

Recomendações do Cultivo de Pimenta-longa para a Produção de Óleos Essenciais, Ricos em Safrol

*Claudenor Pinho de Sá
Francisco Carlos da Rocha Gomes*

Introdução

A proibição, por parte do governo brasileiro, da exploração do sassafrás (*Ocotea pretiosa* Mezz), utilizado como principal fonte de safrol¹ natural, em matas primárias da Floresta Atlântica, na década de 1990, levou grandes indústrias químicas processadoras de fragrâncias e inseticidas a buscar novas fontes alternativas deste fenil-éter. A descoberta do safrol na espécie pimenta-longa, no Estado do Acre, despertou, nos últimos anos, grande interesse de indústrias nacionais e estrangeiras, em relação a essa fonte alternativa.

A pimenta-longa (*Piper hispidinervum*), espécie nativa do Estado do Acre, foi identificada por meio do Programa de Triagem de Plantas Aromáticas da Amazônia, realizada na década de 1970 pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) e pelo Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). A descoberta de altos teores de safrol na pimenta-longa trouxe a expectativa de sua domesticação para produção sustentável de óleo essencial.

Obtenção da tecnologia

No Acre, a pimenta-longa nativa é encontrada no clima do tipo Ami, nos municípios de Acrelândia, Plácido de Castro, Senador Guimard, Capixaba, Xapori, Rio Branco, Bujari e Porto Acre, e o do tipo Awi, em Sena Madureira, Brasiléia e

¹ O safrol é um componente empregado pela indústria química como matéria-prima na manufatura da heliotropina e do butóxido de piperonila, que varia de 88% a 95%, com um rendimento na produção de óleo essencial em torno de 3,5% (em relação ao peso da matéria seca).

Assis Brasil, da classificação de Köppen. Trabalhos desenvolvidos a partir de 1995, por pesquisadores da Embrapa, financiados pelo Department for International Development (DFID/Conselho Britânico), resultaram em sistema de produção agro-industrial dentro do enfoque de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

As atividades de pesquisa, validação e transferência, referentes à tecnologia, realizadas pela Embrapa, no período de 1998 a 2000, compreenderam:

- Adubação mineral para a cultura da pimenta-longa, em função da aplicação de calcário, nos estados do Acre e do Pará.
- Avaliação do efeito da época e da frequência de corte da pimenta-longa no rendimento de óleo essencial.
- Determinação da densidade de plantio de pimenta-longa, em função do manejo cultural, no Estado do Acre.
- Determinação do espaçamento e da densidade de plantio para o cultivo da pimenta-longa, no Estado do Pará.
- Avaliação das respostas ecofisiológicas de plantas de pimenta-longa, estabelecidas no campo, em função do manejo e sazonalidade, nos estados do Acre e Pará.
- Avaliação da matéria seca, da produção e rendimento de óleo essencial de *Piper hispidinervium*, aos 7 meses após o plantio, Igarapé-Açu, PA.
- Levantamento e identificação de patógenos associados à pimenta-longa nos estados do Acre e Pará.
- Levantamento da entomofauna à pimenta-longa no Estado do Acre.
- Manejo de populações nativas.
- Estudos de correlação entre distribuição geográfica de solos, clima e produção de safrol em populações nativas de pimenta-longa, no Estado do Acre.
- Caracterização dos sintomas nutricionais em plantas de pimenta-longa, no Estado do Pará.
- Crescimento e extração de nutrientes de pimenta-longa em função das épocas de corte, no Estado do Pará.
- Avaliação da fertilidade de solos representativos de Igarapé-açu, PA e Vila Extrema, AC utilizando pimenta-longa como planta indicadora.
- Efeitos imediatos da secagem e ultra-secagem sobre a germinação e dormência de sementes de pimenta-longa.

