



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ELIANE ARAUJO ROBUSTI

**PERSPECTIVA ECONÔMICA DE CAFÉ ARBORIZADO
ASSOCIADO A BIOENERGIA**

Londrina
2015

ELIANE ARAUJO ROBUSTI

**PERSPECTIVA ECONÔMICA DE CAFÉ ARBORIZADO
ASSOCIADO A BIOENERGIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioenergia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Irene Domenes Zapparoli

Londrina
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Robusti, Eliane Araujo.

Perspectiva econômica de café arborizado associado a bioenergia / Eliane Araujo Robusti. - Londrina, 2015.
71 f. : il.

Orientador: Irene Domenes Zapparoli.

Dissertação (Mestrado em Bioenergia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, 2015.
Inclui bibliografia.

1. Biomassa vegetal - Tese. 2. Sequestro de carbono - Tese. 3. Cultivos agrícolas energéticos - Tese. 4. Agrosilvicultura - Aspectos econômicos - Tese. I. Zapparoli, Irene Domenes. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Bioenergia. III. Título.

ELIANE ARAUJO ROBUSTI

**PERSPECTIVA ECONÔMICA DE CAFÉ ARBORIZADO ASSOCIADO
A BIOENERGIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioenergia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Profa. Dra. Irene Domenes Zapparoli
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Maria de Fátima Guimarães
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Patrícia Helena Santoro
Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR

Londrina, 30 de setembro de 2015.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha orientadora, não só pela constante orientação neste trabalho, mas sobretudo pela sua amizade, compreensão e incentivo, pois sem ela, não teria nem mesmo iniciado o mestrado. Ela que me acompanhou desde a graduação, foi a responsável pela minha opção em fazer especialização em Economia do Meio Ambiente e me apoiou na escolha do mestrado em Bioenergia.

Agradeço também a Doutora Patrícia Helena Santoro que abriu as portas para a sua pesquisa e a toda a equipe do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), pelo embasamento e informações sobre a pesquisa do café arborizado que me inspirou e foi primordial para o desenvolvimento dessa dissertação.

Agradeço em especial a Professora Doutora Maria de Fátima Guimarães pela atenção de sempre e pelas sugestões enquanto ainda estava sendo formulado o projeto.

Agradeço a coordenação do Curso de Bioenergia, Profa Dra Carmen Luisa Barbosa Guedes, que me possibilitou essa qualificação profissional e, também, os colegas que fiz durante esses dois anos no mestrado.

Saibam que sou grata a Universidade Estadual de Londrina e todos os seus professores e funcionários, que de alguma forma, contribuíram para a minha formação e crescimento pessoal, desde a graduação até hoje. Uma universidade que me orgulha, enquanto estudante e paranaense.

Outro importante agradecimento tem que se fazer a minha família, em especial a minha mãe que sempre esteve do meu lado e ao meu esposo, pelo apoio incondicional nesta etapa tão importante da minha vida.

E por fim e mais importante, agradeço a Deus por estar sempre presente em minha vida.

ROBUSTI, Eliane Araujo. **Perspectiva econômica de café arborizado associado a bioenergia**. 2015. 71 f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia). Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

RESUMO

O objetivo desta dissertação foi analisar a perspectiva econômica de café arborizado associado produção de bioenergia com aproveitamento da biomassa gerada de podas e desbastes. A metodologia utilizada consiste no acompanhamento e coleta de dados do experimento de café arborizado com sete espécies arbóreas comparado ao monocultivo de café, sediado no Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Londrina-PR, no período de 2012 á 2014. Também foram calculados indicadores financeiros para os sistemas, além de cálculos de biomassa e sequestro de carbono. Obtidos os resultados do volume de biomassa, possibilitou se fazer uma relação com o volume disponível para a geração de bioenergia. O estudo revelou que entre as espécies pesquisadas, a que apresentou melhor resultado foi a *Heliocarpus popayanensis*, eficaz na proteção e produção do café (101,99 kg/ha), com maior sequestro de carbono (25,30 t/ha) e geração de biomassa (56,22 t/ha). Conclui-se que o sistema é favorável para a região, respeitadas as condições da pesquisa, porém, ainda são necessários mais estudos e acompanhamento do experimento nos próximos anos.

Palavras-chave: Café agroflorestal. Arbóreas. Biomassa. Sequestro de carbono. Bioenergia.

ROBUSTI, Eliane Araujo. **Economic perspective of wooded coffee associated with bioenergy**. 2015. 71 p. Dissertation (Master's degree in Bioenergy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

ABSTRACT

The objective of this work was to analyze the economic outlook of wooded coffee associated bioenergy production with utilization of biomass generated pruning and thinning. The methodology consists of monitoring and collecting wooded Coffee experiment data with seven tree species compared to coffee monoculture, based at the Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Londrina, in the period 2012 2014. Also financial indicators for systems were calculated, as well as calculations of biomass and carbon sequestration. Obtained results of the biomass volume, allowed to make a connection with the volume available for the generation of bioenergy. The study found that among the surveyed species, presented the best result was the *Heliocarpus popayanensis*, effective in the protection and production of coffee (101.99 kg/ha), with higher carbon sequestration (25.30 t/ha) and generation biomass (56.22 t/ha). We conclude that the system is favorable for the region, subject to the conditions of the research, however, they still need more studies and experimental monitoring in the coming years.

Key words: Coffee agroforestry. Tree. Biomass. Carbon sequestration. Bioenergy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Evolução dos desembolsos em programas, fundos e linhas de financiamento do BNDES para o setor florestal, Brasil, 2012	29
Figura 2 – Ilustração de briquetes e péletes.....	36
Figura 3 – Croqui do experimento exemplificando as parcelas e localização das mudas, IAPAR – Londrina, 2012	43
Figura 4 – Mapa de localização dos blocos e tratamentos para o café com arbóreas, IAPAR – Londrina, 2012.....	43
Figura 5 – Diferenças produtivas entre os pés de café com sombreamento das arbóreas <i>Gliricidia sepium</i> , <i>Trema micrantha</i> e <i>Heliocarpus popayanensis</i> , conforme o experimento.....	48
Figura 6 – Fluxo esperado de benefícios para o monocultivo do café	51
Figura 7 – Monocultivo de café comparado ao café arborizado com a espécie <i>Heliocarpus popayanensis</i>	57
Figura 8 – Identificação da espécie <i>Gliricidia sepium</i> , conforme experimento	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Impacto do aquecimento global na produção agrícola do café no Brasil nos anos 2020, 2050 e 2070	15
Tabela 2 – Exportações Agrícolas do Paraná, 2013-2014, (FOB US\$ bilhões).....	16
Tabela 3 – Produção de café em grãos do Paraná comparado a Londrina, 2012	16
Tabela 4 – Produção de Café do Paraná comparado a Londrina, Safras de 2012/2013.	17
Tabela 5 – Temperatura e umidade relativa do ar, ventos e precipitação pluviométrica de Londrina, no período de 1976 a 2014	21
Tabela 6 – Investimentos necessários para fábrica de briquetes no Brasil, 2015	38
Tabela 7 – Altura, diâmetro na altura do peito (DAP), diâmetro da copa e percentual de replantio das arbóreas e produtividade do café, segundo experimento – Londrina, 2014.....	50
Tabela 8 – Custo de produção no monocultivo do café no Paraná, novembro, 2014	52
Tabela 9 – Estimativa de valores do fluxo de caixa para o café no monocultivo por hectare, no Paraná por 18 anos.....	53
Tabela 10 – Indicadores financeiros para o café no monocultivo, Paraná, 2014	54
Tabela 11 – Estimativa de valores do fluxo de caixa para o café arborizado por hectare, no Paraná, por 18 anos.....	56
Tabela 12 – Indicadores financeiros para o monocultivo de café comparado ao café arborizado, Paraná, 2014	56
Tabela 13 – Resultados do cálculo de Biomassa Arbórea (BA) e Biomassa Total de Arbóreas Vivas (BTAV), por espécie, IAPAR – Londrina, 2014	59
Tabela 14 – Resultados da secagem de biomassa gerada a partir de podas das arbóreas em estufa á 65°C, segundo experimento, Londrina, 2014	60

Tabela 15 – Avaliação de mortalidade do cafezal para os tratamentos, após a ocorrência de geadas, IAPAR - Londrina, abril de 2014	62
Tabela 16 – Resultados do cálculo do Carbono na Biomassa Vegetal (CBV), por espécie, IAPAR - Londrina, 2014	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIPEL	Associação Brasileira das Indústrias de Péletes
APP	Área de Preservação Permanente
BA	Biomassa de Árvores Vivas e Mortas em Pé
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BTAV	Biomassa Total de Árvores Vivas
CBV	Carbono na Biomassa Vegetal Total
°C	Graus Celsius
DAP	Diâmetro Altura do Peito
DERAL	Departamento de Economia Rural
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
CF _j	Fluxo Esperado de Benefícios Futuros
CF ₀	Custo Fixo Inicial
GEE	Gases de Efeito Estufa
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
Ha	Hectare
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
IBC	Índice Benefício/Custo
IBF	Instituto Brasileiro de Florestas
ICRAF	International Centre for Research in Agroforestry
IEA	Índice de Equivalência de Área
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
Kg	Quilos
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MME	Ministério de Minas e Energia
m/s	Metros por Segundo
mm	Milímetros
PNE 2030	Plano Nacional de Energia 2030
RCEs	Reduções Certificadas de Carbono
RL	Reserva Legal
ROIA	Retorno sobre Investimento Adicionado
SAFs	Sistemas Agroflorestais
SEAB	Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná

SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SELIC	Taxa do Sistema Especial de Liquidação e Custódia
SMA	Sistema de Monitoramento Agroclimático
SUTs	Sistemas de Uso da Terra
t.	Toneladas
TBF	Taxa Básica Financeira
TJLP	Taxa de Juros de Longo Prazo
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TR	Taxa Referencial
VPL	Valor Presente Líquido
VPLa	Valor Presente Anualizado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	CAFÉ NO MONOCULTIVO, CAFÉ ARBORIZADO E BIOENERGIA	14
2.1	MONOCULTIVO DO CAFÉ.....	14
2.2	CAFÉ ARBORIZADO	17
2.3	SISTEMAS AGROFLORESTAIS	20
2.4	VISÃO ECONÔMICA	25
2.4.1	Indicadores Financeiros	25
2.4.2	Linhas de Financiamento para Projetos Florestais.....	28
2.5	BIOENERGIA	29
2.5.1	Biomassa para Bioenergia	30
2.5.2	Péletes e Briquetes	35
2.6	EMISSÕES E SEQUESTRO DE CARBONO	39
3	METODOLOGIA	42
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO DE CAFÉ ARBORIZADO	42
3.2	ASPECTOS ECONÔMICOS: MONOCULTIVO DE CAFÉ E CAFÉ ARBORIZADO	43
3.3	BIOMASSA FLORESTAL PARA GERAÇÃO DE ENERGIA.....	45
3.4	ASPECTOS AMBIENTAIS: SEQUESTRO DE CARBONO.....	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
4.1	RENDIMENTO DO CAFÉ E DAS ESPÉCIES ARBÓREAS	47
4.2	CÁLCULOS FINANCEIROS NO SISTEMA CAFEIEIRO	50
4.2.1	Indicadores de Desempenho Financeiro para o Monocultivo de Café.....	51
4.2.2	Cálculos Financeiros para o Café Arborizado	54
4.3	DESTINAÇÃO DA BIOMASSA PARA BIOENERGIA	58
4.4	OUTRAS INTERFERÊNCIAS AMBIENTAIS	61
5	CONCLUSÃO	65
	REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

O Paraná já foi um grande produtor de café, mas devido a vários fatores, econômicos e climáticos, a regionalização produtiva do café sofreu migrações. Esse fato também aconteceu na cidade de Londrina, que ficou conhecida como a “Capital Mundial do Café”, mas depois de intempéries climáticas, reduziu significativamente a sua área produtiva.

Com um manejo adequado dos recursos empregados, o café arborizado consegue-se reduzir as variações climáticas e favorecer a produtividade do cafezal, mas esse não é o único argumento positivo, as árvores podem ser fornecedoras de biomassa para geração de bioenergia, melhorando o sistema produtivo e atuando como sumidouros de carbono da atmosfera.

Assim, o presente trabalho, além da revisão bibliográfica, inclui dados referentes a um experimento realizado pelo Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Londrina, de café adensado divididos em monocultivo e café arborizado com as seguintes espécies: *Moringa oleifera*, *Croton floribundus*, *Trema micrantha*, *Gliricidia sepium*, *Senna macranthera*, *Heliocarpus popayanensis* e *Mimosa scabrella*.

A análise dos dados adquiridos propiciou a obtenção de respostas ao seguinte problema de pesquisa: existe perspectiva econômica de café arborizado para a região de Londrina, e quanto à utilização da biomassa proveniente de podas e desbastes para geração de bioenergia?

Como é um estudo baseado em um projeto maior do IAPAR, que visa a melhoria na produtividade de café, acaba por envolver outras áreas do conhecimento, assim não foram considerados apenas os aspectos econômicos, mas também as interferências e contribuições ambientais e agronômicas, inserindo a temática energética com o uso da biomassa florestal.

O objetivo geral consiste em analisar a viabilidade econômica do café arborizado associado ao aproveitamento da biomassa gerada de podas e desbastes para a geração de bioenergia.

Dentre os objetivos específicos estão: acompanhar o experimento realizado no IAPAR, de monocultivo de café e café arborizado compreendendo os resultados disponibilizados; utilizar indicadores financeiros para avaliar o monocultivo cafeeiro e o café arborizado, destacando as características individuais de cada sistema; quantificar a biomassa florestal gerada no processo para aplicações energéticas e

apontar interferências ambientais abordando nível de mortalidade do cafezal e sequestro de carbono das arbóreas.

Como justificativa para o café arborizado foram apresentados incentivos ligados à melhoria produtiva na cultura do café em quantidade e qualidade, opções de destino para as podas e desbastes das arbóreas com aproveitamento energético e ainda contribuição com a redução das emissões de carbono. Assim, buscou-se o estímulo a esse sistema produtivo para a região de Londrina, antigo potencial produtivo do país, passando por questões energéticas, ambientais e econômicas.

O trabalho foi dividido a partir dessa introdução, em quatro tópicos compostos por:

Revisão bibliográfica com temas que partem do monocultivo de café e café arborizado, seguido de uma visão dos indicadores financeiros e linhas de financiamento referentes às atividades relacionadas ao setor florestal, envolvendo interferências ambientais, agroflorestais e sequestro de carbono, chegando à bioenergia com temas como energias renováveis, biomassa, péletes e briquetes.

Metodologia empregada descrevendo parâmetros para o experimento, descrições para cálculo de indicadores financeiros e fórmulas para obtenção dos cálculos de biomassa e sequestro de carbono.

Resultados e discussões, com quatro subdivisões: rendimento do café e desenvolvimento das espécies arbóreas referente ao experimento; cálculos financeiros do monocultivo de café e café arborizado; destinação de biomassa para bioenergia, com quantidade de biomassa gerada e interferências ambientais como nível de mortalidade do cafezal e sequestro de carbono das arbóreas.

E finalmente as conclusões obtidas no trabalho de acordo com os objetivos pretendidos.

2 CAFÉ NO MONOCULTIVO, CAFÉ ARBORIZADO E BIOENERGIA

Neste item, buscou se fazer uma revisão bibliográfica de temas que envolvem desde o café no monocultivo, em geral e regionalizado, inserindo o sistema agroflorestal e o café arborizado, apresentando mecanismos financeiros, além de abordar o aproveitamento de biomassa para geração de energia e energias renováveis.

2.1 MONOCULTIVO DO CAFÉ

A cultura do café se caracteriza por ser uma lavoura perene, tendo uma vida útil de 18 anos; nos três primeiros anos acontece o período de implantação e formação, e somente se obtém uma produção no terceiro ano, a partir do qual a lavoura entra em produção normal (OCEPAR, 2000). Ou seja, o investidor vai demorar, no mínimo, três anos para começar a recuperar o seu investimento, assim a vida útil produtiva com rendimentos é de quinze anos.

Para o cultivo do café, duas maneiras se destacam: o cultivo tradicional e o adensado. Pode-se dizer que a diferença entre os cultivos se dá a partir do espaçamento, no momento do plantio das mudas. O espaçamento entre as linhas de cafeeiros (E) é resultado do diâmetro da copa do cafeeiro adulto (D) somado ao espaço livre desejado pelo produtor entre as linhas de cafeeiros (L), que na lavoura adensada é igual a zero ou inferior a 20 cm e distância entre as covas na linha podendo variar de 1m até 1.5m ou de 0.5m a 1m, dependendo da cultivar e local (ANDROCIOLI FILHO, 2002).

Existem diferenças entre o cultivo do café tradicional e adensado que vão desde implementação da cultura, formação dos cafezais e produção, interferindo nos custos e receitas. O sistema de cultivo do café adensado apresenta um custo menor de 32% comparado ao sistema tradicional e por unidade produzida e a sua rentabilidade fica em 33,11%, enquanto no sistema tradicional é de 9,36% (OCEPAR, 2000).

