

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL -
MESTRADO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM GESTÃO E TECNOLOGIA AMBIENTAL**

Priscila Fernandes de Oliveira

**IMPACTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA DO TABACO ORGÂNICO
E CONVENCIONAL NO SUL DO BRASIL**

Santa Cruz do Sul

2018

Priscila Fernandes de Oliveira

**IMPACTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA DO TABACO ORGÂNICO
E CONVENCIONAL NO SUL DO BRASIL**

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

Orientador: Prof. Dr. Diosnel Antonio Rodriguez Lopez

Santa Cruz do Sul

2018

Priscila Fernandes de Oliveira

**IMPACTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA DO TABACO ORGÂNICO
E CONVENCIONAL NO SUL DO BRASIL**

Esta dissertação foi submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental- Mestrado e Doutorado, área de concentração em Gestão e Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul-UNISC, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Tecnologia Ambiental.

Prof. Dr. Diosnel A. Rodriguez López

Professor orientador | UNISC

Prof. Dr. Robson Everaldo Gehlen Bohrer

Professor examinado | UNISC

Prof. Dr. Ênio Leandro Machado

Professor examinador | UNISC

Santa Cruz do Sul

2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, que está sempre do meu lado e que este ano me abençoou com nossa pequena Heloísa, toda minha família que sempre me incentivou à estudar e buscar conhecimentos, meu pai Jair e minha mãe Catarina, sou grata aos meus irmãos Prisciana, Rafael, Júnior, Leônidas e Alexandre que são muito importantes e especiais pra mim, espero ser exemplo pra vocês, amo cada um, meu marido Emerson que sempre me apoio em todas as minhas decisões e dificuldades e esteve do meu lado em cada etapa. Meu orientador professor Dr. Diosnel, que esteve presente bravamente durante estes dois anos para que pudéssemos desenvolver um estudo inovador e de qualidade, obrigada por me orientar no estágio de docência, ensinando o caminho de um doutor professor admirado pelos seus alunos, obrigada também por ser além de orientador um amigo, que dá conselhos, fica feliz com nossas conquistas e triste quando algum problema ronda seus orientandos, tu és exemplo a ser seguido, te admiro muito! Minha amiga Ana Letícia que caminhou comigo estes dois anos, ajudando, incentivando, és muito especial para mim, agradeço também meus fiadores senhor Luiz e Izabel Tomazi e Eduardo e Priscila Hoesller, agradeço às minhas amigas de mestrado que levarei para a vida toda em meu coração Camila Crauss, Fernanda Beuren e Daiane Moura. Enfim obrigado a cada ser que contribuiu de alguma maneira para que esta caminhada fosse concluída com sucesso. Gratidão por ter vocês em minha vida.

Não pare até se ORGULHAR.

RESUMO

No presente estudo foi realizado uma Análise de Ciclo de Vida (ACV) da produção de tabaco orgânico e convencional no sul do Brasil, com o objetivo de avaliar os impactos ambientais associados às etapas de produção de mudas, lavoura, cura e transporte. Os dados utilizados no trabalho, para a caracterização da produção do tabaco convencional, foram obtidos através da aplicação de questionários a 250 produtores. Além desses dados, foram também empregados dados de produção de 12 mil produtores de tabaco, disponibilizados por uma empresa beneficiadora da região. Em relação aos dados da produção orgânica, os dados foram disponibilizados pela mesma empresa beneficiadora, considerando as informações coletadas como seu plantel de 150 produtores de tabaco orgânico. A avaliação dos impactos foi realizado por meio da ACV, utilizando o software SimaPro Release 8.5.0.0 PhD Version da (PReConsultants, 2018) com o banco de dados Ecoinvent® 3.4. O cálculo dos impactos foi realizado com a metodologia ReCiPe 2016. A unidade de referência foi a produção de uma tonelada de tabaco seco. Foram analisadas sete categorias de impacto ambiental, sendo Potencial de Aquecimento Global, Acidificação Terrestre, Toxicidade Humana, Eutrofização da água doce, Ecotoxicidade terrestre, Uso da terra e Escassez de recursos fósseis. Os resultados da ACV, conseguiram transparecer as etapas de maior impacto nas duas formas de produção. Os principais contribuintes para estes impactos foram o uso de fertilizantes orgânicos e sintéticos, agroquímicos, combustíveis fósseis e energia elétrica nestas etapas. Na comparação de resultados entre os sistemas de plantio em cada categoria de impacto foi possível verificar que o plantio orgânico apresenta impactos maiores para as categorias de acidificação terrestre (PA), potencial de aquecimento global (PAG) e uso da terra (*Land use*) em decorrência da produção e utilização de fertilizantes orgânicos, principalmente pela volatilização da amônia, emissões de CO₂, N₂O e CH₄ durante a queima da biomassa nos fornos de secagem e também por o tabaco orgânico requerer mais áreas de terra para a produção da mesma quantidade de tabaco convencional. Por sua vez, o plantio convencional de tabaco teve maiores valores totais de impactos ambientais para as categorias de toxicidade humana (TH-C), ecotoxicidade terrestre (EcoT), potencial de eutrofização da água doce (PE) e escassez de recursos fósseis (FRS) devido a liberação de compostos prejudiciais à saúde humana durante a queima da biomassa nos fornos, uso e produção de agroquímicos e fertilizantes sintéticos nas lavouras acarretando também a emissão de fosfato.

Palavras-chave: Agricultura. Tabaco, orgânico. Impactos ambientais.

ABSTRACT

In the present study, a life cycle analysis of organic and conventional tobacco production was carried out in the south of Brazil, with the objective of evaluating the environmental impacts associated to the production stages of seedlings, plowing, harvesting and transportation. The data used for the characterization of conventional tobacco production were obtained through the application of specific questionnaires to 250 producers. In addition to these data, data were also used for the production of twelve thousand tobacco producers, made available by a company that benefits the region. Regarding the organic production data, the data were provided by the same company, considering the information collected as its plant of 150 organic producers. Impact assessment was carried out using a Life Cycle Analysis (LCA), using the SimaPro Release 8.5.0.0 PhD Version (PReConsultants, 2018) software with the Ecoinvent® 3.4 database. Impacts were calculated using the ReCiPe 2016 methodology. The reference unit was the production of one ton of dry tobacco. Seven categories of environmental impact were analyzed: Global Warming Potential, Terrestrial Acidification, Human Toxicity, Freshwater Eutrophication, Terrestrial Ecotoxicity, Land Use and Scarcity of fossil resources. The results of the ACV, were able to show the stages of greater impact in the two forms of production. The main contributors to these impacts were the use of organic and synthetic fertilizers, agrochemicals, fossil fuels and electricity in these stages. In the comparison of results between the planting systems in each impact category, it was possible to verify that the organic plantation presents bigger impacts for the categories of terrestrial acidification (PA), global warming potential (PAG) and land use in due to the volatilization of ammonia, CO₂, N₂O and CH₄ emissions during biomass burning in drying ovens and also because organic tobacco requires more land areas for the production of the same amount of tobacco conventional. Conventional tobacco planting had higher total environmental impact values for the categories of human toxicity (TH-C), terrestrial ecotoxicity (EcoT), freshwater eutrophication potential (PE), and fossil resource scarcity (FRS) due to the release of compounds harmful to human health during the burning of biomass in the kilns, the use and production of agrochemicals and synthetic fertilizers in the fields, also causing the phosphate emission.