- Armazenamento de sementes de pimenta-longa com diferentes graus de umidade.
- Aperfeiçoamento do processo de destilação de campo e do desenho dos futuros destiladores comerciais de pimenta-longa.
- Avaliação do processo de secagem no campo para a biomassa de pimenta-longa.
- Monitoramento fitoquímico de óleo essencial de pimenta-longa.
- Determinação do custo/benefício de produção da biomassa seca e do óleo essencial contendo safrol, obtido da pimenta-longa nos estados do Acre e Pará.
- Suporte às ações de pesquisa participativa e difusão de tecnologias para a cultura da pimenta-longa nos estados do Acre e Pará.

Considerando que a pimenta-longa está em um processo de domesticação, existe a necessidade do refinamento das tecnologias que estão disponíveis para os produtores. Atualmente está sendo dada continuidade às pesquisas sobre a época e frequência de corte, em áreas de cultivo racional e de manejo de populações nativas, adubação nitrogenada, espaçamento e desenvolvimento do processo de secagem rápida para matéria-prima. Do mesmo modo, está sendo realizada análise da competitividade e determinação da demanda potencial do mercado nacional e internacional para o safrol e seus derivados, além de estudos na área de melhoramento, compreendendo: o estudo da estrutura reprodutiva da pimenta-longa, seleção de cultivares, coleta de novos acessos, caracterização do banco de germoplasma nos aspectos morfológicos, teor de safrol, citogenética e caracterização molecular.

A tecnologia recomendada compreende a formação de mudas, plantio no local definitivo, corte das plantas na altura, aproximada de 10 cm do solo, secagem, destilação e redistilação para obtenção de safrol, que é realizado por meio do processo de arraste.

Contextualização da tecnologia no agronegócio

Nas últimas décadas, as atenções do mundo desenvolvido estão voltadas para a Amazônia, que se apresenta como detentora de um dos maiores estoques da biodiversidade do Planeta. Entretanto, a intensificação da ação antrópica na região tem expandido áreas improdutivas ou subutilizadas. O foco do problema

está na geração de uma alternativa economicamente viável e ambientalmente sustentável para o uso dessas áreas, sejam improdutivas ou subutilizadas pela pecuária ou culturas de baixo valor econômico.

A identificação de uma espécie nativa, adaptada ao cultivo e geradora de um produto de alto valor comercial, como o óleo essencial de pimenta-longa, é uma excelente alternativa para as comunidades locais na geração de renda e diminuição da pressão sobre a Floresta Tropical. Atualmente o óleo essencial de sassafrás, importado apenas da China, é obtido da mesma forma destrutiva ocorrida no Brasil com a canela sassafrás e, com isso, as suas reservas correm também sérios riscos de não poderem atender, a curto e médio prazos, a demanda por esse óleo essencial.

Essa situação cria significativa abertura de mercado para instalação do sistema sustentável de pimenta-longa, visando atender a crescente demanda por óleo essencial rico em safrol. O mercado desse fenil-éter apresenta uma demanda reprimida e cuja produção mundial não excede a 3 mil toneladas por ano.

Considerando que no Estado do Acre, as condições de escoamento da produção agrícola são difíceis e o armazenamento tem sido um dos principais problemas do pequeno produtor rural, a pimenta-longa vem a reduzir esses entraves, uma vez que o óleo pode ser armazenado em simples tambores, à temperatura ambiente por longo tempo.

Identificação dos impactos

A produção de safrol a partir da pimenta-longa tem como principais beneficiários pequenos agricultores familiares de subsistência, médios produtores comerciais, associações que fazem a destilação do óleo essencial, fábricas e indústrias químicas que trabalham com o safrol como matéria-prima para a manufatura da heliotropina e do butóxido de piperonila, além de produtores e consumidores em geral.

Para os pequenos produtores, o cultivo da pimenta-longa poderá gerar os seguintes benefícios econômicos, ambientais e sociais:

- O processo agroindustrial, desenvolvido na propriedade rural, fornecerá ao pequeno produtor uma renda adicional.