Segundo Androcioli Filho (2002), as vantagens do café adensado fazem dessa prática uma base de sustentação para pequenas e médias propriedades cafeeiras, mas o tipo de manejo da lavoura tem que ser conciliado com a densidade e a forma de disposição das plantas a fim de não comprometer o sistema produtivo.

Em um monocultivo de café adensado são grandes as sensibilidades da atividade, desde a necessidade de um solo em boas condições produtivas até a situação de intempéries climáticas. Conforme tabela 1, é possível verificar as previsões de alteração de temperatura e prejuízos no cenário otimista e pessimista para país, segundo Agritempo (2015).

Tabela 1 – Impacto do aquecimento global na produção agrícola do café, Brasil, nos anos 2020, 2050 e 2070

Ano	Cenário Otimista 1,4°C a 3,8°C	Prejuízo (Reais)	Cenário Pessimista 2°C a 5,4°C	Prejuízo (Reais)
2020	-6,75%	628,5 milhões	-9,48%	882,6 milhões
2050	-18,32%	1,7 milhões	-17,15%	1,6 bilhões
2070	-27,60%	2,57 milhões	-33%	3 bilhões

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do Agritempo (2015)

Culturas tolerantes a altas temperaturas, provavelmente serão beneficiadas até o seu limite próprio de tolerância ao estresse térmico. No caso de baixas temperaturas, regiões que atualmente são limitantes ao desenvolvimento de culturas suscetíveis a geadas, com o aumento do nível térmico decorrente do aquecimento global, passarão a apresentar condições favoráveis ao desenvolvimento de vegetações (ASSAD *et al.*, 2004).

Nas pesquisas de Assad *et al.* (2004), considerando um aumento de 1°C, 3°C e 5,8°C na temperatura média anual do globo, o cultivo do café arábica nos estados de Goiás, Minas Gerais, São Paulo e Paraná será drasticamente reduzido nos próximos 100 anos, se mantidas as condições genéticas e fisiológicas das atuais variedades. Essa constatação foi obtida referente aos cenários atuais preconizados pelos modelos do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC).

Esses estados são tradicionais na cultura do café, embora o cenário já tenha sofrido alterações ao longo dos anos. Por duas décadas, o café foi o principal gerador de riquezas no Estado do Paraná, proporcionando a fixação do trabalhador no meio rural e tornando as pequenas e médias propriedades em economicamente viáveis (OCEPAR, 2000). Até a década de 1970, o café gerou centenas de milhares de empregos, colocou alimento nas mesas de milhares de famílias e gerou riqueza, a ponto de envolver o Estado do Paraná entre os maiores produtores nacionais (ZAPPAROLI *et al.*, 2012).

A cidade de Londrina já foi considerada a “Capital Mundial do Café” durante décadas, mas hoje não exprime mais essa força na cultura cafeeira e entre as razões para o deslocamento produtivo para regiões fora do estado paranaense, está o episódio das geadas. Para Zapparoli *et al.* (2012), na década de 1990, novas áreas foram exploradas e entre as razões, estava o alto risco de geadas no Estado do Paraná, o que alterou o cenário cafeeiro, buscando competitividade marcada pelo uso intensivo de insumos, tecnologias e variedades mais produtivas de café.

Na pauta de exportações agrícolas no Estado do Paraná para os anos de 2013 e 2014, conforme tabela 2, segue a seguinte sequência: Complexo Soja; Carnes; Produtos Florestais; Sucroalcooleiro; Milho e somente na sexta posição do *ranking* aparece o café, sem grandes variações entre 2013 e 2014, segundo SEAB/DERAL (2015).

Tabela 2 – Exportações Agrícolas do Paraná, 2013-2014, (FOB US\$ bilhões)

Segmento	2013	Ranking	2014	Ranking
Complexo Soja	6,15	1º	5,48	1º
Carnes	2,53	2º	2,75	2º
Produtos Florestais	1,36	3º	1,45	3º
Sucroalcooleiro	1,31	4º	1,08	4º
Milho	0,92	5º	0,57	5º
Café	0,39	6º	0,38	6º

Fonte: SEAB/DERAL (2015)

Segundo dados do IBGE (2014), comparando as áreas destinadas à colheita de café no Paraná, o valor chega a 72.400 hectares, com uma quantidade produzida de 104.966 toneladas. Já em Londrina, apresentam-se os seguintes números, 3.400 hectares de área destinada à colheita e 4.230 toneladas de quantidade produzida conforme tabela 3.

Tabela 3 – Produção de café em grãos do Paraná comparado a Londrina, 2012

Produção Café	Medida	Paraná	Londrina
Café Arábica - Área colhida	hectares	71.576	3.400
Café Arábica - Área destinada à colheita	hectares	72.400	3.400
Café Arábica - Quantidade produzida	toneladas	104.966	4.230
Café Arábica - Rendimento médio	kg/hectare	1.466	1.244
Café Arábica - Valor da produção	mil reais	607.161	22.334

Fonte: IBGE (2014)

É possível observar que no ano de 2012, o estado movimentou o valor de 607.161 mil reais, com uma contribuição de 22.334 mil reais de Londrina.

Referente à tabela 4, é possível comparar os valores produtivos do Paraná e de Londrina referente a safra 2012/2013. A produção apresenta diferença expressiva, mas em relação à produtividade kg/ha, os valores se aproximam.

Tabela 4 – Produção de Café do Paraná comparado a Londrina, Safras de 2012/2013

Região	Área Total (ha)	Área Perdida (ha)	Produção (t)	Produtividade (kg/ha)
Paraná	81.799	-	94.718,16	1.157,94
Londrina	3.140	-	3.618,00	1.152,23

Fonte: SEAB/DERAL (2015)

2.2 CAFÉ ARBORIZADO

A intensidade da radiação solar sobre a cultura influencia a estrutura fotossintética, e o nível de radiação solar pode modificar a estrutura da folha durante o seu desenvolvimento (RIGHI *et al.*, 2007). Os autores destacam que as plantas de café toleram uma diminuição na disponibilidade de radiação solar para 50%, mas o importante é saber o momento certo para reduzir o volume das copas das árvores a fim de favorecer a radiação solar no momento da floração, quando a planta mais precisa de energia.

Para Ricci *et al.* (2004), é recomendável entre 30 a 40% de sombreamento, dependendo das condições de clima e da fertilidade do solo, com duas maneiras de se obter a taxa de sombreamento desejado, seja por espaçamento ou por prática de podas. Os autores complementam que o plantio pode ser por meio do espaçamento das árvores, que pode ser maior ou menor, de acordo com o porte de cada espécie; normalmente o espaçamento é no sombreamento definitivo, variando de 8x8m até 15x15m.

Como muitas das espécies usadas têm um crescimento lento, o produtor pode optar por um plantio mais adensado e na medida em que as árvores forem crescendo, eliminam-se algumas ou opta-se por dosar a sombra por meio de podas; já quanto à localização das árvores, estas devem ser plantadas obedecendo ao desenho do cafezal, em curvas de nível e na mesma linha dos cafeeiros, deixando livres as ruas para passagem de máquinas. (RICCI *et al.*, 2004).

Para Notaro *et al.* (2014), o café é uma das principais mercadorias produzidas pelo Brasil, onde a maior parte da safra é produzida no âmbito dos sistemas de monocultivo, no entanto, esta prática de gestão reduz a fertilidade, matéria orgânica e produtividade do solo. Já no café arborizado, esses efeitos são atenuados pela presença das árvores, que protegem o cafezal e contribuem com matéria orgânica adicional.

O Índice de Equivalência de Área (IEA) pode dizer se existe eficiência no uso da terra, incluindo medidas para café consorciado. O IEA dá a dimensão da eficiência no uso da terra proporcionada por um determinado tratamento e permite, inclusive, a soma do desempenho de diferentes culturas que ocupam a mesma área; as tecnologias de consorciação são consideradas eficientes quando o IEA (CC - café consorciado/C - monocultivo de café) for superior a 1,0 (PERDONÁ; SORATTO; ESPERANCINI, 2015).

Segundo Perdoná, Soratto e Esperancini (2015), o uso da consorciação e da irrigação permite melhor aproveitamento do uso da terra, diminui o período de retorno do investimento, amplia a renda e a perspectiva financeira desses cultivos.

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são técnicas de cultivo onde em uma mesma área, são consorciadas espécies arbóreas e cultivos agrícolas e/ou animais. Os estudos envolvendo tais sistemas têm avançado muito em várias regiões do Brasil, incentivados tanto pelo uso de práticas conservacionistas do solo e da água, quanto pela manutenção de produtividades satisfatórias e até mesmo com maiores retornos ao produtor (SALGADO *et al.*, 2006).

No café arborizado pode-se comercializar ou dar outros usos à madeira em um período de tempo estimado que não interfira nas outras culturas, assim se compensa o valor investido na formação florestal. Considerando-se como horizonte de planejamento apenas um corte da cultura arbórea, variações na receita da cultura agrícola não afetam a idade ótima de corte, entretanto, em horizonte de planejamento de vários cortes, variações na receita agrícola implicam em variações inversamente proporcionais na idade ótima de corte (MAGALHÃES *et al.*, 2014).

Conforme Magalhães *et al.* (2014), é mais interessante economicamente antecipar o corte das árvores e reiniciar o sistema, implantando novamente a cultura agrícola, pois a venda desse produto proporcionará aumento no valor presente líquido, podendo reduzir os custos de implantação do sistema.

Existem dois tipos de arborização: o temporário ou provisório e o permanente; o primeiro tipo serve de proteção ao cafeeiro na fase de estabelecimento, permanecendo na área somente durante os primeiros anos, devendo ser eliminado quando o sombreamento definitivo estiver estabelecido, mas para o sombreamento provisório são utilizadas espécies anuais ou perenes, de porte médio, sendo a banana a espécie mais comum nos países latinos (RICCI *et al.*, 2004).

Na seleção de espécies para arborização definitiva, os seguintes requisitos devem ser observados: Ser adaptada às condições ambientais da região; ter capacidade de obter nitrogênio através da fixação biológica; ter crescimento rápido e vida longa; possuir sistema radicular profundo, a fim de não concorrer por água e nutrientes com o cafeeiro; ser preferencialmente, sem espinhos; ser resistente a ventos; possuir copa rala ou perda de folhas no período de julho a setembro, período este em que o café necessita de mais luz para floração; ter boa capacidade de rebrota e proporcionar um bom aporte de nutrientes; proporcionar retorno adicional de renda; não exigir podas frequentes; ser resistente a pragas e agentes de doenças que possam prejudicar o cafeeiro (RICCI *et al.*, 2004).

Para a formação de arborização definitiva, onde são necessárias as práticas de podas, a melhor opção seria a utilização desse resíduo em alguma atividade produtiva. A disponibilização dos resíduos florestais sem uma destinação adequada gera graves problemas ambientais como o assoreamento e poluição dos rios, poluição do ar devido a queima para eliminação dos mesmos, utilização de áreas para armazenamento deste material que poderiam ser destinadas para outros fins e desperdício da matéria prima (BRAND *et al.*, 2002).

Um resíduo ligno-celulósico pode ser reciclado e/ou utilizado como matéria prima em um processo diferente daquele de origem. Por exemplo, pode ser transformado em partículas e constituir-se em painéis à base de madeira. Pode ser também utilizado energeticamente na produção de calor, de vapor ou de eletricidade em grupos geradores ou termelétricas. Outro aproveitamento desse resíduo é sob a forma de combustível sólido, como o carvão vegetal ou ainda ser gaseificado transformado-se em um combustível gasoso ou utilizado como gás de síntese (QUIRINO, 2003).

A prática de podas e desbastes no café arborizado é fundamental na manutenção do sistema de cultivo. Para Hosokawa, Moura e Cunha (2013),

dependendo da intensidade da poda, pode-se interferir no crescimento e competição entre as árvores, seja café e/ou arbóreas, além do aspecto econômico envolvido, não podendo desviar do objetivo da atividade.

A poda é a operação que permite obter produtos mais nobres e de maior valor agregado, contudo, é uma atividade onerosa e seu custo aumenta na medida da altura da árvore e se justifica na medida em que o ganho por ela proporcionado é maior que a inversão realizada ou em função do objetivo da atividade, além de ter bem definido época, intensidade, tipo e grau da poda (HOSOKAWA; MOURA; CUNHA, 2013).

Para os autores Hosokawa, Moura e Cunha (2013), o desbaste influi na forma da árvore, uma vez que ela é em função da relação diâmetro/altura e existe uma gama de tipos de desbaste (seletivos, sistemáticos, mistos e pré-selecionados), e concluem que tanto a poda como os desbastes são instrumentos importantes para o manejo florestal.

Segundo Nogueira e Lora, as metodologias para avaliação dos recursos florestais em formações não homogêneas se baseiam em análises estatísticas, buscando relacionar o volume disponível de lenha e o diâmetro da árvore, medido à altura do peito de uma pessoa (usualmente 1,3 metro acima do solo), abreviado como DAP.

Conhecendo a densidade de árvores por hectare e sua distribuição por classe de diâmetro, pode-se estimar de quantos metros cúbicos dispõe-se por hectare. Para determinar a produtividade sustentável requerem-se, por sua vez, estudos mais específicos, de maneira, a saber, se efetivamente a formação está se regenerando adequadamente. Atualmente também pode-se dispor de métodos para a determinação do potencial de produção de biomassa baseados em imagens de satélites artificiais (NOGUEIRA; LORA, 2003).

2.3 SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Segundo pesquisas de Guimarães *et al.* (2014), no sistema agroflorestal com café e no sistema de café orgânico, a resistência do solo à penetração foi menor e a umidade mais elevada do que no âmbito do sistema de café convencional.

O uso intensivo do solo pode levar à perda da sua qualidade física com

impactos negativos sobre os agregados do solo, a resistência à penetração das raízes, a porosidade e a densidade do solo e os sistemas orgânicos e agroflorestais podem representar uma alternativa sustentável de maior equilíbrio no agro ecossistema, por promoverem maior aporte de matéria orgânica em relação ao sistema convencional (GUIMARÃES *et al.*, 2014).

Segundo Notaro *et al.* (2014), o Sistema Agroflorestal (SAF) é uma opção na gestão da produção sustentável, pois contém árvores que absorvem nutrientes de camadas mais profundas do solo e as folhas ajudam a melhorar a qualidade do solo em áreas de grande altitude, extremamente suscetíveis à degradação ambiental. Os SAFs podem ser adotados na recuperação de áreas determinadas como Reserva Legal, podendo gerar renda ao produtor graças ao consórcio agrícola. Sua maior ou menor viabilidade econômica irá depender de um manejo mais intensificado na área para a produção agrícola e de preços satisfatórios para venda no mercado (RODRIGUES, *et al.*, 2007).

Fatores como temperatura, umidade, ventos e precipitação pluviométrica influenciam diretamente a agricultura. Por isso, foi incluída a tabela 5, referente à dados da estação meteorológica de Londrina, situada a latitude de 23°22' S e longitude de 51°10' W, para altura de 585 metros.

Tabela 5 – Temperatura e umidade relativa do ar, ventos e precipitação pluviométrica de Londrina, no período de 1976 a 2014

Mês	Temperatura (°C)		Umidade Relativa	Vento		Precipitação de Chuvas	
	Média Máxima	Média Mínima	Média (%)	Direção	Vel. Média (m/s)	Total* (mm)	Dias Chuva**
JAN	29,4	19,6	77	Leste	2,4	215,9	16
FEV	29,8	19,6	76	Leste	2,2	188,1	14
MAR	29,6	18,7	73	Leste	2,3	137,2	12
ABR	27,9	16,7	71	Leste	2,2	113,5	8
MAI	24,4	13,5	74	Leste	2,1	111,6	8
JUN	23,0	12,0	75	Nordeste/Leste	2,0	97,3	8
JUL	23,5	11,6	70	Leste	2,3	68,9	6
AGO	25,9	12,8	62	Leste	2,4	49,0	5
SET	26,7	14,5	63	Leste	2,8	118,8	9
OUT	28,7	16,8	65	Leste	2,8	142,0	10
NOV	29,4	17,9	66	Leste	2,8	160,0	11
DEZ	29,5	19,1	72	Leste	2,5	202,5	14
ANO	27,3	16,1	70,4			1605	

Fonte: IAPAR (2015)

*Precipitação total mensal médio.

**Total médio de dias chuvosos (dias com 0.2 mm ou mais).

Na tabela 5 é possível identificar que no período de novembro a março encontram-se os meses mais quentes e de maio a agosto estão os meses com as menores temperaturas. Para as chuvas, pode-se dizer que de junho a agosto tem o menor índice de chuvas e de novembro a fevereiro estão os meses mais chuvosos, com uma umidade relativa do ar de 70,4 e 1.605 mm de precipitação de chuvas, esses valores médios no ano desde 1976 a 2014 conforme IAPAR (2015).

