

PRODUÇÃO DE BIODIESEL A PARTIR DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS COM GIRASSOL EM VAZANTE, MINAS GERAIS¹

Biodiesel Production From Agroforestry Systems With Sunflower in Vazante, Minas Gerais

Aliete Villacorta de Barros², Laércio Couto³, Luiz Carlos Couto⁴ e Antônio de Arruda Tsukamoto Filho⁴

Resumo: O principal objetivo deste trabalho foi avaliar aspectos técnicos e econômicos de sistemas agroflorestais com eucalipto, como alternativa de uso da terra na formação de biomassa para produção de energia e produção de matéria-prima (óleo bruto) para obtenção de biodiesel, advindo da cultura do girassol, na região de cerrado em Minas Gerais. Com base em dados oriundos da empresa Votorantin Metais Agro, que dispõe de uma unidade de sistemas agroflorestais em Minas Gerais, foram simulados e estudados vários cenários de SAF, cujo componente florestal foi o eucalipto, com variação do seu ciclo de corte. A cultura do girassol fez parte de todos os sistemas, tendo em alguns casos ocorrido a introdução de arroz e, ou, capim para engorda de gado, além da soja, em um único sistema. Foram calculados os custos de produção e as receitas resultantes e apresentados seus fluxos de caixa atualizados a taxas de juros de 12 e 18%. Por meio de critérios econômicos como valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e relação benefício custo (R B/C), foi possível concluir que o SAF 1, o SAF 2 e o SAF 3 podem ser indicados como sistemas de produção viáveis não só para a produção de energia e grãos para alimento, mas também para produção de óleo para biodiesel, garantindo o retorno financeiro do investimento.

Palavras-chave: Eucalipto, sistemas agroflorestais, biomassa, biodiesel e girassol.

Abstract: This work aimed to evaluate the technical and economic aspects of agro-forestry eucalyptus systems as an alternative of land use in biomass formation for energy and raw material production (crude oil) of sunflower-generated biodiesel in Minas Gerais cerrado region. Based on data provided by Votorantin Agro Metals, which owns an agroforestry system in Minas Gerais, several SAF scenarios were simulated and analyzed, with eucalyptus as a forest component and variation of its cutting cycle. Sunflower culture was included in all the systems, with rice and/or pasture grass being introduced in some cases, besides soybean in one single system. Production costs and the resulting revenues were calculated and a cash flow was presented with interest rates updated to 12% and 18%. Based on the economic criteria used such as Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and Benefit/Cost Ratio (B/C R), it was possible to conclude that SAF 1, SAF 2 and SAF 3 can be indicated as viable systems of production not only of energy and food grains but also of biodiesel oil, ensuring the financial return of the investment.

Keywords: Eucalyptus, agroforestry systems, biomass, biodiesel and sunflower.

¹ Recebido para publicação em 16.7.2007 e aceito em 17.8.2007.

² Universidade Federal Rural da Amazônia. Av. Tancredo Neves - Terra Firme - 66.000.

³ Rede Nacional de Biomassa para Energia.

⁴ Universidade Federal Rural da Amazônia - Santarém-Pará.

1 INTRODUÇÃO

Como o Brasil possui a melhor tecnologia de implantação, condução e exploração de florestas de eucalipto, é de se esperar que o setor madeireiro contribua para que haja diminuição das importações de produtos que podem ser substituídos pela madeira, bem como aumentem as exportações de produtos de base florestal, ou que deles se utilizam, como o ferrogusa, equilibrando assim a balança comercial brasileira (COUTO et al., 2000). Com esse enfoque, novas modalidades de sistemas de plantio têm surgido, como é o caso dos sistemas agroflorestais, nos quais o eucalipto é inserido com sucesso, proporcionando maior renda com a venda dos produtos, fora os benefícios ambientais ocasionados pela mistura de componentes florestal, agrícolas e, ou, animais. O girassol (*Helianthus annuus*), por ser uma espécie exigente em luz, pode fazer parte de sistemas agroflorestais como componente agrícola anual, na fase inicial do sistema.

Outro aspecto de importância no Brasil é a sua inquestionável riqueza, haja vista suas grandezas minerais, vegetais e animais já bem conhecidas no mundo todo. Em função disso, têm crescido acentuadamente os diversos setores de produção, e o de energia não poderia ficar alheio a esse desenvolvimento, uma vez que existe a grande necessidade de consumo da humanidade. Nesse contexto o biodiesel, que é um biocombustível renovável, já é uma realidade no Brasil, principalmente por poder ser produzido em todo o País, que é tão diversificado em espécies oleaginosas, respeitando-se a vocação de cada região. Com a criação do Programa Nacional do Biodiesel, espera-se que ocorra um desencadeamento de efeitos multiplicadores, com ganhos econômicos e sociais, garantindo, desta forma, geração de emprego e renda, inclusão social e integração regional. Por outro lado, a pesquisa, que é uma das grandes aliadas para o êxito desse empreendimento, já tem mostrado que do ponto de vista ambiental a adição do biodiesel ao diesel contribuirá

para redução das emissões de gases poluentes produzidos por veículos (Jornal da UNICAMP, 2003). Vários tipos de óleos vegetais poderão ser empregados na produção do biodiesel, entre eles os obtidos da soja, do algodão, do girassol, do milho, da canola, do babaçu, entre outros.

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar aspectos técnicos e econômicos de sistemas agroflorestais com eucalipto, como alternativa de uso da terra, favoráveis à formação de biomassa para energia e produção de matéria-prima (óleo bruto) para obtenção de biodiesel a partir da cultura anual girassol, na região de cerrado em Vazante, Minas Gerais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área do estudo

O estudo foi desenvolvido a partir de dados de pesquisas realizadas pela Universidade Federal de Viçosa na VM Agro, empresa detentora de sistemas agroflorestais (SAF), visando trabalhar a terra para promover o desenvolvimento sustentável. A VM Agro ocupa hoje posição de destaque no agronegócio nacional, buscando sempre novas tecnologias para melhor aproveitamento dos recursos que dispõe, e em função disso é que já vem sinalizando para o aproveitamento da madeira na produção de cavacos. Outrossim, aliado a esse fato, também existe o interesse em utilizar espécies que produzam óleos para obtenção de biodiesel, que possa substituir ou ser gradativamente misturado ao óleo diesel. Os sistemas agrissilvipastoris ali implantados apresentam o arroz e a soja como componentes agrícolas, introduzidos nos anos zero e 1, o eucalipto como componente florestal (com ciclo de corte de 11 anos), plantado antes do arroz, em espaçamento 10 x 4 m, para possibilitar o cultivo agrícola nas entrelinhas, e o pasto para engorda de gado bovino, proporcionando quatro receitas com o componente animal (anos 5, 7, 9 e 11). Nesses são aplicados alguns tratamentos silviculturais, como: preparo do solo com destoca e

limpeza da área, aração, gradagem, calagem, adubação após a semeadura e aplicação de inseticida.

2.2 Definição dos arranjos de sistemas agroflorestais

Os arranjos de SAF foram definidos em função dos componentes (arroz, girassol, eucalipto, pasto e gado) e da idade de corte do eucalipto (3, 4, 5, 6 e 7 anos), tendo sido identificados como SAF 1, SAF 2, SAF 3, SAF 4 e SAF 5. Segundo Tsukamoto Filho (2003), a rotação econômica do eucalipto se dá aos 7 anos, e por ser espécie de rápido crescimento, com 3 anos a madeira produzida já é suficiente para obtenção de cavaco (cerca de 30 t ha⁻¹), justificando assim as idades de 3 a 7 anos utilizadas para os referidos sistemas desta pesquisa. Em função das idades (3 a 7 anos), optou-se pela presença ou não do capim (braquiária) e do gado (bovino) no sistema, ou seja, o componente animal estará presente naqueles cujos ciclos são suficientes para formação da pastagem e engorda do boi. Por outro lado, o girassol será destinado para produção de óleo bruto para biocombustível, sabendo-se que ele apresenta parâmetros de qualidade do produto compatíveis com as especificações atuais do biodiesel (FERRARI et al., 2004). As tecnologias de produção consideradas nos vários arranjos de SAF são iguais, diferenciando-se somente em função das culturas consorciadas e do ciclo de corte do componente arbóreo dos vários sistemas. Por esse fato, diferenças com implantação, condução e colheita das culturas anuais, implantação e manejo do capim e eucalipto foram detectadas e consideradas. Na confecção da planilha de custos e receitas, tomou-se como base os dados de custos e receitas dos sistemas da empresa gerados por Dubé (1999), que foram atualizados pelo Índice Geral de Preços (IGP)^L, cujo valor médio no período foi de 2,275743.

^L IGP é calculado mensalmente pela Fundação Getúlio Vargas. Disponível em: <www.clic.com.br>.

2.2.1 Arranjo do SAF 1

O SAF 1 tem o arroz, o girassol e o eucalipto como componentes no sistema, com ciclo de corte de 3 anos. Entre os meses de outubro e novembro do ano zero, as mudas de eucalipto (clones de *Eucalyptus camaldulensis*) são plantadas em amplo espaçamento (10 x 4 m), favorecendo o plantio do arroz (*Oriza sativa* cv. Guarani), que é a primeira cultura agrícola anual implantada no sistema (na primeira quinzena de outubro), no período em que normalmente se iniciam as chuvas, ficando 18 linhas de arroz por entrelinhas de eucalipto. O preparo da área, com aração e gradagem, calagem e adubação mineral, é importante para o bom desempenho do sistema. Neste são permitidas duas culturas em sucessão, utilizando o arroz, com colheita prevista para janeiro, e logo a seguir (de janeiro até 20 de fevereiro) o girassol (*Helianthus* sp.), para então chegar à floração em meados de abril. Entre as duas culturas é feita uma correção do solo, preparando-o para a semeadura do girassol, tendo o cuidado de incorporar os restos da colheita do arroz no solo. O espaçamento adotado para essa cultura é de 22 cm entre planta e 90 cm entre linhas de girassol, perfazendo 45.000 plantas por hectare, gastando de 4 a 8 kg de sementes ha⁻¹. Nesse arranjo, importância deve ser dada ao pH ideal do solo, que deverá estar entre 6,2 e 5,8 no limite de produtividade. Essa cultura necessita de 4 a 15 dias para germinação e emergência, de 45 a 70 dias para o crescimento, de 10 a 15 dias para o florescimento, de 20 a 30 dias para o enchimento dos aquênios até a maturação fisiológica e mais de 20 a 30 dias até a colheita, completando o ciclo entre 100 e 130 dias.

2.2.2 Arranjo do SAF 2

O SAF 2 apresenta os componentes arroz, girassol, soja e eucalipto, com ciclo de corte de 4 anos. Neste caso o arroz será plantado logo após o eucalipto, no início do sistema, em meados de outubro, tomando-se

todas as precauções com relação aos tratamentos culturais e silviculturais, o que propicia o bom desempenho desses componentes. Aqui também o clone de eucalipto utilizado é o de *Eucalyptus camaldulensis*, cuidadosamente selecionado, por apresentar copa mais rala, facilitando assim a penetração da luz sobre a cultura anual. O girassol (variedade de ciclo precoce ou precoce médio), como segunda cultura agrícola no sistema, será plantado após a colheita do arroz, o que permite assim chegar ao período de maturação e floração, aproveitando as últimas chuvas de outono. Em dezembro do mesmo ano (ano 1) será plantada a soja, colhida no máximo em 120 dias. A partir daí o eucalipto ficará sozinho no sistema, seguindo todas as recomendações para manutenção do plantio até o ano 4, quando será totalmente cortado e disponibilizado para produção de cavaco. O girassol e a soja serão utilizados para obtenção de óleo bruto para produção de biodiesel.

2.2.3 Arranjo do SAF 3

O SAF 3 apresenta os componentes arroz, girassol, eucalipto, braquiária e gado, com ciclo de corte de 5 anos. Aqui também o arroz e o eucalipto serão plantados no início do sistema, no ano seguinte o girassol será introduzido (até 20 de fevereiro) e no mês de novembro do ano 2 o capim-braquiária (*Brachiaria brizantha* Stapf.) substituirá essa cultura, onde ficará por 90 dias em desenvolvimento, até o momento da entrada do gado para engordar. É importante que os eucaliptos, nesse período, sejam desramados como nos arranjos anteriores e enleirados no sentido da linha de plantio, para se decomporem. Os tratamentos culturais deverão ser realizados de acordo com a necessidade. No início do sistema, obtêm-se receitas com a venda do arroz para consumo humano e do girassol para produção de óleo bruto, para produção de biodiesel.

No final do ciclo (ano 5), o aumento da receita é proveniente do povoamento de eucalipto,

que é totalmente cortado e disponibilizado para venda para produção de cavaco, e do gado já gordo, vendido para alimentação humana.

2.2.4 Arranjo do SAF 4

O SAF 4 tem um arranjo formado por arroz, girassol, braquiária, gado e eucalipto, com ciclo de corte de 6 anos, sendo o eucalipto e o arroz introduzidos no início do sistema e o girassol plantado até 20 de fevereiro do ano 1, em substituição ao arroz, requerendo que os tratamentos culturais sejam aplicados com rigor, para melhor rendimento da cultura. Quando o girassol já tiver sido colhido, o capim-braquiária (*Brachiaria brizantha* Stapf.) é introduzido no sistema (em novembro do ano dois), para ocupar a mesma área, desenvolvendo-se por 90 dias, para dar início ao período de engorda de gado, de dois anos. Após esse período, esses animais serão vendidos e novos animais serão colocados na área para engorda, por outro período de um ano, quando então finalizará o sistema com o corte das árvores. Nesse caso existirão duas receitas com a venda do gado (anos 5 e 6).

2.2.5 Arranjo do SAF 5

Para esse arranjo, que terá duração de 7 anos, os componentes do sistema são girassol, eucalipto, braquiária e gado. O componente agrícola do sistema (girassol) é introduzido no sistema em dois momentos: primeiramente após o plantio do eucalipto (em novembro do ano zero), já no início do próximo ano, ou até no máximo 20 de fevereiro, e pela segunda vez, no mesmo período do ano subsequente, ou seja, no início do ano 2. Sabe-se da importância de luz na cultura do girassol, daí a necessidade de que se faça a desrama no eucalipto e, se preciso, até o desbaste; o clone ideal para esse arranjo é *E. camaldulensis*, por razões citadas anteriormente nos outros arranjos. Em outra fase do sistema, no mês de novembro desse mesmo ano, é plantado o capim-braquiária, e

já a partir de 90 dias após o seu plantio os novilhos são colocados para engorda, por cerca de dois anos. Após esse período novos animais serão colocados na área para engorda. Dessa forma, por duas vezes no sistema se terá receita com a venda de gado, sendo a primeira no ano cinco e a segunda com o ciclo completo aos 7 anos, quando a venda do eucalipto para produção de cavaco proporcionará considerável receita para o sistema.

2.3 Estimativa de produção dos vários componentes dos arranjos de SAF

As estimativas de produções dos vários componentes dos SAFs (arroz, soja/girassol, gado bovino e madeira) foram obtidas da seguinte maneira.

2.3.1 Biomassa florestal de eucalipto

A estimativa da biomassa seca para cavaco, para os vários arranjos, foi obtida com base nos resultados de biomassa determinados por Tsukamoto Filho (2003), considerando-se apenas a biomassa do fuste (Quadro 1). O valor de venda da madeira em pé para energia (cavaco) de R\$ 25,00 st^{-1} , de acordo com CEPEA^{2/}, corresponde a R\$ 59,52 t^{-1} de biomassa de eucalipto, valor este utilizado no cálculo das receitas (R\$ $t^{-1} ha^{-1}$).

2.3.2 Produção da cultura do arroz

A cultura do arroz como componente do sistema agrissilvipastoril da empresa produz em média 25 sacos ha^{-1} (de 60 kg cada), cuja cotação, de acordo com a Corretora de Mercadorias^{3/}, é de R\$ 27,00 sc^{-1} (máximo R\$ 32,00 e mínimo R\$ 27,00 por saco).

2.3.3 Produção da cultura da soja – grãos e óleo

Sabendo-se que o sistema agrissilvipastoril em estudo tem uma produção média de soja de 28 sacos ha^{-1} de grãos e que de acordo com a Agenda do Produtor Rural (2004) do Banco da Amazônia 1.000 kg de grãos de soja correspondem a 160 kg de óleo (160 g kg^{-1} de grãos), será possível obter a produção total de óleo nos vários sistemas estudados. O preço de cotação da soja considerado foi de R\$ 36,00 sc^{-1} (máximo R\$ 56,00 e mínimo R\$ 33,50), segundo Mercado da Soja^{4/}.

2.3.4 Produção da cultura do girassol – grãos e óleo

Na obtenção da produção por hectare de semente de girassol para os vários sistemas, adotou-se como base a produção de girassol em monocultivo, haja vista ainda não se ter informações dessa cultura em sistema agroflorestal, com esse objetivo. Segundo Smiderle (2004), a produção média nacional de semente de girassol é de 1,5 $t ha^{-1}$ ou 25 sacos ha^{-1} (60 kg cada), correspondendo cada quilo de sementes à produção de 350 a 450 g de óleo.

Para elaboração do fluxo de caixa deste trabalho, foram utilizados apenas dados de produção agrícola apresentados pela Soft Click (2004)^{5/}, resumido no Quadro 2, deixando para trabalhos futuros os custos com extração do óleo bruto de girassol destinado para uso como combustível. Para obtenção da receita, o preço de venda na comercialização de sementes de girassol para a indústria de óleo é em média de US\$ 0,16 kg^{-1} ou US\$ 160,00 t^{-1} (CAVASIN Jr., 2001), ou, ainda, R\$ 27,39 sc^{-1} .

^{2/} Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br>>. Acesso em: 11 out. 2004.

^{3/} Cotação do arroz de 7.6.2004 a 20.10.2004. Disponível em: <<http://www.clicmercado.com.br>>.

^{4/} Cotação da Soja de 6.8.2003 a 20.10.2004. Disponível em: <<http://www.webrural.com.br/webrural/cotacoes/soja>>.

^{5/} Disponível em: <<http://www.Biocombustivel.com/Ecológico-girassol.htm>>. Acesso em: 29 out. 2004.

Quadro 1 – Biomassa de fuste de eucalipto em SAF, em Vazante-MG

Table 1 – *Eucalyptus bole biomass in SAF in Vazante-MG*

Biomassa (t.ha ⁻¹)	Idade (anos)						
	1	2	3	4	5	6	7
Fuste	2,0000	14,46714	30,26876	45,13662	58,24336	69,70238	80,14238

Fonte: adaptado de Tsukamoto Filho (2003).

Quadro 2 – Produção, custos e receitas de grãos e óleo bruto de girassol para produção de biocombustível

Table 2 – *Production, costs and revenues of grains and sunflower crude oil for biofuel production*

Produção (ha ⁻¹)	Custos (R\$)	Receitas (R\$)
Grãos - 1500 kg	620,00.ha ⁻¹	27,39.sc ⁻¹
Óleo - 400 litros	165,00.ha ⁻¹	1,24. l ⁻¹

2.3.5 Produção de carne bovina

No sistema desenvolvido, o ganho de peso é de 625 g cab⁻¹ dia⁻¹, correspondendo a 16 arrobas no final do período de engorda (dois anos). A cotação média do boi gordo vivo, segundo a corretora mencionada anteriormente, para o período de 19.8.2003 a 20.10.2004 é de R\$ 1,70 kg⁻¹ (máximo R\$ 1,88 e mínimo R\$ 1,52 por kg).

2.4 Critérios de avaliação

2.4.1 Fluxos de caixa para os arranjos de SAF

Para as estimativas de entradas (receitas) e saídas (despesas) de recursos monetários, são apresentados para cada arranjo os fluxos de caixa de Silva et al. (2002), com atualizações às taxas de juros como parâmetros de descontos dos benefícios líquidos no período de 12% a.a., relativa ao artigo constitucional de remuneração de capital no País, Art. 192 parágrafo 3º da Constituição Federal do Brasil de 1988, e de 18% a.a., que é uma taxa que acompanha outras modalidades de investimentos, como Letras de Câmbio, Fundos de Renda Fixa como RDB, CDB etc. São incluídos nesses fluxos de

caixa todos os custos oriundos das atividades desenvolvidas, de acordo com cada arranjo de sistema, como: custos de implantação e manutenção do eucalipto; custos de implantação, condução e colheita de arroz, soja e girassol; custos de formação e manutenção de pastagens; custos de insumos; custos de mão-de-obra; custos de aquisição de novilhos de corte; e custos anuais de depreciações relacionados à pecuária de corte. Também as receitas resultantes da comercialização dos produtos obtidos, como venda do arroz, da soja, do girassol, do gado e do eucalipto, estão contidas nos fluxos de caixa. O custo anual da terra de R\$ 60,00 ha⁻¹ ou R\$ 90,00 ha⁻¹, de acordo com as taxas de juros referidas, foi adicionado aos custos anuais.

2.4.2 Ferramentas de análise de investimentos para os vários SAF

O retorno econômico dos diferentes arranjos de SAF propostos foi avaliado pelos métodos de análise que apresentam indicadores a partir de estimativas sobre fluxo de caixa, como: valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e razão benefício-custo (R B/C) (SILVA NETO, 1998; DOSSA, 2000; DUBÊ et al., 2000; SILVA et al., 2002).

2.5 Relação entre produção do girassol e da soja ($t\ ha^{-1}$) e custo final de produção (R\$ $litro^{-1}$) para os diferentes SAFs estudados

Para obtenção do custo final de produção do biodiesel (R\$ $litro^{-1}$), sem considerar os custos de extração e transesterificação do óleo, foram feitas algumas relações que incluíram a produção de grãos de girassol e soja ($t\ ha^{-1}$) e seus custos de produção (R\$ ha^{-1}), além da produção de óleo ($litro\ ha^{-1}$) correspondente a essas culturas. Dessa forma, obteve-se o custo bruto (R\$ $litro^{-1}$), que sofreu amortizações advindas da venda dos produtos de cada sistema (arroz, carne e madeira para cavaco), gerando o custo final para produção de grãos (R\$ ha^{-1}) e, finalmente, o custo do biodiesel (R\$ $litro^{-1}$) paracada sistema avaliado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Produção e receita bruta para os vários componentes e fluxos de caixa atualizados, por arranjo de sistema

3.1.1 SAF 1

O girassol, como segunda cultura agrícola nesse SAF, representou cerca de 20% da receita bruta total do sistema agroflorestal (R\$ 3.411,42) (Quadro 3). Com uma produção de 25 sc de 60 kg ($1.500\ kg\ ha^{-1}$), poderá proporcionar a obtenção de $600\ L\ ha^{-1}$ de óleo bruto para produção de biocombustível, como também subprodutos como farelo para ração animal. Em contrapartida, a madeira proporcionou ao sistema 52,81% da receita bruta total com sua venda para energia, ou seja, os demais produtos juntos correspondem a menos de 50% da receita bruta total obtida pelas suas vendas.

Pela Figura 1, constata-se que esse arranjo só apresenta fluxo positivo no final do ciclo de corte do eucalipto aos 3 anos. Contudo, a cultura do girassol gerou uma receita atualizada líquida, que minimizou os custos do sistema

e, juntamente com o arroz, propiciou a antecipação de renda ao fluxo de caixa, além da madeira da destoca no início do sistema, que ao ser vendida registrou receita de R\$ 250,00 ha^{-1} (7,3% da receita total), contribuindo, de certa forma, também na amortização dos custos do referido sistema. O SAF 1 depende unicamente da produção da madeira no final do ciclo para obter lucro; neste caso, se o girassol for utilizado como matéria-prima para biocombustível e a empresa passar a utilizar o biodiesel, os prejuízos financeiros serão superados, por todos os benefícios que ele poderá trazer ao ambiente.

3.1.2 SAF 2

O SAF 2 apresenta como resultado uma renda total bruta de R\$ 5.303,73 ha^{-1} , em que a madeira representa 50,65% dessa receita. Ressalta-se que tanto o girassol quanto a soja podem fornecer óleo bruto para produção de biocombustível ($600\ kg\ ha^{-1}$ e $268,8\ kg\ ha^{-1}$, respectivamente), podendo trazer benefícios imensuráveis à própria empresa se ela fizer uso desse produto (biodiesel). Nesse arranjo, o eucalipto no final do ciclo de corte, ou seja, com 4 anos de idade, apresenta produção aproximada de 45 t de biomassa, proporcionando receita bruta de R\$ 2.686,73. O Quadro 4 resume a produção e a receita bruta desse arranjo por produto obtido.

Constata-se ainda nesse quadro que o arroz e a madeira da destoca são fontes geradoras de receitas que favorecem o sistema, amortizando os seus custos totais. Pelos fluxos de caixa atualizados às taxas de 12 e 18% a.a (Figura 2), denota-se que, apesar de por quatro períodos do sistema ocorrerem receitas com a venda dos produtos, os custos são bem maiores, resultando, no fim do sistema, em receitas líquidas de R\$ 33,36 e R\$ 447,32, ambas negativas, ou seja, as culturas agrícolas deram prejuízos ao sistema e o eucalipto, que mesmo proporcionando consideráveis receitas de R\$ 1.707,47 ha^{-1} e

Quadro 3 – Produção e receita final bruta dos componentes agrícolas e florestal, para o SAF 1, esperados em Vazante-MG

Table 3 – Output and gross final income of the agricultural and forest components per ha, for SAF 1, in Vazante-MG

Discriminação dos Produtos	Unidade	Produção	Preço de Venda (R\$)	Receita Bruta (R\$)
Arroz	kg	1.500		675,00
Girassol	kg	1.680	0,456	684,00
Madeira da destoca	m ³	41,66	6,00	250,00
Madeira em pé para energia	T	30,27	59,52	1.801,67
Total				3.410,67

Fonte: resultados da pesquisa, 2004.

Quadro 4 – Produção e receita final bruta dos componentes agrícolas e florestal, para o SAF 2, esperados em Vazante-MG

Table 4 – Output and gross final income of the agricultural and forest components per ha, for SAF 2, in Vazante-MG

Discriminação do Produto	Unidade	Produção	Preço de Venda (R\$)	Receita Bruta (R\$)
Arroz	kg	1.500	0,45	675,00
Girassol	kg	1.500	0,456	684,00
Soja	kg	1.680	0,60	1.008,00
Madeira da destoca	m ³	41,66	6,00	250,00
Madeira em pé para energia	t	45,14	59,52	2.686,73
Total				5.303,73

Fonte: resultados da pesquisa, 2004.

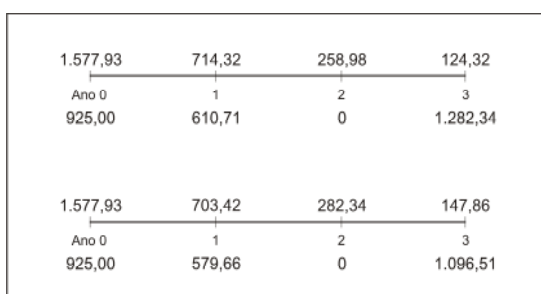


Figura 1 – Fluxos de caixa às taxas de 12 e 18% a.a. para o SAF 1, em Vazante-MG.

Figure 1 – Cash flows at interest rates of 12 and 18% for SAF 1, in Vazante-MG.

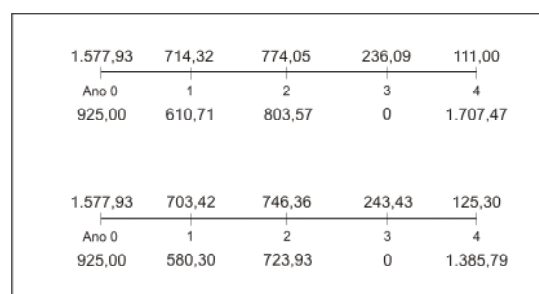


Figura 2 – Fluxos de caixa às taxas de 12 e 18% a.a. para o SAF 2, em Vazante-MG.

Figure 2 – Cash flows at interest rates of 12 and 18% for SAF 2, in Vazante-MG.

R\$ 1.385,79 ha⁻¹, respectivas às taxas citadas, não foi possível amortizar todas as despesas do sistema em questão.

3.1.3 SAF 3

O SAF 3, cujo ciclo de corte é de 5 anos, acrescenta em sua receita bruta a obtida pela

venda do boi gordo, que é de R\$ 408,00. O girassol, como componente agrícola, contribuiu com 12,47% da receita total bruta por ha (R\$ 5.483,44), com uma vantagem a mais sobre o arroz (12,30% da receita bruta), principalmente por ser uma oleaginosa capaz de produzir biocombustível com características que se encaixam nos limites exigidos pela ANP (Agência Nacional de Petróleo). A receita bruta obtida pela venda da madeira de eucalipto para energia representou cerca de 63% de toda a receita do sistema. O Quadro 5 apresenta o resumo do SAF 3, onde são vistas a produção e a receita bruta por produto.

Pelo fluxo de caixa do SAF 3 atualizados às taxas de juros de 12 e 18% a.a. (Figura 3),

verifica-se que nos anos 0 e 1, apesar da presença do arroz e do girassol, as suas receitas não seriam suficientes para liquidar as despesas do sistema nesse período, deixando ainda um déficit de R\$ 756,54 ha⁻¹, porém vale ressaltar que esses ganhos serviram para amortizar os custos, o que proporcionou lucro de R\$ 26,56 ha⁻¹ (à taxa de juros de 12% a.a.). Nos anos 2, 3 e 4 não houve receita, apresentando custos normais de manutenção do sistema. Apenas no ano 5 a receita supera os custos daquele período, sem, entretanto, amortizar por completo os custos dos anos anteriores. Por outro lado, se for avaliada a receita obtida com a venda do gado gordo, constata-se facilmente a inviabilidade econômica do componente animal nesse sistema, haja vista os custos com

Quadro 5 – Produção e receita final bruta dos componentes agrícolas, animal e florestal, para o SAF 3, esperados em Vazante-MG

Table 5 – Output and gross final income of the agricultural and forest components per ha, for SAF 3, in Vazante-MG

Discriminação dos Produtos	Unidade	Produção	Preço de Venda (R\$)	Receita Bruta (R\$)
Arroz	kg	1.500	0,45	675,00
Girassol	kg	1.500	0,456	684,00
Carne bovina	@	16	25,50	408,00
Madeira da destoca	m ³	41,66	6,00	250,00
Madeira em pé para energia	t	58,24	59,52	3.466,44
Total				5.483,44

Fonte: resultados da pesquisa, 2004.

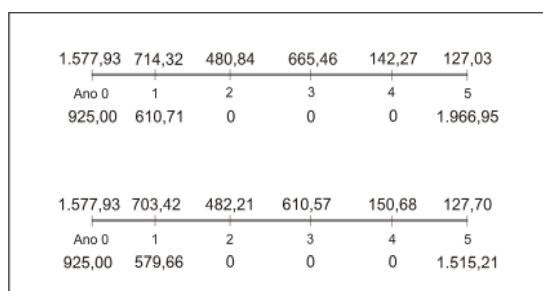


Figura 3 – Fluxos de caixa às taxas de 12 e 18% a.a. para o SAF 3, em Vazante-MG.

Figure 3 – Cash flows at interest rates of 12 and 18% for SAF 3, in Vazante-MG.

implantação e manutenção da pastagem, compra dos novilhos e custos com instalações serem elevados. Todavia, essa receita poderá favorecer o fluxo de caixa do sistema no final do ciclo de corte aos cinco anos, atenuando os efeitos dos custos atualizados.

3.1.4 SAF 4

O SAF 4 apresentou uma receita bruta total de R\$ 6.378,54, sendo cerca de 65% dessa atribuída à produção de biomassa para energia (69,70 t). O girassol, que nas duas safras é

responsável por 21,45% da receita, poderá proporcionar uma produção de 1.200 kg ha⁻¹ de óleo bruto para biodiesel. Como é visto no Quadro 6, a carne proporcionou receita de R\$ 816,00 ha⁻¹, representando 9,6% da receita total bruta.

Os fluxos de caixa atualizados às taxas de 12 e 18% a.a. para o SAF 4 demonstram que, apesar da introdução do componente animal por um período de um ano para engorda, esse não fez com que o sistema se tornasse viável, haja vista sua receita apenas abater parte dos custos do referido sistema (Figura 4).

3.1.5 SAF 5

O SAF 5 apresentou receita com a venda do girassol de R\$ 1.368,00, ou seja, aproximadamente 19% da receita bruta total. A carne bovina proporcionou, nesse sistema, acréscimo de 11,32% na receita bruta, enquanto a madeira de destoca favoreceu o sistema em 3,47% da receita. A madeira de eucalipto para energia, como principal componente do sistema, propiciou receita bruta de R\$ 4.769,93, representando cerca de 66% da receita total (Quadro 7).

O fluxo de caixa atualizado às taxas de 12 e 18% a.a. do referido sistema (Figura 5),

Quadro 6 – Produção e receita final bruta dos componentes agrícolas, animal e florestal, para o SAF 4, esperados em Vazante-MG

Table 6 – Output and gross final income of the agricultural and forest components per ha, for SAF 4, in Vazante-MG

Discriminação dos Produtos	Unidade	Produção	Preço de Venda (R\$)	Receita Bruta (R\$)
Girassol	kg	1.500	0,456	684,00
Girassol	kg	1.500	0,456	684,00
Carne bovina	@	16	25,50	408,00
Carne bovina	@	8	25,50	204,00
Madeira da destoca	m ³	41,66	6,00	250,00
Madeira em pé para energia	T	69,70	59,52	4.148,54
Total				6.378,54

Fonte: resultados da pesquisa, 2004.

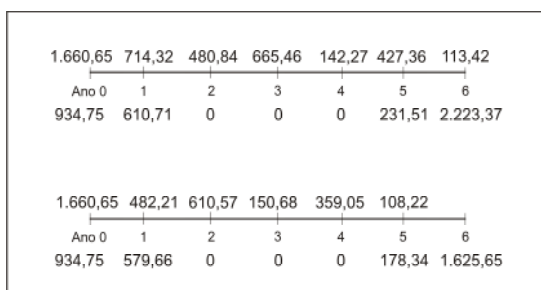


Figura 4 – Fluxos de caixa às taxas de 12 e 18% a.a. para o SAF 4, em Vazante-MG.

Figure 4 – Cash flows at interest rates of 12 and 18% for SAF 4, in Vazante-MG.

demonstra que com o ciclo de corte do eucalipto de 7 anos as receitas atualizadas foram acrescidas de R\$ 231,51 e R\$ 178,34, respectivamente, já que se têm duas safras de gado gordo (anos 5 e 7). O girassol, que também está presente no sistema por duas safras, teve considerável participação na receita bruta total atualizada (R\$ 4.118,46 e R\$ 3.317,48, respectivamente) do sistema. Apesar disso, se observa-se que do ano zero ao ano 6 os fluxos de caixa atualizados do sistema comportaram-se de modo negativo, retratando prejuízos na empresa, quando então, com o corte final do componente

Quadro 7 – Produção e receita final bruta dos componentes agrícolas, animal e florestal, para o SAF 5, esperados na VM Agro em Vazante-MG

Table 7 – Output and gross final income of the agricultural and forest components per ha, for SAF 5, in Vazante-MG

Discriminação dos Produtos	Unidade	Produção	Preço de Venda (R\$)	Receita Bruta (R\$)
Girassol	kg	1.500	0,46	684,00
Girassol	kg	1.500	0,46	684,00
Carne bovina	@	16	25,50	408,00
Carne bovina	@	16	25,50	408,00
Madeira da destoca	m ³	41,66	6,00	250,00
Madeira em pé para energia	t	80,14	59,52	4.769,93
Total				7.203,93

Fonte: resultados da pesquisa, 2004.

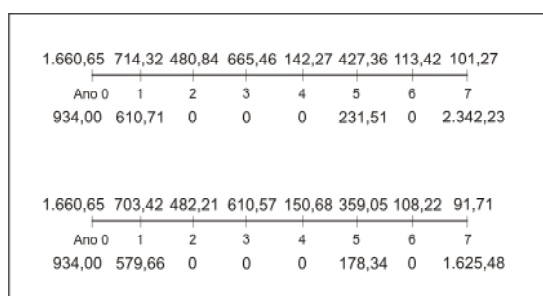


Figura 5 – Fluxos de caixa às taxas de 12 e 18% a.a. para o SAF 5, em Vazante-MG.

Figure 5 – Cash flows at interest rates of 12 and 18% for SAF 5, in Vazante-MG.

arbóreo no ano 7 e sua venda como madeira para energia, é gerada uma receita positiva ao fluxo de caixa. Avaliações sobre a viabilidade econômica serão abordadas posteriormente.

3.2 Valor presente líquido (VPL), relação benefício-custo (B/C) e taxa interna de retorno (TIR) por SAF

Na análise de investimentos, os resultados de VPL, B/C e TIR obtidos para os vários arranjos de SAF (1, 2, 3, 4 e 5), atualizados às taxas de desconto de 12 e 18% a.a., apresentados no Quadro 8. Verifica-se que apenas o arranjo do

SAF 2 apresenta VPL positivo, independentemente da taxa de desconto utilizada, indicando que se poderá investir nesse sistema até R\$ 633,35, sem prejuízos ao investidor. Esse comportamento deve-se ao fato de o sistema apresentar uma safra a mais de cultura anual além do arroz e do girassol, que nesse caso é de soja, favorecendo a entrada de valores no fluxo de caixa (receitas) no ano 1, merecendo que se invista nesse SAF principalmente pelo preço de mercado da soja e do girassol, que é bastante favorável.

Os arranjos do SAF 1 e SAF 3 apresentaram VPL positivos apenas a 12% a.a., enquanto os arranjos do SAF 4 e SAF 5 apresentaram VPL negativos nas duas taxas de juros utilizadas, indicando, por esse critério, inviabilidade econômica.

A Figura 6 apresenta o comportamento do VPL, mostrando que seus valores foram todos mais baixos à taxa de 18% a.a. Sanguino (2004), utilizando esse critério para estudo de viabilidade econômica em SAF, observou que à medida que se aumentava a taxa de juros o VPL decrescia em todos os arranjos de SAF.

Santos (2000), estudando a viabilidade econômica de quatro modelos de sistemas agroflorestais em áreas de pastagens degradadas na

Quadro 8 – Valor presente líquido (VPL), relação benefício custo (B/C) e taxa interna de retorno (TIR) por SAF, em Vazante-MG

Table 8 – Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR) and Benefit/Cost Ratio (B/C R) in SAF, in Vazante-MG

Arranjo de SAF	VPL (R\$. ha ⁻¹)		B/C		TIR (% a.a.)	
	12%	18%	12%	18%	12%	18%
SAF 1	142,50	-110,39	1,05	0,96	-0,02	-0,05
SAF 2	633,35	217,92	1,19	1,06	16,39	6,14
SAF 3	26,36	-454,31	1,01	0,88	0,40	-7,70
SAF 4	-204,72	-757,16	0,95	0,81	-2,3	-0,1
SAF 5	-187,13	-249,04	0,96	0,80	-1,66	-8,91

Fonte: dados da pesquisa, 2004.

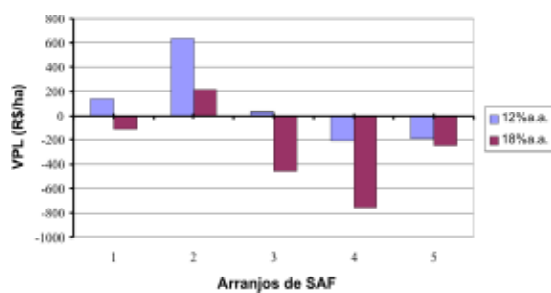


Figura 6 – Valor presente líquido por arranjo de SAF às taxas de 12 e 18% a.a., esperados em Vazante-MG.

Figure 6 – NPV for SAF at rates of 12 and 18% a.a., predicted in Vazante-MG.

Amazônia Ocidental, tomou como base o VPL e concluiu que esses modelos de sistemas são viáveis e que poderão contribuir para a regeneração de áreas semelhantes e sobrevivência de agricultores da região. Em relação aos resultados da razão B/C, observa-se comportamento semelhante ao encontrado pelo VPL, em que apenas o SAF 2 apresentou valores superiores a unidade, tanto à taxa de juros de 12% a.a. quanto a 18% a.a., indicando ser viável economicamente.

Os arranjos do SAF 1 e SAF 3 apresentaram valores maiores que a unidade apenas à taxa de 12% a.a., enquanto os arranjos do SAF 4 e SAF 5 apresentaram valores para a relação B/C menores que a unidade, em qualquer das duas situações de taxas de juros.

Essa relação decresce à proporção que se aumenta a taxa de desconto. Entende-se, por exemplo, que o SAF 2, que apresentou valor de B/C à taxa de 12% a.a. igual a 1,19, produz retorno financeiro de R\$ 1,19 para cada R\$ 1,00 investido, isto é, gera benefícios superiores à unidade a cada unidade de custo atingido. O SAF 2, que apresenta uma safra de arroz, uma de girassol e uma de soja no sistema, gera receita considerável, favorecendo a positividade do fluxo de caixa. Para o ciclo de 11 anos, Dubé (1999) encontrou valor da relação B/C de 0,99 à taxa de desconto de 12% a.a.

Em relação à TIR, é possível observar ainda (Quadro 8), que os seus valores foram positivos para o SAF 2, independentemente da taxa de juros utilizada, enquanto o arranjo do SAF 3 apenas a 12% a.a. Por outro lado, SAF 1, SAF 4 e SAF 5 apresentaram valores da TIR negativos nas duas taxas utilizadas, mostrando, por este critério, inviabilidade.

Pela Figura 7, pode-se observar melhor o comportamento da TIR em relação aos arranjos estudados, bem semelhante aos demais critérios.

O sistema agrissilvipastoril adotado pela VM Agro, avaliado por Dubé (1999), em que da madeira obtida no sistema 40% é vendida para serraria e 60% para energia, proporcionou VPL positivo (R\$ 454,74 ha⁻¹) e TIR maior que a taxa mínima de atratividade (TIR = 13,49%),

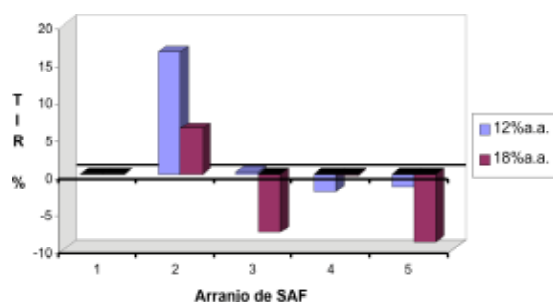


Figura 7 – Taxa interna de retorno por arranjo de SAF às taxas de 12 e 18% a.a. esperados em Vazante-MG.

Figure 7 – IRR for SAF at rates of 12 and 18% a.a. predicted in Vazante-MG.

portanto concluiu-se que o empreendimento agroflorestal é viável economicamente.

3.3 Relação entre produção das culturas de girassol e soja ($t\ ha^{-1}$) e custo final de produção ($R\$\ l^{-1}$) para os diferentes SAFs estudados

Avaliar o custo final de produção de grãos e de óleo de girassol e soja para biodiesel em cada arranjo de SAF tornou-se uma tarefa de

difícil execução, já que ainda não se dispõe de informações nesse sentido, porém é possível se ter uma resposta preliminar, que poderá auxiliar nas inferências em futuros trabalhos que tratem da produção de biodiesel em SAF.

O Quadro 9 apresenta os resultados encontrados da relação entre produção de grãos e de óleo bruto para biodiesel, bem como dos custos de produção das culturas agrícolas soja e girassol, nos diferentes sistemas agroflorestais estudados, onde se verificou que por meio da produção de grãos em $t\ ha^{-1}$ de cada cultura e do custo para sua produção ($R\$\ ha^{-1}$), o SAF 1 apresentou um custo bruto de produção para o girassol de $R\$ 0,92$ por litro e um custo líquido de produção de $R\$ 0,20$ por litro, considerando as amortizações feitas com as receitas líquidas atualizadas (a juros de 12% a.a.), obtidas com o arroz e o eucalipto ($R\$ 137,72$ e $R\$ 295,06$, respectivamente), do fluxo de caixa do sistema (sem considerar os custos de extração e transesterificação do óleo). Isso significa que o litro de biodiesel de sojanesse ponto poderá ser vendido por no mínimo $R\$ 0,20$, para que seja garantida a economicidade do sistema. O SAF 2, que apresenta produção de óleo de soja e girassol,

Quadro 9 – Relação da produção de grãos para óleo bruto para biodiesel e custos de produção da cultura agrícola soja nos diferentes sistemas agroflorestais testados para Vazante-MG

Table 9 - Relation between grain production of crude oil for biodiesel and costs of soybean production in the different agroforestry systems tested for Vazante-MG

Sistemas SAF	Culturas Agrícolas	Prod. Grãos ($t\ ha^{-1}$)	Custo Prod. ($R\$.\ ha^{-1}$)	Prod. Biod. ($litro.\ ha^{-1}$)	Custo Bruto ($R\$.\ litro^{-1}$)	Amortizações ($R\$.\ ha^{-1}$)			Custo Final Prod. Grãos ($R\$.\ ha^{-1}$)	Custo Final* Produção ($R\$.\ litro^{-1}$)
						Arroz	Carne	Madeira		
SAF 1	Girassol	1,50	553,57	600,00	0,92	137,72	-	295,06	(+)120,79	(+)0,20
SAF 2	Soja	1,68	572,42	268,80	2,13	137,72	-	701,91	(-)267,21	(-)0,99
	Girassol	1,50	553,57	600,00	0,92	-	-	-	-	-
SAF 3	Girassol	1,50	553,57	600,00	0,92	137,72	(-)478,91	1.047,50	(-)152,74	(-)0,25
SAF 4	Girassol	1,50	553,57	600,00	0,92	137,72	(-)700,82	1.279,75	(+)205,15	(+)0,32
SAF 5	Girassol	3,00	1.173,57	1.200,00	0,98	-	(-)641,87	1047,50	(+)767,94	(+)0,64

* Relação grãos/óleo para biodiesel:

Soja: 1.000 kg/160 l (16%) (Fonte: Agenda do Produtor Rural, 2004).

Girassol: 1.000 kg/400 l (40%) (Fonte: Biocombustível, 2004).

* Os custos finais se referem apenas à produção de grãos, convertidos para óleo bruto, não sendo incluídos os custos de beneficiamento e industrialização.

SAF 5/1 - sistema com ciclo de corte de quatro anos com uma safra de arroz e outra de soja.

SAF 5/2 - sistema com ciclo de corte de quatro anos com duas safras de soja.

terá seu custo de produção totalmente amortizado com a venda do arroz e da madeira. Porém, deve-se avaliar cuidadosamente se vale a pena sobrecarregar o solo com mais uma cultura anual (soja), na tentativa de aumentar a produção de óleo, já que o SAF 3 também apresentou resultados mesmo tendo apenas uma safra de girassol, sinalizando que os lucros obtidos pela venda dos produtos arroz, carne e madeira foram superiores aos custos de produção da matéria-prima para obtenção do óleo de girassol.

4 CONCLUSÕES

Neste estudo, analisou-se a viabilidade de uso de sistemas agroflorestais, visando principalmente a produção de biomassa de *Eucalyptus* sp. para produção de energia e produção de oleaginosas, soja e girassol, como matéria-prima para biodiesel. De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se:

– Todos os arranjos de SAF estudados apresentaram custos e receitas crescentes proporcionais à sua duração ou rotação do eucalipto (3 a 7 anos) e em função de seus componentes (arroz, soja e girassol e animal no pasto).

– Na análise dos sistemas agroflorestais estudados, por meio dos critérios econômicos VPL, foram obtidos: VPL positivos nas taxas de juros de 12% e 18% a.a. no SAF 2; VPL positivos apenas à taxa de 12% a.a. do SAF 1 e SAF 3; e, finalmente, VPL negativos nas duas taxas citadas no SAF 4 e SAF 5.

– Quanto aos critérios TIR e B/C, os resultados foram semelhantes em relação às taxas de 12 e 18% a.a., ou seja, TIR maior que a taxa mínima de atratividade e razões B/C maiores que a unidade nas mesmas situações do critério anterior. Conclui-se que principalmente o SAF 1, SAF 2 e SAF 3 podem ser utilizados como sistemas de produção para produção de energia e grãos para alimento e óleo bruto para biodiesel, com retorno financeiro do investimento.

– Pela relação custo dos grãos/produção de óleo, o SAF 2 e SAF 3 mostraram-se econo-

micamente viáveis pelas amortizações por meio das receitas dos componentes arroz, carne e madeira, dos custos de produção do óleo.

– O componente florestal para produção de biomassa florestal para energia foi fundamental para que alguns sistemas indicassem viabilidade econômica.

– O componente animal (gado bovino), nos SAFs em que foi introduzido, apresentou receitas inferiores aos custos de produção, em razão de os ciclos dos sistemas (5, 6 e 7 anos) não serem suficientes para garantir a amortização dos investimentos iniciais de infra-estrutura. Assim, espera-se uma lucratividade desse componente em sistemas que apresentem ciclos de produção mais longos.

REFERÊNCIAS

- CAVASIN Jr, C. P. **A cultura do girassol**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 69 p.
- COUTO, L.; MÜLLER, M. D.; TSUKAMOTO FILHO, A. A. **Florestas plantadas para energia: aspectos técnicos, socioeconômicos e ambientais**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2000.
- DOSSA, D. **A decisão econômica num sistema agroflorestal**. Colombo: Embrapa Floresta, 2000. 24 p. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 39).
- DUBÉ, F. **Estudos técnicos e econômicos de sistemas agroflorestais com *Eucalyptus* sp. no Noroeste do Estado de Minas Gerais: o caso da Companhia Mineira de Metais**. Viçosa, UFV, 1999. 146 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- FERRARI, R. A. et al. Biodiesel etílico de óleo de soja e girassol. **Biomassa & Energia**, v. 1, n. 3, p. 265-271, 2004.
- ALVES, FILHO, M. **Jornal da Unicamp**. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp>>. Acesso em: 6 ago. 2004.

SANGUINO, A. C. **Avaliação econômica da produção em sistemas agroflorestais na Amazônia:** estudo de caso em Tomé-Açu. 2004. 121 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA, 2004.

SANTOS, M. J. C. **Avaliação econômica de quatro modelos agroflorestais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia ocidental.** 2000, 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2000.

SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia florestal.** Viçosa: Ed. UFV, 2002. 178 p.

SILVA NETO, A. L. **Tópicos especiais em avaliação financeira de projetos.** Viçosa: UFV, 1998. 23 p. (Cadernos Didáticos, 47).

SMIDERLE, O. J. O girassol como alternativa de combustível. **Artigos Técnicos.** Ramal Artigos. Disponível em: <<http://www.agrisustentavel.com/artigos>>. Acesso em: 18 out. 2004.

TSUKAMOTO FILHO, A. A. **Fixação do carbono em um sistema agroflorestal com eucalipto na região do cerrado em Minas Gerais.** 2003. 98 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.