- Por se tratar de um recurso natural de alto valor comercial, ainda pouco cultivado pelos produtores amazônicos, o produto gerado irá estabelecer um modelo de exploração sustentável, com melhoria da condição de vida das populações rurais, sem impacto prejudicial ao meio ambiente.
- A espécie é adaptável em solos ácidos, portanto o incremento de sistemas de produção apropriado irá reduzir as áreas improdutivas e, conseqüentemente, aumentar a produtividade dos fatores de produção, terra e trabalho.
- O processo de beneficiamento direcionado para agroindústria de óleo essencial rico em safrol, realizado na propriedade rural, além de agregar valor ao produto, torna o pequeno produtor um empreendedor.
- Fortalece o trabalho em grupo, uma vez, que para a obtenção dos benefícios, é imprescindível que trabalhem em parceria, tornando a atividade um processo de capacitação que irá beneficiar as demais atividades produtivas na propriedade.

Nesses aspectos, conclui-se que a incorporação de novas áreas ao processo produtivo acarreta para os produtores o aumento da receita, gerando um impacto econômico na unidade produtiva, fato que despertou grande interesse dos produtores. Quanto aos impactos ambientais, observa-se que o indicador “uso de agroquímicos” apresentou coeficiente de impacto ambiental positivo, em decorrência da diminuição na utilização de herbicida e de NPK hidrossolúvel. Na análise do indicador “uso de energia”, o impacto foi negativo. Portanto, vulnerável, pela utilização moderada de combustível fóssil (gasolina), e grande utilização de biomassa (lenha). Quanto ao uso de recursos naturais, o impacto também foi negativo, em razão do aumento da utilização de água no processamento. Referindo-se ao indicador atmosfera, observa-se a emissão de gases efeito estufa, seguidos pela emissão de material particulado, fumaça e odores. A capacidade produtiva do solo apresentou impacto ambiental positivo por causa da diminuição da erosão, da perda de matéria orgânica e de nutrientes. Enquanto o efeito da compactação do solo apresentou efeito negativo. Na análise da recuperação ambiental, o impacto foi positivo, contribuindo para a recuperação ambiental as variáveis, recuperação de solos degradados e a recuperação de ecossistemas degradados.

Avaliação dos impactos econômicos

Estimativa dos benefícios econômicos

A pimenta-longa por tratar-se de uma cultura em processo de domesticação, sendo recomendado seu cultivo em áreas improdutivas ou subutilizadas, caracteriza-se como expansão da produção em novas áreas.

Dessa forma, a pimenta-longa é cultivada em áreas de capoeira abandonadas, improdutivas. Contudo, no passado os produtores cultivaram nessas áreas lavouras de subsistência (arroz, feijão, milho e mandioca), e que na média proporcionavam uma receita de R\$ 220,00/ha (Tabela 1). Esses produtores e outros continuam cultivando lavouras (e pecuária) de subsistência em áreas recém-desmatadas, o que pode ser considerada a atividade alternativa ao cultivo da pimenta-longa.

A porcentagem inicial de 80%, atribuída à Embrapa pela participação no processo, na fase inicial do desenvolvimento tecnológico e, concomitantemente, na implantação de lavouras em áreas dos produtores, está relacionada ao fato de que a Embrapa, além de ser responsável pelo desenvolvimento tecnológico, era também responsável pela assistência técnica e desenvolvimento comunitário, uma vez que os trabalhos de pesquisa tiveram como base a pesquisa comunitária (Tabela 1).

Contudo, a assistência técnica na implantação e condução de novas áreas vem

Tabela 1. Expansão da produção em novas áreas – Ganhos de renda regionais.

Ano	Renda do produto anterior (R\$/ha)	Renda do produto atual (R\$/ha)	Renda adicional obtida ⁽¹⁾ (R\$/ha)	Participação Embrapa (%)	Benefício econômico Embrapa	Área de Adoção (ha)	Benefício econômico Embrapa (R\$)
2001	220	2301	2081	80	1.665	80	133.165
2002	220	2275	2055	80	1.644	150	246.600
2003	220	1950	1730	80	1.384	170	235.280
2004	220	1950	1730	80	1.384	210	290.640
2005	220	1950	1730	80	1.384	250	346.000
2006	220	1950	1730	70	1.211	270	326.970
2007	220	1950	1730	70	1.211	290	351.190
2008	220	1950	1730	70	1.211	315	381.465
2009	220	1950	1730	70	1.211	340	411.740
2010	220	1950	1730	70	1.211	365	442.015
2011	220	1950	1730	70	1.211	395	478.345
2012	220	1950	1730	70	1.211	425	514.675
2013	220	1950	1730	70	1.211	465	563.115
2014	220	1950	1730	70	1.211	505	611.555
2015	220	1950	1730	70	1.211	550	666.050
2016	220	1950	1730	70	1.211	600	726.600
2017	220	1950	1730	70	1.211	660	799.260
2018	220	1950	1730	70	1.211	730	884.030
2019	220	1950	1730	70	1.211	810	980.910
2020	220	1950	1730	70	1.211	900	1.089.900
2021	220	1950	1730	70	1.211	1000	1.211.000

⁽¹⁾Valores corrigidos pelo IGP-DI (dez/2002).

sendo repassada à extensão rural, tendo a Embrapa a atribuição de promover a capacitação e treinamento de extensionistas. Assim, a participação da Embrapa passa a ser de 70%. A Tabela 1 mostra o benefício econômico gerado pela Embrapa devido ao desenvolvimento e adoção da tecnologia, no decorrer dos anos.

A área de adoção da tecnologia compreende as áreas implantadas em parceria com os produtores na fase inicial do estudo do desenvolvimento do sistema de produção, além daquelas implantadas por meio de financiamento bancário e recursos próprios. Ressalta-se que em virtude dos problemas estruturais que causaram o insucesso de muitos produtores, existe um consenso que a tecnologia do cultivo da pimenta-longa deverá ser apropriada por médios produtores, facilitando a destilação e comercialização do produto. Fato que levará nos próximos anos alguns ajustes no sistema de produção atual.

Custos da tecnologia

O custo da tecnologia foi determinado por meio do levantamento dos custos desde o início do projeto (Tabela 2). Os valores iniciais são elevados, em função do estudo ter sido realizado por meio de pesquisa participativa com áreas de aproximadamente 1ha. Ressalta-se, ainda, que foram incluídos os custos com a construção da infra-estrutura necessária para destilação e transporte da matéria-prima, etc. Os valores foram corrigidos pelo IGP-DI – Dez./2002.

Para os anos subseqüentes, foram estimados os custos com pesquisa, dando ênfase às despesas com extensão rural, uma vez necessária a capacitação dos produtores, por tratar-se de uma atividade pioneira.

A estimativa dos custos da geração e da transferência da tecnologia foi realizada com base nas informações fornecidas pelo Setor de Recursos Humanos (SRH), pelo Setor de Orçamento e Finanças (SOF) e pelo Setor de Patrimônio e Materiais.

A composição dos custos compreende: custos com pessoal, operação, capital, extensão e administração. Os custos com pessoal envolvido (pesquisadores e técnicos) são compostos pelos salários mais encargos, proporcional ao tempo de dedicação. Os custos com operações representam as despesas com insumos, energia, combustíveis e outras despesas. Os custos com capital representam os custos fixos dos bens utilizados.

Considerando as peculiaridades do processo de construção da tecnologia, recomendação do cultivo da pimenta-longa, existe a necessidade de desenvolver cultivares, melhorar o processo de destilação do óleo, além da utilização dos resíduos da agroindústria na alimentação de ruminantes.

Avaliação custo/benefício

Os indicadores utilizados para avaliação do desenvolvimento da tecnologia são: a relação benefício/custo (RBC), o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR).

A RBC é o quociente entre o valor atualizado dos benefícios a serem obtidos e o valor atualizado dos custos, incluindo os investimentos necessários ao desenvolvimento da tecnologia. Isso permite comprovar a viabilidade do empreendimento, comparando os benefícios com os custos e investimentos, conforme Hoffmann et al. (1986). O VPL corresponde ao valor atual dos benefícios gerados durante o período analisado. Enquanto a TIR é o valor atual de juros que faz com que o VPL seja igual a zero.

Na análise dos resultados financeiros (Tabela 3), observou-se que o VPL é de R\$ 284.227.300,00. Portanto, a atividade gera benefício superior ao custo de oportunidade do capital investido. A RBC foi calculada em 1,90. Este valor significa que para cada R\$ 1,00 empregado na atividade, retorna R\$ 1,90. A TIR calculada em 14% reflete a viabilidade do projeto com relação à taxa de juros uma vez que é superior ao custo de oportunidade de capital e da taxa de juros dos financiamentos bancários para atividades agrícolas.

Avaliação dos impactos ambientais

Essa avaliação foi realizada em conformidade com o “Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Agropecuária (Ambitec Agro) desenvolvido pela Embrapa Meio Ambiente.

Alcance da tecnologia

A tecnologia está sendo difundida nos estados do Acre e Rondônia. A área cultivada com pimenta-longa é de aproximadamente 250 ha, porém somente 150 estão na fase de produção, beneficiando aproximadamente 140 famílias.

Tabela 3. Fluxo de benefícios e custos da tecnologia.

Anos	Fluxo de benefícios	Fluxo de custos	Fluxo de benefícios líquidos
1997	-	190.308	(190.308)
1998	-	223.907	(223.907)
1999	-	192.913	(192.913)
2000	-	316.903	(316.903)
2001	133.165	658.631	(525.467)
2002	246.600	403.240	(156.640)
2003	235.280	174.061	61.219
2004	290.640	145.853	144.787
2005	346.000	145.853	200.147
2006	326.970	58.030	268.940
2007	351.190	60.399	290.791
2008	381.465	48.002	333.463
2009	411.740	58.063	353.677
2010	442.015	58.359	383.656
2011	478.345	58.661	419.684
2012	514.675	58.968	455.707
2013	563.115	59.282	503.833
2014	611.555	59.603	551.952
2015	666.050	59.929	606.121
2016	726.600	60.262	666.338
2017	799.260	60.602	738.658
2018	884.030	60.949	823.081
2019	980.910	61.302	919.608
2020	1.089.900	61.663	1.028.237
2021	1.211.000	62.031	1.148.969
Taxa interna de retorno (TIR)			14%
Valor presente líquido (VPL)(em mil reais)			R\$ 284.227,30
Relação benefício/custo (RB/C)			1,9/1

Eficiência tecnológica

O indicador “uso de agroquímicos” – componentes – frequência de aplicação, variedade de ingredientes ativos e toxicidade, fator de ponderação da escala de ocorrência “pontual”, teve coeficientes de alteração de componentes iguais a -3 (grande alteração); 0 e 0, respectivamente. Na alteração da frequência de aplicações de pesticidas, observa-se que o valor -3 está relacionado a grande diminuição de utilização de herbicida devido a não necessidade de seu uso, tanto para o preparo da área como para o controle do pasto, uma vez que o referido produtor utiliza o gado para o manejo. No indicador “uso de agroquímicos” – componentes – NPK hidrossolúvel, calagem e micronutrientes apresentaram fator

de ponderação da escala de ocorrência também “pontual”. Enquanto seus coeficientes de alteração de componentes foram -3; 0 e 0, respectivamente. Assim, observa-se a grande diminuição de NPK hidrossolúvel, uma vez que a utilização do resíduo da pimenta-longa na lavoura contribui para repor parte dos nutrientes.

No indicador “uso de energia” – componentes – combustível fóssil (óleo combustível, gasolina, diesel e carvão mineral), observa-se que os três primeiros apresentaram fator de ponderação da escala de ocorrência “pontual”. Enquanto que o quarto componente – carvão mineral “não se aplica”. Referindo-se ao coeficiente de alteração, observam-se os valores de 0; + 1 e 0, respectivamente. Neste sentido, observou-se um moderado aumento (1) no consumo de gasolina, utilizada no processo de colheita, sendo esta realizada com a utilização de uma roçadeira motorizada. No indicador “uso de energia” – componentes – biomassa (álcool, lenha, bagaço de cana e restos vegetais), apenas a lenha apresentou fator de ponderação da escala de ocorrência “pontual”, sendo que os demais componentes, álcool, bagaço de cana e restos vegetais, “não se aplicam”. Referindo-se ao coeficiente de alteração, observou-se um grande aumento no consumo de lenha (3), utilizada na fornalha (processo de destilação do óleo feito por arraste). No indicador energia – componente – eletricidade apresenta-se sem efeito.