Conforme pesquisa de Fernandes *et al.* (2013), comparativamente ao tratamento com café no monocultivo, a maioria dos sistemas arborizados proporcionou algum grau de proteção às plantas de café, resultando em menor percentual da parte aérea queimada. Os autores afirmam, que entre as arbóreas utilizadas neste estudo, apenas *Gliricidia sepium* mostrou-se suscetível à geada, como verificado pela copa totalmente “queimada” pela geada.

Nas condições de espaçamento e geadas ocorridas neste estudo, a arborização mostrou-se uma alternativa de redução de danos ao cafeeiro e as espécies *Trema micrantha* e *Heliocarpus popayanensis* conferem maior proteção dos cafeeiros aos efeitos adversos de uma geada moderada à forte, do que as demais espécies arbóreas testadas (FERNANDES *et al.*, 2013).

Os componentes arbóreos presentes na lavoura cafeeira, além de favorecerem incremento na produtividade dos cafeeiros, mantêm relação ecológica altamente positiva com esses ambientes, aumentando a biodiversidade e favorecendo a presença de espécies, que normalmente não ocorrem nos monocultivos cafeeiros (SALGADO *et al.*, 2006).

A arborização ainda retarda e uniformiza a maturação dos grãos proporcionando eficiência na colheita. Nas pesquisas desenvolvidas por Petek, Sera e Fonseca (2009), concluiu-se que todos os estágios fenológicos do café, exceto o verde cana, são influenciados pela temperatura e contribuem para determinar a exigência térmica para atingir a maturação dos frutos.

A contribuição do SAF inclui a formação de quebra-ventos vegetais, interferindo no resultado das plantas, por meio de regulação nos índices de umidade e temperatura, além de alterar as condições do solo. O solo sob o sistema agroflorestal apresenta menor densidade aparente, maior porosidade, menor resistência à penetração e maior estabilidade de agregados, quando comparado ao mesmo solo sob o sistema convencional (CARVALHO; GOEDERT; ARMANDO, 2004).

O objetivo da instalação de quebra-ventos é reduzir a velocidade dos ventos, os quais causam aumento da evapotranspiração e dano mecânico nas plantas, afetando principalmente a temperatura do ar e do solo, a umidade atmosférica, a evaporação da água, a umidade e o escoamento superficial do solo, assim como as suas propriedades físicas e químicas e tudo isso permite maior e melhor produção (CRESTANA *et al.*, 2007).

Segundo Campanha *et al.* (2007), a serrapilheira que são os restos de vegetação, formam uma camada de cobertura do solo que é fonte de nutrientes. Para eles o aporte de serrapilheira em sistemas agroflorestais pode melhorar as características químicas e físicas do solo, diminuir a erosão e permitir a manutenção da umidade no solo por mais tempo.

No SAF, apresentaram-se dois picos de produção de serrapilheira, o primeiro (durante o mês de maio) em razão, principalmente, da queda de folhas dos cafeeiros e o segundo (entre setembro e outubro), da queda das folhas de árvores nativas (CAMPANHA *et al.*, 2007). Nos seus experimentos, Campanha *et al.* (2007), concluirão que o sistema agroflorestal com cafeeiros produziu maior quantidade de serrapilheira que os cafeeiros em monocultura, devido à presença do componente arbóreo e à maior idade dos cafeeiros, o SAF se mostrou ainda, melhor armazenador de água no solo na camada mais profunda (20-40 cm), em comparação com o monocultivo.

Em experimento de consórcio café (*Coffea arabica*) x seringueira (*Hevea brasiliensis*), na estação do IAPAR, em Londrina, PR, realizada por Leal *et al.* (2006), com o objetivo de estudar a produtividade das plantas de café situadas sob a influência das copas das seringueiras nos lados norte e sul das filas duplas de seringueira, foram analisadas a produção de café em 2006 (3º ano de produção do café e ano de alta produção) e as temperaturas das folhas dos cafeeiros situados sob influência das copas das seringueiras, em um dia de inverno e em um dia próximo ao solstício de verão de 2005.

A orientação leste-oeste das filas de seringueiras no consórcio entre café e seringueira, interfere na quantidade de radiação solar recebida durante o ano pelas plantas de café situadas no limite das copas de árvores e a redução da temperatura das folhas dos cafeeiros favoreceu à produtividade das plantas situadas no lado sul das linhas de seringueira, indicando que nas condições climáticas de Londrina, o sombreamento pode aumentar a produtividade dos cafeeiros (LEAL *et al.*, 2006).

O Brasil, com sua dimensão continental, possui uma considerável heterogeneidade climática, tipos de solo e topografia. Para Assad *et al.* (2004), considerando-se os prognósticos de aumento das temperaturas, pode-se admitir que as regiões climaticamente limítrofes àquelas de delimitação de cultivo adequado de plantas agrícolas se tornarão desfavoráveis ao desenvolvimento vegetal e quanto maior a anomalia, menor a aptidão da região, até o limite máximo de tolerância biológica ao calor.

Questões como espaçamento e variedade de espécies são características importantes na tomada de decisão em um sistema agroflorestal, pois podem interferir nos resultados produtivos. O espaçamento pode ajudar a controlar adversidades temporais como temperaturas elevadas ou geadas, visto que a copa das árvores podem diminuir oscilações de temperatura. O espaçamento entre as plantas é um dos fatores que pode estar relacionado com os danos provocados por geada. Isso em razão da radiação solar interceptada através do dossel formado pela copa das árvores (QUEIRÓZ DE SOUZA *et al.*, 2011).

Para os autores Queiróz de Souza *et al.* (2011), quando se tem um conjunto de diferentes espécies de plantas, como é o caso dos sistemas agroflorestais, é de se esperar diferentes formações de dosséis e conseqüentemente disparidade de intensidade de danos provocados por geada nas diferentes essências. No experimento de Righi *et al.* (2007), as plantas de café mostraram uma variação clara na arquitetura da copa, principalmente na vertical, e o percentual da copa sugere uma maior capacidade de plantas para interceptar e usar o brilho.

Nas pesquisas realizadas por Salgado *et al.* (2006), os autores relataram que no período de coleta dos dados, pôde se observar a presença constante de fauna silvestre na área arborizada, principalmente de indivíduos da avifauna, que utilizam as árvores para alimentação, descanso e nidificação. Essa busca de soluções que encontrem equilíbrio ambiental e financeiro é importante para a situação atual, em que o mundo se preocupa com questões como desmatamentos e aquecimento global.

De acordo com Nogueira e Lora (2003), a exploração florestal indevida causa vários impactos ambientais negativos como erosão, compactação do solo, redução dos cursos de água e remoção dos nutrientes do solo, mas com manejos florestais adequados em cada ecossistema, estes efeitos podem ser evitados ou bastante atenuados, sem impedir o uso da biomassa florestal.

2.4 VISÃO ECONÔMICA

Assaf Neto e Lima (2011) e Souza e Clemente (2008) trabalham com indicadores financeiros como o Valor Presente Líquido (VPL), Valor Presente Anualizado (VPLa), Índice Benefício/Custo (IBC) e o Retorno sobre Investimento Adicionado (ROIA). E para sistemas consolidados, esses cálculos são considerados simples, pois existem inúmeros parâmetros, calculados de forma específica e individualmente.

Mas quando se trata de sistemas inovadores, com culturas ou tratamentos pouco utilizados, existem poucas referências que contemplam análises mais aprofundadas e esse é o caso do café arborizado para o Brasil. Assim foi necessário trabalhar com estimativas e adaptar metodologias.

Para o que se chama de desenvolvimento sustentável, o governo através do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), oferece linhas de financiamento. No desenvolvimento florestal, a situação não é diferente e é necessário conhecer esses benefícios quando se opta por trabalhar com sistemas agroflorestais.

2.4.1 Indicadores Financeiros

São necessários estudos complementares para os sistemas consorciados, que foquem aspectos importantes e promovam melhor aproveitamento do seu potencial. Entre esses está a incorporação das análises econômicas e financeiras, as quais avaliam os SAFs quanto à sua perspectiva econômica e rotação florestal e, assim, motivem sua implementação no setor florestal e nos sistemas de produção brasileiros (MAGALHÃES *et al.*, 2014).

Segundo Arco-Verde e Amaro (2011), para a correta utilização de SAFs, objetivando a posterior análise da perspectiva financeira e econômica do projeto e tomada de decisão com relação ao investimento necessário, se têm como ferramentas coeficientes técnicos obtidos, basicamente, de três formas diferentes. Essas formas são crescentes em nível de complexidade e tempo sendo divididas em: a) através de revisão de literatura, buscando-se informações nas publicações disponíveis; b) recorrendo a um técnico agrícola com experiência em SAFs e

conhecimento dessas informações; c) pela avaliação *in loco*, executando todas as medições, em tempo real, durante o desenvolvimento das atividades em um SAF.

Conforme Lopes e Almeida (2003), os pontos fortes do sistema agroflorestal são encontrados em indicadores como produtividade da terra, relações com os mercados e qualidade do solo e a sua fraqueza é vista nos indicadores de renda líquida e impactos em outros sistemas interferindo nas decisões da propriedade.

Lopes e Almeida (2003), afirmam que o conceito de sustentabilidade econômica é novo e está constantemente sendo redefinido e os resultados de estudos práticos de sustentabilidade do sistema não podem ser generalizados com precisão, pois os sistemas em estudo geralmente são adaptados às características específicas do local estudado. Eles são enfáticos ainda quando concluem que a adoção de técnicas agrícolas sustentáveis ocorrerá quando os agricultores acreditarem que a agricultura sustentável trará recompensas.

Para vislumbrar essas recompensas, os indicadores financeiros tem que apresentar resultados positivos. O primeiro passo seria montar um fluxo esperado de benefícios. O Fluxo Esperado de Benefícios Futuros (CF_f) é obtido por meio de estimativas de prováveis valores para prováveis cenários e não é uma tarefa trivial quando se está trabalhando com novos projetos e mercados dinâmicos, o que induz, para efeito prático, o uso de valores médios (SOUZA; CLEMENTE, 2008). Esse é o caso do café arborizado, que empregaria a biomassa gerada de podas e desbastes das arbóreas para possíveis cálculos comparativos com o café convencional, necessariamente empregando o uso de estimativas e médias aproximadas.

Depois de montado o Fluxo Esperado de Benefícios Futuros, o próximo passo é definir a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) utilizada com base no mercado, onde ela é usada como taxa de juros, sendo que o problema é que algumas taxas sofrem variações. As taxas de juros que mais impactam a TMA são: Taxa Básica Financeira (TBF), Taxa Referencial (TR), Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP) e Taxa do Sistema Especial de Liquidação e Custódia (SELIC) (SOUZA; CLEMENTE, 2008). No Brasil, essa taxa seria próxima dos rendimentos da caderneta de poupança (6% ao ano mais TR) (SOUZA; CLEMENTE, 2008).

De acordo com a legislação atual, a remuneração dos depósitos de poupança é composta de duas parcelas: I - a remuneração básica, dada pela Taxa Referencial - TR, e II - a remuneração adicional, correspondente a 0,5% ao mês, enquanto a meta da taxa Selic ao ano for superior a 8,5%; ou 70% da meta da taxa

Selic ao ano, mensalizada, enquanto a meta da taxa Selic ao ano for igual ou inferior a 8,5% (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2015).

Com a TMA definida, pode-se calcular o restante dos indicadores financeiros como Valor Presente Líquido (VPL). O valor presente líquido exige a definição prévia da taxa de desconto a ser utilizada nos vários fluxos de caixa e não apura diretamente a mensuração da rentabilidade do projeto; ao descontar todos os fluxos de entradas e saídas de caixas de um investimento por uma taxa de desconto mínima aceitável pela empresa, o VPL expressa, em última análise, seu resultado econômico (riqueza) atualizado (ASSAF NETO; LIMA, 2011).

Porém quando se pretende comparar sistemas diferentes como café no monocultivo e café arborizado, diferenças como custos são determinantes nos resultados. Os custos envolvidos no plantio de um povoamento florestal segundo Hosokawa, Moura e Cunha (2013), contemplam os seguintes tópicos: Preparo do terreno; Mudas; Plantio propriamente dito; replantio; tratos silviculturais; proteção; material; infraestrutura; e empreiteiro. Ainda são envolvidos custos administrativos e custos de corte, que pode variar dependendo da natureza do plantio, desde podas e desbastes até a derrubada das árvores.

Na avaliação financeira de produtos agroflorestais envolvendo café, de uma maneira geral, Arco-Verde e Amaro (2011), descrevem como atividades envolvidas: marcação, coveamento, plantio e replantio, capina, aplicação de herbicidas, aplicação de inseticidas, adubação de cobertura, podas de manutenção, colheita, desbrota e derriça do café no pano. Essas atividades teriam seus custos calculados por homem-dia e somente o transporte envolveria máquinas com custos calculados por hora, além dos insumos.

Os coeficientes técnicos para os Sistemas Agroflorestais (SAFs) estão baseados na quantidade de mão de obra necessária para desenvolver as atividades necessárias à implantação, manutenção e colheita no sistema e nas quantidades de insumos demandadas por cada cultura utilizada (ARCO-VERDE; AMARO, 2011).

Para os autores, a partir da multiplicação da matriz de coeficientes técnicos pelo vetor de preços dos fatores de produção são identificados os custos de produção do sistema; já as receitas são obtidas através da produção estimada de cada cultura, considerando-se as condições edafoclimáticas locais, os respectivos ciclos e o pacote tecnológico utilizado. Uma vez conhecidos os custos e receitas pertinentes ao sistema, pode-se efetuar a análise financeira do projeto de SAF, a

partir do cálculo e interpretação de seus indicadores financeiros. (ARCO-VERDE; AMARO, 2011).

2.4.2 Linhas de Financiamento para Projetos Florestais

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) oferece linhas de financiamento para desenvolvimento sustentável, envolvendo três linhas principais que poderiam facilmente ser contempladas na proposta do trabalho. Essas linhas têm o apoio de Investimentos em Meio Ambiente, BNDES Florestal e Apoio a Projetos de Eficiência Energética (Proesco).

Segundo o BNDES (2015), dentre elas está o BNDES Florestal, Apoio ao Reflorestamento, Recuperação e Uso Sustentável das Florestas, e pode ocorrer de algumas formas:

1. Financiamento para o plantio de espécies florestais para fins energéticos e/ou de oxirredução com externalidades positivas ambientais: projetos que reduzam a pressão sobre matas nativas por intermédio do suprimento de madeira na cadeia produtiva dos setores de ferro gusa, ferro ligas, produtos cerâmicos e cal;
2. Financiamento para reflorestamento de áreas degradadas ou convertidas ao manejo florestal: plantios de espécies florestais nativas para conservação e recuperação de áreas degradadas ou convertidas, inclusive Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reservas Legais (RL), e manejo florestal sustentável de áreas nativas; e
3. O apoio do BNDES Florestal também é passível em áreas localizadas em biomas cuja predominância não seja o de floresta. (BNDES, 2015).

O apoio a projetos de manejo florestal deverá incentivar investimentos em agregação de valor na cadeia produtiva da madeira e destinação econômica para os resíduos. Os itens financiados vão desde projetos e sementes até manutenção florestal e aquisição de máquinas e equipamentos e os prazos variam de 11 a 15 anos para pagamento.

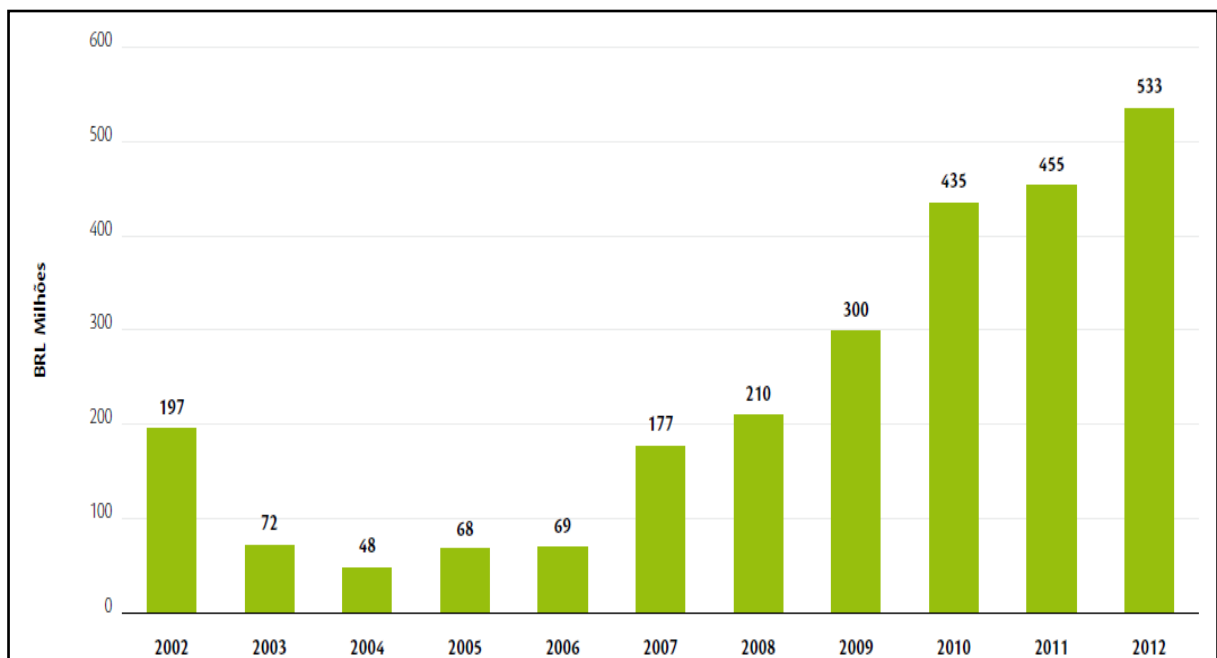
Porém existe um empecilho que é o valor a ser financiado. No site do BNDES, existe um valor mínimo, que é de um milhão de reais. Isso pode inviabilizar

o projeto para pequenos produtores, que terão que se unir a fim de pleitear o valor, ou encontrar outras linhas de financiamento.