Keywords: Agriculture. Tobacco organic. Environmental impacts.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Etapas da produção de tabaco convencional e orgânico	24
Figura 2 - Representação das estufas de cura convencional e de ar forçado	28
Figura3 - Estrutura para realizar uma avaliação de ciclo de vida	33
Figura 4 - Fluxograma das fases realizadas no estudo	41
Figura 5 - Inventário de entradas para o software das etapas de produção do tabaco orgânico e Convencional	44
Figura 6 - Resultados totais da AICV para as categorias de impacto avaliadas em cada Sistema simulado	48
Figura 7 - Contribuição das quatro etapas avaliadas nas duas formas de plantio em relação à categoria de impacto potencial de aquecimento global	50
Figura 8 - Contribuição das quatro etapas avaliadas nas duas formas de plantio em relação à categoria de impacto acidificação terrestre	54
Figura 9 - Contribuição das quatro etapas avaliadas nas duas formas de plantio em relação à categoria de impacto toxicidade humana	56
Figura 10 - Contribuição das quatro etapas avaliadas nas duas formas de plantio em relação à categoria de impacto eutrofização da água doce	58
Figura 11 - Contribuição das quatro etapas avaliadas nas duas formas de plantio em relação à categoria de impacto ecotoxicidade terrestre	59
Figura 12 - Contribuição das quatro etapas avaliadas nas duas formas de plantio em relação à categoria de impacto uso da terra	61
Figura 13 - Contribuição das quatro etapas avaliadas nas duas formas de plantio em relação à categoria de impacto escassez de recursos fósseis	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Defensivos agrícolas utilizados nas fases de produção de mudas e lavoura	27
Tabela 2 - Categorias de impacto e método de avaliação utilizados	43
Tabela 3 - Dados das quantidades de entradas do inventário para produção de 1ton de tabaco seco orgânico e convencional	44
Tabela 4 - Resultados análise de Mont Carlo para o sistema de plantio orgânico	66
Tabela 5 - Resultados análise de Mont Carlo para o sistema de plantio orgânico	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Avaliação de Ciclo de Vida
AFUBRA	Associação dos Fumicultores do Brasil
AICV	Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida
CV	Coeficiente de Variação
EcoT	Ecotoxicidade Terrestre
FRS	Escassez de recursos fósseis
GEE	Gás de Efeito Estufa
GHG	Green House Gas
ICV	Inventário do Ciclo de Vida
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
LCIA	Life Cycle Inventory Assessment
PA	Acidificação Terrestre
PAG	Potencial de Aquecimento global
PE	Potencial eutrofização da água doce
PR	Paraná
RS	Rio Grande do Sul
SC	Santa Catarina
SD	Desvio Padrão
Sinditabaco	Sindicato Interestadual da Indústria do Tabaco
TH-C	Toxicidade Humana

LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

Kg 1,4 DCB Eq	Quilograma de Diclorobenzeno Equivalente
Kg CO ₂ Eq	Quilograma de Dióxido de Carbono Equivalente
Kg SO ₂ Eq	Quilograma de Dióxido de Enxofre Equivalente
Kg P Eq	Quilograma de Fósforo Equivalente
Kg oil Eq	Quilograma de Óleo Equivalente
m ³	Metros cúbicos
m	Metros
cm	Centímetros
Kg/m ³	Quilogramas por metros cúbicos
Km	Quilômetros
Ton	Toneladas
Ha	Hectare
L	Litros
Kwh	Quilowatt-hora
HPA	Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos
Kg	Quilograma
MJ	Megajoule
Kcal	Quilocaloria
SO ₂	Dióxido de Enxofre
NH ₃	Amônia
N	Nitrogênio
P	Fósforo
K	Potássio
CH ₄	Metano
CO ₂	Dióxido de Carbono
CO	Monóxido de Carbono
N ₂ O	Óxido Nitroso
NMVOCs	Compostos orgânicos voláteis não metânicos
NOX	Dióxido de Nitrogênio
Cu	Cobre
Zn	Zinco
Cr	Cromo

Cd	Cádmio
Pb	Chumbo
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
As	Arsênio
Ni	Níquel

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo Geral	17
2.2	Objetivos Específicos.....	17
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1	Setor tabagista no sul do Brasil.....	18
3.2	Produção de tabaco convencional	19
3.3	Produção de tabaco orgânico.....	21
3.4	Etapas da produção de tabaco convencional e orgânico.....	23
3.4.1	Produção de mudas	24
3.4.2	Lavoura	25
3.4.3	Ajuste de pH do solo e transplante	26
3.4.4	Fertilização	26
3.4.5	Uso de agrotóxicos	27
3.4.6	Cura	28
3.4.7	Transporte do Tabaco	29
3.5	Impactos ambientais da produção agrícola	29
3.6	Avaliação do Ciclo de vida.....	31
3.7	Avaliação do ciclo de vida aplicada à processos agrícolas.....	35
4	METODOLOGIA.....	41
4.1	Aplicação dos questionários.....	41
4.2	Avaliação do ciclo de vida	42
4.3	Definição do escopo	43
4.4	Considerações do estudo	46
4.5	Análise da qualidade dos dados.....	47
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
5.1	Resultados da ACV de todo o processo comparando os dois cenários	48
5.2	Contribuições de cada etapa para as duas formas de plantio sobre as categorias	

de impactos analisadas	49
5.2.1 Potencial de Aquecimento Global	49
5.2.2 Categoria de impacto Potencial de Acidificação Terrestre	53
5.2.3 Categoria de impacto Toxicidade Humana.....	55
5.2.4 Categoria de impacto eutrofização da água doce	57
5.2.5 Categoria de impacto ecotoxicidade terrestre.....	59
5.2.6 Categoria de impacto uso da terra	60
5.2.7 Categoria de impacto escassez de recursos fósseis	62
5.3 Resultado análise de qualidade dos dados.....	64
5.3.1 Simulação de Monte Carlo	64
6 CONCLUSÃO.....	66
REFERÊNCIAS	67
ANEXO 1.....	77
ANEXO 2.....	80

1 INTRODUÇÃO

A planta *Nicotiana tabacum*, nome científico do tabaco ou fumo, passou a ser conhecida e utilizada no mundo inteiro. A disseminação da produção se fez através dos marinheiros e soldados, que utilizavam o mesmo durante os longos períodos das viagens e através das expedições portuguesas e espanholas, que levaram a planta para Europa, difundindo-a nos outros países europeus, na África e no Oriente (Nardi e Nardi, 1996).

Sua origem é cogitada nos Vales dos Andes Bolivianos, alastrando-se através das migrações indígenas para o território brasileiro. O cultivo da planta no sul do Brasil foi realizado devido os imigrantes alemães, os quais tiveram um papel fundamental na inserção do cultivo do tabaco na região. A difusão da cultura é atribuída à grande disponibilidade de mão-de-obra na época, destacando a cidade de Santa Cruz do Sul/RS como centro da produção de tabaco na região (Dutra e Hilsinger, 2013).

O plantio de tabaco é caracterizado como uma *commodity* agrícola e hoje proporciona uma fonte de renda única a diversos produtores, contribuindo para o desenvolvimento dos municípios. Entre os anos de 1977 a 2004, a produção de tabaco no Brasil cresceu 260%, devido à uma demanda crescente e para suprir as necessidades de consumo da sociedade atual (Tilman *et al.*, 2001; Garnett, 2011).

Os custos ambientais, atrelados a cadeia produtiva de *commodities*, podem ser caracterizados pela suas contribuições sobre os impactos ambientais, como esgotamento dos recursos naturais, emissões de gases do efeito estufa, perda da fertilidade do solo, escassez da água e a liberação de grandes quantidades de nutrientes e outros poluentes que afetam os ecossistemas (Mcmichael *et al.*, 2007). Desta forma, o cenário atual da produção de tabaco inclui os problemas mais conhecidos associados ao sistema de produção, os quais incluem danos ao meio ambiente e riscos à saúde (Vargas e Oliveira, 2012).

Por outro lado, auferir os encargos sociais, econômicos e ambientais de um sistema produtivo é uma crescente demanda, a fim de fornecer maior ênfase em estudos aplicados, devido à importância da construção de sistemas produtivos dentro das premissas da sustentabilidade. Para (Fao, 2015), se nada mudar na forma como produzimos e consumimos, os impactos ambientais se tornarão cada vez mais severos.

O desafio se consolida na aplicação da abordagem de Análise de Ciclo de Vida (ACV) para a avaliação das etapas de produção agrícola do tabaco, tanto orgânico quanto convencional, levando em consideração, sobretudo, sua complexidade e a agregação de

variáveis ambientais nessa análise. Com o intuito de contribuir podendo relacionar conceitos teóricos à prática, permitindo assinalar pontos críticos da produção e assim ajudar na aplicação de melhorias em questões específicas.

Esta ferramenta compila um inventário das trocas ambientais relevantes ao longo de ciclo de vida do processo e avalia os impactos ambientais potenciais associados com essas trocas (Wiedmann *et al.*, 2013). Para (Brenttrup *et al.*, 2004) ACV é uma abordagem apropriada para a investigação de impactos ambientais em produtos. A aplicação da ferramenta da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) à agricultura é relativamente recente e complexa, mas se destaca pela abrangência e confiabilidade na análise do sistema produtivo com foco ambiental. No Brasil, muitas *commodities* agrícolas já foram avaliadas pelo ACV (De Souza Dias *et al.*, 2015; Kamali *et al.*, 2017; Rega e Ferranti, 2018).

A cultura do tabaco demanda o uso intenso de defensivos agrícolas, de grandes quantidades de fertilizantes, assim como grandes quantidades de lenha para a cura das folhas (Hussain *et al.*, 2017). Ainda, sendo a cultura do tabaco uma atividade agrícola praticada de forma intensa, com grande consumo de insumos e forte ação sobre os ecossistemas em que está inserido, é preciso obter informações confiáveis sobre os impactos causados por esta cultura, tanto sobre o meio ambiente quanto sobre a saúde humana. A Análise de Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta que utiliza as premissas da sustentabilidade dos processos, auxiliando de forma clara e com grande potencial nas tomadas de decisões relativas aos processos analisados (Saade *et al.*, 2014), uma vez que esta ferramenta permite uma visão crítica dos processos e seus potenciais impactos ambientais.

A necessidade de suprir uma demanda oriunda da *commodity* agrícola a qual é uma das bases econômicas da região sul do Brasil apresenta o desafio de realizar um mapeamento dos impactos ambientais da fase de plantio do Tabaco. Para tanto, o presente trabalho tem por objetivo realizar um estudo comparativo dos impactos ambientais produzidos pelas diferentes formas da produção agrícola do tabaco cultivado para comercialização, considerando as diretrizes de plantio requeridas para a categoria orgânica e convencional por meio da ferramenta da Análise do Ciclo de Vida.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste estudo é avaliar os impactos ambientais dos sistemas de produção agrícola do tabaco orgânico e convencional, por meio da abordagem de avaliação do ciclo de vida.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar as entradas de insumos da produção agrícola orgânica e convencional de tabaco por meio da aplicação de questionários e consequentemente elaborar um banco de dados com as informações coletadas;

- Analisar a carga ambiental (impactos ambientais) oriundas das duas formas de produção agrícola do tabaco (orgânica e convencional), por meio da Análise do Ciclo de Vida;

- Realizar uma análise de sensibilidade com os dados finais do estudo, para maior segurança e confiabilidade dos dados.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Setor tabagista no sul do Brasil

A introdução do tabaco no Sul do Brasil, ocorreu principalmente com a chegada dos imigrantes alemães, por volta de 1824, ocorrendo a consolidação e a intensificação da produção de tabaco na região sul, especialmente no Vale do Rio Pardo (VOGT, 1997). Com o desempenho favorável da cultura na região, o mesmo passou a ser exportado e grandes investimentos para o beneficiamento do tabaco na região foram acontecendo ao longo do tempo. Com isso, significativas melhorias nas técnicas de produção do tabaco foram também introduzidas (Etges e Fischborn Ferreira, 2006; Vargas e Bonato, 2007).

A região do Vale do Rio Pardo passou a caracterizar-se como referência de produção de tabaco no sul do país, devido à estrutura fundiária baseada em pequenas propriedades, infraestrutura de produção e beneficiamento do tabaco na região, promovida pelo núcleo de empresas multinacionais que se estabeleceram neste local (Etges e Fischborn Ferreira, 2006; Vargas e Bonato, 2007).

A produção de tabaco é de grande importância socioeconômica para o Sul do Brasil. Presente em 566 municípios do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, na safra 2016/17 o tabaco foi cultivado em 298 mil hectares, por 150 mil famílias produtoras. Aproximadamente 600 mil pessoas participam desse ciclo produtivo no meio rural, somando uma receita anual bruta de R\$ 6 bilhões, segundo a Associação dos Fumicultores do Brasil (Afubra-Associação, 2018).

A produção alcançou 686 mil toneladas, sendo que deste volume 50% foram produzidos no Rio Grande do Sul, 29% em Santa Catarina e 21% no Paraná, gerando também 40 mil empregos diretos nas indústrias de beneficiamento instaladas no País. Com estes números, atendendo aos mais exigentes padrões internacionais, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de tabaco, perdendo apenas para China e líder em exportações desde 1993, graças à qualidade e integridade do produto (SINDICATO DA INDÚSTRIA DO TABACO DA REGIÃO SUL DO BRASIL - SINDITABACOS, 2018).

Em 2016, o tabaco representou 1,15% do total das exportações brasileiras, com US\$ 2,12 bilhões embarcados. O principal mercado brasileiro neste período foi a União Europeia com 41% do total dos embarques de 2016, seguida pelo Extremo Oriente (28%), América do Norte (12%), Leste Europeu (7%), África/Oriente Médio (6%) e América Latina (6%) (SINDITABACOS, 2018).

Para a Região Sul do País, a cultura é uma das atividades agroindustriais mais significativas. No Rio Grande do Sul, a participação do tabaco representou 10% no total das exportações (SINDITABACOS, 2018).

3.2 Produção de tabaco convencional

Segundo (Nemecek *et al.*, 2007), os impactos da produção agrícola no meio ambiente são múltiplos. A produtividade agrícola aumentou significativamente durante o século 20, devido ao grande avanço na mecanização e nas tecnologias empregadas na área. A melhoria das técnicas de produção, o uso intensivo de fertilizantes e pesticidas também contribuíram significativamente para aumentar os rendimentos. Contudo, os usos excessivos destas entradas resultaram numa variedade de problemas, tais como a eutrofização e a toxicidade na água e no solo. A agricultura é responsável por uma grande parte do uso da terra. A produção agrícola é a principal fonte de várias emissões importantes, como da amônia (NH₃), onde 93% são provenientes fontes agrícolas (Thöni *et al.*, 2007), metano (CH₄) (Minonzio *et al.*, 1998) e nitrato (NO₃). Por estas razões, os estudos dos sistemas de produção agrícola são uma grande prioridade para que se busque o equilíbrio da enorme demanda da produção nos dias atuais, mantendo a integridade do nosso ecossistema.

Notoriamente a intensificação da produção agrícola tem trazido à tona a discussão de vários impactos ambientais, ocasionamos pelo manejo e utilização inadequada dos ecossistemas de produção. A agricultura é caracterizada pela utilização intensiva de tecnologia, que envolve a mecanização e o alto uso de insumos como fertilizantes, herbicidas e inseticidas. Nos últimos anos, o nível de compostos xenobióticos nos ecossistemas aquáticos vem aumentando de forma alarmante como resultado da atividade antropogênica sobre o meio ambiente. Tal fato tem contribuindo para a redução da qualidade ambiental, bem como para o comprometimento da saúde dos seres vivos que habitam esses ecossistemas (Cajaraville *et al.*, 2000).

Diversos estudos têm tratado dos impactos ambientais causados pelas atividades agrícolas. Neste cenário, ganha destaque o cultivo de tabaco e as problemáticas ambientais, sociais e econômicas causadas pelo cultivo, como, por exemplo, a degradação dos solos, as emissões para o ar e a água devido aos insumos utilizados. Além do cultivo de tabaco demandar mão de obra intensiva e exigir uma quantidade considerável de agrotóxicos e outros agroquímicos, gerando riscos à saúde e danos ao meio ambiente, (Biolchi *et al.*, 2005; Vargas e Bonato, 2007).

Os principais contaminantes de origem agrícola são os resíduos de fertilizantes e de agrotóxicos. Esses produtos, quando aplicados sobre os campos de cultivo, podem atingir os corpos d'água diretamente, através da água da chuva e da irrigação, ou indiretamente através da percolação no solo, chegando aos lençóis freáticos. Outras formas de contaminação indireta podem ocorrer através da volatilização dos compostos aplicados nos cultivos e pela formação de poeira do solo contaminado e pela pulverização de pesticidas, que podem ser transportados por correntes aéreas e se depositarem no solo e na água, distantes das áreas onde foram originalmente usados (Cooper, 1993).

O Ministério da Saúde descreve que a fumicultura expõe os trabalhadores a diversos riscos devido à aplicação elevada de agrotóxico necessário para combater as pragas, ervas invasoras e doenças causadas por fungos que impedem o crescimento do tabaco, podendo prejudicar a colheita. Os agrotóxicos são produtos químicos altamente prejudiciais à saúde humana, por causar, ainda hoje, intoxicação e óbitos. Essa intoxicação pode ocorrer pela absorção através da pele, mediante o contato com as folhas verdes e úmidas do tabaco, causador da “doença da folha verde do tabaco”, cujos sintomas são: náuseas, vômitos, fraqueza, cefaleia e tontura, podendo, ainda, incluir cólicas abdominais.

Outra característica da produção em grande escala do tabaco, é a utilização intensa de adubos a base de nitrogênio (N) e potássio (K). Nos dias atuais, em função da falta de disponibilidade de novas áreas para expansão da produção, o uso de novas técnicas tornou possível a produção em solos de baixa fertilidade natural, ou mesmo em solos que foram manejados de forma inadequada no passado. O manejo dos atributos químicos e físicos do solo, e também de técnicas de adubação, tem contribuído para aumentar a eficiência de uso dos insumos (Van Raij, 2011).

O tabaco é uma cultura exigente em N e K, fazendo-se necessário a adubação equilibrada para repor estes elementos no solo com o objetivo de maximizar a produtividade e garantir a qualidade da produção a fim de atender as necessidades dos consumidores (Jesus, 2016). Por qualidade entende-se o balanço adequado de nicotina e açúcar para obtenção de um sabor agradável, estas características adequadas estão presentes em folhas colhidas de forma gradativa na planta conforme maturação, apresentando coloração laranja intenso após o processo de cura (Yang *et al.*, 2015).

O aumento da aplicação de fertilizantes melhorou significativamente a produção de tabaco convencional, mas resultou simultaneamente em uma série de problemas ambientais (por exemplo, aquecimento global, poluição do ar, degradação da qualidade da água e acidificação do solo) devido à aplicação excessiva ou irracional dos insumos (Ju *et al.*, 2009;

Sutton *et al.*, 2011; Conant *et al.*, 2013; Gu *et al.*, 2015; Zeng *et al.*, 2017). Uma porcentagem substancial de fertilizantes é perdida para o meio ambiente por meio da volatilização da amônia, desnitrificação, lixiviação e escoamento, etc. (Ju *et al.*, 2009; Zhou *et al.*, 2017). Dessa forma, quantidades significativas de fertilizantes aplicados entram nos sistemas de água doce e são transportados pelos rios para áreas costeiras, resultando em eutrofização dos ecossistemas costeiros e marinhos (Huang *et al.*, 2017; Mabaya *et al.*, 2017).

3.3 Produção de tabaco orgânico

A busca pela sustentabilidade nas atividades agrícolas está levando a muitos produtores a utilizar a agricultura orgânica. Esta pode ser definida como um sistema de produção ambientalmente equilibrado e estável, o qual resgata os ensinamentos da natureza, combinados com tecnologias de produção. O uso de agrotóxicos é excluído do sistema, assim como adubos químicos solúveis, hormônios, sementes transgênicas, irradiações e qualquer tipo de aditivo químico. Assim, tem-se que sistemas ambientalmente eficientes dependam menos de recursos não renováveis, possuem equilíbrio no uso de energia e preservação dos recursos naturais, socialmente justos com respeito ao trabalho do homem e economicamente viáveis (DAROLT, 2015).

Na maioria das vezes esta prática está associada a rotação de culturas, adubação verde, compostagem, controle biológico de pragas e doenças, buscando manter a estrutura e a produtividade do solo em direção da harmonia com a natureza.

Este sistema traz vantagens de ordem econômica, social, ambiental e de qualidade de vida do agricultor e do consumidor quando comparado ao sistema convencional. Também é uma ótima alternativa de mercado para os agricultores familiares, além de ser o que remunera melhor o produtor e apresenta menor impacto ao meio ambiente e à saúde das pessoas (Audeh, 2010).

O Brasil é classificado em quinto lugar no mundo em termos de área de terras agrícolas orgânicas, com aproximadamente 750.000 ha de terras plantadas. Este número, no entanto, representa apenas 0,3% do total de terras agrícolas no país. Além disso, em uma década (2005–2015), o total de terras orgânicas caiu em 130 mil ha, provavelmente devido à força da agricultura convencional e produtivista que faz com que o país se classifique em primeiro em vendas de pesticidas em todo o mundo (INTERNATIONAL FEDERATION OF ORGANIC AGRICULTURE MOVEMENTS - IFOAM, 2017).

(Tuomisto *et al.*, 2012) observaram que o cultivo orgânico tem impactos ambientais positivos por unidade de área, quando comparado ao convencional, mas não necessariamente por unidade de produto, já que o cultivo orgânico requer mais terra para produzir a mesma quantidade de produtos. Portanto, a adaptação do cultivo orgânico em larga escala pode levar a mudanças no uso da terra, como a conversão de florestas e pastagens para novas terras agrícolas, gerando impactos ambientais. Assim, para desenvolver sistemas de cultivo mais sustentáveis, é necessário o conhecimento abrangente de sua pegada ambiental total.

A pegada de carbono representa as emissões globais de Gases do Efeito Estufa (GEE) associado a uma unidade de produto, incluindo seu ciclo de vida do berço ao túmulo (Finkbeiner *et al.*, 2006; Iso, 2006). A principal fraqueza na análise da pegada de carbono de produtos orgânicos versus produtos convencionais vem do fato de que o rendimento por unidade de área cultivada é significativamente menor quando práticas orgânicas são aplicadas em comparação com a agricultura convencional. Conseqüentemente, na produção da agricultura orgânica, as pressões do ambiente e as emissões de GEE geradas na fase de campo do ciclo de vida será atribuído a uma quantidade menor de produtos, resultando em um impacto maior por unidade de produto, superando os benefícios gerais da agricultura orgânica (Tuomisto *et al.*, 2012).

Os impactos da agricultura orgânica no aquecimento global, nas mudanças climáticas, dependem também do limite do estudo, da metodologia adotada, do solo e as características climáticas do agrossistema, culturas analisadas e disponibilidade de dados primários. Com isto, a agricultura orgânica é considerada melhor em alguns casos (Kavargiris *et al.*, 2009; Litskas *et al.*, 2011; Zafiriou *et al.*, 2012) e pior em outros casos (Williams *et al.*, 2006; Venkat, 2012) em termos de GWP, em comparação com a agricultura convencional.

Através de um foco na redução da intensidade de insumos e na manutenção ou melhoria das funções do ecossistema, vários estudos têm identificado os benefícios da produção orgânica, em áreas como uso de energia fóssil e biodiversidade (Lampkin *et al.*, 2015). Embora o manejo convencional do solo ainda seja muito utilizado, a preocupação está aumentando, especialmente nas regiões tropicais, em relação à alta erosividade, incluindo altas temperaturas, redução da disponibilidade de água e rápida decomposição da matéria orgânica do solo, o que aumenta as perdas de carbono (C) para a atmosfera (Thomazini *et al.*, 2015).

As taxas de sequestro de carbono significativamente mais altas observadas em solos com manejo orgânico também levaram a sugestões de que o uso mais amplo desse sistema de produção poderia ajudar a retardar o início de mudanças climáticas (Gattinger *et al.*, 2012).

Estima-se que 89% do potencial de mitigação de gases de efeito estufa da agricultura depende do sequestro de C (Smith *et al.*, 2008). Além disso, o aumento do teor de C orgânico no solo é uma estratégia importante para gerenciar as mudanças climáticas induzidas pelas emissões de CO₂ para a atmosfera de terras agrícolas (Smith *et al.*, 2008; Thomazini *et al.*, 2015).

Os benefícios proporcionados pela agricultura orgânica como a proteção do solo e o desenvolvimento rural também se alinha com as dimensões de sustentabilidade propostas pelas Nações Unidas após a Rio + 20 através dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Smith *et al.*, 2018).

No estado do Rio Grande do Sul, a agricultura familiar representa uma parcela significativa da população rural da região e tem passado por mudanças diante da necessidade de conservação de suas terras. Tais mudanças referem-se à forma como os agricultores compreendem a natureza em sua volta e do modo como eles interpretam e aplicam os conhecimentos adquiridos ao longo de anos de experiência (Audeh, 2010).

Os investimentos na produção de tabaco orgânico no sul do país tiveram início de forma pioneira, no ano de 2.000, com a implantação de lavouras experimentais, projetos pilotos e certificação conforme as normas de produção da comunidade europeia e dos Estados Unidos, observando todas as etapas de controle e registros de campo, desde o plantio, colheita, comercialização, armazenagem, transporte e beneficiamento. Do total produzido de tabaco orgânico, 40% é proveniente do Rio Grande do Sul e 60% do Paraná e Santa Catarina (JAPAN TOBACCO INTERNATIONAL, 2018).

O período de conversão para orgânico das áreas cultivadas anteriormente de forma convencional, devem obedecer ao tempo de três anos anteriores a safra atual. Entende-se por conversão o período necessário para se estabelecer um sistema produtivo viável e sustentável, econômico, ecológico e socialmente correto. Esse período deve ser suficiente para a descontaminação do solo dos resíduos de agrotóxicos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 2011).

3.4 Etapas da produção de tabaco convencional e orgânico

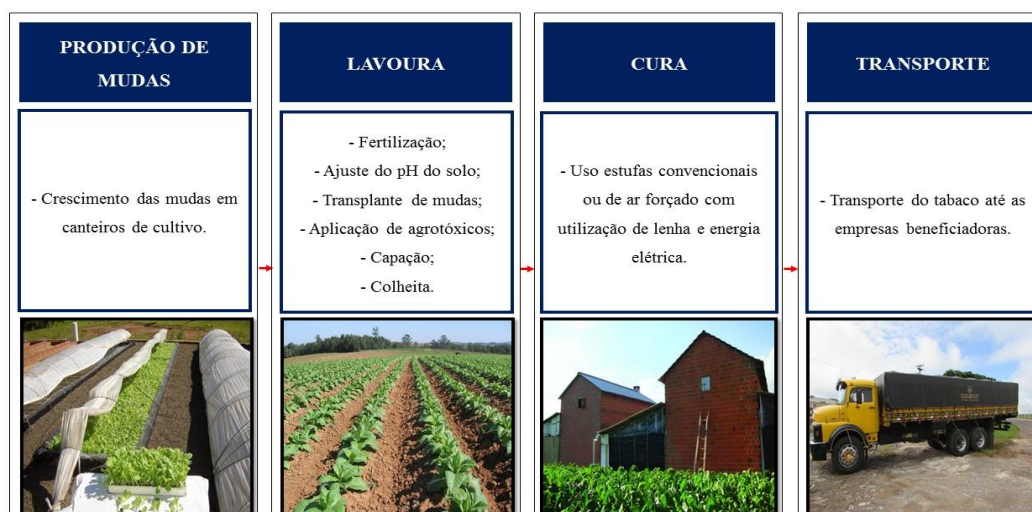
A produção de tabaco é realizada em diversas etapas, tanto o tabaco convencional como o orgânico tem as mesmas etapas de produção, diferenciando-se na forma de manejo em cada etapa e nas entradas de matérias primas.

A área de produção orgânica deverá obedecer a alguns critérios como, ter fronteiras, barreiras físicas ou zonas de divisa distintas e definidas para prevenir o contato com

substâncias proibidas nas terras vizinhas, onde não é realizado o manejo orgânico e na própria unidade, caso exista manejo convencional ou manejo de risco. O uso de equipamentos para aplicação de insumos (pulverizador, regador, ferramentas, etc) deverá ser exclusivo para o manejo orgânico, para que não haja risco de contaminação da produção orgânica (ABNT, 2011).

Conforme Lima (2006), o ciclo produtivo do tabaco acontece através de quatro principais etapas: produção das mudas, lavoura, cura, e transporte até as empresas beneficiadoras para comercialização. Na Figura 1 podem ser visualizados todas as etapas de produção de tabaco orgânico e convencional.

Figura 1 - Etapas da produção de tabaco convencional e orgânico.



Fonte: Elaboração própria.

3.4.1 Produção de mudas

A produção de mudas ocorre em canteiros que utilizam o sistema *float*, ou seja, bandejas de isopor que flutuam dispostas sobre uma lâmina de água. O processo de produção de mudas ocorre nos meses de inverno (maio a agosto). Na primeira fase, sementes de tabaco são semeadas diretamente sobre as células de bandejas de isopor, que estão preenchidas com substrato específico. As bandejas são dispostas em piscinas de 2 m por 25 m, recobertas com plástico de polipropileno, com lâmina de água de aproximadamente 10 cm. As piscinas são cobertas com arcos de aço e filme plástico, oferecendo condições adequadas para o rápido desenvolvimento das mudas e proteção contra intempéries climáticas (BOETTCHER, 2018).

Na segunda fase as mudas recebem fertilização e tratamentos sanitários com fungicidas e inseticidas. Neste ponto a produção de tabaco convencional se difere da produção de tabaco orgânico, onde o mesmo recebe apenas insumos de origem orgânica e recomendados pela empresa certificadora.

Numa terceira fase as mudas são podadas e acondicionadas para o transplante que ocorre entre 50 a 65 dias após a sementeira. A vida útil dos plásticos usados na piscina é de dois anos, os arcos metálicos e bandejas de isopor 8 anos e o substrato é substituído anualmente (BOETTCHER, 2018).

3.4.2 Lavoura

Uma das grandes diferenças entre a agricultura orgânica e a convencional é o manejo do solo. Na agricultura orgânica, o solo é considerado um organismo vivo e é a base de sustentação do sistema. Na convencional, em muitos casos, é apenas um suporte para as plantas, mas alguns agricultores convencionais utilizam princípios agroecológicos, como o uso de técnicas conservacionistas, tais como: adubação verde, uso de cobertura morta, plantio direto e cultivo mínimo, com isto conseguem aumentar sua taxa de produtividade (Darolt, 2002).

Para o cultivo do tabaco orgânico são indicados implementos que não perturbem a sua atividade microbiana, sendo recomendados o cultivo mínimo, escarificação ou plantio direto por evitarem uma movimentação intensiva do solo. A aração deve ser pouco profunda, de modo a não paralisar as funções vitais do solo. Com isso, o trabalho mecânico é completado pela fauna, em particular pelas minhocas, e também pelas raízes das plantas (Darolt, 2002).

Na produção tradicional de tabaco o preparo do solo geralmente é realizado de três maneiras: convencional, cultivo mínimo e plantio direto. O preparo do solo convencional consiste em arar e gradear o solo, com a posterior formação de camalhões. Uma a duas cultivações são realizadas entre 20-40 dias após o transplante, para controle de plantas daninhas. Estas tarefas são realizadas anualmente seguindo o ciclo de produção.

No preparo mínimo do solo as operações de aração, gradagem e camalhão são realizadas em uma única operação. Por sua vez, o plantio direto exige a manutenção permanente da cobertura vegetal sobre o solo. A aração e gradagem são realizadas apenas no primeiro ano, nos anos seguintes os camalhões permanecem sem necessidade de fazer a aração e gradagem (BOETTCHER, 2018).

3.4.3 Ajuste de pH do solo e transplante

A utilização de Cálculo dolomítico é feito de acordo com as recomendações das análises de solo, anteriormente ao transplante, tanto na produção de tabaco convencional como no orgânico (BOETTCHER, 2018).

Segundo (Collins e Hawks Jr, 2011), o pH ótimo para o tabaco situa-se entre 5.7 e 6.0. A calagem nos solos de tabaco apresenta vantagens potenciais, dentre as quais está a redução da acidez do solo, o favorecimento da absorção de P, a redução do alumínio trocável, que pode ser tóxico para as raízes e fornecer Ca e Mg.

O transplante ocorre manualmente, com o uso de plantadeira manual usada para esta tarefa entre os meses de julho e agosto, sendo realizado quando as mudas atingem o tamanho ideal para o transplante (BOETTCHER, 2018).

3.4.4 Fertilização

Na produção de tabaco convencional esta etapa utiliza fertilizante mineral a base de NPK e é aplicada em duas etapas. A primeira chamada adubação de base, que ocorre anteriormente ao transplante ou na mesma ocasião, que utiliza formulações de fertilizantes minerais com os três principais macro-elementos da nutrição vegetal que são Nitrogênio, Fósforo e Potássio. A segunda etapa é denominada adubação de cobertura, que ocorre posteriormente ao transplante. A adubação de cobertura utiliza fertilizantes a base de Nitrogênio e Potássio, dispensando o uso de Fósforo nesta etapa (BOETTCHER, 2018).

A fertilização do tabaco orgânico é baseada na matéria orgânica e nos fertilizantes minerais naturais pouco solúveis. É realizada com a utilização da cama de aviário, que possui propriedades químicas e físicas apropriadas para a cultura, é de origem orgânica e liberadas pelas empresas certificadoras.

Segundo (Costa *et al.*, 2009) a cama de aviário é um dos resíduos com grande disponibilidade, que por serem ricos em nutrientes e estarem disponíveis a um baixo custo, são viabilizados pelos produtores orgânicos na adubação das culturas agrícolas.

3.4.5 Uso de agrotóxicos

O uso de agrotóxicos ou defensivos agrícolas obedece a um programa de recomendações agronômicas aos produtores, como parte integrante de manejo integrado de pragas adotado pelas empresas. Para fins deste estudo, a Tabela 1 apresenta uma listagem dos defensivos agrícolas utilizados, a concentração por áreas cultivada, e a quantidade aplicada (BOETTCHER, 2018).

Tabela 1- Defensivos agrícolas utilizados nas fases de produção de mudas e lavoura

Local de aplicação	Categoria de agrotóxico	Ingrediente Ativo (I.A.)	Concentração (%) I.A.	Uso kg ha ⁻¹ I.A	Classe Toxicológica
Canteiro	Inseticida	Imidaclopride	51%	0,25	III
Canteiro	Fungicida	Propamocarbe	62,5%	0,18	III
Canteiro	Fungicida	Iprodiona	50%	0,03	II
Lavoura	Inseticida	Bifentrina	10%	0,02	III
Lavoura	Inseticida	Imidaclopride	70%	0,25	III
Lavoura	Herbicida	Sulfetrazone	50%	0,3	II
Lavoura	Herbicida	Clomazone	36%	1,01	III
Lavoura	Herbicida	Flumetralina	12,5%	0,44	I

Fonte: Elaboração própria.

Na produção de tabaco orgânico ao invés do uso de agrotóxicos, temos a utilização de produtos naturais, onde como inseticidas nos canteiros utiliza-se o óleo de Neem, e o Azact e como fungicida o sulfato de cobre. Na etapa de lavoura, utiliza-se como inseticidas o Dipel WG e o Azact e para a capação o Grapoil, todos os produtos utilizados são liberados pelas empresas certificados do tabaco orgânico.

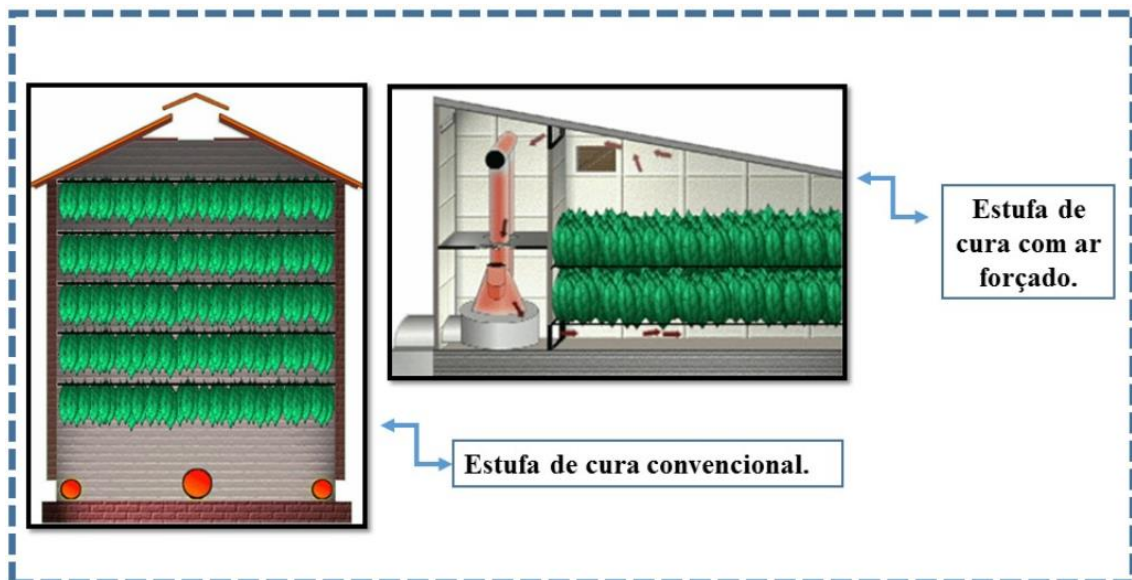
3.4.6 Cura

Nesta etapa todos os manuseios de tabaco são iguais para as duas formas de produção. As lavouras são colhidas manualmente em etapas (4 a 6 etapas), com a remoção das folhas maduras que ocorrem da base da planta para o alto.

Após colhido, o tabaco é transportado por trator ou carroça até as imediações das unidades de cura. A cura do tabaco é realizada em uma estufa convencional ou de ar forçado, que utilizam apenas biomassa (lenha) para o processo de cura. No caso da estufa de ar forçado há uso de energia elétrica pelos ventiladores usados para recircular o ar quente dentro dela. A etapa de cura ocorre em um período entre 5 a 7 dias por ciclo nas duas estufas (BOETTCHER, 2018).

Segundo (Neves, 2010) todo o processo, independente do modelo ou sistema operacional das estufas, é feito mediante controle interno programado da temperatura e umidade. Na figura 2 estão representadas as estufas de cura convencionais e de ar forçado respectivamente.

Figura 2 - Representação das estufas de cura convencional e de ar forçado



Fonte: Elaboração própria.

No Brasil, a lenha utilizada para a cura do tabaco é proveniente 100% da biomassa de reflorestamentos, predominantemente eucalipto. Os produtores rurais na sua maioria utilizam

biomassa de eucalipto oriunda de reflorestamento na própria propriedade. Conforme dados da Afubra, 12,1% da área média da propriedade é utilizada como mata de reflorestamento e que 59% dos produtores utilizam lenha própria. Os demais 41% das propriedades utilizam lenha de eucalipto adquirida de terceiros.

Após completada a cura, o tabaco é preparado para a comercialização com a separação das folhas por qualidade e posição da planta. Após a classificação, as folhas são enfardadas para transporte.

3.4.7 Transporte do Tabaco

O transporte do tabaco marca a saída do tabaco da residência do agricultor para a fase de compra e processamento nas empresas beneficiadoras. Geralmente este transporte é realizado por caminhoneiros que negociam os fretes diretamente com as empresas e buscam os fardos de tabaco na residência do agricultor. No RS, a média do percurso usado pelos caminhões é de 200km para o tabaco convencional e de 600 km para o tabaco orgânico, uma vez que este último vem do sul do estado do Rio Grande do Sul. Ambas as produções avaliadas têm como destino final a cidade de Santa Cruz do Sul-RS no Vale do Rio Pardo.

3.5 Impactos ambientais da produção agrícola

Independente da variedade considerada, o tabaco é uma cultura exigente em N e K, fazendo-se necessário a adubação equilibrada para repor estes elementos no solo com o objetivo de maximizar a produtividade e garantir a qualidade da produção a fim de atender as necessidades do mercado consumidor, o qual exige um produto de alta qualidade que ofereça teores químicos balanceados (Bvan, 2011; Yang *et al.*, 2015; Jesus, 2016). A limitação de N e K no solo reduz o potencial produtivo (kg ha^{-1}) e qualitativo do tabaco, reduzindo o nível de nicotina. Segundo (Jesus, 2016), a quantidade de nutrientes que deve ser aplicada ao solo, para fertilizar as plantas de tabaco, depende de vários fatores, dentre eles o tipo de solo, textura, teores de matéria orgânica e acidez, além das fontes utilizadas e da precipitação pluviométrica durante o desenvolvimento da cultura. A adição de N e K aumenta o número de folhas do tabaco, refletindo em um aumento de produtividade e qualidade. (Jesus, 2016) detalha o uso de uma adubação média de 150 kg de N há^{-1} em lavouras do sul do Brasil.

(Karaivazoglou *et al.*, 2007) descreveram que a cultura do tabaco na Grécia exige uma adubação equivalente a 50-90 kg de N ha⁻¹.

Geralmente, o uso de fertilizantes na agricultura está relacionado a perdas de nutrientes e a conseqüente contaminação de corpos hídricos superficiais e subterrâneos, tanto pelo arraste como pela lixiviação de nitratos (Rivera *et al.*, 2017). A quantificação destes impactos ambientais é dificultada pelo pouco conhecimento da dinâmica dos nutrientes no solo, a qual pode ser controlada por vários fatores físicos, químicos e biológicos e também é afetado por condições climáticas, sendo difícil de prever ou controlar (Bvan, 2011).

Da mesma maneira, fertilizantes nitrogenados são associados a emissões de gases do efeito estufa (Goglio *et al.*, 2018). Após sua aplicação emitem N₂O e NO_x, assim como N₂ devidos aos processos de nitrificação e desnitrificação devido a processos microbianos no solo em condições aeróbicas e anaeróbicas (Regina *et al.*, 2013), assim como pela volatilização da amônia. As emissões associadas aos fertilizantes nitrogenados fazem com que eles sejam a principal fonte de emissão de Gases do Efeito Estufa na agricultura (Hakala *et al.*, 2012). Grande parte das emissões de gases nitrogenados para a atmosfera está associada ao seu processo produtivo dos fertilizantes, que consomem grandes quantidades de gás natural ou carvão como fonte de hidrogênio para sintetizar o nitrogênio em amônia (Hakala *et al.*, 2012; Hussain *et al.*, 2017). A produção de adubação nitrogenada consome em torno de 1,3 a 1,8% de combustível fóssil no planeta (Lægreid *et al.*, 1999).

A cultura do tabaco exige a aplicação de vários tipos de agrotóxicos, entre pesticidas e herbicidas e anti-brotantes. De acordo com o Sinditabaco (2017) a cultura do tabaco precisa no máximo de 1,5 kg.ha⁻¹ de ingredientes ativo dos agrotóxicos, um valor 80% inferior ao necessário para a produção de soja, 97% menor que a quantidade usada pela batata e 99% menos do que é utilizado na produção de tomate no Brasil. Assim como no uso de fertilizantes, analisar os efeitos dos pesticidas apresenta muitas limitações. Quando os pesticidas são aplicados sobre as lavouras de tabaco, geralmente apenas uma pequena parte do aplicado atinge seus alvos (Van Zelm *et al.*, 2014). A dificuldade para a estimativa das emissões de pesticidas é quantificar a proporção emitida para as diferentes partes do ecossistema, uma vez que a única informação disponível é a quantidade de pesticida aplicado sobre a área (Rosenbaum-Elliott *et al.*, 2015). De acordo com (Margni *et al.*, 2002) 85% são emitidos para o solo, 5% para as plantas e 10% para o ar.

A cura do tabaco exige normalmente o consumo de grandes quantidades de lenha. Em muitos países em desenvolvimento, o uso de madeira nativa para a secagem do tabaco tem sido o principal motivo do desmatamento. Segundo (Geist, 2000), são necessários 9,1 m³ de

lenha, ou aproximadamente 3,4 toneladas de biomassa, para produzir uma tonelada de tabaco seco. No levantamento realizado por Oliveira (2016) perante 250 produtores de tabaco no RS o consumo médio foi de 8,0 metros cúbicos empilhados por tonelada de tabaco produzido. A demanda por este combustível seria responsável pelo desmatamento anual de 2 milhões de hectares, seja para obtenção de lenha ou para novas áreas de cultivo de tabaco (Hussain *et al.*, 2017). No Brasil, as rígidas leis federais e estaduais dos três estados produtores de tabaco não permitem o uso de lenha de florestas nativas para obtenção de lenha. Os produtores rurais utilizam biomassa de eucalipto, oriunda de reflorestamento na própria propriedade. Estudos realizados por Slogo (2016) indicam que 12,1% da área média das fazendas de tabaco no Brasil são utilizadas como área de reflorestamento e que 59% dos produtores utilizam lenha própria. Os demais 41% das propriedades utilizam biomassa de eucalipto adquirida de terceiros. (Pierobon *et al.*, 2015) afirmam que o uso de lenha de eucaliptos pode ser considerado neutro em emissões de carbono, uma vez que a quantidade de dióxido de carbono emitido durante a combustão é igual à quantidade de dióxido de carbono capturada durante o crescimento da mesma quantidade de biomassa no reflorestamento. Porém, a queima incompleta da biomassa em fornos inadequados é responsável pela emissão dos poderosos gases NO_x , e N_2O do efeito estufa, assim pode ter grandes impactos sobre o smog fotoquímico, toxicidade humana, eutrofização e depleção da camada de ozônio, entre outros; (Solli *et al.*, 2009) CALVO (Calvo *et al.*, 2014). Além disso, a queima de biomassa também é responsável pela emissão de material particulado (Ribeiro *et al.*, 2017), metano, formaldehide e PM_{10} (Vicente *et al.*, 2015). Outro fator impactante é o transporte da biomassa do seu lugar de produção até seu lugar de consumo (Karjalainen e Asikainen, 1996).

Do exposto anteriormente se constata que a produção do tabaco é um dos setores agrícolas com maior interação com a natureza uma vez que sua produção está pulverizada em meio a pequenas propriedades no Sul do Brasil. Este tipo de atividade agrícola tem fortes impactos sobre o meio ambiente, uma vez que as práticas utilizadas podem levar à degradação ambiental (Toffolatti *et al.*, 2015; Rivera *et al.*, 2017). A avaliação do ciclo de vida (ACV) é a técnica mais empregada para avaliar os impactos ambientais associados a um produto, serviço ou aos sistemas agrícolas (Notarnicola *et al.*, 2017).

3.6 Avaliação do Ciclo de vida

A ACV (Avaliação de Ciclo de Vida) é uma técnica para avaliar o desempenho ambiental de um determinado produto: incluindo a identificação e quantificação da energia e

das matérias-primas utilizadas no seu ciclo de fabricação, bem como as emissões para a água, solo e ar decorrentes da produção, utilização e disposição final, avaliando o impacto ambiental associado ao uso dos recursos naturais (energia e materiais) e emissões de poluentes e identificando oportunidades para melhorar o sistema de forma a otimizar o desempenho ambiental do produto (Queiroz e Garcia, 2010).

O propósito da realização de uma análise de ciclo de vida pode ser para a comparação de produtos, processos ou serviços alternativos, para a comparação de ciclos de vida alternativos para um determinado produto ou serviço, ou apenas para identificação de partes do ciclo de vida onde podem ser implantadas melhorias (Roy *et al.*, 2009).

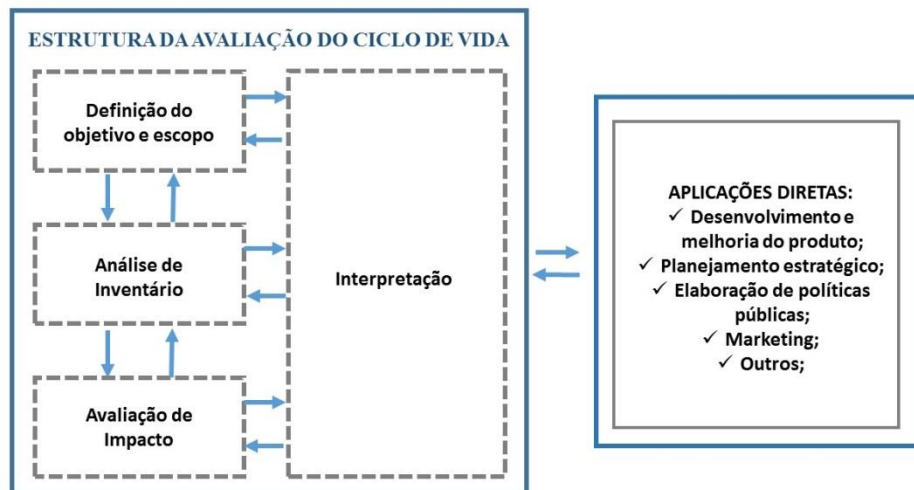
Segundo estudos de (Frazão Barbosa Júnior *et al.*, 2008) a ACV é essencialmente um instrumento científico qualitativo e quantitativo, que avalia todos os estágios do ciclo de vida e tipos de impactos ambientais direcionados ao produto, com o intuito de levantar e interpretar os aspectos e impactos potenciais envolvidos em todo o processo; aprimorar o processo produtivo e os produtos de uma empresa; comparar, de uma forma integrada, o desempenho ambiental de seus produtos; auxiliar na tomada de decisões da indústria, do governo e das ONGs, na definição de prioridades e no desenvolvimento de projetos e processos; fornecer informações referentes aos recursos utilizados no consumo de energia e nas emissões de poluentes; subsidiar as estratégias de marketing (comparação de produtos, rotulagem e declarações ambientais), gerando uma diferenciação na competitividade dos produtos no mercado cada vez mais exigente. Além disso, a implementação bem-sucedida da metodologia de ACV encoraja as indústrias a considerarem as questões ambientais associadas à produção. