREIRA NETO, P.S. 1994. Comportamento inicial do *Eucalyptus grandis* W.Hill ex. Maiden em plantio consorciado com leguminosas na região do médio Rio Doce, Minas Gerais. Viçosa: UFV, 1994. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa.
- FRANCO, F.S. 1994. Estágio realizado em agrossilvicultura na Pains Florestal. DEF/UFV, Viçosa, 25 p. (Relatório)
- GARCIA, N.C.P., REIS, G.G., SALGADO, L.T. E FREITAS, R.T.F. 1994. Consórcio do *Eucalyptus grandis* com gramíneas forrageiras em área de encosta na Zona da Mata de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1, 1994. Porto Velho. Anais... Colombo, EMBRAPA-CNPQ. 2:113-120.
- GARCIA, N.C.P., SALGADO, L.T., REIS, G.G. E FREITAS, R.T.F. 1993. Consorciação do eucalipto com gramínea forrageira na Zona da Mata de Minas Gerais, com aplicação de gesso. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, 1993. Curitiba. Anais... Curitiba, SBF/SBEF, 1:274-277.
- GARCIA, R. E COUTO, L. 1992. Sistemas silvipastoris - experiências no Estado de Minas Gerais. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO FLORESTAL, 2, 1991, Curitiba. Anais. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1:268-269.
- GIVALDO V., L.A., BOTERO, J., SALDARRIEAGA, J., Y DAVID, P. 1995. Efecto de tres densidades de árboles en el potencial forrajero de un sistema silvipastoril natural, en la región atlántica de Colombia. *Agroforestería en las Américas*, Turrialba, 2(8):14-19.
- KLUSMANN, C.K. 1988. Trees and shrubs for animal production in tropical and subtropical areas. *Plant Research Development*, Tübingen, 27:92-104.
- LIMA, W.P. 1993. Impacto ambiental do eucalipto. 2ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 302 p.

- LUDLOW, M.M., WILSON, G.L. AND HESLEHURS, M.R. 1974. Studies on the productivity of tropical pasture plants. V-Effect of shading on growth, photosynthesis and respiration in two grasses and two legumes. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, 25(3):425-433.
- MACEDO, R.L.G., GOMES, L.J. E SILVEIRA, V.P. 1996. Influência do *Eucalyptus urophylla* sobre o estabelecimento inicial do capim tanzânia (*Panicum maximum* var. Tanzânia) em sistema silvo pastoril. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ECOSISTEMAS FLORESTAIS, 4, 1996, Belo Horizonte. Resumos... Belo Horizonte: Biosfera, p.30-3.
- MARQUES, L.T.M. 1990. Comportamento inicial de paricá, tatajuba e eucalipto, em plantio consorciado com milho e capim-marandu, em Paragominas, Pará. Viçosa: UFV, 1990. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa.
- OLIVEIRA, A.D. E MACEDO, R.L.G. 1996. Sistemas agrofloretais: considerações técnicas e econômicas. CMM: Vazantes, 32 p. (Projeto de consultoria).
- POTTIER, D. 1984. Ganadería bajo los árboles: un experimento agrosilvícola. *Unasyvla*, Roma, 36(143):23-27.
- RIBASKI, J., OLIVEIRA, M.C. E CRUZ, S.C. 1993. Avaliação de um sistema silvipastoril em região semi-árida, envolvendo a consorciação de eucalipto com pastagem. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7, 1993, Curitiba. Anais... Curitiba: SBS/SBEF, p.268-269.
- SANTOS, L.C.S. 1990. Comportamento do *Eucalyptus cloëziana* F. Muell em plantio consorciado com forrageiras, na região do cerrado, em Montes Claros, Minas Gerais. Viçosa: UFV, 1990. 83p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa.
- SCHNEIDER, P.R., GALVÃO, R. E LONGHI, S.J. 1978. Influência do pisoteio de bovinos em áreas florestais. *Floresta*, Curitiba, 9(1):19-23.
- SCHREINER, H.G. 1988. Viabilidade de um sistema silvipastoril em solos de areia quartzosa no Estado de São Paulo. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Curitiba, 17:33-38.
- SHELTON, H.M.; HUMPHREYS, L.R. AND BATELLO, C. 1987. Pastures in the plantations of Asia and the Pacific performance and prospect. *Tropical Grasslands*, 21(4):159-168.
- SINGH, R.P., BAHAR, N. AND NEGI, D.V. 1995. Impact of grazing on soil erosion in forest ecosystems. *The Indian Forester*, Dehra Dun, 121(8):717-720.
- SINGH, R.P. AND GUPTA, M.K. 1990. Impact of grazing on infiltration in forest ecosystems. *Journal of Tree Sciences*, Nagar, 9(2):82-85.
- UPADHYAYA, A.K. 1996. Tree growth and forage production in block and canalside plantations of I.G.N.P. Stage-II. *The Indian Forester*, Dehra Dun, 122(2):117-121.