Incluindo programas, fundos e linhas de financiamento do BNDES investidos no setor florestal, o valor disponibilizado foi de 533 milhões de reais para 2012 (ABRAF, 2013).

Na figura 1 é possível observar a evolução ao longo dos anos de 2002 a 2012 relacionados a esses recursos, com uma queda expressiva de 2002 a 2006 e retomada do crescimento a partir de 2007.

Figura 1 – Evolução dos desembolsos em programas, fundos e linhas de financiamento do BNDES para o setor florestal, Brasil, 2012



Fonte: ABRAF/BNDES (2012)

2.5 BIOENERGIA

Com a Revolução Industrial, ocorreram inúmeras mudanças no sistema produtivo e no cotidiano das pessoas. Na Europa, nos séculos XVIII e XIX, foram iniciadas mudanças alterando o modelo manufatureiro pelo uso intensivo de máquinas e equipamentos a vapor. Nesse processo de desenvolvimento, a dependência de energia se instaurou, resultando em uma dependência dos combustíveis fósseis e de energia elétrica que é observada até os dias atuais, dominada pelo capitalismo. O capitalismo industrial (segunda fase da Revolução

Industrial) colocou a técnica produtiva em primeiro plano nas decisões econômicas e o processo de inovação tecnológica passou a ser um dos motores da acumulação de energia e do capital com racionalidades locais e organizacionais, intensificando-se o uso de energia (D'AVIGNON, 2010). As alterações dessa época que vigoram na sua essência, antes tendo o componente ambiental ignorado, atualmente passam por um inicial processo de conscientização de avaliação dos impactos ambientais respeitando a resiliência dos recursos naturais.

2.5.1 Biomassa para Bioenergia

A geração de energia baseada em fontes alternativas renováveis passa a ser uma opção tecnológica para iniciar o processo de transformação consistente de sistemas energéticos maduros e tradicionais, para o uso de múltiplas fontes integradas. As fontes não renováveis convencionais, especialmente os combustíveis fósseis como carvão e petróleo, devem ser encaradas como recursos para uma transição de modelos climaticamente obsoletos para aqueles que respeitem os ciclos da biosfera (D'AVIGNON, 2010).

Segundo conceitos microeconômicos referentes à externalidades, Varian (2000), afirma que uma externalidade na produção de forma geral surge quando as possibilidades de um são influenciadas pela escolha de outros, interferindo nas interações sociais e econômicas. Os problemas práticos com externalidades geralmente surgem devido a má definição dos direitos de propriedade; um exemplo é a questão de poluição, que mesmo chegando a uma medida de redução, ainda restará o problema de determinar o meio mais efetivo em termos de custos para alcançar a redução almejada (VARIAN, 2000).

Para D'Avignon (2010) a crença na solução tecnológica, vista por muitos como resolução das limitantes dos recursos naturais, pode gerar externalidades negativas provocando mais problemas ambientais e as incertezas se fazem presentes em ambos os casos, mas a que se atentar para as consequências locais, regionais e globais, imprevisíveis em algumas situações. O autor ainda aborda, mesmo que superficialmente, a existência de alguns paradigmas baseados em energias provenientes da biomassa, apesar de esta ser menos intensiva em capital, equipamentos e tecnologias, são mais intensivas em trabalho humano, especialmente em propriedades familiares.

O uso da biomassa ocorre em muitos casos de forma primitiva e predatória, com desmatamento e degradação do solo, principalmente em países subdesenvolvidos. O que ocorreu, contudo, é que a partir das últimas décadas do século XX, a “biomassa moderna” começou a representar uma contribuição crescente e está, portanto, em plena recuperação e as projeções para o futuro indicam que a importância da biomassa aumentará significativamente, chegando a representar no fim do século XXI de 10 a 20% de toda a energia usada pela humanidade (GOLDEMBERG, 2009).

No campo energético, a madeira é tradicionalmente chamada de lenha e, nessa forma, sempre ofereceu histórica contribuição para o desenvolvimento da humanidade, tendo sido sua primeira fonte de energia, inicialmente empregada para aquecimento e cocção de alimentos, porém, ao longo dos tempos, passou a ser utilizada como combustível sólido, líquido e gasoso, em processos para a geração de energia térmica, mecânica e elétrica (BRITO, 2007).

Na análise de Brito (2007), atualmente a madeira ainda continua participando da matriz energética mundial, com maior ou menor intensidade, dependendo da região considerada. Seu uso é afetado por variáveis como: nível de desenvolvimento do país, disponibilidade de florestas, questões ambientais e sua competição econômica com outras fontes energéticas, como petróleo, gás natural, hidroeletricidade, energia nuclear, etc.

Segundo Nogueira e Lora (2003), existe uma nova fase de interesse da biomassa florestal que surgiu nos anos noventa, passando a ser considerada como forma oportuna de satisfazer parte da demanda energética. É uma importante alternativa a se considerar, devido a motivos além dos fatores econômicos, como menor impacto ambiental e sua renovabilidade, com possibilidade de geração de empregos e dinamização de economias regionais.

A madeira é largamente utilizada para diversas finalidades, entre elas o uso para fins energéticos. Com o aumento da utilização de combustíveis fósseis, o uso da madeira para produção de energia diminuiu. Entretanto, atualmente, devido à pressão de órgãos ambientais e de organizações não governamentais para que ocorra diminuição na emissão de poluentes, existe maior busca por combustíveis provenientes de fontes renováveis, que poluam menos e a utilização da biomassa tem ganhado forças nesse cenário (CARNEIRO *et al.*, 2014).

A relação entre gestão ambiental de empreendimentos energéticos e inovação tecnológica é intensa. A primeira utiliza-se da segunda na busca de soluções aos problemas ambientais causados pelos sistemas energéticos e os processos de inovação tecnológica e de gestão contribuem de forma significativa na mitigação dos impactos ambientais (D'AVIGNON, 2010).

Conforme definição de Nogueira e Lora (2003), o termo dendroenergia se associa com a biomassa energética lignocelulósica em geral e seus subprodutos, sobretudo em bases renováveis, sendo considerados como temas dendroenergéticos os aspectos técnicos, socioeconômicos e ambientais relacionados com a produção florestal, o pré-processamento dos recursos florestais e semelhantes, sua eventual conversão em outras formas de energia final e, por último, sua efetiva utilização. Mas outros produtos não madeireiros de composição semelhante também estão incluídos como resíduos ou subprodutos agrícolas e agroindustriais.

A obtenção de biomassa para dendroenergia pode ser obtida também referente à poda das árvores, pois conforme Ricci *et al.* (2004), existem momentos onde o cultivo cafeeiro precisa de maior incidência solar, como na floração. E a retirada parcial desse produto gera um potencial energético. No uso dos resíduos gerados em sistema florestal, contribui-se com a redução de problemas ambientais relacionados à contaminação do solo, ar e água, devido ao descarte inadequado e atenua os custos de produção, incorporando os resíduos de forma produtiva e eficiente (SATER *et al.*, 2011).

Os SAFs disponibilizam opções para o produtor, diversificando as lavouras tradicionais e indicando que a madeira tem outras finalidades, e podem incrementar o retorno financeiro. No caso particular da dendroenergia, esta é a proposta dos sistemas agroflorestais, ao considerarem a energia da madeira como uma das múltiplas aplicações das árvores e ao difundir todos os amplos benefícios do plantio de árvores às demais atividades no campo, como controle de erosão, sombra e proteção dos animais, fornecimento de frutas, estabelecimento de cortinas quebra-ventos, estabilização do lençol freático, etc. (NOGUEIRA; LORA, 2003).

Segundo Nogueira e Lora (2003), para esses resíduos florestais deve ser adotado o poder calorífico da madeira em cada caso ou de maneira preliminar, pode ser assumido como 13,8 MJ/Kg de resíduo produzido e poder calorífico na definição dos autores é quantidade de calor (energia térmica) que se libera durante a

combustão completa de uma unidade de massa ou de volume do combustível (KJ/Kg ou KJ/m³).

Estudos dos autores Carneiro *et al.* (2014), concluem que a idade influencia a densidade básica da madeira e, conseqüentemente, a quantidade de energia armazenada por metro cúbico. Assim a escolha do melhor material genético deve levar em consideração as características da madeira, bem como a sua produtividade e efetividade técnica de produção. Para eles, deve-se avaliar, também, a produtividade das florestas, com o objetivo de determinar se o ganho em qualidade de madeira é superior ao ganho pela produtividade.

Referente à biomassa florestal, a biomassa de madeira inclui todo o material da árvore: tronco, ramos, folhas, casca e raízes (VIDAL; HORA, 2011). É importante mencionar as variações na composição química da madeira, ou seja, na proporção de holocelulose (hemicelulose e celulose), lignina, extrativos e cinzas, assim como as mudanças na conformação anatômica e nas características físicas, especialmente na densidade, que influenciam sobremaneira as propriedades energéticas dos resíduos gerados ao longo do processo de industrialização das toras (FURTADO *et al.*, 2012).

As características utilizadas para qualificar energeticamente um material são teor de umidade (TU), teor de cinzas (TC) e poder calorífico superior (PCS). Apropriadamente, Furtado *et al.* (2012), expõe as seguintes definições: O TU, dado em porcentagem (%), expressa a quantidade de água presente no material em relação a seu peso total e o TC, também expresso em porcentagem, representa o conteúdo de material inorgânico presente na madeira. Já o PCS é dado em calorias por grama (cal/g) ou quilocaloria por quilograma (kcal/kg) e expressa a quantidade de energia liberada por unidade de massa do combustível, considerando que o material está completamente seco e as condições de queima são ideais, influenciados exclusivamente pela composição química do material.

O poder calorífico líquido (PCL) é a quantidade de energia útil gerada na combustão do material, sendo determinado a partir do PCS e influenciado pelo TC e pelo TU do material no momento da queima. (FURTADO *et al.*, 2012).

A associação da energia da madeira ao uso simplista, adotado nos séculos anteriores, pode ter interferido na falta de regulamentos ou normas como ocorre com os combustíveis gasolina e diesel, bem definidos. Essa associação prejudicou o

desenvolvimento de uma política energética para a madeira e resíduos de biomassa, importantes fontes renováveis e competitivas (HOLLANDA, 2014).

Hoje existe um grande número de tecnologias de conversão energética da biomassa, adequadas para aplicações em pequenas e grandes escalas. Elas incluem gaseificação, métodos de produção de calor e eletricidade (cogeração), recuperação de energia de resíduos sólidos urbanos e gás de aterros sanitários além dos biocombustíveis para o setor de transportes (etanol e biodiesel) (GOLDEMBERG, 2009).

Outro ponto importante para a bioenergia são os processos de conversão da matéria prima em energia. Os processos de conversão energética podem ser classificados em físicos, termoquímicos e biológicos (NOGUEIRA; LORA, 2003). Para os autores, uma caracterização para os processos físicos seria pela densificação, com redução granulométrica e prensagem, estes mecanismos se caracterizam por não afetarem a composição química original do material; já os processos termoquímicos são basicamente realizados em altas temperaturas, o que acarreta mudanças significativas na estrutura e composição dos materiais e são utilizados majoritariamente em materiais com menores teores de umidade. Por último os processos biológicos se desenvolvem geralmente com produtos que apresentam altos teores de umidade e temperaturas mais próximas ao ambiente.

O Plano Nacional de Energia (PNE) 2030 confirma como principais rotas tecnológicas de conversão da biomassa energética disponíveis sendo: conversão termoquímica (inclui a combustão direta, a gaseificação e a pirólise), conversão bioquímica (inclui a digestão anaeróbica, a fermentação/destilação e a hidrólise) e a conversão físico-química: que inclui a compressão, extração e esterificação (BRASIL, MME/EPE 2007).

Em termos de energia proveniente da madeira ou dendroenergia, os processos termoquímicos são os mais relevantes e compreendem desde técnicas mais simples como a combustão, até os mais sofisticados processos de pirólise para a produção de combustíveis líquidos (NOGUEIRA; LORA, 2003).

Mas em todas as etapas de transformação, há perdas de parte do conteúdo energético existente e a perda total de energia é caracterizada pela soma da forma primária e o consumo final (VIDAL; HORA, 2011). Os autores destacam, ainda, que qualquer que seja o processo utilizado na produção de combustível da biomassa haverá sempre a possibilidade de gerar subprodutos e resíduos, cuja quantidade e

qualidade dependerão naturalmente do tipo de biomassa utilizada, do combustível produzido e também da tecnologia em utilizada. As tecnologias para a conversão de biomassa em produtos energéticos somente devem ser implementadas quando seus efeitos negativos sobre o ambiente sejam aceitáveis e comprovadamente os menores possíveis (NOGUEIRA; LORA, 2003).

Como crítica ao processo de utilização de biomassa para energia, e isso inclui os resíduos madeireiros, o Plano Nacional de Energia (PNE) 2030 alerta para a necessidade de avaliações acuradas e precisas do seu potencial de recuperação economicamente viável e de análises completas de seus ciclos de vida como produtos energéticos. Apesar da pouca informação disponível sobre estes parâmetros, decorrente principalmente da ausência, até agora, de interesse de sua utilização como produto energético, os estudos neste sentido começam a ser desenvolvidos de forma mais consistente frente às expectativas da valorização destes resíduos para diversas aplicações sustentáveis (BRASIL, MME/EPE 2007).

2.5.2 Péletes e Briquetes

Segundo informações da Embrapa Agroenergia (2012), nos processos de conversão física da biomassa, estão se destacando dois produtos com características próximas: os briquetes com o processo de briquetagem e péletes derivados da peletização, ambos os processos seguindo a linha de compactação e aumento da concentração energética.

A biomassa de origem florestal, nas formas de serragem ou pequenos cavacos originários de florestas plantadas, é largamente utilizada no Brasil e no mundo. A indústria de base florestal tem esses tipos de rejeitos, elegíveis para a produção de briquetes ou de péletes, mas os resíduos agrícolas, agroindustriais e urbanos também podem ser importantes fontes de matérias-primas (EMBRAPA AGROENERGIA, 2012).

As tecnologias de briquetagem e de peletização são capazes de transformar a biomassa na sua forma moída em blocos compactos com diversas dimensões. Essas tecnologias são conhecidas há muitas décadas e aplicadas na indústria, porém a necessidade de aproveitamento energético de resíduos tem dado especial destaque à aplicação na produção de biocombustíveis sólidos (EMBRAPA

AGROENERGIA, 2012). A figura 2 identifica a aparência e proporção dos briquetes e péletes.

Figura 2 – Ilustração de briquetes e péletes



Fonte: Embrapa Agroenergia (2012)

O briquete é considerado um substituto da lenha e também é conhecido como o “carvão ecológico”, resultado do processo de secagem e prensagem de resíduos. Na produção de briquetes são utilizados resíduos de madeira como pó de serra (serragem), maravalha (fitinhas de madeira), cavacos ou pedaços de madeira picadas, devendo tais resíduos estar com um grau de umidade adequado e desprovido de qualquer produto químico ou outros tipos de aglutinantes, o que irá resultar em um bloco cilíndrico compacto, de alta densidade e ambientalmente sustentável, sendo empregado na produção de energia na forma de calor e gaseificação, em caldeiras, fornos, churrasqueiras, lareiras, dentre outros (BORGES DE SOUSA, 2015).

A Embrapa Agroenergia (2012) define os briquetes da seguinte maneira: os briquetes têm densidade de 650-1200 kg/m³, diâmetro de aproximadamente 60 mm e comprimento de 25 a 300 mm e a biomassa, na forma de partículas finas e secas, são compactados sem a necessidade de adição de nenhum ligante para produção. O mercado brasileiro de briquetes é principalmente o de pizzarias com fornos a lenha, as quais embora usem pequenas quantidades em relação às indústrias,

pagam melhor pelos briquetes. No setor industrial, esse produto é usado como combustível de caldeiras.

