

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL –
MESTRADO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM RECICLAGEM, TRATAMENTO E
DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

Marcelo Nascimento Bernál

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO CULTIVO DE *Aleurites fordii* Hemsl.
ATRAVÉS DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA.**

Santa Cruz do Sul, novembro de 2012

Marcelo Nascimento Bernál

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO CULTIVO DE *Aleurites fordii* Hemls.
ATRAVÉS DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental – Mestrado, Área de Concentração em Reciclagem, Tratamento e Disposição de Resíduos Sólidos, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Orientadora: Prof^a Dr^a. Rosana de Cassia de Souza Schneider

Co-Orientador: Prof^o Dr. Ênio Leandro Machado

Santa Cruz do Sul, novembro de 2012

Marcelo Nascimento Bernál

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO CULTIVO DE *Aleurites fordii* Hemls.
ATRAVÉS DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA.**

Esta Dissertação foi submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental – Mestrado, Área de Concentração em Reciclagem, Tratamento e Disposição de Resíduos Sólidos, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Dr. rer. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM

Dr. Diosnel Antonio Rodriguez Lopez
Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

Dr^a Rosana de Cassia de Souza Schneider
Professora Orientadora - UNISC

Dr. Ênio Leandro Machado
Professor Co-orientador

Ao Movimento dos Pequenos Agricultores – MPA

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe Helenita, meu pai Fernando, meus irmãos Gustavo e Eliana pelo apoio prestado em toda minha formação, desde minha alfabetização, até este momento, deixando de lado em muitas vezes suas necessidades pessoais para que as minhas pudessem ser supridas.

Agradeço ao Movimento dos Pequenos Agricultores-MPA, pela oportunidade me proporcionada, bem como por todos os ensinamentos e conhecimentos que viemos trocando ao longo dos últimos anos.

Ao Frei Sérgio, Gilberto, Sacon, Miquéli, Letícia, Sandra, Aléx, Vagner, Fabiano, Cardoso, Nina, Duda, Francine, Giovana, Luciane, Caio, Polette, Rosiéle, Tuté e todos que fazem parte da Cooperfumos, Cooperhab, CPC e Cooperbio, que contribuem para que os agricultores tenham vidas melhores.

Ao Técnico Agrícola e graduando em Agronomia, Josuan Schiavon pela cedência dos dados registrados antes da minha chegada ao Centro, e pelo apoio prestado a mim e a todos e todas que sempre necessitaram.

Ao Frei Zanatta, Frei João Osmar, Padre Tacizio, Josi, Laís, José Luis, Meri, Cleiton, Valmir, Luana, Emerson, Saraí, Isnar e todos que contribuem com o Instituto Cultural Padre Josimo no desenvolvimento de projetos que melhorem profundamente os ecossistemas e a vida de milhares de pessoas.

À Milene Martins (*in memoriam*) por ter sido, em nossa curta convivência, uma das melhores amigas e uma grande personalidade, dispondo-se sempre ao auxílio aos demais, não importando o dia ou hora. Aprendi com você muitos princípios que levarei por toda minha vida.

À UNISC e à minha orientadora Prof^a Dr^a. Rosana de Cassia de Souza Schneider e meu co-orientador Prof^o Dr. Ênio Leandro Machado, pela formação, orientação e, acima de tudo, pela oportunidade de conviver com pessoas como vocês, onde a busca pelo desenvolvimento da ciência é constante e cujos princípios puderam abrir ainda mais as portas da Universidade para a sociedade que mais precisa dela.

Ao CNPq pela concessão da bolsa, sem a qual não seria possível a conclusão deste trabalho.

A todos e todas que vivenciaram comigo esses anos e perceberam que não foram fáceis, mas que seguramente valeram a pena.

Ajudar a quem necessita não é somente parte do dever, mas também da felicidade.

José Martí

RESUMO

A agricultura convencional ao longo das últimas décadas vem enfrentando graves crises provocadas por inúmeros fatores que vão desde o manejo inadequado do solo, até a aplicação excessiva de agrotóxicos. Com isso, sistemas alternativos de produção vêm sendo desenvolvidos, entre os quais estão os sistemas agroflorestais, com destaque a aqueles que aglutinam a produção de energia no seu contexto. Com isso o objetivo do trabalho foi avaliar ambientalmente a cultura do *Aleurites fordii* Hemls. produzida em sistemas agroflorestais, através da metodologia de Análise do Ciclo de Vida, utilizando o *software SimaPro 7.3.2*. Como resultado obteve-se que a principal categoria de impacto ambiental é o *uso do solo*, onde estão ponderadas a supressão de espécies da fauna e flora e as alterações nos ecossistemas. O impacto total nessa categoria foi de $1741,218 \text{ m}^2 \text{ ano}^{-1}$ de *Frações Potencialmente Desaparecidas (PDF*m²yr⁻¹)*. Entre as três etapas do processo produtivo, a primeira, Mudas Plantadas, é responsável por 95,26% do total dos impactos associados, cabendo os demais 4,74% para as etapas de Condução e Colheita dos Frutos. Com isso, conclui-se que como a etapa que concentra a maior parte dos impactos ambientais somente é executada uma vez a cada trinta anos, pois a cultura possui um ciclo produtivo perene, o processo produtivo é considerado um modelo menos impactante do que as culturas anuais em geral.

Palavras chave: *Aleurites fordii* Hemls.; Análise de Ciclo de Vida; Impactos ambientais.

ABSTRACT

Conventional agriculture over the past decades has been facing serious crises caused by numerous factors ranging from inadequate soil management, to the excessive application of pesticides. Thus, alternative production systems have been developed, among which are agroforestry systems, especially those that coalesce to produce energy in its context. With the objective of this study was to environmentally evaluate the culture of *Aleurites fordii* Hemsl. produced in agroforestry systems, through the methodology of Life Cycle Analysis using software SimaPro 7.3.2. As a result it was found that the major category of environmental impact is the use of the soil, where they are considered the removal of species of flora and fauna and the ecosystem changes. The full impact of this category was $1741.218 \text{ m}^2 \text{ yr}^{-1}$ Potentially Disappeared Fraction (PDF * m^2yr^{-1}). Among the three stages of the production process, the first, Seedlings Planted, accounts for 95.26% of the total impacts associated, falling 4.74% for the remaining steps of the Fruit Harvest and Driving. Thus, it is concluded that such step which concentrates the majority of environmental impacts is executed only once every thirty years, because the culture has a perennial production cycle, the production process is considered a less impressive than cultures annual general.

Keyword: *Aleurites fordii* Hemsl.; Life Cycle Assessment; Environmental impacts

LISTA DE ABREVIATURAS

ACV – Avaliação de Ciclo de Vida

CV – Coeficiente de Variação

DALY - *Disability Adjusted Life Years* ou número de anos perdidos mais o número de anos vividos com incapacidade

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

ISO – *International Organization for Standardization* ou Organização Internacional de Padronização

MCT – Museu de Ciência e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica

PDF - *Potentially Disappeared Fraction* ou Fração Potencialmente Desaparecida

PUC – Pontifícia Universidade Católica

OMS – Organização Mundial da Saúde

SAF – Sistemas Agroflorestais

SBCS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Frutos do <i>Aleurites fordii</i> Hemls.	19
Figura 2 - Perfil geral do <i>Aleurites fordii</i> Hemls.	19
Figura 3 - Estrutura geral da ACV.	26
Figura 4 - Uso dos softwares em esfera internacional no ano de 2007.....	32
Figura 5 - Croqui de localização da propriedade da COOPERFUMOS em Santa Cruz do Sul, RS.....	36
Figura 6 - Croqui de localização da área do experimento.	36
Figura 7 - Visualização do entorno da propriedade da Cooperfumos em 8 de junho de 2012.....	37
Figura 8 - Vista da propriedade da Cooperfumos em 20 de janeiro de 2008 ...	38
Figura 9 - Vista da área do experimento, na área selecionada da Cooperfumos, em 20 de janeiro de 2008.....	39
Figura 10: Esquema de entradas do sistema avaliado.....	46
Figura 11 - Gráfico com os resultados ponderados entre categorias de impacto.	54
Figura 12 - Resultados ponderados em cada uma das três categorias de danos.	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais espécies encontradas na região do estudo.....	39
Tabela 2: Insumos necessários à produção de 50 mudas e a referida distância de transporte.	47
Tabela 3: Relação de carga de transporte de cada insumo de entrada.	48
Tabela 4: Atividades desenvolvidas durante o preparo do solo.	48
Tabela 5: Mão de obra necessária à etapa do plantio das mudas.	49
Tabela 6: Número de irrigações e o tempo dispensado por cada.	49
Tabela 7: Equipamento utilizado e seu respectivo consumo elétrico e hídrico.	49
Tabela 8: Entradas de insumos e trabalho entre 0 e 90 dias.	50
Tabela 9: Entrada de trabalho entre 91 e 365 dias.	50
Tabela 10: Entrada de trabalho entre 366 e 1460 dias.	50
Tabela 11: Entradas de materiais e trabalho durante a etapa de colheita.	51
Tabela 12: Resultados ponderados por categoria de impacto (Anexo H).	52
Tabela 13: Resultados normalizados por categoria de impacto (Anexo F)	55
Tabela 14: Resultados expressos em unidades de danos.	56
Tabela 15: Dados expressos em categorias de danos.....	56
Tabela 16: Resultados normalizados por categoria de dano (Anexo M).	57
Tabela 17: Parâmetros estatísticos por categoria de impacto.....	58
Tabela 18: Parâmetros estatísticos por categoria de dano (Anexo N e O)	58
Tabela 19: Parâmetros estatísticos em pontuação única.....	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1	Sistema de cultivo do <i>Aleurites fordii</i> Hemls.	18
2.1.1	Descrição a espécie	18
2.1.2	A Cooperfumos.....	21
2.1.3	Sistemas Agroflorestais	22
2.1.4	Agricultura camponesa	23
2.2	Avaliação do Ciclo de vida	24
2.2.1	Limitações da metodologia	26
2.2.2	Princípios e estrutura.....	27
2.2.3	Inventário dos dados	28
2.2.4	Avaliação de impactos.....	28
2.2.5	Interpretação dos resultados individuais.....	29
2.3	Ferramentas disponíveis para ACV	30
3	METODOLOGIA	34
3.1	Metodologia de caracterização da área de estudo.....	34
3.2	Características da área de estudo	35
3.3	Inventário dos dados	41
3.4	Avaliação de impactos ambientais	42
3.5	Prognósticos ambientais	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	46
4.1	Inventário dos dados	46
4.1.1	Produção das mudas e plantio	47
4.1.2	Condução das mudas.....	49

4.1.3	Colheita do Tungue	51
4.2	Avaliação dos impactos ambientais	51
4.3	Prognósticos ambientais	59
4.3.1	Substituição das embalagens	59
4.3.2	Reciclagem dos resíduos vegetais	60
4.3.3	Menor revolvimento do solo.....	60
5	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
6	RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS	64
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
8	ANEXOS	68
	Anexo A – Vista de uma das unidades de <i>Aleurites fordii</i> Hemls. avaliadas	68
	Anexo B - Vista frontal da área povoada com <i>Aleurites fordii</i> Hemls.	68
	Anexo C - Vista do início do processo de frutificação, em 22/10/2012.....	69
	Anexo D - Vista da presença de espécies campestres nativas, em 22/10/2012, nas entrelinhas do cultivo.	69
	Anexo E - Gráfico da caracterização, em percentagem, dos impactos por categoria.....	70
	Anexo F - Gráfico dos dados normalizados por categoria de impacto.	70
	Anexo G - Gráfico dos dados normalizados excluindo a categoria Uso do solo.	71
	Anexo H - Gráfico dos dados em pontuação única, fracionada por categoria de impacto.....	71
	Anexo I - Gráfico dos dados alocados em categorias de danos.....	72
	Anexo J - Avaliação de danos na categoria Qualidade dos ecossistemas.	72
	Anexo K - Avaliação de danos na categoria Consumo de Recursos.	73
	Anexo L - Avaliação de danos na categoria Saúde Humana.	73
	Anexo M - Gráfico dos dados normalizados por categoria de dano.	74
	Anexo N - Gráfico dos dados ponderados por categoria de dano.....	74
	Anexo O - Gráfico dos dados alocados, em pontuação única, nas categorias de danos.	75

Anexo P - Análise de incertezas: gráfico dos índices de dispersão dos dados, por categoria de dano.	75
Anexo Q - Análise de incertezas: gráfico de probabilidade para a categoria <i>Uso do Solo</i>	76
Anexo R - Análise de incertezas: gráfico da dispersão dos dados por categoria de impacto.....	76
Anexo S - Análise de incertezas: gráfico da dispersão dos dados normalizados, por categoria de dano.	77
Anexo T - Análise de incertezas: gráfico da dispersão dos dados ponderados, por categoria de dano.	77
Anexo U - Análise de incertezas: gráfico da dispersão dos dados, em pontuação única, na categoria Saúde Humana	78
Anexo V - Análise de incertezas: gráfico de probabilidade geral, em pontuação única.....	78

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos 70 anos o modelo de produção mundial, seja agrícola, seja industrial ou de prestação de serviços, sofreu grandes mudanças, cabendo destaque as sofridas pela agricultura. É factível que a chamada revolução verde possuía, dentre seus objetivos, expandir para novas áreas, até então ocupadas pela vegetação natural, a agricultura de larga escala. Com isso, no caso do Brasil, milhões de hectares de vegetação nativa (principalmente florestas amazônicas), foram dizimados em nome da “expansão agrícola”. Este cenário foi concomitante com a ocupação territorial mais intensa do centro oeste brasileiro, cujo relevo e cobertura eram quase que exclusivamente planícies e cerrado.

A complexidade dos impactos que essa opção que o país fez, até hoje se desconhece. Em termos matemáticos, quando um ciclo produtivo não é capaz de se sustentar de forma autônoma e exige a inserção de novos elementos, o cenário é deficitário. Isto ocorre com a agricultura convencional, onde ano após ano, para manter-se a produção na mesma escala, a exigência de adubos, corretivos e agrotóxicos é maior. Um ciclo onde as saídas são as mesmas e as entradas são cada vez maiores, é matematicamente deficitário e ecologicamente insustentável.

Os sistemas monoculturais foram desenvolvidos em regiões onde a biodiversidade é muito pequena, por exemplo, as regiões de clima temperado. Quando se deseja replicar um modelo produtivo de uma região com características fitogeográficas que possuem apenas algumas dezenas de espécies de fauna e flora nativas, como é o caso das regiões em latitudes superiores aos trópicos, em uma região onde a complexidade aponta para milhares de espécies, seguramente conflitos e desequilíbrios serão desencadeados.

Outro aspecto atualmente debatido em fóruns por todo o mundo é a segurança energética. Uniformemente a opinião geral é da urgente necessidade de diversificação e adoção de fontes renováveis e ambientalmente menos impactantes. Dentro dessa avaliação, surge como uma

das alternativas promissoras como substituição ao diesel oriundo de fonte fóssil, o biodiesel.

O biodiesel mundialmente produzido tem como base predominante, fontes vegetais, ou seja, plantas oleaginosas. Essas oleaginosas, em termos de consumo de energia oscilam abruptamente entre as culturas de ciclo anual e as de ciclo perene. A maior demanda de energia está na implantação do cultivo, seguido pelo procedimento de colheita, onde, nos cultivos anuais, é repetido ano após ano, enquanto que nos cultivos de ciclo perene, o consumo energético de implantação dá-se uma vez a cada conjunto plurianual.

Com vistas a transpor essa atual conjuntura produtiva, os sistemas agroflorestais (SAFs), surgem agregando, como princípio, a diversidade produtiva. Um dos fundamentos básicos que compõem esses sistemas é a interação entre diferentes ecossistemas naturais e produtivos.

Amador e Viana^[2] definem os SAFs como sendo sistemas de uso da terra em que plantas de espécies agrícolas são combinadas com espécies arbóreas sobre a mesma unidade de manejo.

Santos e Paiva^[22] consideram SAFs uma alternativa de uso da terra para aliar a estabilidade do ecossistema visando à eficiência e otimização de recursos naturais na produção de forma integrada e sustentada.

Unificando os dois conceitos, entende-se por SAFs um modelo produtivo no qual atividades de relevante interesse econômico são consorciadas com o cultivo e/ou manutenção de espécies de relevante interesse ecológico. Com base nisso, este sistema produtivo vem sendo desenvolvido com plenitude em pequenas propriedades rurais ao longo de todo o território nacional.

Um das características dos SAFs é o alto rendimento por unidade de área; em compensação, a exigência de trabalho pouco mecanizado, normalmente, é maior. Essa característica reforça a concepção de que se constitui em um modelo aplicável com excelência somente em pequenas propriedades ou pequenos módulos produtivos.

Os Sistemas Agroflorestais são cientificamente referendados como uma proposta genérica, cabendo à nova ciência o aperfeiçoamento específico em objetivos distintos, isto é, para o caso estudado, as informações secundárias

disponíveis em referência são bastante limitadas. Com base nisso, objetiva-se desenvolver uma avaliação ambiental da cultura do Tungue (*Aleurites fordii* Hemsl.) sendo esta uma cultura perene ou também chamada de cultura de ciclo longo.

O método escolhido para a avaliação foi a Análise de Ciclo de Vida – ACV (ou *Life Cycle Assessment – LCA*) que consiste no estudo e avaliação dos impactos ambientais causados por um determinado produto ou serviço ao longo de sua existência, pontuando os fluxos de massa e energia em todas as fases do processo, desde a produção até a disposição final, perpassando pelo uso do produto ou serviço.^[29]

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistema de cultivo do *Aleurites fordii* Hemls.

2.1.1 Descrição a espécie

O *Aleurites fordii* Hemls., comumente conhecido como Tungue ou Tung, que em chinês significa “coração”, devido ao fato de suas folhas possuírem esse formato, é originário da fração oeste da China, sendo ocorrente também nas demais partes do sudeste asiático. Atualmente é cultivada em maior escala na China, Argentina, Paraguai, África, Índia e Estados Unido^[23].

Até meados da década de 1920 a produção mundial era quase que exclusivamente oriunda do território chinês, chegando a cerca de 70 mil toneladas anuais. Essa produção era exportada, principalmente para os Estados Unidos, onde sua aceitação foi massiva. Isto é comprovado pelo fato de que por volta da década de 1940, mais de 100.000 ha no país já estavam cobertos pela cultura^[16].

O *Aleurites fordii* sendo uma das culturas de destaques da Ásia, possui um teor de óleo de aproximadamente 33% do peso total da amêndoa. Possui características apropriadas para a indústria química demandante de óleos, como por exemplo, manufaturas de vernizes, couro, indústria de tintas e preservação da madeira. Não é caracterizado pelo atributo da comestibilidade, uma vez que é um óleo com princípios tóxicos para os seres humanos e propriedades físicas secativas^[9].

As Figuras 1 e 2 apresentam, respectivamente, os frutos e o perfil geral da espécie, destacando-se, na primeira, a proporção entre amêndoa, que é o alvo para produção de óleo, e a casca do fruto, cujo objetivo é a produção de composto orgânico. Outra importante função da amêndoa é o fornecimento de

óleo base que servirá como matéria prima para a indústria de tintas e derivados,



Figura 1 - Frutos do *Aleurites fordii* Hemls.

Fonte: http://w3.ufsm.br/herbarioflorestal/especie_detalhes.php?nome_filtrado=tungue_arvore-de-oleo-da-china&PHPSESSID=ff4b111ae98501edccf986e8a58e598f acessado em 20/10/2012.



Figura 2 - Perfil geral do *Aleurites fordii* Hemls.

Sharma *et al.*^[23] citam ainda que o *Aleurites fordii* prefere solos medianamente ácidos com pH variando entre 5,5 e 6,0, com uma textura de solo medianamente argilosa, porém bem drenados. Em casos onde a alcalinidade é superior ao tolerado, poderão ocorrer sintomas de deformações nas folhas, prejudicando o desenvolvimento pleno da espécie. Os mesmos autores referem-se ainda ao fato de que a espécie possui uma vida média de trinta anos, atingindo o ápice de produção por volta do décimo segundo ano após o plantio.

As exigências de condições de solo, aliadas à boa adaptabilidade ao clima existente no sul do Brasil, fez com que essa região do país entrasse com força no cenário mundial, uma vez que as perspectivas de futuro que se tinha há algumas décadas atrás, eram promissoras. No entanto, com o surgimento das tintas, vernizes e demais substâncias sintéticas, o Óleo de Tungue passou a se tornar obsoleto, fazendo com que muitos cultivadores abdicassem da cultura, substituindo-a por outras com maior rendimento econômico. Este cenário é comprovado pelo fato de que o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em 1996 apresentava o registro de 365,97 ha enquanto que o dado de 14 anos depois, ou seja, 2010, aponta para uma total de 123 ha^[30] com um rendimento médio de 2.585 kg de fruto seco por hectare.

Apesar da perspectiva de mercado ter sido retraída, o surgimento da demanda de novas fontes de energia, no caso de combustíveis, trouxe de volta uma grande utilidade para a cultura exonerada do cenário nacional nos últimos anos: o biodiesel.

Nos últimos anos o aumento da demanda energética desencadeou uma crise, onde diversas fontes alternativas às matrizes até então predominantes, basicamente de fontes fósseis, tiveram de ser desenvolvidas. Entre essas alternativas, uma que ocupou um cenário de destaque foram os biocombustíveis. Com esse destaque estrutural nos modelos de produção e transporte, o biodiesel acaba por tomar um espaço de dominância dentre os demais produtos existentes (lenha, etanol, metanol, etc.), fato que lhe deu o conceito de ser uma das principais alternativa econômica e com menores impactos ambientais, se comparado ao diesel comum^[29]. Este recente cenário

vem auxiliando a retomada da implantação da cultura do *Aleurites fordii*, trazendo uma nova alternativa para pequenos agricultores que constantemente buscam a diversificação de sua produção.

2.1.2 A Cooperfumos

A Cooperativa Mista dos Fumicultores do Brasil Ltda – Cooperfumos do Brasil, com sede em Santa Cruz do Sul, RS, congrega camponeses, associações e demais formas de cooperação. Sua fundação se deu em 15 de março 2004.

Em 2008 a Cooperfumos do Brasil iniciou projeto de produção integrada de alimentos e bioenergia em parceria com a Petrobrás e outras instituições, para tanto, construiu o Complexo Agroindustrial e Profissionalizante Alimentos e Bioenergia São Francisco de Assis, que foi inaugurado em meados de 2009. Para a construção do Complexo a Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul doou uma área de 41,5 hectares, situada às margens da ERS 412, km 18.

O complexo está estruturado em quatro áreas, interligadas e organizadas de forma sistêmica:

A Primeira área está destinada a produção de Alimentos e Energia;

A Segunda área está destinada a produção de alimentos: criação de bovinos de leite e corte com Pastoreio Racional Voisin, PRV, em sistema agrossilvipastoril;

A Terceira área destina-se a armazenagem, secagem, industrialização e distribuição de grãos;

Na Quarta área encontra-se o Centro de Formação Profissionalizante: O Centro de Formação foi construído seguindo os princípios da bioconstrução, com alojamentos na forma de moradias replicáveis nas comunidades camponesas, com as técnicas conhecidas como Superadobe e Terrapalha.

2.1.3 Sistemas Agroflorestais

Considerando que cultivos monoculturais possuem, por síntese, a necessidade de uniformização do ambiente para uma melhor padronização da produção, outros sistemas produtivos, onde a disponibilidade nutricional para as plantas e as características físico-químicas do solo, são melhores concebidas, vieram a ser incentivados^[3].

Um dos sistemas alternativos atualmente em plena expansão são os Sistemas Agroflorestais (SAFs), os quais existem diversos modelos secundários. A alternância de opção é notada pela concepção prática da proposta onde Campanha *et. al.*^[3] citam vantagem que variam desde o aumento dos teores de umidade no solo, o que conseqüentemente aumenta a atividade microbiana, até o aumento da disponibilidade de elementos químicos fundamentais ao equilíbrio nutricional dos vegetais, tais como K, Ca e Mg. É destacável ainda pelos autores, o menor índice de saturação por alumínio e alumínio trocável que representam melhor capacidade de troca catiônica (CTC) por parte do solo.

Altieri^[1] afirma que a sustentabilidade, tão fundamental para a produção agrícola, deve atender a, no mínimo, três pré-requisitos: manutenção da capacidade produtiva do agroecossistemas, preservação da biodiversidade e capacidade de autopreservação do complexo. Essa teoria reforça a necessidade de que sistemas produtivos agreguem o fator diversificação e biodiversidade sob pena de, caso não contemplem, direcionem-se a completa exaustão de recursos e conseqüentemente à insustentabilidade ambiental e econômica.

Com isso, algumas cooperativas de camponeses, dentre as quais está presente a Cooperativa Mista dos Fumicultores do Brasil Ltda. (Cooperfumos), vêm incentivando seus associados a produzirem suas culturas em sistemas agroflorestais, integrando diferentes potenciais produtivos, desde espécies alimentícias, até espécies de cunho energético, como é o caso do *Aleurites fordii*.

O reflexo da mudança de matriz produtiva, passando de uma menos diversa para os sistemas agroflorestais, aparece traduzida pelo aumento da diversidade florística e faunística nas áreas comuns às produtivas. Esse cenário traz consequências para os índices de produção, elevando os valores em consequência de fatores que vão desde o aumento da presença de polinizadores até a manutenção de maiores percentuais de matéria orgânica no sistema produtivo.

Os SAFs podem ser adaptados à praticamente a totalidade de culturas comerciais hoje existentes no mundo. Existem sistemas cuja integração dá-se entre cultivos agrícolas anuais e criação de animais de corte, os chamados Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária. Um segundo modelo que merece destaque, é o consórcio entre espécies florestais e sistemas de pastejo. Este, denominado Sistema Silvipastoril, tem ganhado espaço rapidamente, uma vez que o ganho produtivo dos animais, pelo fato de conviverem constantemente com um sombreamento, é maior do que o modelo pecuarista convencional, onde a exposição solar é quase que permanente.

O terceiro arranjo produtivo agroflorestal condiz exatamente com a potencialidade de uso do *Aleurites fordii* Helms. É um consórcio de espécies florestais com espécies agrícolas anuais. Este sistema é conhecido como Silviagrícola, onde as integrações de diferentes potenciais econômicos ocorrem em períodos mais longos, ou seja, algumas possuem o período produtivo em curto prazo e as demais em médio ou longo.

2.1.4 Agricultura camponesa

A agricultura camponesa, segundo Göergen^[10], não é somente um modo de produção, mas sim um modo de vida, desenvolvido exclusivamente em pequenas propriedades e com o trabalho familiar. Esse modelo de agricultura não restringe-se somente à forma de produzir, mas sim ao envolvimento cotidiano de toda a família, baseado na diversificação da propriedade. Esta diversificação, cita ainda o autor, é uma das características predominantes do

campesinato, abrangendo não somente as questões produtivas, mas também uma diversidade cultural, onde os regionalismos espalhados por todo Brasil o tornam um modelo de vida digna às pessoas, e uma diversidade ambiental, uma vez que a integração de diferentes espécies é possível de ser realizada em qualquer ecossistema, em qualquer meio, em qualquer ambiente.

Göergen^[10] retrata ainda a história do surgimento da agricultura camponesa no Brasil, a qual apareceu com maior força, concomitantemente com os grandes ciclos econômicos do café, cana de açúcar e cacau. Estes foram responsáveis pelo avanço mais intenso da fronteira agrícola, quase que exclusivamente através de grandes propriedades. No entanto, a população brasileira não se alimentava apenas desses três produtos, e sim de uma gama mais ampla. Esses demais alimentos eram produzidos na periferia das grandes fazendas ou em áreas de difícil acesso, através do trabalho dos escravos e, após a abolição da escravatura, dos empregados que nelas trabalhavam.

O campesinato, reforçando suas raízes diversificadas, atualmente busca a produção de diferentes elementos dentro das pequenas propriedades. Esses elementos devem proporcionar soberania alimentar, energética e ambiental às famílias que nelas vivem. A questão alimentar é um tema discutido há mais tempo, cabendo às organizações sociais aprofundarem a autonomia energética e ambiental, através do incentivo a novas culturas e modelos produtivos, entre os quais estão os sistemas agroflorestais que contemplem oleaginosas perenes.

Neste sentido, a avaliação das cultura, sob um olhar de tecnologia agrícola, e com forte apelo ambiental, pode ser realizado, a partir da Análise de Ciclo de Vida (ACV).

2.2 Avaliação do Ciclo de vida

O conceito de ACV foi concebido em meados da década de 1960, tendo como momento de intensificação dos esforços para a definição de uma metodologia clara de estudo, a década de 1970. No entanto, é a partir da década de 1990 que começou a ser desenhada uma uniformização na

metodologia, principalmente no que tange a elaboração dos inventários dos dados^[20].

Atualmente existem três grandes propósitos para a aplicação de uma análise de ciclo de vida: comparação de produtos, processos ou serviços alternativos; comparação de ciclos de vidas alternativos para um determinado produto, processo ou serviço e identificação dos segmentos do ciclo de vida que podem ser interferidos com o intuito de melhorar a eficiência e reduzir o impacto de sua geração^[29]

A metodologia de ACV é uma ferramenta de avaliação ambiental voltada para a avaliação do impacto que um produto ou processo causa no meio ambiente durante todo o período de sua vida: desde a extração das matérias primas necessárias à sua produção até a reciclagem ou eliminação dos resíduos no fim de vida, passando pelos processos de embalagem, fabricação e comercialização^[15].

Internacionalmente a ACV é orientada pelas normas ISO 14040^[13] que tratam exatamente da estrutura (Fig. 3), critérios e informações relevantes que devem ser atentadas nos estudos de ACV. A ISO 14040 descreve a estrutura e os princípios que devem ser seguidos na condução do estudo, a fim de proporcionar relevantes e padronizadas informações após a conclusão dos estudos.

A ISO 14041 começa a normatizar mais diretamente os estudos, através do regramento da definição dos objetivos e do escopo da avaliação. A 14042 trata da avaliação de impacto, abarcando os critérios para realizar a avaliação qualitativa e quantitativa, bem como a caracterização dos impactos identificados após a análise dos dados inventariados.

A ISO 14043 relata os procedimentos que devem ser adotados para a interpretação dos resultados, uma vez que cada estudo apresenta um perfil diferenciado, fato este que impediria comparações caso os procedimentos interpretativos fossem distintos.

A ISO 14048 descreve a forma como os dados devem ser apresentados, destacando que é necessária uma avaliação caracterizada e outra ponderada em cada vertente de impacto.

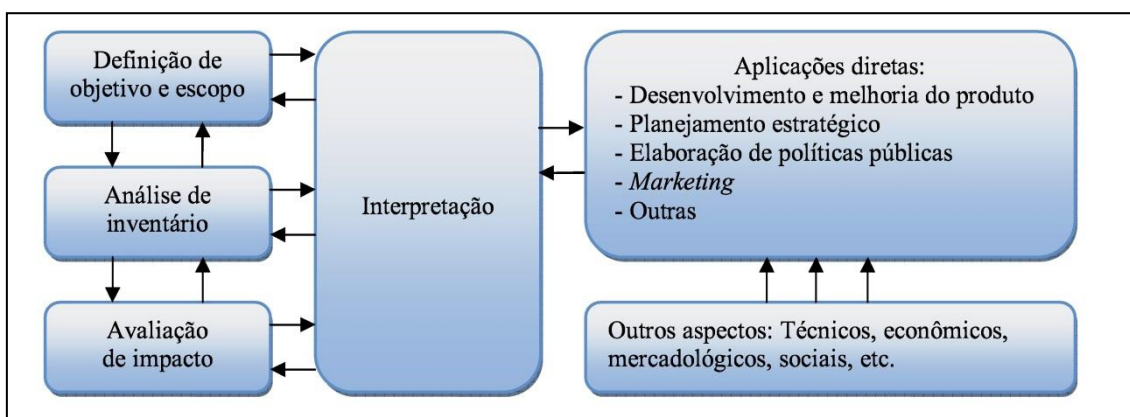


Figura 3 - Estrutura geral da ACV.

Fonte: SALLABERRY^[21]

Esta ferramenta, apesar de ser ainda pouco aplicada em produções agrícolas, apresentou, por exemplo, para a cultura do feijão, que os impactos associados à cultura, estão alocados principalmente nas categorias de acidificação e eutrofização regional e impactos sobre às mudanças climáticas.

Para estudos de avaliação ambiental de culturas desenvolvidas na costa do Peru, o uso da água é apontado como um dos principais fatores de impacto, causando eutrofização dos ambientes regionais. Com isso a opção por sistemas de menor consumo hídrico, é apontado pelo estudo como melhoria do processo produtivo.

2.2.1 Limitações da metodologia

Pelo fato de todas as técnicas terem limitações, é importante compreender aquelas que estão presentes na ACV. Entre as limitações, incluem-se a natureza das escolhas e suposições, os modelos escolhidos para análise de inventário e impacto^[25]. Além destas, deve-se levar em consideração que as categorias de impacto globais e estudos amplos podem não ser adequados para aplicação em estudos de ACV bastante limitados geograficamente. Ainda, dados utilizados no inventário, que apresentam

lacunas em informações, como dimensões temporais e espaciais, levam a aumentar o grau de incerteza sobre o resultado do estudo de ACV.

De maneira geral, além das escolhas de quem vai conduzir o estudo de ACV, o modo como as incertezas serão medidas e analisadas também influenciam no resultado. Huijbregts *et al.*^[12] relacionam as categorias de impacto, cenário estabelecido e o modelo para cálculo das incertezas como fatores que influenciam com relevância o grau de incerteza.

Outro elemento que fragiliza a confiabilidade dos resultados obtidos, é o baixo número de matrizes mapeadas para a realidade brasileira, em contraponto ao elevado número para a Europa e China, principalmente. Este pode ser considerado como uma das grandes fragilidades, que só poderão ser superadas em médio prazo, quando a difusão massiva da técnica ocorra.

2.2.2 Princípios e estrutura

Georgakellos^[7] afirma que a metodologia ACV é subjetiva em vários aspectos, tais como um escopo definido e limitado, e apresenta resultados determinados por cálculos de dados de origem e confiabilidade desconhecidas, pelo fato de não ser ainda uma metodologia difundida internacionalmente nos meios científicos. No entanto, em contraponto ao autor, a própria *International Organization for Standardization (ISO)* ou Organização Internacional para Padronização já possui normatização específica para a consideração dos estudos obtidos com essa ferramenta, válidos e estatisticamente confiáveis.

Este regramento define basicamente a necessidade da existência de quatro grandes fases: Definição de objetivo e escopo; inventário dos dados; avaliação de impactos e interpretação dos resultados.

A primeira etapa é a clareza dos objetivos que se pretende alcançar com a conclusão do estudo ou experimento. Isso trará, no período pós-interpretação dos resultados, a informação de que se obteve sucesso, ou seja, atingiu-se as metas iniciais, ou o trabalho necessita de ajustes técnicos.

Para dar sequência à execução da metodologia de ACV o segundo passo é a definição dos limites que o estudo deve possuir, tanto o inicial quanto o final. É importante que esta etapa seja bem clara e definida, pois é ela quem vai orientar a coleta de dados que comporá o inventário.

2.2.3 *Inventário dos dados*

A análise de inventário é a fase da avaliação do ciclo de vida que envolve a compilação e a quantificação de entradas e saídas para um determinado sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida. É uma etapa cuja finalidade principal consiste em compilar os dados necessários à conclusão dos cálculos do ACV.^[6]

Nessa fase é elaborada uma lista que contém as quantidades de recursos e energia utilizados, e de poluentes emitidos ao ambiente. O resultado pode ser segregado por etapas do ciclo de vida, por meios físicos (ar, água, solo), processos específicos ou por qualquer combinação^[5] Além disso, na fase de inventário tem-se a oportunidade de refinar as fronteiras do sistema, pois o processo de coleta de dados é interativo. Uma vez que os dados são coletados, reavalia-se o sistema, podendo acontecer novos requisitos de dados ou limitações sejam identificados^[19]

2.2.4 *Avaliação de impactos*

A avaliação de impacto do ciclo de vida é a terceira fase da ACV e pode ser expressa como a etapa de compreensão e avaliação da magnitude e significância dos impactos ambientais potenciais de um produto ou serviço, identificada no inventário. Dentro dessa fase, podem-se distinguir algumas etapas principais^[21]:

- Seleção das categorias de impacto: etapa inicial que objetiva identificar quais são os alvos dos impactos ambientais.

- **Classificação e Caracterização:** segunda etapa que aloca os impactos nas categorias previamente identificadas. Destina-se a distribuir os impactos de cada etapa do processo dentro de cada categoria.
- **Normalização:** trás os resultados caracterizados para uma unidade de referência, para que a etapa seguinte possa ser desenvolvida.
- **Ponderação:** relaciona os impactos entre as categorias de impacto ou danos, permitindo uma comparação entre elas e identificação das principais. Isto ocorre porque todas são apresentadas na mesma unidade de medida.
- **Agrupamento:** quando é o caso de aparecerem impactos nulos em alguma das categorias previamente identificadas, pode-se promover o agrupamento dessas.

A NBR ISO 14040 alerta para que a estrutura metodológica e científica para avaliação de impacto ainda está sendo desenvolvida; os modelos de categorias de impacto estão em estágios diferentes de desenvolvimento. Portanto, transparência é fundamental na avaliação de impacto para assegurar que as suposições sejam claramente descritas e relatadas.

2.2.5 Interpretação dos resultados individuais

Interpretação é a fase da ACV na qual as constatações da análise do inventário e da avaliação do impacto são combinadas, de forma consistente, com o objetivo e o escopo, visando alcançar conclusões e recomendações.

A fase de interpretação interage com as outras três fases da ACV. Se os resultados da análise do inventário, ou da avaliação do impacto, não alcançarem os requisitos mínimos definidos no objetivo e escopo, então o inventário deve ser revisto com ações, por exemplo, de alterar as fronteiras do sistema, nova coleta de dados, etc; seguido por nova avaliação do impacto

mais incorporado. Esse processo iterativo deve ser repetido até que os requisitos sejam atingidos de acordo com os seguintes passos^[4]:

- 1) Identificação das questões ambientais significativas;
- 2) Avaliação da metodologia e resultado, através da sua contribuição, consistência e integridade;
- 3) Verificação da consistência das conclusões de acordo com os requisitos do objetivo e escopo do estudo;

2.3 Ferramentas disponíveis para ACV

Atualmente existem diversas ferramentas para a realização de estudos de ACV, dentre as quais muitas são *softwares* desenvolvidos exclusivamente para este fim. Contudo existem muitas análises que podem ser realizadas através do processamento individual dos dados, utilizando planilhas eletrônicas cujas entradas e saídas possam ser discriminadas separadamente. Estes sistemas de análise não informatizados, no entanto, possuem mais aplicabilidade em ciclos de vidas de modelagem simples. Para os demais casos, existem ferramentas digitais que permitem a modelagem e avaliação de processos mais complexos ou cujas entradas e saídas possuem matrizes de impactos extensas.

Para a concepção de bons *softwares* para análise de ciclo de vida, algumas características devem ser atentadas^[27]:

- A. Quanto ao uso:
 - a. Ser completo, flexível e de fácil operacionalização;
 - b. Oportunizar o manuseio das etapas e das informações em qualquer fase do ciclo de vida;
 - c. Oferecer matrizes de entradas e saídas cada vez mais extensas;
 - d. Estabelecer relações não exclusivamente lineares;

- e. O usuário não precisa compreender todas as unidades expressadas nas matrizes;
- f. O *software* deve ser capaz de retificar possíveis inconsistências nos dados, possibilitando obter resultados mais confiáveis mesmo que os dados não forneçam tal confiabilidade.

B. Quanto aos dados

- a. A base de dados deve ser acessível e independente do resto do *software*;
- b. Permitir interação entre partes de análises diferentes, proporcionando mais rapidez na elaboração de novas análises semelhantes;
- c. Ser interativo com terceiros que não sejam o próprio construtor da análise;
- d. Hierarquizar os impactos e os sistemas analisados;

C. Quanto ao relatório

- a. Os dados devem proporcionar visualização dos resultados de diferentes óticas (tabelas, gráficos, fluxogramas, etc.);
- b. Impressão dos diagramas de fluxos com qualidade;
- c. Deve ser possível uma análise de sensibilidade (ou incertezas) dos dados;
- d. Possibilitar as quantificações econômicas na análise.

A seleção do *software* ou ferramenta de ACV é apenas o início do processo^[27], onde as funcionalidades e objetivos que se almeja atingir, são dois dos principais balizadores a serem utilizados na escolha entre um ou outro. As necessidades que se tem e a capacidade de supri-las, também são fundamentais na definição da ferramenta mais adequada e adaptada ao processo que se deseja analisar^[26].

Tendo por base esses atributos prévios, alguns *softwares* foram produzidos no mundo inteiro, cuja experimentação fez com que alguns deles obtivessem destaque em número de utilizações (Fig. A).

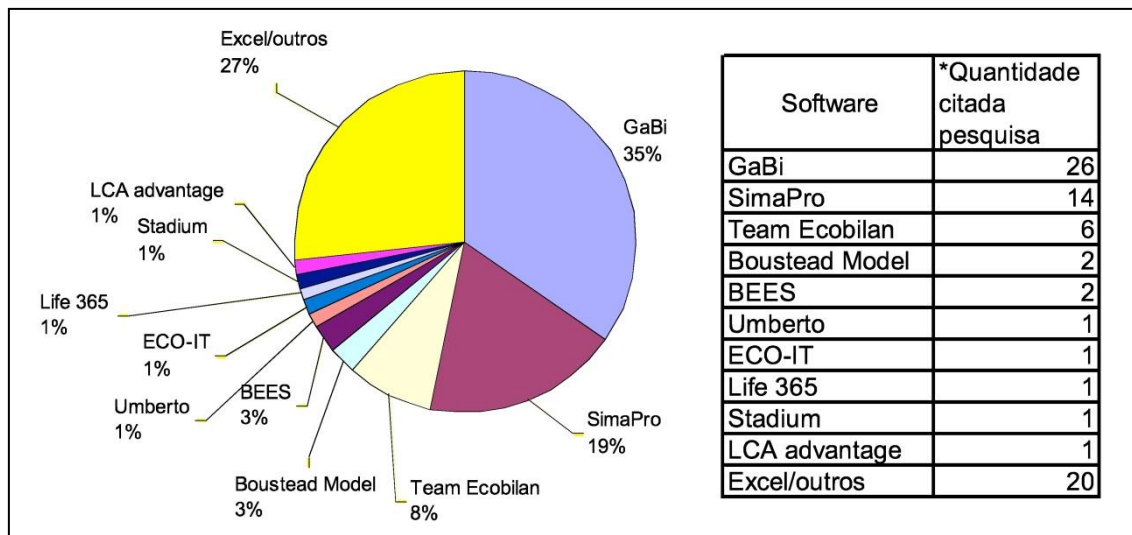


Figura 4 - Uso dos softwares em esfera internacional no ano de 2007

Fonte: TATEYAMA^[26].

O *SimaPro* um *software* apropriado para o planejamento ambiental de produtos ou processos produtivos, além de relacionar um número grande de componentes poluentes cujos impactos ambientais já estão relacionados.^[14]

Como característica principal da estrutura do programa, está a interatividade e a capacidade de analisar grandes volumes de dados, vinculando com bases de dados, proporcionando a obtenção de resultados mais confiáveis. No entanto, como todas as demais ferramentas de ACV, está limitado pela baixa difusão da técnica em escala mundial, ou seja, muitas das entradas determinadas em ciclos de vida que se objetiva analisar, não possuem as matrizes de impactos compiladas nos bancos de dados.

A versão 7.3.2 do *software* permite uma interação melhor com os dados e inovou ao poder exportar e importar dados de diferentes formatos se comparado à sua versão anterior quando a gama de extensões suportada era reduzida. O programa permite visualizar os resultados em forma de gráficos, fluxogramas e tabelas, onde a última apresenta os dados numéricos, com maior precisão, das grandezas de impacto ^[18].

A ferramenta permite mensurar a dimensão, cumprindo o objetivo quantitativo da pesquisa, e localizar os focos principais do impacto ambiental, cumprindo o aspecto qualitativo.

3 METODOLOGIA

3.1 Metodologia de caracterização da área de estudo

Para realizar a caracterização da área de estudo foram consideradas informações pertinentes aos seguintes temas: localização, cobertura vegetal original, fauna regional, geologia e edafologia regional, dados climatológicos e o perfil das atividades do entorno.

Localização: foi realizada em dois níveis, sendo o primeiro a localização da propriedade onde foi instalado o experimento, e o segundo a alocação do experimento dentro da propriedade. Para ambas, foram utilizadas as imagens de satélite disponíveis gratuitamente no software *Google Earth*, em sua versão 6.0, cuja data de imageamento corresponde ao dia 8 de junho de 2012, portanto consideradas de boa atualização.

Estas imagens foram geradas através da plataforma *GeoEye* cuja resolução espacial é de 0,5 m ^[31], uma das mais atualizadas comercialmente disponíveis, fato que garante boa resolução para mapeamentos temáticos não cadastrais.

Perfil das atividades do entorno: aliado ao mapeamento locacional da área de estudo, foram identificadas, também, algumas atividades do entorno, como forma de caracterização do perfil econômico regional. Para a locação dessas atividades foram utilizadas as mesmas imagens de satélite disponíveis no *Google Earth*.

Uma segunda ferramenta foi utilizada para uma descrição regional em escala mais ampla: o Mapa de Uso da Terra elaborado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE^[32].

Cobertura vegetal original: a caracterização da cobertura vegetal original deu-se utilizando duas ferramentas: consulta aos técnicos atuantes na área na época de implantação do povoamento e uma imagem de satélite datada de 6 meses antes do efetivo plantio das mudas. No entanto, nenhuma delas possui

precisão para aprofundar a identificação de espécies encontradas na área. Assim, foi possível caracterizar a fisionomia geral da área, identificando a formação vegetal que na época ocupava a área.

Fauna regional ocorrente: como característica deste item, considerou-se a similaridade entre a fauna geral ocorrente na época de implantação do povoamento que deu origem ao estudo e a que atualmente habita a região. Essa similaridade se dá pelo fato de a área do estudo possuir relativamente pequenas dimensões, não sendo possível identificar endemismos faunísticos, como, por exemplo, os que ocorrem em afloramentos rochosos.

Para a identificação das espécies presentes ou potencialmente presentes na área, foram utilizados dados secundários disponíveis em mídias digitais, mais precisamente os compilados pelo Museu de Ciência e Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (MCT-PUCRS). Os dados foram obtidos através do site do MCT ^[33], o qual apresenta o rol de espécies ocorrentes em micro regiões do Estado.

Geologia e Edafologia Regional: este tópico foi descrito também utilizando somente dados secundários, isto é, apoiando-se no sistema de classificação adotado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – SBCS.

Dados climatológicos: para a descrição do clima foram utilizados dois níveis de informações: o primeiro diz respeito à classificação climática da região segundo o IBGE ^[34], e o segundo, baseado nas médias mensais de precipitação, temperatura, e umidade do ar, ocorridas entre o dia 1º de julho de 2008 e 31 de julho de 2012. Este segundo rol de informações foi obtido diretamente com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, através do contato *on-line* através do site institucional do órgão.

3.2 Características da área de estudo

A área experimental está localizada no interior da propriedade da COOPERFUMOS, no km 18 da RS 412, no distrito de Capão da Cruz Oeste,

em Santa Cruz do Sul-RS, ocupando uma área total de cerca de 41,5 ha, dos quais, 0,15 estão cobertos pela cultura estudada (Anexos A, B, C e D), conforme apresentado nas Figuras 5 e 6

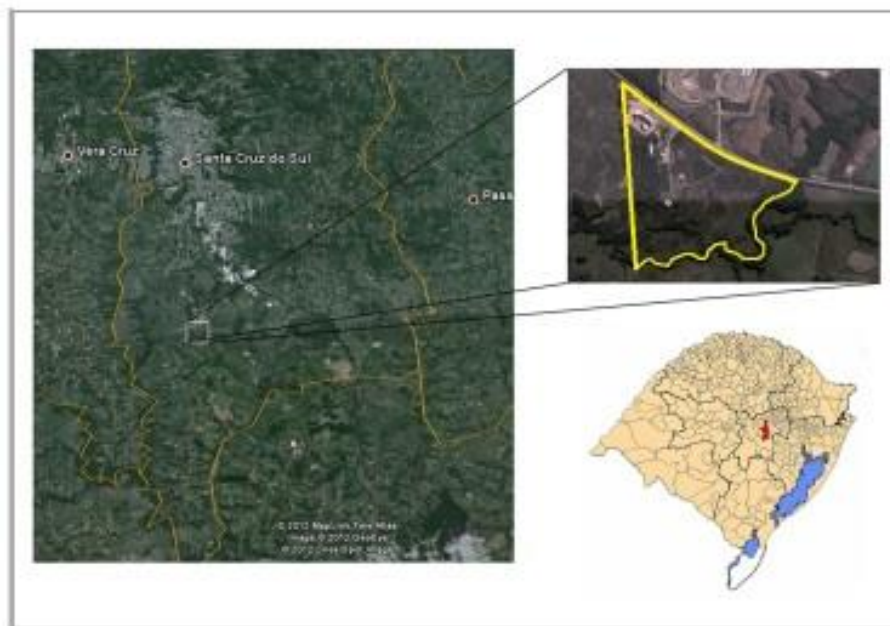


Figura 5 - Croqui de localização da propriedade da COOPERFUMOS em Santa Cruz do Sul, RS.

Fonte: Google Earth

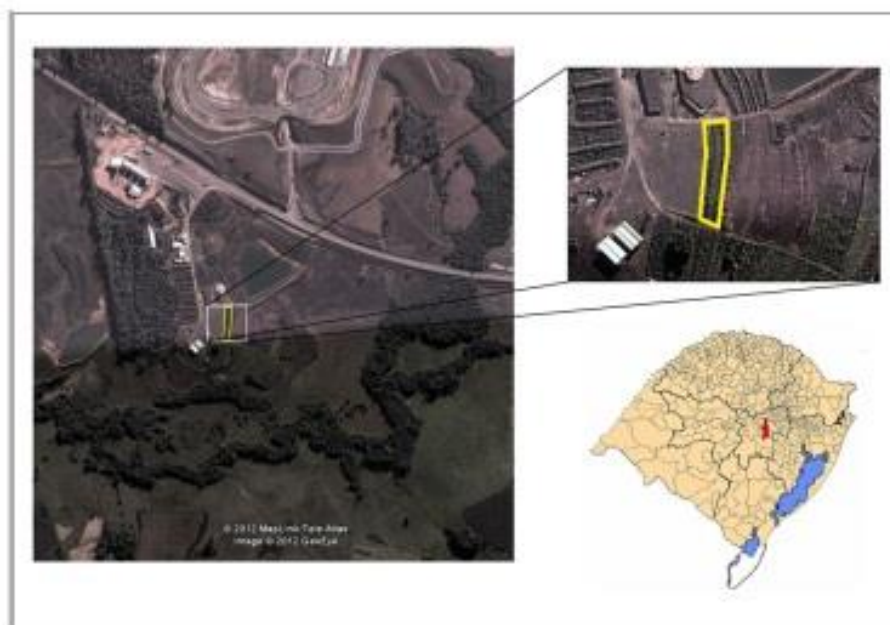


Figura 6 - Croqui de localização da área do experimento.

Fonte: Google Earth

As Figuras 5 e 6 apresentam os croquis de localização da propriedade e do local do experimento, sendo possível observar a predominância de atividades agrícolas no entorno.

É possível ainda observar que a propriedade está às margens de uma rodovia, no caso da RS 412, fato este que agregaria um fator de relevante interesse a ser estudado: a presença de material particulado em suspensão no ar.

As atividades desenvolvidas no entorno desta propriedade podem ser observadas na Figura 7. Analisando esta figura observa-se a predominância de atividades agropecuárias no entorno, tanto da área de estudo, quanto da propriedade como um todo.



Figura 7 - Visualização do entorno da propriedade da Cooperfumos em 8 de junho de 2012.

Fonte: Google Earth

O trecho do interior da área circundada possui um raio de 1500 m partindo do ponto central da área experimental, podendo-se observar a existência de um parque automobilístico ao norte, áreas com cobertura agropecuária ao leste e ao oeste e uma área de presença residencial mais significativa ao sul. No entanto é necessário ponderar que, excetuando-se o

Autódromo Internacional de Santa Cruz do Sul, todas as atividades ocorrentes no entorno são essencialmente de base agropecuária.

Com relação à cobertura vegetal original, constatou-se que a ocupação prévia da área era predominantemente campestre nativa, onde a destinação produtiva estava minimamente direcionada ao pastejo de bovinos. Essa fisionomia é observada pela imagem de satélite apresentada pelas Figuras 8 e 9, datadas de 20 de janeiro de 2008, ou seja, cerca de seis meses antes do plantio das mudas de Tungue na área selecionada. No entanto, não foi possível identificar as espécies herbáceas presentes previamente na área, pois na época de implantação do povoamento, não se objetivava a realização do experimento.



Figura 8 - Vista da propriedade da Cooperfumos em 20 de janeiro de 2008

Fonte: Google Earth



Figura 9 - Vista da área do experimento, na área selecionada da Cooperfumos, em 20 de janeiro de 2008.

Fonte: Google Earth

Um levantamento da fauna regional foi realizado e observa-se que na lista de espécies da fauna apresentada na Tabela 1 a seguir, estão restritas as pertencentes aos três principais táxons encontrados na região: *Reptilia*, *Mammalia* e *Aves*.

Tabela 1: Principais espécies encontradas na região do estudo.

Táxon	Nome vulgar
REPTILIA	
<i>Tupinambis merianae</i>	Lagarto-papo-amarelo
<i>Bothrops jararaca</i>	Jararaca
<i>Liophis typhlus</i>	Cobra d' água
<i>Philodryas olfersii</i>	Cobra verde
<i>Waglerophis merremi</i>	Boipeva
MAMMALIA	
<i>Didelphis sp</i>	Gambá
<i>Dasyopus novemcinctus</i>	Tatu-galinha
<i>Dasyopus septemcinctus</i>	Tatu-mulita
<i>Alouatta sp</i>	Bugio
<i>Procyon cracrivorus</i>	Mão pelada
<i>Cavea aperea</i>	Prea
<i>Oryzomys sp</i>	Camundongo
<i>Sciurus aestuans</i>	Serelepe

AVES	
<i>Aramides saracura</i>	Saracura
<i>Columbina talpacoti</i>	Pomba-rola
<i>Chloroceryle americana</i>	Martim-pescador-pequeno
<i>Crotophaga ani</i>	Anu-preto
<i>Furnarius rufus</i>	João-de-barro
<i>Guira guira</i>	Anu-branco
<i>Lanio cucullatus</i>	Sangue-de-boi
<i>Myiopsitta monachus</i>	Caturrita
<i>Ortalis guttata</i>	Aracuaã
<i>Penelope obscura</i>	Jacu
<i>Piaya cayana</i>	Alma-de-gato
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bem-te-vi
<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavião-carijó
<i>Sicalis flaveola</i>	Canário
<i>Turdus leucomelas</i>	Sabiá-barranco
<i>Vanellus chilensis</i>	Quero-quero
<i>Zonotrichia capensis</i>	Tico-tico

Fonte: Bio. Maria Eduarda dos Santos Zambarda, realizado em abril de 2012, e registrado em laudo de propriedade da Cooperfumos.

Segundo Streck^[24] os solos da região, pertencentes ao Grupo Rosário do Sul e Formação Santa Maria, estão enquadrados na classe Argissolo Bruno-Acinzentado, cujas ocorrência dá-se em áreas com relevo entre suavemente até fortemente ondulado. É o solo com a maior ocorrência no Estado do Rio Grande do Sul.

Os argissolos são solos profundos a muito profundos, bem a medianamente drenados, com gradiente textural, ou seja, o Horizonte Bt (B textural) é mais argiloso do que os A e E. A sequência de horizontes é A – Bt – C, onde poderá, ainda, ocorrer a presença de um quarto, o eluvial (horizonte E), entre o A e Bt.

Dados climatológicos: o Mapa de Clima do Brasil^[34], também elaborado pelo IBGE, o clima da região enquadra-se na classificação Temperado Mesotérmico Brando, sem estação seca, e médias térmicas entre 10 e 15°C.

3.3 Inventário dos dados

A coleta das informações para composição da matriz de dados inventariada ocorreu através da observação e registro do período compreendido entre o mês de julho de 2008 e julho de 2012, em planilhas eletrônicas de propriedade da COOPERFUMOS, onde todos os procedimentos adotados desde o preparo das mudas até a colheita dos frutos foram discriminados. Dados anteriores a 2011 foram utilizados exclusivamente a partir dos registros realizados pelos funcionários da Cooperfumos.

Para a realização desta coleta, os técnicos que realizaram o preparo das mudas e os procedimentos de plantio foram entrevistados, os quais cederam as informações para que posteriormente pudessem ser analisadas.

Os dados coletados foram organizados em seis grupos distintos, onde cada grupo corresponde a uma etapa do processo produtivo, que fora iniciado com a preparação das mudas e encerrado com o procedimento de colheita dos frutos no quarto ano. Estes grupos foram assim distribuídos:

- Preparo das mudas: constituiu-se na primeira etapa, onde a produção de 50 mudas em embalagens (sacos plásticos), com capacidade de 400g de composto, de polietileno de baixa densidade foi registrada, quantificando individualmente cada um dos insumos (composto orgânico misto, solo, embalagens, etc.);
- Preparo do solo: a segunda fase do processo produtivo é a que a estimativa inicial, que veio a ser confirmada após a obtenção dos resultados, apontava como o maior grau de impacto, uma vez que o consumo de combustíveis, alteração da estrutura física do solo e impacto sobre o ecossistema, seria maior se comparado às demais etapas. Este sistema de preparo de solo foi o chamado Preparo Convencional, onde é utilizada uma roçada mecanizada, uma aração (com arado de três lâminas), duas gradagens (com grade de vinte e oito discos) e o coveamento individual para realização mudas.

- Plantio: esta etapa é caracterizada por não consumir diretamente insumos ou recursos naturais ou tecnológicos, apenas trabalho humano, uma vez que a característica do sistema produtivo avaliado é a baixa mecanização em quase todas as etapas.
- Irrigação: a aspersão convencional, foi compilada de forma independente como forma de discriminar melhor o consumo de água, uma vez que essa entrada ocorreria mais efetivamente nos primeiros meses após o efetivo plantio das mudas.
- Condução: este momento é compreendido pelo processo de manejo das mudas desde a finalização do plantio até o período pré colheita dos frutos.
- Colheita: etapa compreendida pela ação de colher os frutos no 4º ano de produção, contemplando as atividades manuais, sem entrada de insumos, e o transporte até o depósito.

3.4 Avaliação de impactos ambientais

Para realizar a avaliação de impactos ambientais do processo produtivo do *Aleuritesfordii* Hemls. utilizou-se o *software SimaPro*, em sua versão 7.3.2. Esta ferramenta foi escolhida devido ao alto número de citações e casos de utilização, bem como a sua aplicabilidade na área do estudo.

Um aspecto relevante do *software* é a existência de bibliotecas de métodos de avaliação de impacto, das quais a utilizada pelo trabalho foi a *Ecoindicator 99*, desenvolvida por um comitê suíço composto por 365 técnicos e cientistas estudiosos do ACV. Este método organiza os dados inventariados, obtendo o peso de cada entrada em unidades relevantes. A sua versão 99 sucedeu a *Ecoindicator-95* inovando principalmente no aglutinamento das categorias em impactos em três novas orientadas pelo tipo e alvo dos impactos: Danos à Saúde Humana; Danos à Qualidade do Ecossistema e Danos aos Recursos.

- *Danos à saúde humana*: é expressa em um indicador também utilizado pelo Banco Mundial e pela Organização Mundial de Saúde (OMS): *DALYs (Disability Adjusted Life Years)*. Este indicador expressa o número de anos perdidos mais o número de anos vividos com incapacidade ^[17].
- *Danos à qualidade dos ecossistemas*: é expressa pela perda de espécies em uma determinada área, em um determinado período de tempo.
- *Danos aos recursos*: expressa através da energia necessária para a extração dos minerais e combustíveis fósseis consumidos pelo processo avaliado.

Essa opção por reduzir o número de categorias se comparado à outros indicadores de impacto, deu-se pelo fato de que diversos analistas acreditam não ser possível ponderar os impactos individualmente em cada categoria para uma relação de dez categorias diferentes. Quando o número de grupos é maior, os resultados não são considerados confiáveis, uma vez que a pulverização dos impactos acaba por mascar os resultados globais ^[8].

No entanto, o *Ecoindicator-99* também apresenta dos dados nas dez categorias utilizadas pelos demais indicadores⁶:

- *Carcinogênicos*: é a representação, em *DALYs* por kg de emissão, dos efeitos das emissões de substâncias carcinogênicas no ar, nas águas e no solo;
- *Efeitos respiratórios - orgânicos*: apresenta os efeitos causados pelo *smog* de verão, através da emissão de substâncias orgânicas para a atmosfera.
- *Efeitos respiratórios – inorgânicos*: mensura os efeitos resultantes do *smog* de inverno, mais precisamente os efeitos causados pelas emissões de material particulado, enxofre e óxidos de nitrogênio para a atmosfera.

- Mudanças climáticas: é a expressão, em DALYs por kg de emissão, dos danos resultante do aparecimento de doenças e mortes cuja causa são as mudanças climáticas.
- Radiação: efeitos resultantes da ocorrência de radiação radioativa.
- Camada de ozônio: danos causados pelo aumento da radiação ultravioleta, resultante da emissão de gases de destruição do ozônio.
- Ecotoxicidade: deterioração da qualidade dos ecossistemas através da emissão de substâncias tóxicas para o ar, para o solo e para às águas.
- Acidificação/eutrofização: Deterioração da qualidade dos ecossistemas através da emissão de substâncias acidificantes para o ar. É expresso em PDF (Fração Potencialmente Desaparecida, do inglês *Potentially Disappeared Fraction*) em $m^2/ano/kg$ de emissão
- Uso do solo: é a categoria de maior complexidade, pois está voltada a expressão do impacto na biodiversidade ocasionada pela atividade. Para construir este índice, o tipo de uso e o tamanho da área são considerados, bem como os efeitos regionais e locais. É a expressão dos danos causados por qualquer conversão ou ocupação da terra, sendo apresentados também em PDF m^2 ano de supressão/ m^2 de ocupação.
- Minerais: excedente de energia causado pela redução das reservas minerais;
- Combustíveis fósseis: excedente de energia extraída como resultado da redução da qualidade dos recursos.

Estas categorias discriminam as principais áreas atingidas pelo produto ou processo, alvo da ACV. Como exemplificação, podemos citar diversos processos, desde industriais que possuem altos índices de emissões atmosféricas, onde os impactos tendem a ser concentrados na acidificação e eutrofização e na camada de ozônio, até processos agrícolas, onde o impacto

predominante tende a ser voltado ao uso do solo e consumo de combustíveis fósseis, assim como o consumo de adubos químicos e agrotóxicos, para os casos da agricultura de larga escala.

3.5 Prognósticos ambientais

O primeiro procedimento adotado na escolha das medidas de melhoria do processo produtivo do *Aleurites fordii* Hemls. foi tomar posse do ordenamento das categorias de impactos em um sequência iniciada pela que possui maior valor, ou seja, cujo impacto é maior, e finalizada pela cujo impacto é menor. Tendo posse dessa informação, os grupos cujas grandezas de impactos são maiores, devem ser a priorizados no momento de iniciar as ações de redução do impacto.

Após a definição do ordenamento prioritário de ação, as operações adotadas pelo experimento são relacionadas e pontuadas as melhorias sistemáticas que cada uma poderá operacionalizar. No entanto é necessário reiterar que as medidas propostas são estimativas, cabendo ainda melhores avaliações uma a uma para obterem-se resultados mais confiáveis e validados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Inventário dos dados

Os dados coletados foram agrupados em três grandes fases, que identificam cada momento do processo de produção dos frutos do Tungue. A primeira fase condiz com a produção das mudas e o respectivo plantio com todas ações necessárias, a segunda representa o período entre a finalização do plantio e o início da colheita dos frutos no quarto ano, pontuando as ações adotadas na condução dos indivíduos. A terceira e última etapa é a que ocupa o menor espaço temporal, a colheita dos frutos e transporte até o depósito.

O fluxograma do processo pode ser visualizado na Figura 10, onde as etapas centrais são as operações realizadas, as quais estão acompanhadas pelos respectivas entradas e direção do fluxo de energia.

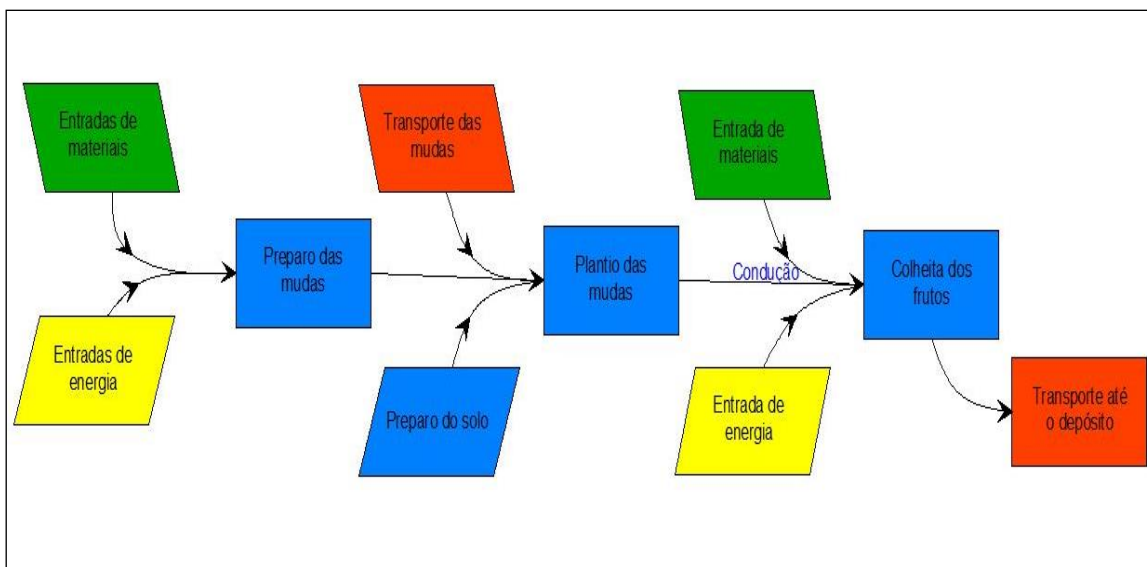


Figura 10: Esquema de entradas do sistema avaliado.

4.1.1 Produção das mudas e plantio

Esta etapa é subdividida em três subcategorias: preparo de cinquenta mudas, preparo do solo em 0,15 ha e plantio realizado de forma manual.

A Tabela 2 apresenta os insumos que foram necessários à produção de 50 mudas de tungue na Cooperfumos, considerando a distância de transporte deste produto para fins de uso desta informação na análise de ciclo de vida, na qual considera o impacto do uso de combustíveis no processo em análise.

Tabela 2: Insumos necessários à produção de 50 mudas e a referida distância de transporte.

Insumos	Descrição
Composto	20 kg transportados por 120 km; R\$40,00 m ⁻³ = 800 kg
Solo	5 kg transportados por trator por 200 m = 0,1h
Sacos de Polietileno	50 un; Transportado por carro por 15 km
Sementes	500 g (descascados); R\$0,70 kg ⁻¹ ; Transportado por 100 km
Caixa de madeira	2,08 cx (R\$1,10 cx ⁻¹); transportado por 100 km

A Tabela 2 apresenta a relação de insumos necessários à produção das 50 mudas implantadas na área do experimento, cabendo destaque para o composto, cuja origem era uma mescla de resíduos orgânicos, basicamente de origem vegetal.

No experimento foi observado que o transporte não foi realizado nas referidas distâncias apenas para essa pequena quantidade de insumos, portanto, na entrada dos dados no SimaPro, foram consideradas os veículos, capacidade de carga e consumo de recursos de cada um, realizando-se uma ponderação. Essas informações estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Relação de carga de transporte de cada insumo de entrada.

Insumo	Unid	Quant.	Veículo	Comb.	Un. de consumo	Consumo
Composto	kg	7.500	Caminhão VW modelo 13180	Diesel	km L ⁻¹	4
Solo	kg	2.000	Trator Yamar 50CV rodado alto tracionado	Diesel	L h ⁻¹	2
Sacos plásticos	un	100.000	Pickup VW Saveiro 1.6	Gasolina	km L ⁻¹	11
Sementes	kg	7.500	Caminhão VW modelo 13180	Diesel	km L ⁻¹	4
Cx de madeira	un	1560	Caminhão VW modelo 13180	Diesel	km L ⁻¹	4

Após o preparo das mudas a sub-etapa seguinte é o preparo do solo, onde a Tabela 4 apresenta as atividades executadas, bem como os recursos consumidos e a mão de obra necessária. É factível que se destaque que as atividades listadas na primeira coluna da tabela estão nomeadas com a mesma metodologia que o SimaPro utiliza, fato este que facilitou a interpretação da matriz de impacto que havia de ser escolhida dentro do *software* no momento da montagem do processo.

Tabela 4: Atividades desenvolvidas durante o preparo do solo.

Atividade	Mão de obra (h/pessoa)	Combustível (L)	Composto (kg)	Tempo de trabalho (depreciação) (h)
Roçada mecanizada de 0,15ha	1	3,5		1
Aração (3 lâminas, duro)	1	3,5		1
Discagem (2 cortes) (28 discos)	0,8	2,4		1
Preparo das Covas (50cm X 50cm) incluindo transporte do composto	8,33	2	7	1

Devido ao plantio ter sido feito exclusivamente de forma manual, com espaçamento de 5 x 7m, não existiram entradas de recursos, assim como, insumos, combustíveis ou energia nesta fase, somente o trabalho humano relatado na Tabela 5. Isto demonstra que foi uma fase de mínimos impactos ambientais, uma vez que a atividade foi restrita aos pontos de plantio onde estavam abertas as covas.

É necessário pontuar ainda que o composto presente na relação da Tabela 3 possui características semelhantes ao utilizado no preparo das mudas, ou seja, origem predominantemente vegetal, mas que não é possível precisar a composição, pois não há registros de análises realizadas.

Tabela 5: Mão de obra necessária à etapa do plantio das mudas.

Descrição	Unid.	Quantidade
Mão de Obra	h	1,66

4.1.2 Condução das mudas

Esta etapa é subdividida em quatro subcategorias: irrigação, condução de 0 a 90 dias, condução de 91 a 365 dias e condução de 366 a 1460 dias

As Tabelas 6 e 7 apresentam, respectivamente os dados do número de irrigações e os equipamentos utilizados durante o procedimento de condução das mudas pós plantio até a finalização dos primeiros seis meses.

Tabela 6: Número de irrigações e o tempo dispensado por cada.

Período (dias)	Número de irrigações	Tempo de Irrigação (h)
0 a 30	17	0,75
30 a 120	26	0,75
120 a 180	26	1

Tabela 7: Equipamento utilizado e seu respectivo consumo elétrico e hídrico.

Equipamentos	Volume de água bombeada	Consumo elétrico
Bomba (1,5cv) Schneider BC 92GA pot 60 a 70A	120 L h ⁻¹	2,5kw h ⁻¹ = R\$0,17 kw ⁻¹

Avaliando os dados apresentados nas duas tabelas anteriores constatou-se que os impactos direcionados às águas e ao consumo de energia elétrica concentravam-se neste período inicial de seis meses, onde o

acompanhamento técnico e entrada de energia foram maiores do que se comparado aos últimos 42 meses.

As três Tabelas seguintes (8, 9 e 10) descrevem, respectivamente as entradas durante os primeiros 90 dias, entre os 91 e 365 dias e dos 366 aos 1460 dias. Dá-se destaque à única entrada exclusiva do primeiro, que foi o formicida à base de Fipronil, também conhecido comercialmente como Grão Verde. Este insumo foi responsável por diminuir a incidência do principal concorrente do desenvolvimento das mudas em sua fase inicial: as formigas. Tendo este elemento sido controlado, e a programação da irrigação ocorrendo dentro do planejado, as perspectivas de sucesso do plantio aumentaram.

Tabela 8: Entradas de insumos e trabalho entre 0 e 90 dias.

Atividade	Insumo	Mão de obra semanal (h/pessoa)	Total de horas
Combate a formiga	5,6 kg de formicida	1,0	-
Duas vitorias semanais	-	0,8	10,3

Tabela 9: Entrada de trabalho entre 91 e 365 dias.

Atividade	Insumo	Mão de obra semanal (h/pessoa)	Total de horas
Uma vistoria semanal	-	0,4	15,7

Tabela 10: Entrada de trabalho entre 366 e 1460 dias.

Atividade	Insumo	Mão de obra quinzenal (h/pessoa)	Total de horas
Uma vistoria quinzenal	-	0,4	29,2

4.1.3 Colheita do Tungue

Nesta 3ª fase, que compreende o procedimento de colheita dos frutos no quarto ano, juntamente com o procedimento de transporte até o depósito, obteve-se as entradas apresentadas na Tabela 11

Tabela 11: Entradas de materiais e trabalho durante a etapa de colheita.

Descrição	Unid.	Quantidade
Mão de obra para colheita	H/pessoa	2,0
Transporte com trator até o depósito	H	0,1

Como resultado da colheita obteve-se no quarto ano, a média de 16,95 kg de frutos por unidade arbórea, o que resultou, considerando um percentual estimado médio de 15 % de óleo nestes 50 indivíduos, em uma produção estimada de 127,1 kg de óleo de tungue, em 0,15 ha. Extrapolando para a medida de hectare, resulta em uma produção estimada de 847 kg de óleo de Tungue por hectare produtivo neste modelo. Este é um valor significativo, uma vez que é apenas o quarto ano pós-implantação, tendendo a aumentar consideravelmente até o décimo quinto ano, quando as bibliografias^[11] indicam como período de ápice produtivo.

4.2 Avaliação dos impactos ambientais

A avaliação de impactos foi realizada dividindo-se todo o processo analisado em três etapas: Mudanças Plantadas; Plantas conduzidas do plantio à colheita e Frutos colhidos no quarto ano.

- *Mudas plantadas:* abrange o período entre o início do ciclo de vida, ou seja, a preparação das mudas, e o final do efetivo plantio destas.

- *Plantas conduzidas do plantio à colheita*: engloba desde o período imediatamente após a finalização do plantio até o período imediatamente anterior à colheita no quarto ano.
- *Frutos colhidos no quarto ano*: abrange o período entre o início da coleta dos frutos e a entrega destes no depósito.

A Tabela 12 relaciona o peso dos impactos em cada uma das dez categorias de impacto que o *software SimaPro* estabeleceu. As unidades aparecem em pontos, unidade de referência para a comparação de grandezas de impacto para elementos diferentes. Essa conversão das unidades em pontos dá-se para que as categorias possam ser comparadas entre si e obter-se a dimensão ponderada do impacto em cada uma delas.

Tabela 12: Resultados ponderados por categoria de impacto (Anexo H).

Categoria de impacto	Unid	Total	Mudas plant.	Plantas cond. do plantio à colheita	Frutos colhidos aos 4 anos
Total	Pt*	81,9020	78,0183	3,2785	0,6052
Carcinogênicos	Pt	0,0563	0,0132	0,0431	3,38 ⁻⁰⁷
Inaláveis orgânicos	Pt	0,0042	0,0023	0,0019	1,88 ⁻⁰⁸
Inaláveis inorgânicos	Pt	0,9402	0,4471	0,4931	7,15 ⁻⁰⁶
Mudanças climáticas	Pt	1,1405	0,1582	0,9824	2,19 ⁻⁰⁶
Radiação	Pt	0,0008	0,0001	0,0007	1,77 ⁻⁰⁹
Camada de Ozônio	Pt	0,0002	0,0001	0,0002	1,08 ⁻⁰⁹
Ecotoxicidade	Pt	0,0075	0,0011	0,0065	1,29 ⁻⁰⁸
Acidificação/Eutrofização	Pt	0,0219	0,0125	0,0094	1,67 ⁻⁰⁷
Uso do solo	Pt	77,6583	76,9504	0,1027	0,605216
Minerais	Pt	2,0718	0,4333	1,6385	6,28 ⁻⁰⁶
TOTAL	%	100	95,26	4,00	0,74

*Pt: Pontos gerados a partir da ponderação geral de toda matriz de impactos e divididos proporcionalmente em cada categoria conforme sua contribuição.

Com o valor de 77,66 pontos, tem-se como resultado principal da ACV do *Aleurites fordii* Hemsl., o uso do solo como categoria de maior impacto ambiental. Com isso, conclui-se que a supressão dos ecossistemas pelas operações de preparo convencional do solo, é a área de prioridade a ser melhorada. São destacáveis ainda as proporções que cada etapa ocupa na matriz, cabendo 95,26% do impacto na primeira fase do processo, enquanto que nas *Plantas conduzidas do plantio à colheita* e *Frutos colhidos aos quatro*

anos possuem, respectivamente, 4,00% e 0,74%. Estes dados reforçam a conclusão que a opção pelo cultivo de espécies de ciclo longo, ou também chamados de perenes, justifica-se pelo fato de que o impacto pela implantação da cultura dá-se apenas uma vez durante o período produtivo de, em alguns casos, mais de três décadas, enquanto que os cultivos anuais reproduzem essa intervenção ano após ano.

Estes resultados podem ser visualizados também no gráfico da Figura 11, demonstrando novamente a diferença expressiva entre a categoria *Uso do Solo* e as demais.

Os Anexo E apresenta os dados caracterizados, em percentagem, proporcionando uma análise visual dentro das categorias.

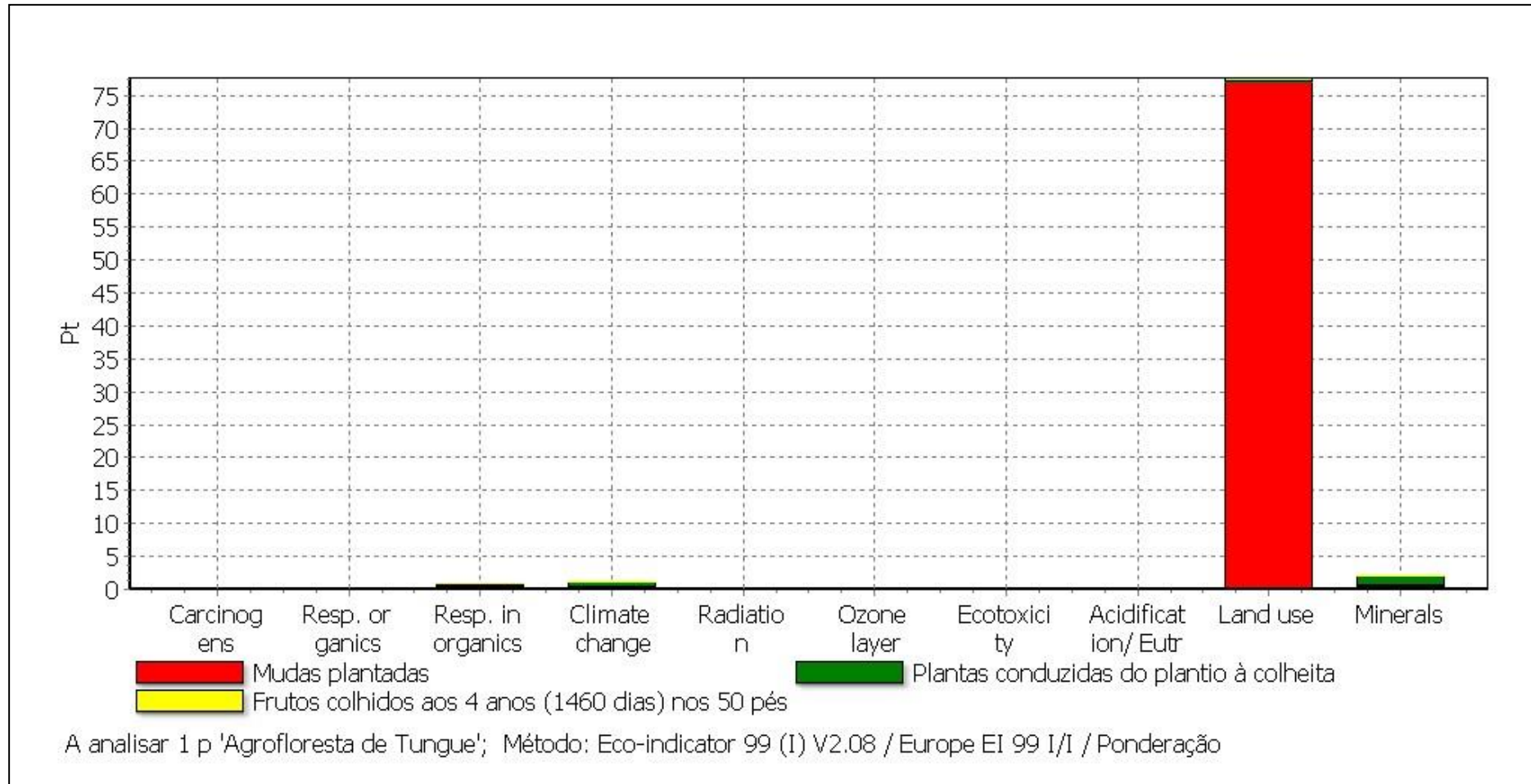


Figura 11 - Gráfico com os resultados ponderados entre categorias de impacto.

Para uma melhor avaliação, os resultados normalizados são apresentados na Tabela 13. Esta operação é uma etapa opcional dentro da ACV. Os resultados caracterizados para cada categoria podem ser normalizados de modo a relacioná-los a um valor de referência. Desse modo, é possível relacionar os impactos do ciclo de vida de um produto para, por exemplo, as emissões globais. Isto é realizado dividindo-se a pontuação do potencial de aquecimento global pela taxa anual de aquecimento ^[28]. O Anexo G apresenta o gráfico da normalização excluindo a categoria de maior valor (*Uso do solo*) proporcionando uma visualização mas detalhada das demais.

Tabela 13: Resultados normalizados por categoria de impacto (Anexo F)

Categoria de impacto	Total	Mudas plant.	Plantas cond. do plantio à colheita	Frutos colhidos aos 4 anos
Carcinogênicos	1,02 ⁻⁰⁴	2,41 ⁻⁰⁵	7,84 ⁻⁰⁵	6,15 ⁻¹⁰
Inaláveis orgânicos	7,70 ⁻⁰⁶	4,16 ⁻⁰⁶	3,54 ⁻⁰⁶	3,42 ⁻¹¹
Inaláveis inorgânicos	1,71 ⁻⁰³	8,13 ⁻⁰⁴	8,97 ⁻⁰⁴	1,3 ⁻⁰⁸
Mudanças climáticas	2,07 ⁻⁰³	2,88 ⁻⁰⁴	1,79 ⁻⁰³	3,99 ⁻⁰⁹
Radiação	1,38 ⁻⁰⁶	1,67 ⁻⁰⁷	1,22 ⁻⁰⁶	3,21 ⁻¹²
Camada de Ozônio	4,4 ⁻⁰⁷	1,51 ⁻⁰⁷	2,89 ⁻⁰⁷	1,97 ⁻¹²
Ecotoxicidade	3,02 ⁻⁰⁵	4,28 ⁻⁰⁶	2,59 ⁻⁰⁵	5,15 ⁻¹¹
Acidificação/ Eutrofização	8,77 ⁻⁰⁵	5,01 ⁻⁰⁵	3,77 ⁻⁰⁵	6,7 ⁻¹⁰
Uso do solo	0,310633	0,307802	0,000411	2,42 ⁻⁰³
Minerais	0,010359	0,002167	0,008192	3,14 ⁻⁰⁸

Os dados relacionados na Tabela 13 são agora, na Tabela 14, apresentados em unidades reais de danos. Estas unidades são as utilizadas por organismos internacionais, como por exemplo, a Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Banco Mundial.

Tabela 14: Resultados expressos em unidades de danos.

Categoria de impacto	Unid.	Total	Mudas plant.	Plantas cond. do plantio à colheita	Frutos colhidos aos 4 anos
Carcinogênicos	<i>DALY*</i>	4,77 ⁻⁰⁷	1,12 ⁻⁰⁷	3,65 ⁻⁰⁷	2,86 ⁻¹²
Inaláveis orgânicos	<i>DALY</i>	3,58 ⁻⁰⁸	1,93 ⁻⁰⁸	1,65 ⁻⁰⁸	1,59 ⁻¹³
Inaláveis inorgânicos	<i>DALY</i>	7,95 ⁻⁰⁶	3,78 ⁻⁰⁶	4,17 ⁻⁰⁶	6,05 ⁻¹¹
Mudanças climáticas	<i>DALY</i>	9,65 ⁻⁰⁶	1,34 ⁻⁰⁶	8,31 ⁻⁰⁶	1,85 ⁻¹¹
Radiação	<i>DALY</i>	6,44 ⁻⁰⁹	7,79 ⁻¹⁰	5,66 ⁻⁰⁹	1,5 ⁻¹⁴
Camada de Ozônio	<i>DALY</i>	2,05 ⁻⁰⁹	7,03 ⁻¹⁰	1,34 ⁻⁰⁹	9,17 ⁻¹⁵
Ecotoxicidade	<i>PDF*m2yr**</i>	0,1691	0,0240	0,1451	2,88 ⁻⁰⁷
Acidificação/Eutrofização	<i>PDF*m2yr</i>	0,4919	0,2808	0,2111	3,75 ⁻⁰⁶
Uso do solo	<i>PDF*m2yr</i>	1741,218	1725,345	2,3036	13,569
Minerais	<i>MJ excede.</i>	3,5994	0,7528	2,8466	1,09 ⁻⁰⁵

* *DALY*: Anos de vida perdidos ou vividos com incapacidade.

** *PDF*m2yr*: Fração potencialmente desaparecida em m² (ano kg de emissão)⁻¹

Analisando a Tabela 14 podem-se observar as medidas reais de impacto em cada categoria, novamente se destacando o Uso do Solo. Ainda é importante destacar que a contribuição da etapa *Mudas Plantadas* na matriz de impacto, é expressivamente superior, se comparado as duas outras, reforçando a conclusão de que o processo de implantação da cultura é o que possui a matriz de impacto mais significativa.

Estes fundamentos são reforçados pelos dados apresentados na Tabela 15 e na Figura 12, onde os danos são agrupados nas três outras categorias: Saúde Humana, Qualidade dos Ecossistemas e Consumo de Recursos. O Anexo I apresenta os dados caracterizados, permitindo a comparação entre cada etapa dentro de cada categoria de dano.

Tabela 15: Dados expressos em categorias de danos.

Categoria de danos	Unid.	Total	Mudas plant.	Plantas cond. do plantio à colheita	Frutos colhidos aos 4 anos	Total (%)
Total	<i>Pt</i>	81,9020	78,0182	3,2785	0,6052	100
Human Health	<i>Pt</i>	2,1423	0,6210	1,5213	9,71 ⁻⁰⁶	2,62
Ecosystem Quality	<i>Pt</i>	77,6878	76,964	0,1186	0,6052	94,85
Resources	<i>Pt</i>	2,0718	0,4333	1,6385	6,28 ⁻⁰⁶	2,53

Os anexos J, K e L demonstram os dados distribuídos em cada categoria individualmente, permitindo uma visualização mais objetiva de cada categoria de dano.

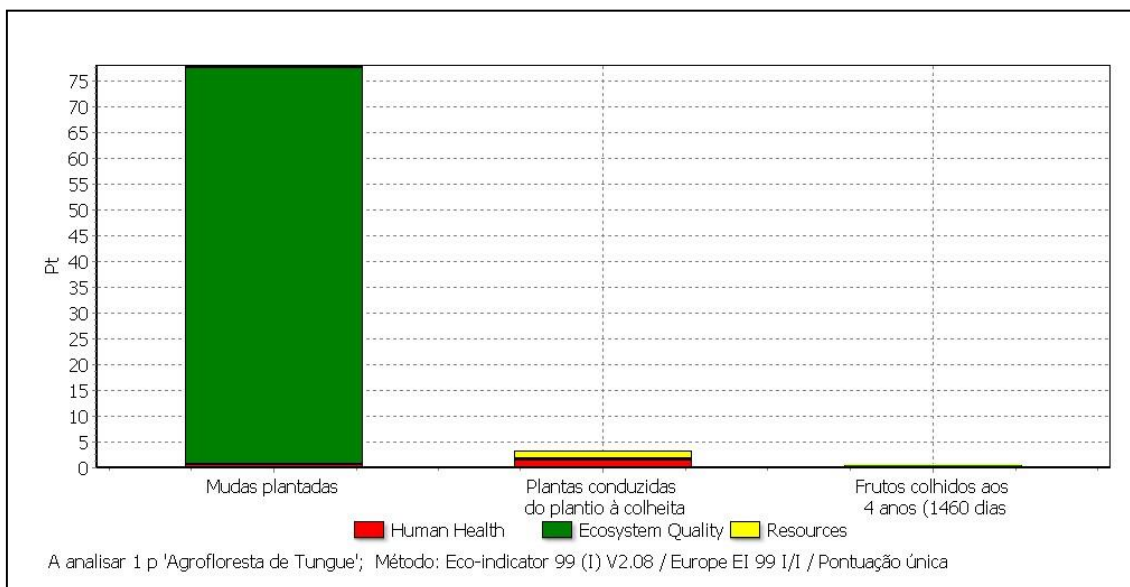


Figura 12 - Resultados ponderados em cada uma das três categorias de danos.

A exemplo do procedimento adotado para expressar os dados alocados em categorias de impactos, na Tabela 15, a normalização também foi realizada para as categorias de danos, onde confirma-se o resultado da *Qualidade dos ecossistemas* ser a categoria com maior alocação dos impactos (Tab. 16).

Tabela 16: Resultados normalizados por categoria de dano (Anexo M).

Categoria de impacto	Total	Mudas plant.	Plantas cond. do plantio à colheita	Frutos colhidos aos 4 anos
Saúde humana	3,90 ⁻⁰³	1,13 ⁻⁰³	2,77 ⁻⁰³	1,76 ⁻⁰⁸
Qualidade dos ecossistemas	0,310751	0,307856	4,75 ⁻⁰⁴	2,42 ⁻⁰³
Recursos	0,010359	2,17 ⁻⁰³	8,19 ⁻⁰³	3,14 ⁻⁰⁸

Para realizar uma avaliação estatística da confiabilidade dos dados obtidos, foi realizado, ainda através do *SimaPro*, uma simulação de Monte Carlo. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 17 e 18.

Tabela 17: Parâmetros estatísticos por categoria de impacto.

Categoria de impacto	Unidade	Média	Median.	SD	CV (%)	2,5%	97,5%	Err.Pad média
Acidificação/ Eutrofização	PDF*m2yr	0,491	0,487	0,0453	9,23	0,414	0,601	0,0029
Carcinog.	DALY	4,87 ⁻⁰⁷	4,48 ⁻⁰⁷	2,02 ⁻⁰⁷	41,6	2,97 ⁻⁰⁷	8,91 ⁻⁰⁷	0,0131
Mud. Clim.	DALY	9,57 ⁻⁰⁶	9,11 ⁻⁰⁶	2,64 ⁻⁰⁶	27,6	6,03 ⁻⁰⁶	1,59 ⁻⁰⁵	0,0087
Ecotoxic.	PAF*m2yr	1,71	1,45	1,04	61	0,763	4,02	0,0193
Uso do Solo	PDF*m2yr	1740	1740	6,11	0,35	1730	1750	0,0001
Minerais	MJ surplus	3,63	3,17	1,77	48,7	1,78	8,1	0,0154
Cam. Ozônio	DALY	2,04 ⁻⁰⁹	1,97 ⁻⁰⁹	4 ⁻¹⁰	19,6	1,43 ⁻⁰⁹	2,99 ⁻⁰⁹	0,0062
Radiação	DALY	6,27 ⁻⁰⁹	5,82 ⁻⁰⁹	2,21 ⁻⁰⁹	35,3	3,52 ⁻⁰⁹	1,16 ⁻⁰⁸	0,0112
Inaláveis inorgânicos	DALY	7,96 ⁻⁰⁶	7,74 ⁻⁰⁶	1,23 ⁻⁰⁶	15,5	6,23 ⁻⁰⁶	1,12 ⁻⁰⁵	0,0049
Inaláveis orgânicos	DALY	3,57 ⁻⁰⁸	3,48 ⁻⁰⁸	4,79 ⁻⁰⁹	13,4	2,87 ⁻⁰⁸	4,77 ⁻⁰⁸	0,0042

Avaliando os coeficientes de variação (CV) dos dados, parâmetro que permite uma comparação entre as categorias, observa-se um valor elevado para os impactos carcinogênicos e para os direcionados aos minerais. Isto se explica pela baixa ocorrência de impactos alocados nessas categorias, onde qualquer mínima variação, em termos absolutos, representa valores proporcionais expressivos. Esta observação se confirma quando a categoria *Uso do solo* apresenta CV de 0,351%, mostrando que os quantitativos alocados nessa categoria, possuem baixo valor de dispersão, tanto em termos proporcionais, quanto absolutos. Isto demonstra que os valores médios para as principais categorias impactadas pela atividade, podem ser considerados confiáveis.

Tabela 18: Parâmetros estatísticos por categoria de dano (Anexo N e O)

Categoria de danos	Unid.	Média	Mediana	SD	CV (%)	2,5 %	97,5 %	Err.Pad. média
Qualidade ecossistemas	Pt	77,7	77,7	0,272	0,351	77,2	78,3	0,0001
Saúde humana	Pt	2,13	2,08	0,386	18,1	1,56	3,04	0,0057
Recursos	Pt	2,09	1,82	1,02	48,7	1,02	4,66	0,0154

Nas categorias de danos se observa que a direcionada ao consumo de recursos é que a possuiu maior CV. Isto se deve a exemplo das categorias de impactos, à baixa alocação de dados nessa categoria, onde as mínimas dispersões absolutas também resultam em resultados proporcionais significativos.

Como resultado geral da simulação de Monte Carlo (anexos P ao V), são considerados baixos os valores de dispersão, principalmente o CV de 1,52%, representados na Tabela 19, onde os impactos são estatisticamente avaliados em pontuação única, fornecendo uma dimensão mais precisa da validade dos dados.

Tabela 19: Parâmetros estatísticos em pontuação única.

Categoria de danos	Unid	Média	Mediana	SD	CV (%)	2,5 %	97,5 %	Err.Pad. média
Pont. única	Pt	81,9	81,7	1,24	1,52	80,3	85,2	0,00048

4.3 Prognósticos ambientais

Tendo por base que o processo produtivo analisado já é resultante de uma melhoria aplicada em outros modelos, no caso os povoamento puros, é possível apontar algumas novas medidas de aumento da eficiência ambiental e mitigação de impactos:

4.3.1 *Substituição das embalagens*

As embalagens utilizadas no processo avaliado pelo trabalho, embora não representaram valores elevados na matriz geral dos impactos, a substituição dessas por outras de caráter reaproveitável (tubetes plásticos), ou até mesmo por tubetes degradáveis, trás um ganho no sistema, tanto na otimização do espaço de produção, uma vez que a eficiência espacial é superior, pois uma mesma quantidade de mudas pode ser produzida em uma área menor, quanto na redução de resíduos, se comparada ao método avaliado (sacos plásticos).

4.3.2 *Reciclagem dos resíduos vegetais*

Uma das saídas ocorridas em uma fase posterior ao limite final do escopo do trabalho é o resíduo orgânico gerado pelas cascas e torta, pós-extração do óleo, que podem ser reconduzidas à área do cultivo, preferencialmente após passarem por um processo de compostagem. Esta ação fará com que uma considerável parte dos elementos exportados do sistema através da colheita dos frutos, retorne diminuindo o déficit nutricional e aproximando mais o sistema do equilíbrio. Este equilíbrio é um cenário ideal de produção, onde as simples entradas através da atmosfera consigam repor as saídas proporcionadas pela extração do óleo.

4.3.3 *Menor revolvimento do solo*

Esta é a ação de maior impacto positivo, uma vez que a categoria *Uso do solo* é a que detém mais de 90 % do total dos impactos produzidos pelo sistema produtivo. A medida que o revolvimento do solo é minimizado, os reflexos diretos e indiretos são diretamente afetados, isto é, as diversas esferas, microfauna, estrutura física do solo, ciclo hidrológico local, entre outras, sofrerão impactos positivos.

Dentre as alternativas de melhoria desta etapa do processo, estão a utilização do sistema de plantio direto, onde a mecanização é menos intensa, com a passagem de apenas uma única vez o sulcador, para demarcar e preparar a linha de plantio onde serão implantadas as mudas. Esta técnica proporcionará ganhos ambientais tanto na categoria *Uso do solo* quanto nas diretamente impactadas pelas emissões oriundas da queima de combustíveis fósseis pelo processo de mecanização convencional. No entanto, para pequenas escalas, e para regiões medianamente a fortemente onduladas, cujo preparo do solo não é possível realizar com máquinas, o processo de coveamento manual também poderá ser utilizado, trazendo ganhos ambientais ainda mais significativos. Esse sistema de plantio (por covas), embora gere um

custo menor, dever-se-á ser monitorado, devido ao seu potencial de impactos à saúde humana.

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando as expectativas iniciais, conclui-se que os prognósticos que se tinha no início da pesquisa, em relação ao foco do impacto, se confirmaram, uma vez que o uso do solo, representado pela supressão de espécies, alterações estruturais do solo, entre outras, é a vertente com impacto de maiores proporções.

É possível concluir ainda que a cultura, por possuir um ciclo longo, ou também conhecido como perene, apresenta consideráveis melhorias se comparadas às culturas de ciclo curto. Isto se confirma pelo fato da maior grandeza de impactos estar alocada na fase de implantação da cultura, ação que ocorre apenas uma vez nas culturas como o *Aleurites fordii* Hemsl. em cada conjunto de décadas.

As demais categorias de impacto e danos são minimamente afetadas, devido, principalmente, a característica de baixo consumo de combustíveis no desenvolvimento da atividade. Isto reforça a teoria de que as atividades manuais de colheita, aplicadas nas realidades dos pequenos agricultores, resultam em ganhos ambientais significativos, comprovando a teoria de que as produções altamente mecanizadas e em grandes escalas, além dos atributos sociais, também representam maiores impactos na esfera ambiental.

Outro aspecto de relevante interesse ecológico está no processo de melhoria do sistema de preparo do solo que poderá ser ainda agregado a esse método produtivo, através do uso de técnicas como o plantio direto, ou até mesmo coveamento manual, resultando em menores impactos ambientais e, possivelmente menores custos econômicos. Além destas, novas formas de preparo do solo também poderão ser utilizadas, visando sempre o resultado final, o qual é expresso pelo desenvolvimento de um modelo produtivo cada vez menos impactante.

O uso de combustíveis de origem não fósseis também contribuiria com a redução do grau de impacto ambiental, uma vez que as emissões atmosféricas oriundas dos procedimentos mecanizados, como por exemplo o transporte, seriam ocasionadas por partículas cicladas da própria atmosfera.

6 RECOMENDAÇÕES DE TRABALHOS FUTUROS

- Aprofundamentos de estudos e ACV em sistemas agroflorestais, com outras culturas, visando ampliar o uso da técnica para os estudos de gestão ambiental na produção primária;
- Estudos mais aprofundados da produção de biomassa, bem como a “pegada de carbono”, tanto em cultivos agrícolas anuais, quanto nos cultivos de ciclo perenes;
- Análise da determinação de biomassa e exportação com reposição de nutrientes do sistema ao longo do tempo, para avaliar se é necessário inserir novos insumos ou se o ciclo é autosuficiente. Este estudo pode ser aplicado, de igual forma, nas demais culturas oleaginosas, proporcionando, ao final dos estudos, uma comparação em termos nutricionais, além das esferas ambientais, qual, ou quais, são as espécies com maior proximidade ao equilíbrio.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALTIERI, MA. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Ed. Agropecuária, Guaíba, RS. 2002, 592 p.
- [2] AMADOR, D. B e VIANA, V. M. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p.105-110, dez, 1998.
- [3] CAMPANHA, M. M et al. **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**. Rev. Árvore [online]. 2007, vol.31, n.5, pp. 805-812. ISSN 0100-6762.
- [4] EEA – EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Life Cycle Assessment: a guide to approaches, experiences and information sources**. Environmental Issues Series n. 6, ago.1997
- [5] EPA. **Life cycle assessment: principles and practice**. Ref. EPA/600/R-06/060, mai. 2006.
- [6] FERREIRA, C.S.S, et al. **Aplicação da ferramenta de ACV na avaliação de desempenho de opções de tratamento de águas residuais à escala piloto**. 9ª Conferência Nacional do Ambiente, Aveiro, Portugal, 2007.
- [7] GEORGAKELLOS, D., 2005. **Evaluation of life cycle inventory results using critical volume aggregation and polygon e based interpretation**. Journal of Cleaner Production 13, pg 567-582.
- [8] GOEDKOOP,M., et al., **SimaProDatabase Manual – Methods Library**,PRé-Consultants, 2010. pg. 57.
- [9] GOLFETTO *et al.* **Estudo e aplicação da amêndoa do tungue (aleurites fordii) na produção do biodiesel**. Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente 2(1): 55-68, nov-abr, 2011.
- [10] GÖRGEN, Frei Sérgio. **Os novos desafios da agricultura camponesa**.3ª Ed. Porto Alegre, 2004, pg 6-8.
- [11] GRUSZYNSKI, C. **Resíduo agroindustrial “Casca de Tungue” como componente de substrato para plantas**. Dissertação (Mestre em Fitotecnia)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2002.

- [12] HUIJBREGTS, M. A et al. **Evaluating uncertainty in environmental life-cycle assessment – a case study comparing two insulation options for a Dutch one-family dwelling**, Environmental Science & Technology, v. 37, n. 11, p. 2600-2608, 2003.
- [13] ISO, International Standardization Organization. **Environmental Management–Life Cycle Assessment–Principles and Framework**. International standard ISO 14040, 1. ed., Geneva:
- [14] JOLLIET, O. **Analyse du cycle de vie - Comprendre et réaliser un écobilan**. Second. [S.l.: s.n.], 2011.
- [15] KAEWCHAROENSOMBAT, U.; PROMMETTA, K.; SRINOPHAKUN, T. **Life cycle assessment of biodiesel production from jatropha**. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, v. 42, n. 3, p. 454-462, 2011. ISSN 18761070.
- [16] MA, Z, ZHU, W., WEI, Q. **Advances in the researches of biodiesel from woody oil-bearing plants** J. Northwest Forestry Univ., 22 (2007), pp. 125-130
- [17] MONTEIRO, Mário Francisco Giani. **A carga da doença associada com algumas causas de internação hospitalar realizada pelo SUS**. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, v. 13, n. 1, mar. 2004 .
- [18] PRÉ-Consultants, **Introduction to LCA with SimaPro 7**, versão 4.2, jun 2007, Manual.
- [19] REBITZER, G. **Enhancing the Application Efficiency of Life Cycle Assessment for Industrial Uses**. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculté Environment Naturel, Architectural et Construit, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne, 2005. 219 p.
- [20] ROY, P., D. NEI, et al, **A review of life cycle assessment (LCA) on some food products**. Journal of Food Engineering **90**(1), 2009, pg. 1-10.
- [21] SALLABERRY, R. R, **Emprego da avaliação do ciclo de vida para levantamento dos desempenhos ambientais do biodiesel de girassol e do óleo diesel**. Dissertação de mestrado – Programa de pós-graduação em Recursos Hídricos e Sanemaneto Ambiental – UFRGS, Porto Alegre, 2009.
- [22] SANTOS, M. J. C. e PAIVA, S. N. **Os sistemas agroflorestais como alternativa econômica em pequenas propriedade rurais: um estudo de caso**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 12, n. 1, p 135-141. 2002
- [23] SHARMA, V. et al, **Physical properties of tung seed: An industrial oil yielding crop**, **Industrial Crops and Products**, Volume 33, Issue 2, March 2011, Pages 440-444

- [24] STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 2008. 222 p.
- [25] SUH, S et al. **System boundary selection in Life-Cycle Inventories using hybrid approaches**, Environmental Science & Technology, v. 38, n. 3, p. 657-664, 2004.
- [26] TATEYAMA, R. T. **Softwares de análise do ciclo de vida: uma contribuição à difusão da ferramenta no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Área de concentração: Gestão Ambiental. São Paulo, 2007. 86p.
- [27] UNGER, N. et al. **General requirements for LCA software tools**, Institute of Waste management, BOKU – University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria, 2003
- [28] UNEP. **Life Cycle Assessment: what it is and how to do it**, Paris: UNEP, 1996, 86p.
- [29] VARANDA, M. G. e MARTINS P. F., **Life cycle analysis of biodiesel production**. Fuel Processing Technology, Porto, p. 1087-1094. 2011
- [30] IBGE, **Produção Agrícola Municipal 2011**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
- [31] Disponível em http://www.engesat.com.br/index.php?system=news&news_id=737&action=read acessado em 28/10/2012 às 17:07.
- [32] IBGE, **Mapa de Uso da Terra 2009**. Florianópolis: IBGE, 2012.
- [33] PUCRS, **Coleções Científicas do MCT-PUCRS**, disponível em <http://webapp.pucrs.br:7777/pls/apex/f?p=119:101:4249135716163590::NO::> acesso em 28/10/2012 às 21:53
- [34] IBGE, **Mapa de Clima do Brasil 2002**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

8 ANEXOS

Anexo A – Vista de uma das unidades de *Aleurites fordii* Hemls. avaliadas



Anexo B - Vista frontal da área povoada com *Aleurites fordii* Hemls.



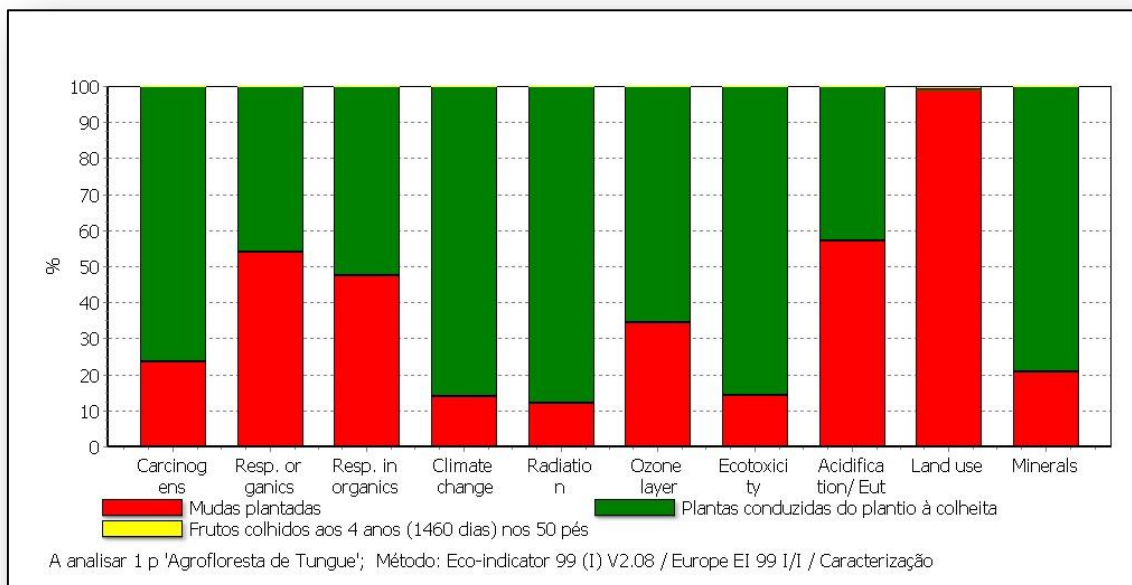
Anexo C - Vista do início do processo de frutificação, em 22/10/2012.



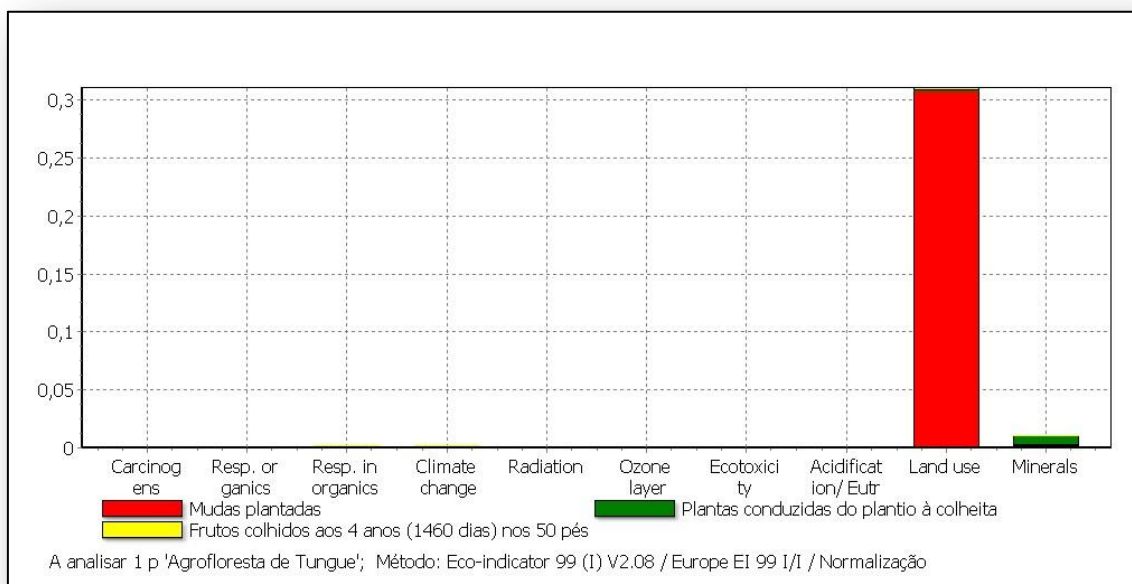
Anexo D - Vista da presença de espécies campestres nativas, em 22/10/2012, nas entrelinhas do cultivo.



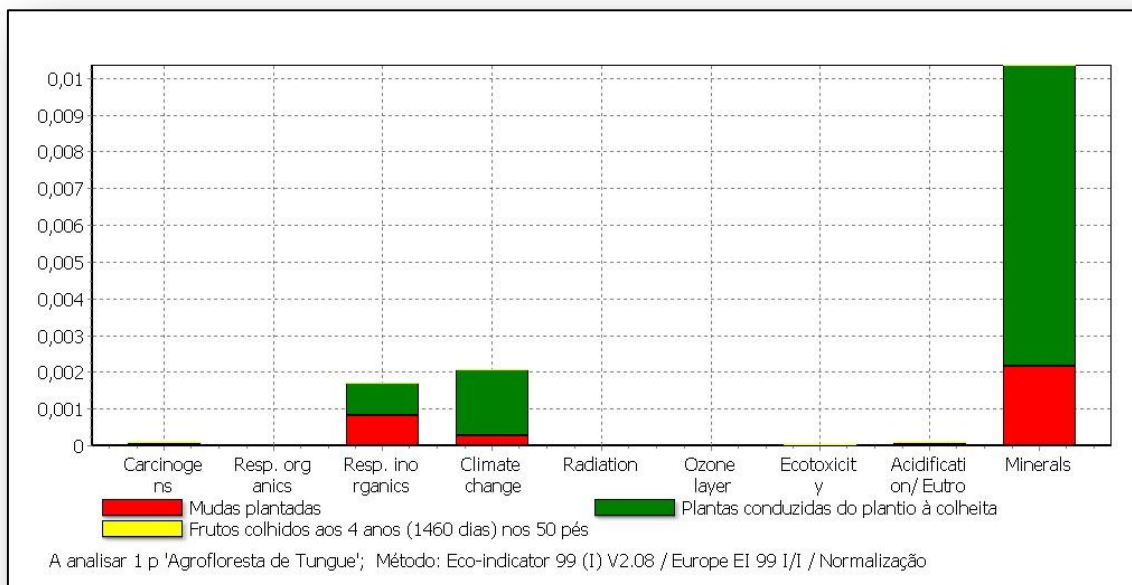
Anexo E - Gráfico da caracterização, em percentagem, dos impactos por categoria.



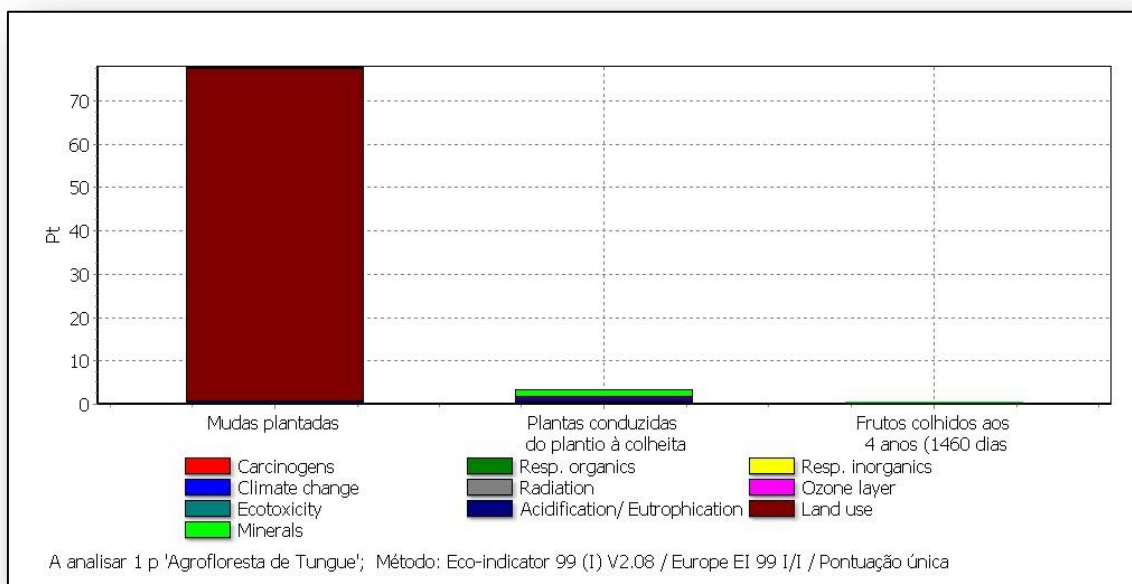
Anexo F - Gráfico dos dados normalizados por categoria de impacto.



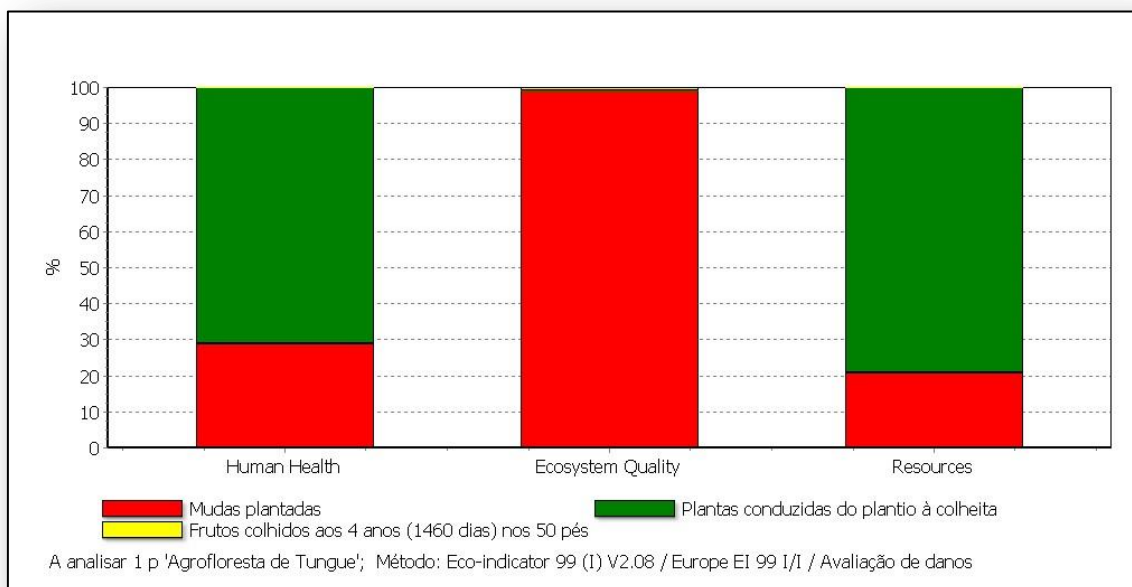
Anexo G - Gráfico dos dados normalizados excluindo a categoria Uso do solo.



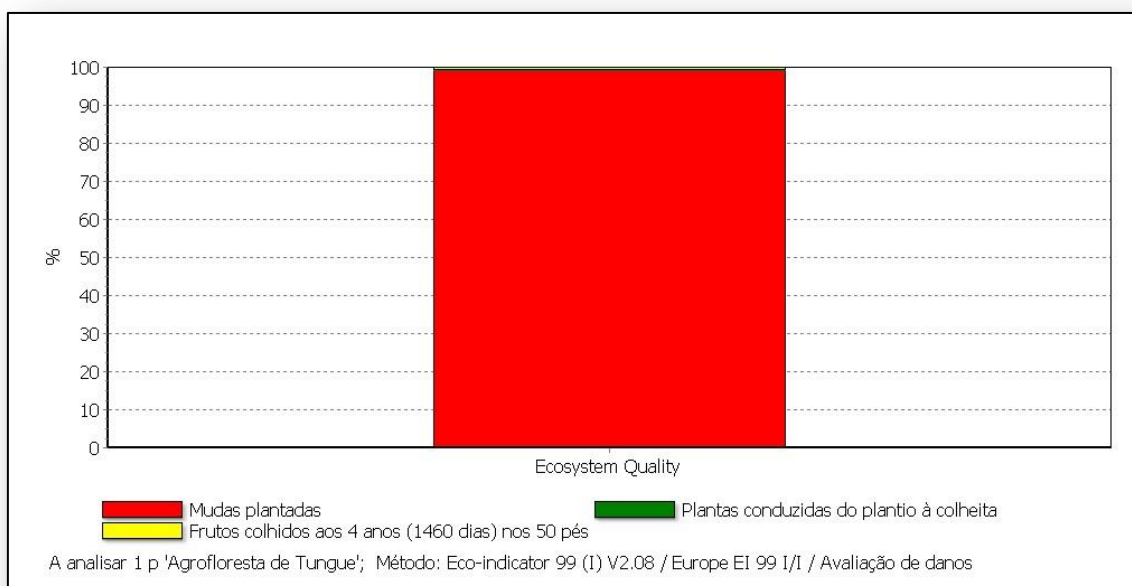
Anexo H - Gráfico dos dados em pontuação única, fracionada por categoria de impacto.



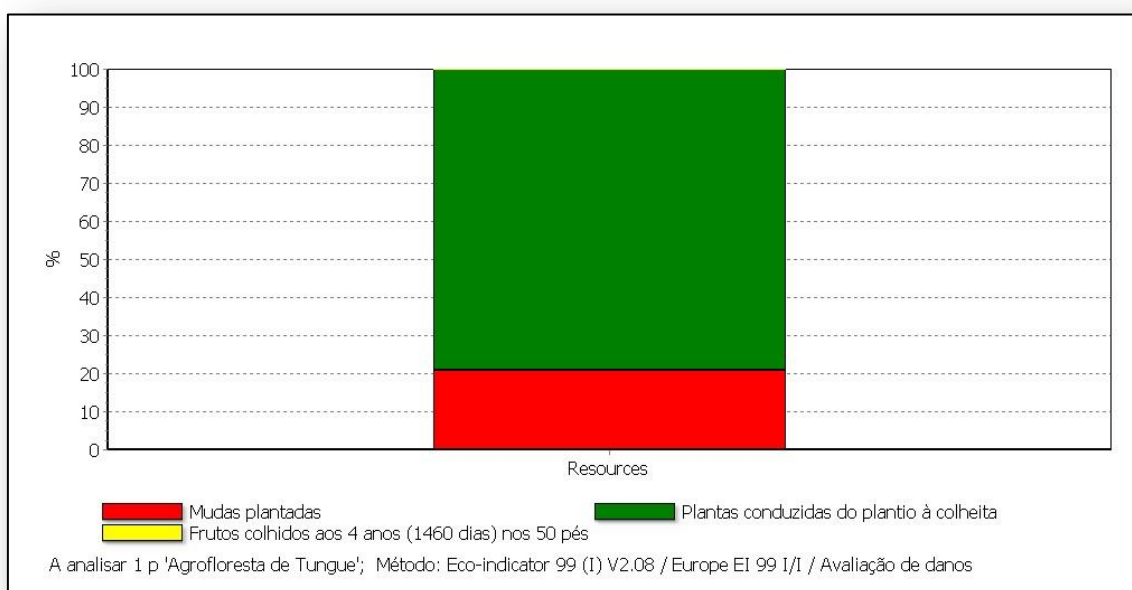
Anexo I - Gráfico dos dados alocados em categorias de danos.



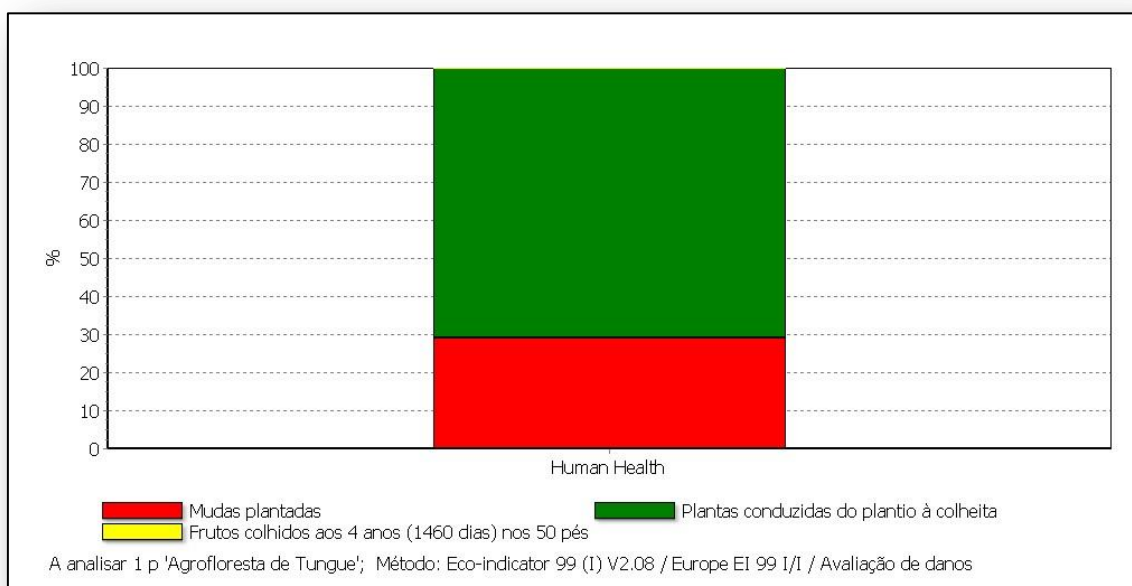
Anexo J - Avaliação de danos na categoria Qualidade dos ecossistemas.



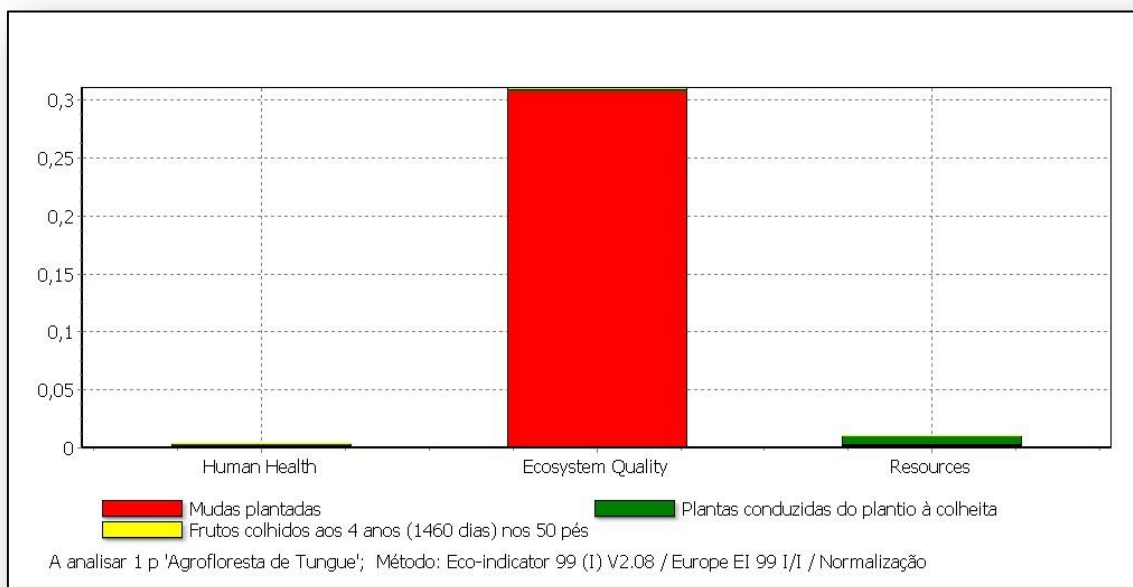
Anexo K - Avaliação de danos na categoria Consumo de Recursos.



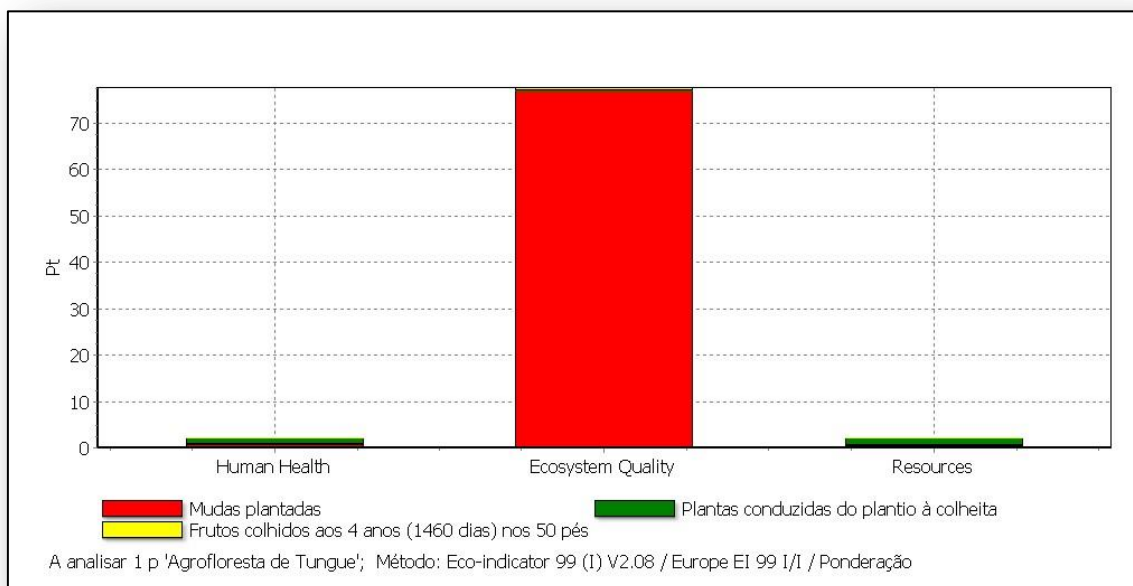
Anexo L - Avaliação de danos na categoria Saúde Humana.



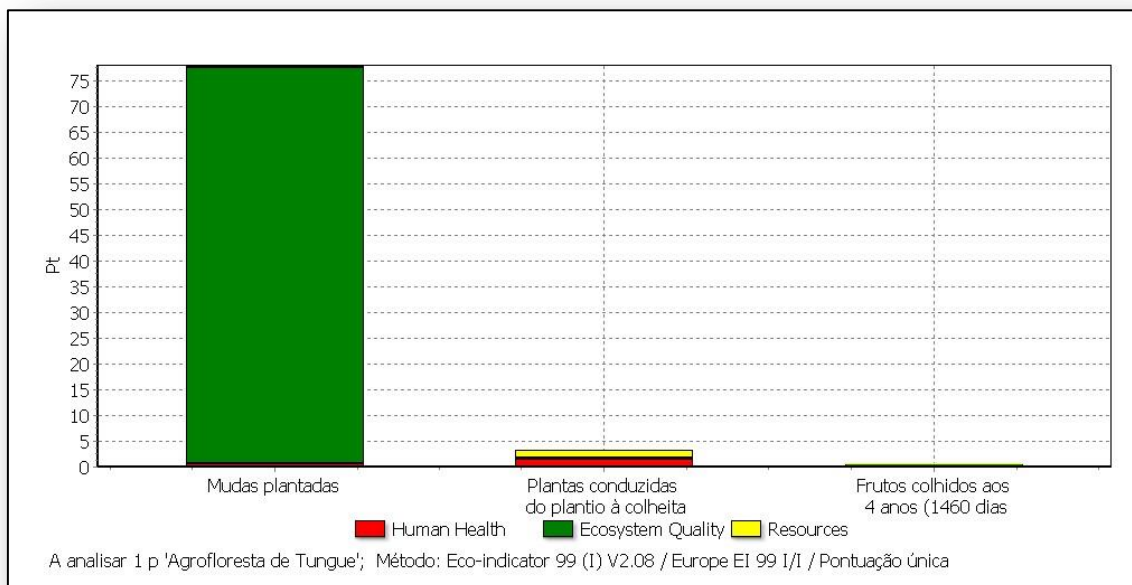
Anexo M - Gráfico dos dados normalizados por categoria de dano.



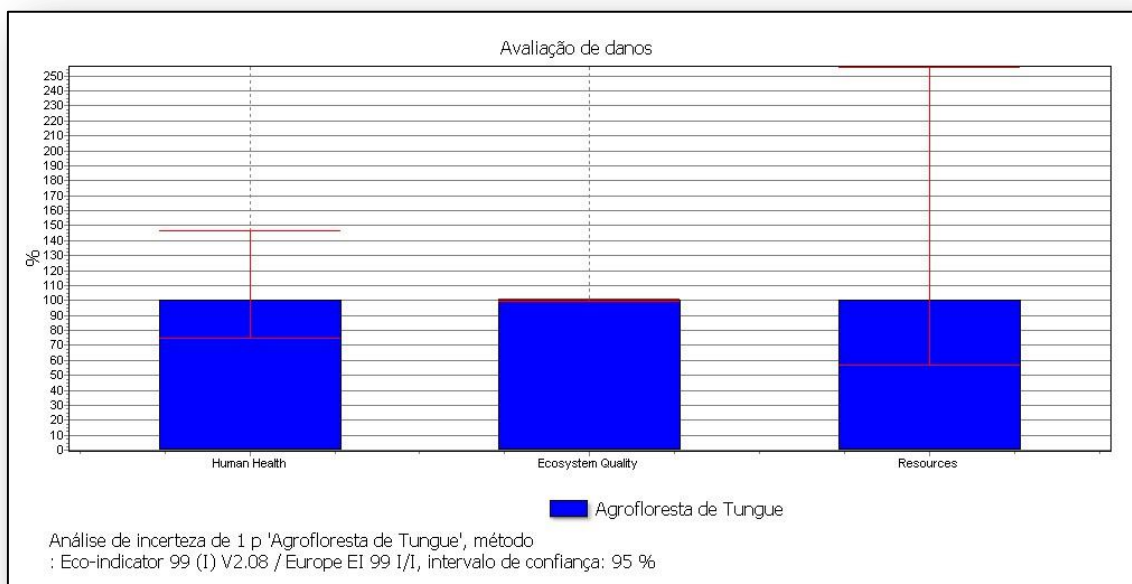
Anexo N - Gráfico dos dados ponderados por categoria de dano.



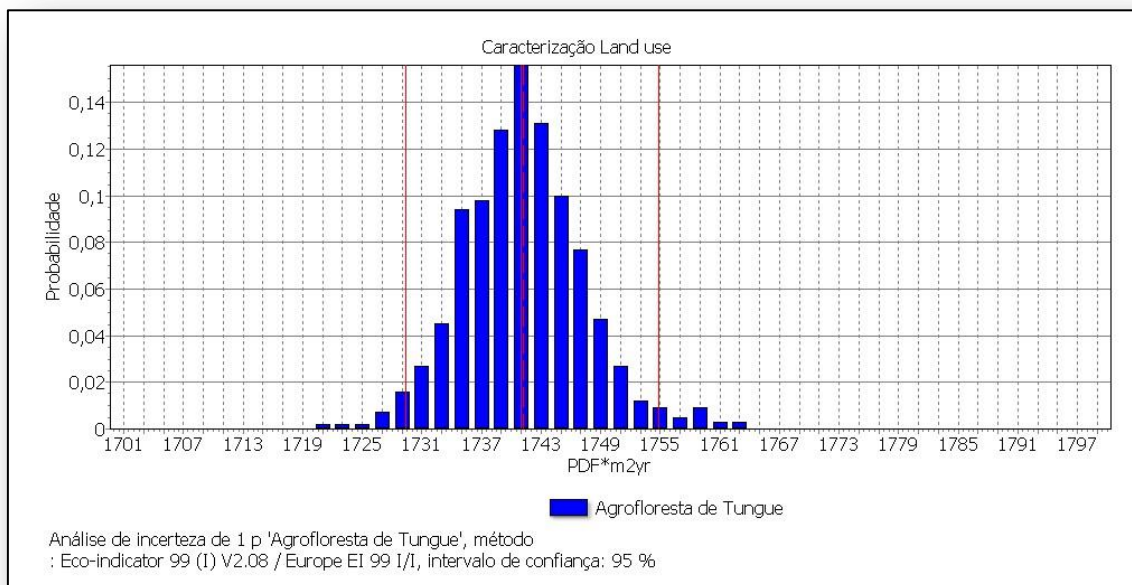
Anexo O - Gráfico dos dados alocados, em pontuação única, nas categorias de danos.



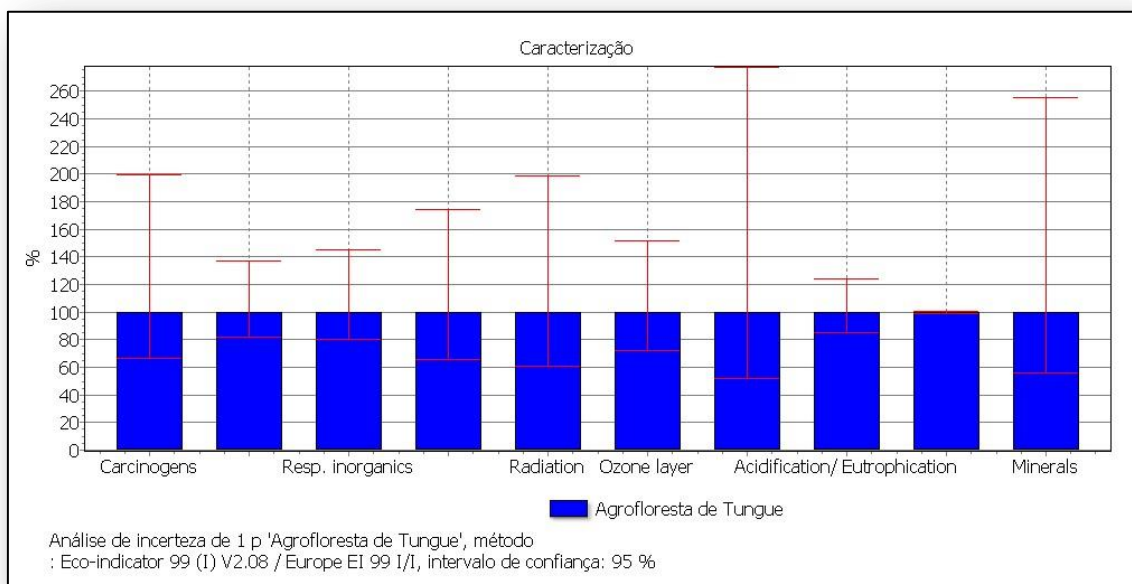
Anexo P - Análise de incertezas: gráfico dos índices de dispersão dos dados, por categoria de dano.



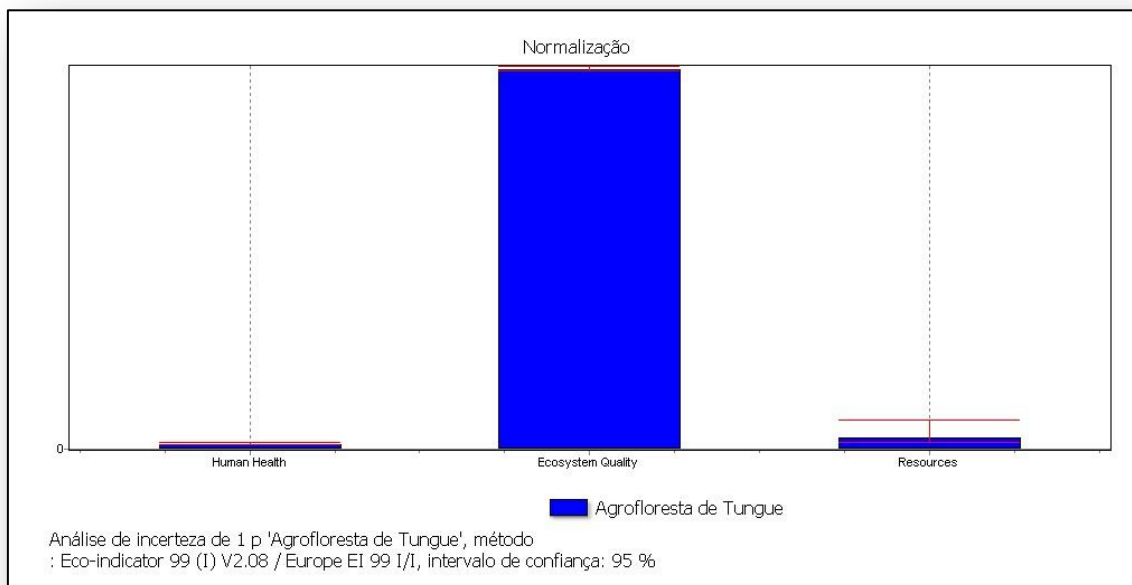
Anexo Q - Análise de incertezas: gráfico de probabilidade para a categoria *Uso do Solo*.



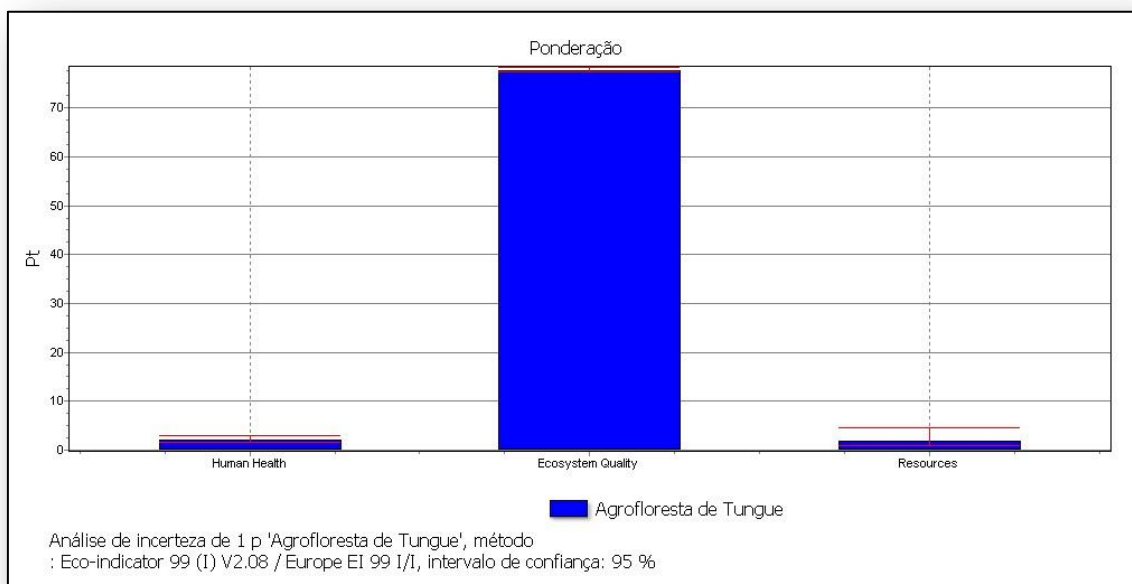
Anexo R - Análise de incertezas: gráfico da dispersão dos dados por categoria de impacto.



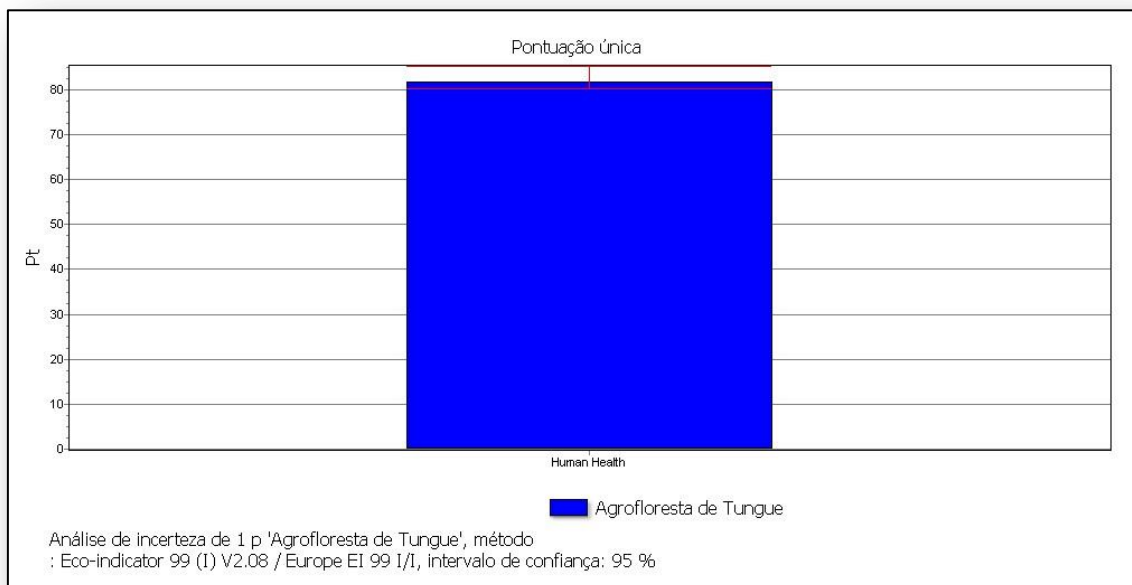
Anexo S - Análise de incertezas: gráfico da dispersão dos dados normalizados, por categoria de dano.



Anexo T - Análise de incertezas: gráfico da dispersão dos dados ponderados, por categoria de dano.



Anexo U - Análise de incertezas: gráfico da dispersão dos dados, em pontuação única, na categoria Saúde Humana .



Anexo V - Análise de incertezas: gráfico de probabilidade geral, em pontuação única.