O indicador “uso de recursos naturais” – componentes – água para irrigação, água para processamento e solo para plantio apresentaram fator de ponderação da escala de ocorrência “pontual”. Enquanto que o coeficiente de alteração do componente apresentou valores 0; 1 e 0, respectivamente. Neste sentido, observa-se um moderado aumento (1) no consumo de água no processamento (destilação do óleo feito por meio do arraste com vapor). Enquanto os demais componentes, água para irrigação e solo para plantio podem ter alteração na utilização, em função de recomendação técnica e do aumento da pressão por áreas para o cultivo, respectivamente. Atualmente, a pimenta-longa é cultivada em áreas que são utilizadas com pastagens ou capoeiras.

Na análise dos resultados, observa-se que o indicador “uso de agroquímicos” apresentou coeficiente de impacto ambiental positivo (6). Isto, devido a grande diminuição de herbicida e de NPK hidrossolúvel. Na análise do indicador “uso de energia”, observa-se que o coeficiente de impacto apresentou um valor negativo (-5,25). Portanto, vulnerável pela utilização moderada de combustível fóssil

(gasolina), e grande utilização de biomassa (lenha). Na análise do indicador “uso de recursos naturais” o coeficiente de impacto foi negativo (-2), ocasionado pelo moderado aumento da utilização de água no processamento.

Conservação ambiental

O indicador “atmosfera” – componentes – gases de efeito estufa, material particulado/fumaça, odores e ruídos, apresentaram fatores de ponderação da escala de ocorrência no “entorno” (gases de efeito estufa) e “local” (material particulado/fumaça e odores) com valores de alterações iguais a 1; 1 e 1, respectivamente. Enquanto o coeficiente de impacto foi negativo (-3), devido a uma moderada (1) emissão de gases efeito estufa, emissão de material particulado/fumaça e odores, o poluente ruído, no momento não apresenta efeito, contudo, no futuro, existe a possibilidade de usar o triturador forrageiro para preparar o resíduo para ração.

O indicador “capacidade produtiva do solo” – componentes – erosão, perda de matéria orgânica, perda de nutrientes e compactação apresentaram fator de ponderação da escala de ocorrência pontual”, enquanto os coeficientes de alteração dos componentes apresentaram valores iguais a -3; -1; -1 e +1. Nestes, observa-se uma grande diminuição (-3) da erosão, devido à manutenção da cobertura vegetal durante todo o ano, como também moderada diminuição (-1) da perda de matéria orgânica devido a menor exposição do solo. Referindo-se a compactação, observa-se um moderado aumento (1) do componente, isto devido ao pastoreio.

No indicador “água”, os componentes – demanda bioquímica de oxigênio, turbidez, espuma, óleo, materiais flutuantes e sedimento/assoreamento apresentam uma condição de “não se aplica” ou sem efeito.

No indicador “biodiversidade” – componentes perda de vegetação nativa, perda de corredores de fauna e perda de variedades e espécies caboclas, o coeficiente de alteração dos componentes apresenta a condição de “não se aplica” ou seja sem efeito, uma vez que para o cultivo da pimenta-longa não são utilizadas áreas de floresta.

Na análise dos resultados, observa-se que o indicador “atmosfera” apresentou coeficiente de impacto ambiental negativo (-3). Isso, em virtude do moderado

efeito da emissão de gases efeito estufa, seguidos pela emissão de material particulado/fumaça e odores, apresentando coeficientes de impactos (-2); (-0,8) e (-0,2), respectivamente. A capacidade produtiva do solo apresentou coeficiente de impacto ambiental positivo (+ 5), sendo que as variáveis erosão, perda de matéria orgânica e perda de nutrientes apresentaram coeficientes de impactos positivos (+ 3,75), (+ 1,25) e (+ 1,25), respectivamente, enquanto o efeito da compactação do solo foi negativo (-1,25). Assim, apesar do sistema contribuir positivamente para a capacidade produtiva do solo, existe a problemática da compactação da área.

Na análise dos indicadores, água e biodiversidade, observa-se que todas as variáveis apresentaram-se sem efeito, o que implica em coeficientes de impactos com valor igual a zero.

Recuperação ambiental

O indicador “recuperação ambiental” – componentes (solos degradados, ecossistemas degradados, áreas de preservação ambiental e reserva legal) apresentou fator de ponderação da escala de ocorrência “pontual”. O valor dos coeficientes de alteração dos componentes solos degradados e ecossistemas degradados foi igual a 3 (grande aumento). Isso, em razão da pimenta-longa ser uma planta pioneira na sucessão secundária e haver uma aceleração do processo de reciclagem de nutrientes, uma vez que são utilizados os resíduos em cobertura nas áreas de plantio.

Neste sentido, o indicador recuperação ambiental apresentou coeficiente de impacto positivo (+ 3), contribuindo para a recuperação ambiental as variáveis recuperação de solos degradados e recuperação de ecossistemas degradados, apresentando coeficientes de impactos (+ 1,8) e (+ 1,2), respectivamente. Ressalta-se que as variáveis áreas de preservação permanentes e reserva legal apresentaram na condição de “não se aplica” ou sem efeito.

Índice de impacto ambiental

No resultado agregado, o índice de impacto ambiental da tecnologia foi positivo (0,47). Portanto, a tecnologia, no aspecto geral, contribui para a melhoria do meio ambiente. Contudo, apresenta alguns impactos negativos, destacando-se:

- Aumento no consumo de gasolina.
- Aumento no consumo de lenha, utilizada na fôrnalha.
- Aumento no consumo de água no processamento.
- Emissão de gases efeito estufa.
- Emissão de material particulado/fumaça e odores.
- Aumento da compactação.

Referindo-se aos impactos positivos, destacam-se:

- Diminuição no uso de agroquímicos (herbicidas e fertilizantes).
- Diminuição da erosão.
- Diminuição de perda de material orgânico e de nutrientes.
- Contribuição para a recuperação de solos e ecossistemas degradados.

Conclusão

O desenvolvimento da tecnologia “Recomendação do cultivo de pimenta-longa para a produção de óleos essenciais, ricos em safrol” apresenta viabilidade financeira conforme mostram os indicadores analisados (TIR, VPL e RB/C). No aspecto ambiental, a tecnologia obteve um IIA igual a 0,47, de um máximo possível de 15. Assim, a inovação tecnológica minimiza os danos ambientais, quando comparada aos cultivos de subsistência, oferecendo indicativos favoráveis de sustentabilidade econômica e ambiental.

Referências

CAVALCANTE, M. DE J. B. (Ed.). **Cultivo de pimenta longa (Piper hispidinervum) na Amazônia Ocidental**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2002. 29 p. (Embrapa Acre. Sistema de produção, 1).

HOFFMANN, R.; ENGLER, J. J. DE C.; SERRANO, O.; THAME, A. C. DE M.; NEVES, E. M. **Administração da empresa agrícola**. 5. ed. São Paulo: Pioneira, 1986. 325 p.

PIMENTEL, F. A.; SOUZA, M. de M. M.; SÁ, C. P. de; CABRAL, W. G.; SILVA, M. R. da; PINHEIRO, P. S. N.; BASTOS, R. M. **Recomendações básicas para o**

cultivo da pimenta longa (*Piper hispidinervium*) no estado do Acre. Rio Branco: Embrapa-CPAFAC, 1998. 14 p. (Embrapa-CPAFAC. Circular técnica, 28).

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P.K. **Avaliação de impactos ambientais da inovação tecnológica agropecuária:** Ambitec-Agro. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 93 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 34).

SÁ, C. P. de; PIMENTEL, F. A.; SANTOS, J. C. dos; NASCIMENTO, G. C. do; ROCHA GOMES, F. C. da. **Coefficientes técnicos e avaliação econômica do sistema de produção da pimenta longa no Acre.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2002. 4 p. (Embrapa Acre. Comunicado técnico, 154).