Segundo Borges de Sousa (2015), cerca de 30 Kg de briquetes geram energia equivalente a 100 kWh/mês de energia elétrica convencional, incluindo as seguintes vantagens: é um combustível que pode através do manejo correto garantir um ciclo, por exemplo, garantindo o reflorestamento ou replantio; permite o aproveitamento do lixo das indústrias de base florestal; reduz o impacto negativo sobre as florestas nativas para a retirada de lenha; possui poder calorífico mais homogêneo que a lenha e apresenta temperatura de queima superior.

A briquetagem é um processo de compactação de resíduos onde todo resíduo de origem vegetal pode ser processado, bastando atender às necessidades de granulometria e teor de umidade exigido pelo processo e possui a vantagem de transformar um resíduo de baixíssima densidade em uma lenha de alta qualidade, com um teor de umidade por volta de 8-12 %, elevada densidade e forma homogênea (QUIRINO, 2003).

O Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), através do autor Borges de Sousa (2015), define o processo de briquetagem envolvendo as seguintes etapas: trituração, secagem, prensagem (compactadora) a alta temperatura e embalagem, resultando em um produto final de forma cilíndrica ou retangular.

Segundo Borges de Sousa (2015), o investimento inicial requerido para montar uma fábrica de briquetes de madeira em porte de processar 20 t/dia, conforme tabela 6 e os custos detalhados não incluem os valores necessários à adequação do imóvel onde o empreendimento será instalado, pois poderá variar significativamente em cada caso.

Uma planta industrial de briquetes deve ter a briquetadeira, silos de armazenagem, picadores, moinhos e secadores, já depois da produção, os briquetes podem ser ensacados ou empilhados e embalados para transporte e distribuição. O processo é semelhante para os péletes, tendo a peletizadora como equipamento principal. A briquetagem e a peletização são processos que alteram apenas a conformação física da matéria prima e não a composição química, que é dependente da biomassa de origem e ambos têm Poder Calorífico Superior (PCS) na faixa de 16.92 a 17.64 MJ/kg e umidade entre 7 e 12 % (EMBRAPA AGROENERGIA, 2012).

Tabela 6 – Investimentos necessários para fábrica de briquetes no Brasil, 2015

Descrição dos itens para montagem da fábrica	Valor (R\$)
Maquinários e transportes:	
Briquetadeira n/95 ou nac 100 m (compactadora)	385.020,00
Silo seco	13.500,00
Secador de tambor	129.270,00
Silo úmido	22.800,00
Pá carregadeira (recolher e espalhar serragem)	19.500,00
Dois caminhões	120.000,00
Fornalha 2x2 secador de cilindro	17.350,00
Extrusora de pistão mecânico	40.000,00
Total de maquinário e transporte	747.440,00
Materiais para escritório (unidades):	
Mesa (5)	1.550,00
Cadeira (15)	2.100,00
Computador (3)	4.900,00
Impressora a laser (2)	1.200,00
Fax (2)	900,00
Telefone (4)	250,00
Total de materiais para escritório	10.900,00
Total geral	758.340,00

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Borges de Sousa (2015)

Os péletes também são produzidos a partir de resíduos de madeira, que são secos e prensados em forma de grânulos e servem como biomassa para a geração de energia. Porém, no Brasil, consomem-se mais briquetes em forma de tarugo porque as instalações industriais não foram projetadas para usar péletes, o que já acontece na União Europeia, que prefere este tipo de apresentação (BORGES DE SOUSA, 2015).

Os primeiros processos de peletização de madeira ocorreram nos Estados Unidos, provavelmente nos anos 1930. No entanto, sua utilização moderna começou a surgir na década de 1970, também nos Estados Unidos, em resposta à crise de energia (VIDAL; HORA, 2011).

Conforme dados de Vidal e Hora (2011), os péletes têm densidade de 650 a 700 kg/m³, diâmetro entre 6 e 16 mm, comprimento de 25 a 30 mm e para produção, geralmente é adicionado vapor e um pouco de amido para dar o aspecto polido ao produto final e o principal mercado está no exterior, na Europa e Estados Unidos.

Referente aos péletes existe a Associação Brasileira das Indústrias de

Péletes (ABIPEL), a fim de desenvolver e ampliar o mercado. Segundo a ABIPEL (2013), o Brasil dispõe de 16 plantas industriais de péletes, mas muitas delas estão produzindo abaixo da sua capacidade de produção e outras ainda estão em fase de construção, as quais juntas tem capacidade para produzir mais de 300.000 t/ano, mas sua produção atual atinge menos que 20% dessa capacidade (plantas industriais com baixa capacidade produtiva), seis já produzindo no Estado do Paraná, nas cidades de Telêmaco Borba (12.000 t/ano), Maringá (8.000 t/ano), Bandeirantes (5.600 t/ano), Piên (4.000 t/ano), Tunas (2.500 t/ano) e Sengés (1.000 t/ano).

A maior parte das plantas produtoras de péletes tem uma escala muito reduzida, consequência de um modelo de negócio baseado majoritariamente em resíduos de plantas industriais dos produtos florestais e se localizam perto dessas plantas pela importância relativa do custo do frete desse insumo (VIDAL; HORA, 2011).

A Embrapa Agroenergia (2012), confirma que o principal fator que encarece esses biocombustíveis sólidos é a logística, mas para os biocombustíveis sólidos de maneira geral, o custo do transporte em longas distâncias é muito mais caro do que a carga de briquetes ou péletes. A densificação dos resíduos facilita a estocagem e amplia o raio econômico de transporte dos mesmos, viabilizando técnica e economicamente a utilização de muitos resíduos (QUIRINO, 2003).

2.6 EMISSÕES E SEQUESTRO DE CARBONO

Durante muitas décadas a agricultura no Brasil foi responsável por desmatamentos e contaminações do sistema hidrológico, do solo, do ar e de perdas da biodiversidade por defensivos e fertilizantes. Mas nos últimos anos, existe uma corrente em plena expansão que defende a preservação ambiental aliada à qualidade de vida. Para Thomas e Callan (2012), os benefícios ambientais são normalmente separados em categorias, como melhorias na saúde humana, aparência local, economia, no lazer, propriedade e ecologia, mas com dois tipos de efeitos na redução de danos, benefícios ambientais primários que são os benefícios diretos e benefícios ambientais secundários que são os indiretos.

A queima da lenha e resíduos agrícolas em caldeiras de vapor e fornos constitui uma fonte potencial de poluentes atmosféricos e as emissões dependem do

tipo de sistema de combustão utilizado, contudo ainda são menores quando comparadas aos combustíveis fósseis. As emissões gasosas contaminantes, quando se queima biomassa ou resíduos agrícolas, são menores do que quando se faz o uso de combustíveis fósseis (NOGUEIRA; LORA, 2003).

Os autores ainda afirmam, que para as emissões gasosas existem vários separadores de particulados, utilizados em caldeiras para biomassa de vários custos de investimento e manutenção com tecnologias diferenciadas, incluindo vantagens e desvantagens para cada um deles. Além de que energia da biomassa não ocasiona um aumento da concentração de dióxido de carbono atmosférico, visto que esse dióxido de carbono gerado na utilização energética da biomassa é utilizado no processo de fotossíntese.

Na fotossíntese, a energia solar é aproveitada para usar a água que a planta retira do solo e o gás carbônico absorvido do ar, transformando-os em matéria orgânica (carboidratos: glicose, celulose e outros) e despreendendo oxigênio (RODRIGUES, 2000).

Avaliações do potencial de biomassa, inclusive de origem florestal para geração de energia, tem sido foco de vários estudos no Brasil e no mundo. A biomassa apresenta um forte potencial para a geração de energia, com vantagens para a redução da emissão de GEE, sendo de fácil acesso e disponível localmente a custos competitivos em vários países (MOREIRA, 2011).

A biomassa de madeira apresenta-se como uma alternativa viável à utilização dos combustíveis não renováveis na produção de energia, mas a vantagem dessa utilização está longe de ser absoluta, pois necessita da reunião de condições específicas. Necessita de incentivos governamentais para se materializar, além de relacionar à possível adoção de metas de redução de emissão de CO₂, tanto por países desenvolvidos quanto por países em desenvolvimento (VIDAL; HORA, 2011).

Mas não é somente no processo de energia que se pode reduzir a emissão de carbono; no processo de fotossíntese o carbono é capturado por espécies vegetais e armazenado por elas, assim os sistemas agroflorestais podem reduzir os índices de carbono. Nos diferentes Sistemas de Uso da Terra (SUTs), o carbono é liberado pela vegetação depois da sua derrubada e queima e, pelo solo depois das intervenções frequentes no preparo do solo; isso ocasiona o rompimento do estado estável do carbono na biomassa, o aumento na velocidade de mineralização da

matéria orgânica e conseqüentemente, a liberação do carbono que se encontra nos poros do solo (AREVALO; ALEGRE; VILCAHUMAN, 2002).

Conforme Arevalo, Alegre e Vilcahuaman (2002), para estimar o fluxo de carbono que é medido em toneladas de carbono por hectare ano (t/ha/ano), inicialmente, seleciona-se um Sistema de uso da Terra (SUT). Estes são constituídos desde florestas nativas, áreas queimadas para cultivos anuais, pastagens ou plantações perenes, florestas secundárias em diferentes idades, sistemas agroflorestais e silvipastoris, capoeiras melhoradas, entre outros.

Para Alegre *et al.* (2000), um hectare de plantio arbóreo pode absorver em torno de 10 toneladas de carbono por hectare/ano da atmosfera e a estimativa é de que 45% da biomassa vegetal como carbono.

Sabe-se que a capacidade de absorção e fixação de carbono pelas árvores é em função da espécie, da taxa de crescimento, da longevidade, do sítio, do clima e do período de rotação, entre outros. Em geral, fixam mais carbono as florestas secundárias e as plantações jovens. As florestas primárias e as plantações maduras atingem um estágio de equilíbrio quanto à absorção de carbono, já que liberam a mesma quantidade mediante a decomposição da madeira morta e das árvores em senescência (AREVALO; ALEGRE; VILCAHUAMAN, 2002).

Segundo Nogueira e Lora (2003), a dendroenergia atua em dois sentidos, como ferramenta para enfrentar os riscos das mudanças climáticas, reduzindo as emissões devidas aos combustíveis fósseis e por outro lado, capturando o carbono que já está na atmosfera.

3 METODOLOGIA

A metodologia se constitui de quatro partes envolvendo: 1- Descrição dos procedimentos adotados no experimento, durante os 24 meses de pesquisa; 2- Descrição dos cálculos dos indicadores financeiros; 3- Descrição dos cálculos da biomassa gerada; 4- Descrição dos cálculos de sequestro de carbono das arbóreas.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO DE CAFÉ ARBORIZADO

Para o cumprimento dos objetivos propostos, o trabalho constituiu-se de pesquisa bibliográfica e estudos de um experimento relacionado ao projeto sobre Café Arborizado, sediado no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Londrina. O cultivo de café foi adensado, espécie *Coffea arabica*, cultivar IPR 98, e estão divididos em monocultivo de café e café arborizado. As mudas de café foram plantadas em três a cinco de abril de 2012, já as arbóreas foram plantadas de 11 a 15 de maio do mesmo ano.

Foi calculado o índice de replantio das arbóreas e mortalidade do cafezal, ambos em porcentagem, além da produção inicial do café. E o espaçamento entre os pés de café foi de 2,50 m x 0,60 m, contendo 29 pés de café por linha, com 10 linhas. Já as arbóreas respeitam um espaçamento de 7,2 metros entre elas, com 11 pés de café para cada árvore, distribuídas na linha do café em forma de quincôncio.

Por hectare, são 571 árvores e 6.095 pés de café, compreendendo 20 linhas de café no experimento, com 32 parcelas de 19,8m de comprimento e 22,5m de largura. Dentro das parcelas, a área útil para coleta dos dados é de 10m².

Na figura 3 é possível visualizar a área útil das parcelas. Nas extremidades das parcelas foram cultivadas plantas de café a fim de preencher espaços vazios, formando linhas no sentido do comprimento da área. A coleta de amostras para medições de altura total em metros, diâmetro à altura do peito (DAP) em centímetros e diâmetro de copa, também em metros são de valores médios obtidos de quatro repetições, avaliando-se seis arbóreas por parcela.

E conforme a figura 4 é possível observar as quatro repetições, identificadas como A, B, C e D, sendo que os oito tratamentos são organizados por números, sendo: 1 - Testemunha, no monocultivo; 2 - *Moringa oleífera*; 3 - *Croton floribundus*;

4 - *Trema micrantha*; 5 - *Gliricidia sepium*; 6 - *Senna macranthera*; 7 - *Heliocarpus popayanensis*; 8 - *Mimosa Scabrella*.

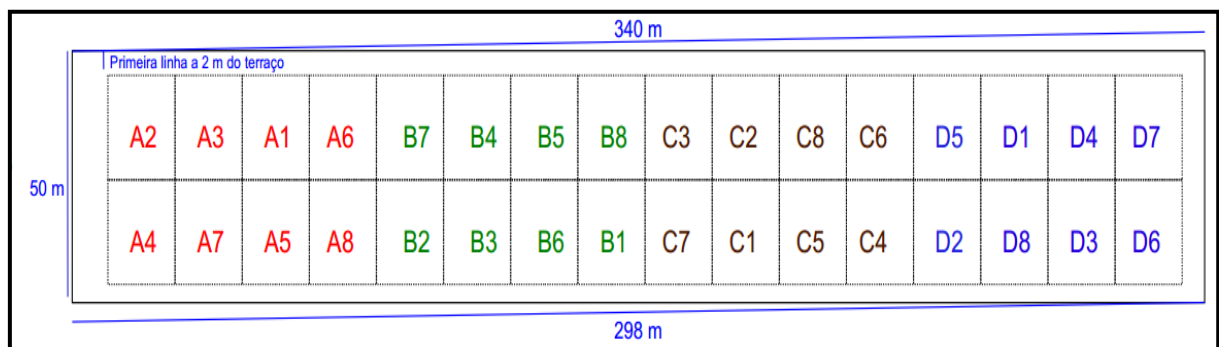
Figura 3 – Croqui do experimento exemplificando as parcelas e localização das mudas, IAPAR – Londrina, 2012



Parcela: 19,8 m (comprimento) x 22,5 m (largura);
 Espaçamento entre plantas de café: 2,5 m x 0,6 m (29 plantas na linha);
 Espaçamento entre arbóreas: 7,2 m (11 plantas de café), alterando em zigzag nas linhas.

Fonte: Dados referentes ao experimento (2014)

Figura 4 – Mapa de localização dos blocos e tratamentos para o café com arbóreas, IAPAR – Londrina, 2012



Fonte: Dados obtidos referentes ao experimento (2014)

3.2 ASPECTOS ECONÔMICOS: MONOCULTIVO DE CAFÉ E CAFÉ ARBORIZADO

Os cálculos, para os dois sistemas foram realizados baseados em estimativas. No monocultivo foi empregado um fluxo de caixa com uma duração de 18 anos, que é a média de vida útil de um cafezal. Com base em Souza e Clemente

(2008), considerou-se a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) como rendimentos da caderneta de poupança, que em 2014 foi de 7,02% ao ano. Para receitas foi usado o preço da saca de café de R\$ 460,96 (média mensal para novembro de 2014), obtido junto ao Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (ESALQ/USP, 2015), por saca de 60 kg líquido, bica corrida, tipo 6, bebida dura para melhor; e produtividade de 18 sacas por hectare, segundo SEAB/DERAL (2015).

Para os cálculos de indicadores financeiros, as referências foram Assaf Neto e Lima (2011) e Souza e Clemente (2008). Assim se calculou o Valor Presente Líquido (VPL), Valor Presente Anualizado (VPLa), Índice Benefício/Custo (IBC) e o Retorno sobre Investimento Adicionado (ROIA), usando as seguintes fórmulas:

$$VPL = -CF_0 + \sum \frac{CF_j}{(1+TMA)^j} > 0 \quad (1)$$

Sendo:

CF_0 = (custo fixo inicial)

R_j = (receitas no período);

CF_j = (Fluxo Esperado de Benefícios Futuros);

TMA = (taxa mínima de atratividade);

j = (período).

$$VPLa = VPL \left(\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right) \quad (2)$$

Sendo:

i = (TMA);

n = (Anos de Investimento).

$$IBC = \frac{\text{Valor presente do fluxo de benefícios}}{\text{Valor presente do fluxo de investimentos}} \quad (3)$$

Sendo:

Valor presente do fluxo dos benefícios = $(VPL+CF_0)$;

Valor presente do fluxo de investimentos = (CF_0) .

E por fim:

$$ROIA = \left[(1 + (IBC - 1))^{\frac{nq}{nt}} \right] - 1 \quad (4)$$

Sendo:

nq: nº de períodos desejados

nt: nº de períodos disponíveis

Já para o café arborizado, além dos dados e fontes utilizadas anteriormente, algumas informações tiveram que ser inseridas, como a produtividade no segundo ano, obtida dos dados do experimento. Para o terceiro ano não foi possível coletar dados referentes a produção, devido à data em que foi realizada a pesquisa, mas os cálculos financeiros foram realizados com base nos cálculos anteriores e referências de Juazeiro dos Santos *et al.* (2000), Arco-Verde e Amaro (2011), Hosokawa, Moura e Cunha (2013).

3.3 BIOMASSA FLORESTAL PARA GERAÇÃO DE ENERGIA

O cálculo da biomassa arbórea viva (kg/árvore) para as sete espécies arbóreas foi realizado a partir do DAP, segundo publicação de Arevalo, Alegre e Vilcahuaman (2002), com metodologia do *International Centre for Research in Agroforestry* (ICRAF) e considerações da Embrapa Florestas.

Na obtenção dos valores, a metodologia foi adaptada conforme a necessidade, utilizando a média de números obtidos. Os valores são médios e obtidos de quatro repetições avaliando-se seis plantas por repetição (amostras de 24 árvores) e, a partir desses valores, foi feito o cálculo utilizando o editor de planilhas Microsoft Office Excel 2007.

Para os cálculos seguiu-se a recomendação de Arevalo, Alegre e Vilcahuaman (2002), onde é representada toda a biomassa das árvores (tronco, ramos e folhas), com diâmetros maiores de 2,5 cm. Assim, calculou-se a biomassa de cada uma das árvores vivas e mortas em pé, sendo utilizada a seguinte equação:

$$BA = 0,1184(DAP^{2,53}) \quad (5)$$

Onde:

BA = biomassa de árvores vivas (kg/árvore)

DAP = diâmetro da altura do peito (cm)

0,1184 = constante

2,53 = constante

Como as parcelas amostrais estão organizadas de forma diferente da publicada na Embrapa, optou-se por relacionar os dados de forma a obter a Biomassa Total de Árvores Vivas (BTAV) em t/ha.

O experimento apresentou um total de 571 árvores por hectare e com a BA calculada em kg/árvore, então foi multiplicado a BA pelo número de arbóreas por hectare para cada espécie. Assim chegou-se a Biomassa Total de Árvores Vivas (kg/ha), transformada de kg/ha em t/ha. Como o experimento não apresentou árvores mortas e nem caídas, a BTAV foi igual à Biomassa Vegetal Total (BVT).

No experimento, foram realizadas as primeiras podas das arbóreas em agosto de 2014. A biomassa gerada foi recolhida, separada em lenha, ramos finos e folhas e passou por um processo de secagem em estufa, a 65°C até atingirem massa constante, obtendo-se resultados em kg/ha.

3.4 SEQUESTRO DE CARBONO

Com vistas à análise ambiental, foi calculado o sequestro de carbono pelas arbóreas por hectare, seguindo a metodologia anterior e utilizando os resultados da BVT, que aplicados na fórmula a seguir, resultou nos valores do Carbono na Biomassa Vegetal Total (CBV), em t/ha.

$$CBV = BVT \cdot 0,45 \quad (6)$$

Onde:

CBV = carbono na biomassa vegetal (t/ha)

0,45 = constante

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a coleta e análise dos dados, buscou-se relacionar o melhor desempenho das arbóreas com a produtividade do café arborizado, envolvendo cálculos econômicos para o monocultivo comparado ao arborizado, e associando benefícios ambientais como regulação de temperatura e cálculos de sequestro de carbono pelas arbóreas. Também foi apresentado o volume estimado para a biomassa gerada, discutindo destinos energéticos e possíveis restrições.

4.1 RENDIMENTO DO CAFÉ E DAS ESPÉCIES ARBÓREAS

Para o controle de sombreamento dos cafezais foram realizadas podas nas arbóreas no ano de 2014, e mantendo as arbóreas como reguladores de temperatura e facilitando a iluminação natural, a fim de melhorar o desenvolvimento e produtividade do cafezal, que dependeu também da espécie arbórea mais adequada ao sistema cafeeiro e a região.

Neste trabalho constatou-se que nos dois primeiros anos de pesquisa, em pleno desenvolvimento das plantas, o café arborizado apresentou resultados mais satisfatórios na produção em relação ao monocultivo de café, dentro das condições da pesquisa.

Na análise do experimento em 2014 é possível afirmar que para o tratamento testemunha de monocultivo de café, a produtividade do café foi igual à zero. Já para o cafezal associado as arbóreas, a produtividade oscilou de zero a 101,99 kg/ha, dependendo da espécie e do desenvolvimento das arbóreas.

Essa comparação de produtividade nos dois casos confirma a opção do café arborizado como benéfica para a região estudada dentro das perspectivas de se optar pelas espécies que melhor se adaptaram ao estudo como a *T. micrantha* e *H. popayanensis*. Essas espécies são nativas pioneiras da região sul e sudeste, tem crescimento rápido e despontam como eficientes barreiras às ações desfavoráveis do vento, ou seja, atuam como quebra-ventos vegetais.

Na figura 5, é possível visualizar a produtividade do cafezal associado ao sombreamento de três das espécies pesquisadas.

Figura 5 – Diferenças produtivas no café arborizado, entre as espécies arbóreas *Gliricidia sepium* (a), *Trema micrantha* (b) e *Heliocarpus popayanensis* (c), verificadas no experimento





Fonte: O próprio autor (2015)

A avaliação foi realizada 24 meses após o plantio, com um total de 571 arbóreas e 6.095 pés de café, ambos por hectare. Se comparar o monocultivo de café ao café cultivado associado a arbóreas, tem-se um maior número de pés de café plantado no sistema solteiro, visto que a área ocupada por uma árvore limita os pés de café. Por outro lado, pode-se observar que no segundo ano, já se apresenta produção no café arborizado, dadas as condições do microclima. Assim, a quantidade de pés de café do experimento no monocultivo é compensada pela produtividade dos cafeeiros arborizados.

Até o momento da coleta de dados, a arbórea que apresentou a maior altura (5,87m) e diâmetro da copa (5,41m) foi a *T. micrantha*, foi a segunda melhor espécie se comparada à produção de café (94,06 Kg/ha) e, a espécie que mais favoreceu a produção de café foi a *H. popayanensis* (101,99 Kg/ha) com altura (5,74m) e diâmetro da copa (4,96m), apresentou valores próximos se comparados com a espécie anterior, conforme tabela 7.

Tabela 7 – Altura, diâmetro na altura do peito (DAP), diâmetro da copa e percentual de replantio das arbóreas e produtividade do café, segundo experimento de café arborizado – Londrina, 2014

Espécie Arbórea	Altura (m)*	EP	DAP (cm)*	EP	Diâmetro copa (m)*	EP	Repl antio (%)*	EP	Prod. do Café (kg/ha) **
<i>Tratamento Testemunha</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0
<i>Moringa oleífera</i>	4,83	0,28	9,71	0,48	3,35	0,27	45,83	14,23	56,26
<i>Croton floribundus</i>	4,20	0,19	8,95	0,35	3,90	0,18	25,00	10,76	32,07
<i>Trema micrantha</i>	5,87	0,34	11,69	0,75	5,41	0,21	33,33	20,41	94,06
<i>Gliricidia sepium</i>	3,31	0,23	4,28	0,37	2,42	0,34	41,67	20,97	0
<i>Senna macranthera</i>	4,48	0,31	8,45	0,71	3,70	0,30	29,17	14,23	12,58
<i>Heliocarpus popayanensis</i>	5,74	0,24	14,26	0,55	4,96	0,08	25,00	10,76	101,99
<i>Mimosa scabrella</i>	3,73	0,19	5,68	0,72	2,92	0,42	87,50	7,98	0

Fonte: Dados obtidos referente ao experimento (2014)

*Valores médios obtidos de quatro repetições, avaliando-se seis plantas por repetição (amostra de 24 arbóreas);

**Média de quatro repetições da produtividade de café beneficiado.

EP = erro padrão;

Quantidade de arbóreas por hectare = 571;

Quantidade de plantas de café por hectare = 6.095;

Avaliação realizada 24 meses após o plantio.

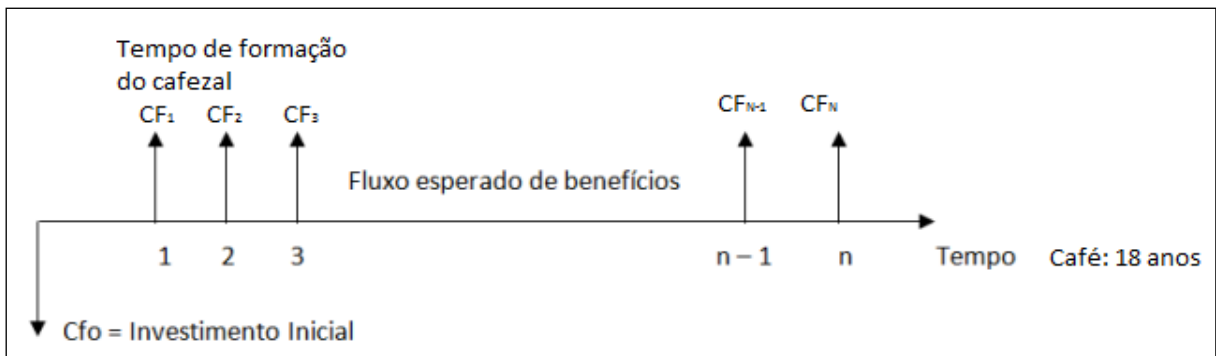
4.2 INDICADORES FINANCEIROS NO SISTEMA CAFEIEIRO

Aplicando alguns indicadores financeiros no sistema cafeeiro é possível ter uma visão aproximada dos valores de retorno de investimento, tanto para o monocultivo de café quanto para o café arborizado. Assim, o desempenho financeiro foi dividido em cálculos do monocultivo de café, embasados nos custos da SEAB/DERAL, e café arborizado com adaptações aos custos da SEAB/DERAL, acrescido das estimativas que se enquadram ao trabalho, permitindo uma comparação dos resultados e análise da melhor opção dentro das possibilidades da pesquisa.

4.2.1 Indicadores de Desempenho Financeiro para o Monocultivo de Café

Para análise de um projeto de investimento, facilita empregar um diagrama de fluxo de caixa, onde o CF_j é composto por despesas como investimentos, fontes de financiamento, entradas e saídas de caixa. Esse fluxo pode representar o café convencional, conforme figura 6.

Figura 6 – Fluxo esperado de benefícios para o monocultivo do café. Adaptado de Souza e Clemente (2008)



Para os cálculos seguintes, foi adotada a tabela 8 representando os custos envolvidos na produção de um cafezal, com valores em reais por hectare, participação de cada custo em porcentagem e separados por custo fixo e variável, para uma produção de 18 sacas de café, de 60 kg/ha, nos valores de novembro de 2014, conforme SEAB/DERAL (2015).

Tabela 8 – Custo de produção no monocultivo de café no Paraná, novembro, 2014

Especificação	R\$/ha	Participação (%)
1 - Operação de máquinas e implementos	631,25	6,10
2 - Despesas de manutenção de benfeitorias	62,81	0,61
3 - Mão de obra temporária	5.123,50	49,50
4 - Sementes/Manivas	-	-
5 - Fertilizantes	758,11	7,32
6 - Agrotóxicos	167,84	1,62
7 - Despesas gerais	139,53	1,35
8 - Transporte externo	69,75	0,67
9 - Assistência técnica	142,32	1,37
10 - PROAGRO/SEGURO	129,69	1,25
11 - Juros	347,21	3,35
TOTAL DOS CUSTOS VARIÁVEIS (A)	7.572,01	73,15
1 - Depreciação de máquinas e implementos	202,94	1,96
2 - Depreciação de benfeitorias e instalações	88,14	0,85
3 - Sistematização e correção do solo	335,39	3,24
4 - Cultura	803,38	7,76
5 - Seguro do capital	33,66	0,33
6 - Mão de obra permanente	687,29	6,64
SUB-TOTAL (B)	2.150,80	20,78
7 - Remuneração do Capital próprio	247,42	2,39
8 - Remuneração da terra	380,45	3,68
SUB-TOTAL (C)	627,87	6,07
TOTAL DOS CUSTOS FIXOS (B+C)	2.778,67	26,85
CUSTO OPERACIONAL (A+B)	9.722,81	93,93
CUSTO TOTAL (A+B+C)	10.350,68	100,00

Fonte: SEAB/DERAL (2015)
 Produtividade: 18 sacas de 60kg/ha

O preço da saca do café considerada foi de R\$ 460,96, que é a média mensal para novembro 2014, obtido no Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - ESALQ/USP (2015), por saca de 60kg líquido, bica corrida, tipo 6, bebida dura para melhor.

A partir da tabela 8 foi possível obter a relação de fluxo de monocultivo de café durante 18 anos contados a partir de 2012, com investimento inicial de R\$ 10.350,68, custo fixo de R\$ 2.778,67 e receitas de R\$ 8.297,28, de 2015 a 2030, dando uma visão geral dos valores envolvidos, conforme tabela 9.

Tabela 9 – Estimativa de valores do fluxo de caixa para o monocultivo de café por hectare, no Paraná em 18 anos

Ano	Investimentos (em R\$)	Retorno Bruto (em R\$)	Fluxo de Caixa (em R\$)
2012	-10.350,68	-	-10.350,68
2013	-2.778,67	-	-13.129,35
2014	-2.778,67	-	-15.908,02
2015	-2.778,67	8.297,28	-10.389,41
2016	-2.778,67	8.297,28	- 4.870,80
2017	-2.778,67	8.297,28	647,81
2018	-2.778,67	8.297,28	6.166,42
2019	-2.778,67	8.297,28	11.685,03
2020	-2.778,67	8.297,28	17.203,64
2021	-2.778,67	8.297,28	22.722,25
2022	-2.778,67	8.297,28	28.240,86
2023	-2.778,67	8.297,28	33.759,47
2024	-2.778,67	8.297,28	39.278,08
2025	-2.778,67	8.297,28	44.796,69
2026	-2.778,67	8.297,28	50.315,30
2027	-2.778,67	8.297,28	55.833,91
2028	-2.778,67	8.297,28	61.352,52
2029	-2.778,67	8.297,28	66.871,13
2030	-2.778,67	8.297,28	72.389,74
Total	-60.366,74	132.756,48	

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do SEAB/DERAL (2015)

Segundo Souza e Clemente (2008), um projeto será atrativo se a soma do Fluxo Esperado de Benefícios total for maior que o investimento. O tempo zero geralmente é determinado como data para concentrar os valores e a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) é que descapitaliza o fluxo de caixa, com a melhor taxa e baixo grau de risco. Desse modo, o investidor pode optar por investir no projeto ou na taxa de atratividade.

Como a TMA é calculada com base no mercado afetado por taxas de juros que se aproximam dos rendimentos da caderneta de poupança e conhecendo que no ano de 2014 a remuneração dos depósitos de poupança acumulado foi de 7,02 % ao ano, esse foi o número da TMA considerada para os próximos cálculos como taxa de juros (i). Assim, com os dados de custos da SEAB/DERAL e TMA definidos pode-se calcular o Valor Presente Líquido (VPL) que expressa o resultado econômico atualizado.

O VPL > zero indica que o projeto merece continuar sendo analisado dentro das condições estabelecidas. Para Assaf Neto e Lima (2011), valor presente líquido maior que zero significa que o projeto cria valor econômico, ou seja, aumenta a riqueza. Neste caso o VPL é R\$ 30.083,98. Com o custo inicial de R\$ 10.350,68, tendo uma produção de 18 sacas por hectare, por 15 anos, com os três primeiros anos de investimentos sem retorno financeiro, para o desenvolvimento do cafezal.

No Valor Presente Anualizado (VPLa), todo o fluxo de caixa é transformado em uma série uniforme ao longo dos anos do investimento e conforme os cálculos ficou em R\$ 2.995,05. Já o Índice Benefício/Custo (IBC) é descrito por Souza e Clemente (2008), como a medida de quanto se espera ganhar por unidade de capital investido. Neste caso, é de 3,91 e tanto o VPLa quanto o IBC devem apresentar valores maiores que zero para resultados satisfatórios.

O Retorno sobre Investimento Adicionado (ROIA) é a melhor estimativa de rentabilidade para um projeto de investimento segundo Souza e Clemente (2008). No monocultivo cafeeiro foi calculada a porcentagem de 7,87 para o ROIA, significando a porcentagem de riqueza gerada pelo projeto nesta análise.

A tabela 10 organiza os indicadores de desempenho financeiro do projeto de investimento para o sistema de monocultivo do café nas condições previamente estabelecidas.

Tabela 10 – Indicadores financeiros para o monocultivo de café, Paraná, 2014

Indicadores	Valor
Valor Presente Líquido	R\$ 30.083,98
Valor Presente anualizado	R\$ 2.995,05
Índice Benefício/Custo	3,91
Retorno sobre Investimento Adicionado	7,87 %

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do SEAB/DERAL (2015)

4.2.2 Indicadores de Desempenho Financeiro para o Café Arborizado

Os cultivos de café arborizado podem ser inseridos em pequenas propriedades ou mesmo na agricultura familiar. Assim, o investimento é reduzido, simplificando os equipamentos usados e promovendo um maior número de empregos gerados. Contudo, este sistema se adapta a qualquer área, desde que se tenha um manejo adequado. Durante o plantio das arbóreas, se respeita um

espaçamento adequado com acompanhamento das linhas de plantas do café, de modo que a disposição das arbóreas favoreça o emprego de máquinas e equipamentos no processo produtivo.

Para se calcular os indicadores financeiros do café arborizado, foram consideradas características específicas desse sistema que interferem nos custos e receitas. Segundo Juazeiro dos Santos *et al.* (2000), no SAF, além dos custos considerados para a produção de monocultivo de café, são acrescidos custos com implantação (coveamento, compra, distribuição, plantio e replantio das mudas de arbóreas) e tratos culturais (capinas manuais e podas). Os autores ainda destacam que os custos de incorporação para o SAF com café representam 0,12% dos custos totais das atividades. Essa foi a porcentagem usada como acréscimo para reajustar os custos do café arborizado.

Para as receitas, considerando o experimento, a produtividade de café do segundo ano para o café arborizado com a espécie *H. popayanensis* foi de 101,99 kg/ha (aproximadamente 1,7 sacas de café), obtendo o valor de R\$ 783,63, enquanto o monocultivo cafeeiro não teve produção. Já nos próximos anos, devido à data da coleta de dados (2014), não se tem a produtividade do experimento.

Assim, buscou-se na literatura uma referência sobre o sistema em questão em termos de produtividade. Nas pesquisas de Juazeiro dos Santos *et al.* (2000), sobre a região norte do Paraná com *Grevillea robusta* e café, a diferença em receita entre o monocultivo de café e o café arborizado se dava em R\$ 35.775,00 e R\$ 36.645,00, respectivamente.

Com esses valores, foi considerada como receita para o segundo ano o valor de R\$ 783,63 e nos anos seguintes foi adotada uma variação de 2,43 % maior para as receitas no café arborizado. E a partir dos dados de custos e receita, foi montado o fluxo de caixa, conforme tabela 11.

Após a estruturação do fluxo de caixa, é possível calcular os indicadores financeiros para o café arborizado e seus resultados demonstraram diferenças quando comparados com o sistema tradicional.

A diferença entre os sistemas fica em R\$ 2.298,53 de VPL e R\$ 228,83 de VPLa. O IBC resulta na diferença de 0,21 e o ROIA 0,31%, sendo que os valores foram sempre maiores para o café arborizado. Esses valores encontram-se na tabela 12.

Tabela 11 – Estimativa de valores do fluxo de caixa para o café arborizado por hectare, no Paraná, por 18 anos

Ano	Investimentos (em R\$)	Retorno Bruto (em R\$)	Fluxo de Caixa (em R\$)
2012	-10.363,10	-	-10.363,10
2013	-2.782,00	-	-13.145,11
2014	-2.782,00	783,00	-15.144,11
2015	-2.782,00	8.498,90	-9.427,21
2016	-2.782,00	8.498,90	-3.710,31
2017	-2.782,00	8.498,90	2.006,59
2018	-2.782,00	8.498,90	7.723,49
2019	-2.782,00	8.498,90	13.440,39
2020	-2.782,00	8.498,90	19.157,29
2021	-2.782,00	8.498,90	24.874,19
2022	-2.782,00	8.498,90	30.591,09
2023	-2.782,00	8.498,90	36.307,99
2024	-2.782,00	8.498,90	42.024,89
2025	-2.782,00	8.498,90	47.741,78
2026	-2.782,00	8.498,90	53.458,68
2027	-2.782,00	8.498,90	59.175,58
2028	-2.782,00	8.498,90	64.892,48
2029	-2.782,00	8.498,90	70.609,38
2030	-2.782,00	8.498,90	76.326,28
Total	-60.439,18	136.765,46	

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do SEAB/DERAL (2015) e Juazeiro dos Santos *et al.* (2000)

Os cálculos indicaram que mantendo-se as condições da pesquisa, o café arborizado foi mais vantajoso em termos financeiros, quando comparado ao Monocultivo de café. Esses resultados se devem a custos, receitas e características distintas, que interferem na produtividade cafeeira.

Tabela 12 – Indicadores financeiros para o café adensado, no monocultivo comparado ao café arborizado, Paraná, 2014

Indicadores	Monocultivo	Café arborizado
Valor Presente Líquido	R\$ 30.083,98	R\$ 32.382,51
Valor Presente anualizado	R\$ 2.995,05	R\$3.223,88
Índice Benefício/Custo	3,91	4,12
Retorno sobre Investimento Adicionado	7,87%	8,18%

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do SEAB/DERAL (2015) e Juazeiro dos Santos *et al.* (2000)

O café convencional tem como auge a produção a partir do terceiro ano e os dados do experimento foram obtidos em 2014, segundo ano após o plantio. Contudo, já no segundo ano, o café arborizado com a espécie *H. popayanensis* apresentou produtividade de 101,99 (kg/ha) e o monocultivo de café apresentou produtividade neste período. Assim pode-se afirmar que existem interferências positivas na produção do café arborizado, na região estudada, pode-se verificar na figura 7, que mostra fotos do experimento em maio de 2015, comparando o monocultivo de café com o café arborizado pela espécie *H. popayanensis*.

Figura 7 – Monocultivo de café e café arborizado com a espécie *Heliocarpus popayanensis*



Fonte: O próprio autor (2015)

É relevante também mencionar que no ano de 2013, ano seguinte ao plantio, ocorreu geadas na região de Londrina, interferindo nos dados da pesquisa. No tratamento testemunha, sem sombreamento, o índice de mortalidade do cafezal foi de 46,77%, com o pior resultado. Já os melhores resultados foram verificados para a espécie *T. micrantha* com 8,47%, e para a espécie *H. popayanensis* com 15,73%. Esses índices de mortalidade do cafezal interferem diretamente nos custos, pois quanto maior o índice de mortalidade, maior será o gasto com replantio.

Através desse índice, se afirma a efetividade da proteção oferecida pelo sombreamento dessas espécies ao cafezal e redução de custo com replantio para as plantas de café. Mas, além disso, a ocorrência da geada justifica também uma provável redução da produtividade e, conseqüentemente, redução na receita e interferência nos resultados dos indicadores calculados anteriormente.

Com o café arborizado, ainda existe a possibilidade de um aproveitamento produtivo no sentido de ampliar as categorias comercializadas dentro de uma mesma área. A produção de café é beneficiada pelas arbóreas e o produtor também pode contar com as podas e desbastes para gerar energia e auxiliá-lo no processo produtivo.

Para aproveitamento das podas em sistemas geradores de energia, mais custos tem que ser inseridos e analisados. Porém, como a proposta interfere na economia de energia adquirida, visto que o sistema seria usado como complemento, existe uma compensação financeira em razão de outras fontes de energia disponíveis atuarem encarecendo os processos produtivos de maneira geral, principalmente nos dias atuais.

Futuramente pode-se pensar na derrubada de algumas dessas arbóreas, dosando a iluminação pertinente às plantas de café e comercializar a madeira retirada. Para Juazeiro dos Santos *et al.* (2000), a venda da madeira dá-se ao final do ciclo de produção do café (17 anos), quando for realizada a reforma do cafezal.

4.3 DESTINAÇÃO DA BIOMASSA PARA BIOENERGIA

Segundo Goldemberg (2009), existe uma tendência de aumento da biomassa usada para geração de energia nos próximos anos. Essa biomassa pode ser usada na diversificação da matriz energética do país e também pela corrida em busca de fontes renováveis de energia, com custos inferiores e emissões gasosas menores, podendo atender as necessidades internas sem comprometer a eficiência, nem causar maiores impactos ambientais.

Como os valores se originam do DAP das arbóreas, quanto maior for o DAP, maior será a biomassa gerada. As espécies que apresentaram os maiores resultados para BA e BTAV são *T. micrantha* (59,56 kg/arbórea de BA e 34,01 t/ha

de BTAV) e a *H. popayanensis* (98,46 kg/arbórea de BA e 56,22 t/ha de BTAV), conforme tabela 13.

Tabela 13 – Resultados dos cálculos de Biomassa Arbórea (BA) e Biomassa Total de Arbóreas Vivas (BTAV) por espécie, IAPAR – Londrina, 2014

Espécies	BA (kg/árvore)	BTAV (t/ha)
<i>Moringa oleifera</i>	37,24	21,26
<i>Croton floribundus</i>	30,30	17,30
<i>Trema micrantha</i>	59,56	34,01
<i>Gliricidia sepium</i>	4,69	2,68
<i>Senna macranthera</i>	26,20	14,96
<i>Heliocarpus popayanensis</i>	98,46	56,22
<i>Mimosa scabrella</i>	9,59	5,48

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do experimento (2014)

*Os cálculos foram realizados com valores médios de quatro repetições.

Já as espécies *G. sepium* (4,69 kg/arbórea de BA e 2,68 t/ha de BTAV) e *M. scabrella* (9,59 kg/arbórea de BA e 5,48 t/ha de BTAV), apresentaram os menores resultados não sendo recomendadas no sistema florestal dessa região, pelo menos no período e sob as condições do estudo, pois o desenvolvimento foi abaixo do esperado e com índice de replantio acima da média. Outro dado importante é que não foi teve produtividade no cafezal onde essas arbóreas se associavam ao cafezal.

A Biomassa Total de Árvores Vivas (BTAV) é igual à Biomassa vegetal total (BVT) também medida em t/ha, pois não foi necessário o cálculo da biomassa de árvores mortas em pé, nem o cálculo da biomassa de árvores mortas caídas, pois todas as arbóreas permaneceram vivas e em pé.

Parte da BTAV pode ser retirada uma vez ao ano através de podas e desbastes. Ricci *et al.* (2004), determinam a realização das podas nos meses de julho a setembro, época de floração do cafezal, facilitando a penetração de raios solares na época em que o cafeeiro mais precisa de iluminação natural.

Tendo como matéria prima copas, galhos e ramos das árvores, originária do processo de podas e desbastes, considera-se a porcentagem conforme as indicações de Ricci *et al.* (2004), determinando que é recomendável entre 30 a 40% de sombreamento. Com um sombreamento de 40% e considerando que se deposite no solo uma porcentagem aproximada de 10%, responsável pelo não esgotamento

do solo, libera-se então 50% de biomassa total de uma árvore para geração de bioenergia.

Com os valores do experimento de 56,22 t/ha de biomassa gerada da espécie *H. popayanensis*, obtém-se então o valor de aproximadamente 28,11 t/ha de biomassa florestal disponível ao emprego da bioenergia.

No experimento, foram praticadas as primeiras podas das arbóreas em agosto de 2014. Essa biomassa foi para um processo de secagem em estufa, a 65°C até atingirem massa constante, ou seja, retirada de todo o líquido presente no material e, conforme tabela 14, obtiveram-se resultados para em kg/ha em matéria seca de lenha, de ramos finos, de folhas e matéria seca total.

Tabela 14 – Resultados da secagem de biomassa gerada a partir de podas das arbóreas em estufa á 65°C, segundo experimento, Londrina, 2014

Tratamentos	Matéria seca de lenha (kg/ha)	Matéria seca de ramos finos (kg/ha)	Matéria seca de folhas (kg/ha)	Matéria seca Total (kg/ha)
1. Testemunha	-	-	-	-
2. <i>Moringa oleifera</i>	2.147,0	244,3	411,3	2.802,6
3. <i>Croton floribundus</i>	2.756,0	1.197,8	1.179,3	5.133,1
4. <i>Trema micrantha</i>	6.683,0	3.006,5	1.089,5	10.779,0
5. <i>Gliricidia sepium</i>	1.329,0	118,3	352,3	1.799,6
6. <i>Senna macranthera</i>	1.420,0	466,0	1.080,0	2.966,0
7. <i>Heliocarpus popayanensis</i>	4.079,0	2.905,8	1.220,8	8.205,6
8. <i>Mimosa scabrella</i>	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do experimento (2014)

*Os cálculos foram realizados com valores médios de quatro repetições

Nesta análise a *T. micrantha* apresentou melhores resultados com 10.779 kg/ha de matéria seca, incluídos resíduos como lenha, ramos finos e folhas. Já a *H. popayanensis* atingiu o segundo melhor resultado com 8.205,6 kg/ha de matéria seca.

Existem várias possibilidades de conversão da biomassa em bioenergia, contudo, o aproveitamento da biomassa no local gerador, reduz custos com transportes, já que para essa categoria de matéria prima, a logística se configura uma problemática, devido ao alto volume e baixa densidade do material.

Assim a opção mais concreta e com menores investimentos é a incorporação da biomassa gerada no processo de beneficiamento do café, empregada para a secagem de grãos. Para Sater *et al.* (2011) atualmente quase

toda a produção é secada de forma artificial. No Paraná, ocorrem chuvas no decorrer da colheita dos grãos de café e esse é mais um motivo para aplicação da biomassa gerada no processo de secagem.

Utilizar um recurso disponível e sem custo adicional para auxílio à secagem do café favorece a produção. Assim, além da casca de café, já utilizada em vários locais, as podas e desbastes das arbóreas que integram o processo produtivo, também são aproveitadas. Essa relação se torna favorável quando comparada a secagem de grãos de café com Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), pois esses resíduos se tornam coprodutos e reduzem custo, além dos benefícios ambientais envolvidos.

O destino da biomassa gerada na pesquisa atual, independente da rota energética adotada, tem que ser analisada levando em consideração variáveis importantíssimas como região, transporte, volumes, tecnologias e disposição para investimentos. Esses fatores podem interferir nos resultados, alterando as expectativas e, cabe dizer que, para desenvolvimento da dendroenergia nessa região são necessários mais estudos comprovando a viabilidade dos processos e a união dos agricultores interessados.

Porém, a utilização dos resíduos de podas e desbastes das arbóreas que sombreiam o café dentro da propriedade produtiva, com destino a secagem do café, pela disponibilidade, parece ser a opção mais próxima da realidade, principalmente visando a maior produtividade do café na região de Londrina.

Existe ainda, a dependência de incentivos governamentais no que consiste a sistemas auxiliares de energia e projetos ambientalmente responsáveis. Esses investimentos e projetos públicos tem que vislumbrar o futuro com políticas de longo prazo e como destacam Thomas e Callan (2012), os analistas de políticas públicas estão mais preocupados em como os custos ambientais serão distribuídos entre os setores públicos e privados da economia.

4.4 OUTRAS INTERFERÊNCIAS AMBIENTAIS

Alguns autores classificam os efeitos ambientais como benefícios primários e secundários. No café arborizado, os benefícios ambientais primários abordam a utilização de biomassa que seria descartada como fonte de energia renovável e o sequestro de carbono pelas arbóreas, ambos benefícios diretos. Já como benefícios

ambientais secundários, que são os efeitos indiretos, se destacam a melhoria das condições do ar devido ao sequestro de carbono e fontes renováveis de energia, o bem estar dos trabalhadores e o aumento da produtividade agrícola proporcionado pelo sombreamento adequado, conforme demonstrado pela produtividade do monocultivo de café e do café arborizado neste experimento.

O plantio de árvores associado ao café tende a favorecer a regulação térmica da lavoura, intervindo na produção e contribuindo com maior conforto do trabalhador rural, além de se relacionar positivamente com as questões ecológicas. Elas atuam como quebra-ventos vegetais e protegem os cafeeiros, como no caso de ocorrência de geadas de 2013, onde a variação na mortalidade de café avaliada em abril de 2014, pode ser observada em valores médios, descritos na tabela 15.

Tabela 15 – Avaliação de mortalidade do cafezal para os tratamentos após a ocorrência de geadas, IAPAR - Londrina, abril de 2014

Tratamentos	Aval. Mortalidade (média em %)
1- Testemunha	46,77
2- <i>Moringa oleifera</i>	32,26
3- <i>Croton floribundus</i>	19,76
4- <i>Trema micrantha</i>	8,47
5- <i>Gliricidia sepium</i>	44,76
6- <i>Senna macranthera</i>	39,92
7- <i>Heliocarpus popayanensis</i>	15,73
8- <i>Mimosa scabrella</i>	40,73

Fonte: Dados referentes ao experimento (2014)

A espécie *G. sepium* apresentou um alto nível de mortalidade, com 44,76%. Essa informação é confirmada pelos autores Fernandes *et. al.* (2013), que afirmam que a maioria dos arborizados proporcionou algum grau de proteção às plantas de café, resultando em menor percentual de parte aérea queimada e citando que apenas a *G. sepium* mostrou-se suscetível à geada. Já o pior resultado foi observado no tratamento testemunha com 46,77%, a maior porcentagem calculada.

Figura 8 – Ilustração da espécie *Gliricidia sepium*, no experimento



Fonte: O próprio autor (2015)

As espécies que se destacaram foram *T. micrantha* e *H. popayanensis*, que apresentaram percentuais de 8,47 e 15,73, de mortalidade das plantas de café, respectivamente, se mostrando eficientes na proteção contra geadas. Essas porcentagens também são favoráveis aos custos, pois uma menor replantio reflete na diminuição dos custos de implantação.

Outro ponto positivo é a capacidade de sequestro de carbono pelas árvores. No café arborizado, além da possibilidade de utilizar a biomassa gerada por podas e desbastes das árvores para gerar energia, ele ainda contribui com a qualidade do ar, como sumidouro de carbono do ambiente. Assim, um sistema como o da pesquisa pode inclusive ser orquestrado de maneira a atender as exigências de um Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), inserido pelo Protocolo de Kyoto, capturando carbono e obtendo as Reduções Certificadas de Carbono (RCEs), que podem ser negociadas no mercado aberto.

Devido a sua importância, foi calculado o sequestro de carbono pelas arbóreas, por espécie. Esses cálculos se justificam devido a diferenças na

capacidade de absorção e fixação de carbono pelas árvores em função da espécie e do seu desenvolvimento.

Mantendo os critérios adotados para o cálculo de Biomassa Vegetal Total (BVT) de Arevalo, Alegre e Vilcahuaman (2002), e aplicando a fórmula mencionada na metodologia, foi possível obter o cálculo do Carbono na Biomassa Vegetal Total (CBV), em t/ha/ano. A tabela 16 mostra que a espécie *H. popayanensis* se destacou com o maior número referente ao resultado de sequestro de carbono com 25,30 t/ha/ano.

Tabela 16 – Resultados do cálculo do Carbono na Biomassa Vegetal Total (CBV), por espécie, IAPAR – Londrina, 2014

Espécies	CBV (t/ha/ano)
<i>Moringa oleifera</i>	9,57
<i>Croton floribundus</i>	7,79
<i>Trema micrantha</i>	15,30
<i>Gliricidia sepium</i>	1,20
<i>Senna macranthera</i>	6,73
<i>Heliocarpus popayanensis</i>	25,30
<i>Mimosa scabrella</i>	2,46

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do experimento (2014)

5 CONCLUSÃO

Para o experimento realizado de 2012 a 2014 com sede no IAPAR, foi verificado que neste período, no monocultivo, a produção cafeeira foi zero. Já o café arborizado, apresentou valores variando de zero a 101,99 kg/ha, com melhores resultados para a arborização com a espécie *H. popayanensis*.

Referente aos indicadores financeiros, o monocultivo de café teve resultados inferiores quando comparado ao café arborizado, que sofreu influência de fatores como: produtividade de grãos já no segundo ano, variação de 2,43 % maior para as receitas e custos 0,12% maiores para incorporação das arbóreas. Ainda existe a opção de aproveitar as arbóreas para incremento da renda com bioenergia e venda da madeira no final do ciclo produtivo.

Determinada a estimativa de biomassa disponível para geração de bioenergia, com estimativa de volume com 28,11 t/ha e considerando um sombreamento de 40%, destacou-se as melhores possibilidades para a secagem de grãos de café.

Os fatores ambientais mostraram-se satisfatórios para o café arborizado, pois as arbóreas atuam protegendo a cultura de café das variações climáticas extremas, favorecendo o sistema produtivo e atuando como sumidouros de carbono da atmosfera, comprovada por avaliação de mortalidade do cafezal após a incidência de geada e com cálculos revelando 25,30 t/ha/ano de carbono retido da espécie *H. popayanensis*.

REFERÊNCIAS

ABIPEL. Associação Brasileira das Indústrias de Péletes. Mapa de Péletes no Brasil. Disponível em: <<http://www.abipel.com.br/media/5468/ABIPEL-maio-2013.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2015.

ABRAF. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário Estatístico ABRAF 2013**. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>> Acesso em: 06 jun. 2014.

AGRITEMPO. Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. Aquecimento global e a produção agrícola do Brasil, Café. **Projeções 2020, 2050 e 2070**. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/climaeagricultura/cafe.html>>. Acesso em: 06 mar. 2015.

ALEGRE, J. C.; AREVALO, L.; RICSE, A. Reservas de carbono y emision de gases con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios de la Amazonia peruana. **TALLER INTERNACIONAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES**, Santa Fe. [Memorias...]. Bogota: CORPOICA, 2000.

ANDROCIO FILHO, A. **Café Adensado**: Espaços e cuidados no manejo da lavoura. IAPAR. Londrina-PR, Circular 121, mar. 2002.

ARCO-VERDE, M. F.; AMARO, G. **Cálculo de indicadores financeiros para sistemas agroflorestais**. 2011. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/917097/1/DOC442011ID104.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2014.

AREVALO, L. A. ALEGRE, J. C.; VILCAHUAMAN, L. J. M. Metodologia para estimar o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra. **Embrapa Florestas**, Colombo-PR, p. 1-41, 2002.

ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JUNIOR, J.; AVILA, A. M. H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira (online)**, Brasília-DF, vol. 39, n. 11, p. 1057-1064, nov. 2004.

ASSAF NETO, A.; LIMA, F. G. **Curso de administração financeira**. 2. ed. São Paulo-SP: Atlas, 2011.

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **BNDES Florestal**. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Produtos/FINEM/BNDESflorestal.html>. Acesso em: 23 mar. 2015.

BORGES DE SOUSA, P. C. **Ideias de negócios**: Como montar uma fábrica de briquetes-SEBRAE. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/Como-montar-uma-f%C3%A1brica-de-briquetes>>. Acesso em: 17 mar. 2015.

BRAND, M. A.; MUNIZ, G. I. B.; AGOSTINHO DA SILVA, D.; KLOCK, U. Caracterização do rendimento e quantificação dos resíduos gerados em serrarias através do balanço de materiais. **Floresta**, Paraná-PR, v. 32, n. 2, p. 247-259, jul. 2002.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Colaboração Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2030**. 2007. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html/biomassa>. Acesso em: 23 nov. 2013.

BRASIL. Banco Central do Brasil. **Remuneração dos depósitos de poupança**. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/poupanca/poupanca.asp>>. Acesso em: 15 abr. 2015.

BRITO, J. O. O uso energético da madeira. **Estudos Avançados**, São Paulo-SP, v. 21, n.59, p.185-193, jan./abr. 2007.

CAMPANHA, M. M.; SANTOS, R. H.S.; FREITAS, G. B.; MARTINEZ, H. E. P.; BOTERO, C. J.; GARCIA, S. L. Análise comparativa das características da serrapilheira e do solo em cafezais (*Coffea arabica* L.) cultivados em sistema agroflorestal e em monocultura, na Zona da Mata MG. **Revista Árvore**. Viçosa-MG, v. 31, n. 5, p. 805-812, Nov./Dez. 2007.

CARNEIRO, A. C. O.; CASTRO, A.F.N.M.; CASTRO, R. V. O.; CAVALCANTE SANTOS, R.; FERREIRA, L. P.; PEREIRA, R. A. VITAL, D.; VITAL, B. R. Potencial Energético da Madeira de *Eucalyptus* sp. em função da idade e de diferentes materiais genéticos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 38, n. 2, p. 375-381, ago. 2014.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J.; ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira (online)**, Brasília-DF, v. 39, n. 11, p. 1153-1155, nov. 2004.

CRESTANA, M. S. M. (ORG.); FERREIRA DA SILVA FILHO, D.; BERTONI, J. E. A.; GUARDIA, J. F. C.; TAVARES DE ARAUJO, R. **Árvores & Cia**. Impresso Especial. Campinas-SP: CATI, dez. 2007.

D'AVIGNON, A. Energia, inovação tecnológica e mudanças Climáticas. IN May, P. H. (Org.). **Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática**. 2a ed. São Paulo-SP: Editora Elsevier, 2010. p. 221-243.

Embrapa Agroenergia. **Briquetagem e Peletização de Resíduos Agrícolas e Florestais**. 2012. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/65331/1/FOLDER-Briquetagem2-2012.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2015

ESALQ/USP. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Indicador Café Arábica**. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/cafe/?page=386>>. Acesso em: 31 mar. 2015.

FERNANDES, T. A. P.; HOSHINO, A. T.; MENEZES JUNIOR, A. O.; AGUIAR E SILVA, M. A.; SANTORO, P. H. Desempenho de diferentes arbóreas na redução dos efeitos adversos da geada em cafeeiro. In: **VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 8, 2013, Salvador – BA. Disponível em:

<http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb_anais/simposio8/257.pdf>.

Acesso em: 15 nov. 2014.

FURTADO, T. S.; FERREIRA, J. C.; BRAND, M. A.; NEVES, M. D. Correlação entre teor de umidade e eficiência energética de resíduos de pinus taeda em diferentes idades. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 36, n. 3, p. 577-582, abr. 2012.

GUIMARÃES, G. P.; MENDONÇA, E. S.; PASSOS, R. R.; ANDRADE, F. V. Soil aggregation and organic carbon of Oxisols under coffee in agroforestry systems. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Viçosa-MS, v. 38, n. 1, p. 278-287, jan./fev. 2014.

GOLDEMBERG, J. Biomassa e energia. **Química Nova**, São Paulo-SP, v. 32, n. 3, p. 582-587, 2009.

HOLLANDA, J. B. Biocombustíveis e a Política Energética. **2º Anuário Brasileiro das Indústrias de Biomassa e Energias Renováveis, 2013/2014**. Disponível em:

<http://www.issuu.com/anuariobiomassa/docs/anuario_biomassa_e_energias_renovaveis=3524626/5496897>. Acesso em: 16 jan. 2014

HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B.; CUNHA, U. S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: UFPR, 2013.

IAPAR. Instituto Agrônômico do Paraná. **Estações Meteorológicas: Médias Históricas**. 1976 à 2014. Disponível em:

<http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Londrina.htm>. Acesso em: 19 mar. 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=411370>>. Acesso em: 21 set 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estados**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pr>>. Acesso em: 21 set 2014.

JUAZEIRO DOS SANTOS, A.; LEAL, A. C.; GRAÇA, L. R.; CARMO, A. P. C. Viabilidade econômica do sistema agroflorestal grevilea x café na região norte do Paraná. **Revista Cerne**, Lavras-MG, v. 6, n. 1, p. 89-100, 2000.

LEAL, A. C.; CARAMORI, P. H.; ANDROCIOLI FILHO, A.; PEREIRA, J. P. **Consórcio agroflorestal Café x Seringueira em Londrina (PR)**: Efeitos na produtividade e na temperatura das folhas de café. 2006. Disponível em:

<http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/cafe%20e%20seringueira.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2015.

LOPES, S. B.; ALMEIDA, J. Methodology for comparative analysis of sustainability in agroforestry systems. **Revista Economia e Sociologia Rural**, Brasília-DF, v. 41, n. 1, p. 183-208, jan./mar. 2003.

MAGALHÃES, J. G. S.; LOPES SILVA, M.; SALLES, T. T.; REGO, L. J. S. Análise econômica de sistemas agroflorestais via uso de equações diferenciais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 38, n. 1, p. 73-79, Jan./Fev. 2014.

MOREIRA, J.M.M.A.P. Potencial e participação das florestas na matriz energética. **Pesquisa Florestal Brasileira (PFB)**, Colombo-PR, v. 31, n. 68, p. 363-372, out./dez. 2011.

NOGUEIRA, L. A. H; LORA, E. E. S. **Dendroenergia: Fundamentos e aplicações**. 2. ed., Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

NOTARO, K. A.; MEDEIROS, E. V.; DUDA, G. P.; OLIVEIRA SILVA, A.; MOURA, P. M. Agroforestry systems, nutrients in litter and microbial activity in soils cultivated with coffee at high altitude. **Scientia Agricola**, Piracicaba-SP, v. 71, n. 2, p. 87-95, mar./abr. 2014.

OCEPAR - Organização das Cooperativas do Estado do Paraná. **Custos de produção do café: Estudo comparativo entre o sistema de produção adensado e o sistema de produção tradicional**. 1. ed. Curitiba: OCEPAR, 2000.

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. SEAB. **Área e Produção Agrícola no Estado do Paraná por Unidade Administrativa da SEAB 2012/2013**. Disponível em:

<<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=137>>. Acesso em: 03 mar. 2015.

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. SEAB/DERAL. Custos de Produção. **Café Adensado, novembro de 2014**. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=228>>. Acesso em: 31 mar. 2015.

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. SEAB. **Produtos Florestais: Janeiro de 2015**. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/produtos_florestais_2014_2015.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2015.

PERDONÁ, M. J.; SORATTO, R. P.; ESPERANCINI, M. S. T. Desempenho produtivo e econômico do consórcio de cafeeiro arábica e nogueira-macadâmia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 50, n. 1, p. 12-23, jan. 2015.

PETEK, M. R.; SERA, T.; FONSECA, I. C. B. Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação dos frutos de cultivares de *Coffea arábica*. **Bragantia (online)**, Campinas-SP, v. 68, n. 1, p. 169-181, 2009.

QUEIRÓZ DE SOUZA, V.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; BEHLING, A.; BAMBERG R.; VIAN, A. L. Resistência de espécies arbóreas submetidas a extremos climáticos de geada em diferentes sistemas agroflorestais. **Ciência Rural (online)**, Santa Maria-RS, v. 41, n. 6, p. 972-977, jun. 2011.

QUIRINO, W. F. Utilização energética de resíduos vegetais. **Laboratório de Produtos Florestais - LPF/IBAMA**, Brasília-DF; p.1-35, 2003. Disponível em: <<http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/busca?b=ad&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22QUIRINO,%20W.%20F.%22>>. Acesso em: 21 fev. 2015.

RICCI, M. S. F.; NEVES, M. C. P.; NANNETTI, A. N.; MOREIRA, C. F.; AGUIAR-MENEZES, E. L.; ERCIO SILVA; CAIXETA, I. F.; SILVA ARAUJO, J. B.; LEAL, M. A. A.; FERNANDE, A. C.; ALMEIDA, P. S.; PEDINI, S. EMBRAPA. **Sistemas de produção: Cultivo do café orgânico**. 2004. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cafe/CafeOrganico_2ed/cultivo.htm>. Acesso em: 25 out. 2014.

RIGHI, C. A.; BERNARDES, M. S.; LUNZ, A. M. P.; RODRIGUES PEREIRA, C.; DOURADO NETO, D.; FAVARIN, J. L. Measurement and simulation of solar radiation availability in relation to the growth of coffee plants in an agroforestry system with rubber trees. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 31, n. 2, p.195-207, set./out. 2007.

RODRIGUES, E. C. Biomassa. In: THIBAU, C. E. **Produção sustentada em florestas: conceitos e tecnologias, biomassa energética, pesquisas e constatações: Compêndio, 1970-1999**. Belo Horizonte-MG: o autor, 2000. p.297-350.

RODRIGUES, E. R.; CULLEN JR., L. BELTRAME, T. P.; MOSCOGLIATO, A. V.; CRESPO DA SILVA, I. Avaliação econômica de sistemas agroflorestais implantados para recuperação de reserva legal no pontal do Paranapanema, São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 31, n. 5, p. 941-948, jan. 2007.

SALGADO, B. G.; MACEDO, R. L. G.; ALVARENGA, M. I. N.; VENTURIN, N. Avaliação da fertilidade dos solos de agroflorestais com cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Lavras – MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 3, p. 343-349, abr. 2006.

SATER, O.; DIAS DE SOUZA, N.; GONÇALVES DE OLIVEIRA, E. A.; ELIAS, T. F.; TAVARES, R. Estudo comparativo da carbonização de resíduos agrícolas e florestais visando à substituição da lenha no processo de secagem de grãos de café. **Revista Ceres (online)**, Viçosa-MG, v. 58, n. 6, p. 717-722, nov./dez. 2011.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões financeiras e análise de investimentos: Fundamentos, técnicas e aplicações**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

THOMAS, J. M.; CALLAN, S. J. **Economia ambiental: Fundamentos, políticas e aplicações**. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

VARIAN, H. R. Externalidades. In: **Microeconomia: princípios básicos - uma abordagem moderna**. 5. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2000. p.612-634.

VIDAL, A. C. F.; HORA, A. B. Perspectivas do setor de biomassa de madeira para a geração de energia. **BNDES Setorial** 33, p.261-314 (2011). Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Consulta_Expressa/Setor/Energia/201103_08.html>. Acesso em: 23 mar. 2015.

ZAPPAROLI, I. D.; CAMARA, M. R. G.; ESTEVES, E. G. Z.; FERRACIOLI, J.; MONTEIRO, D. C. Sistema de Produção do Café Tradicional no Estado do Paraná - Brasil: análise de indicadores de custos, produtividade, renda e créditos de carbono. **Economia e Desenvolvimento**, Santa Maria-RS, v. 2, n. 2, p. 1-25, nov. 2012.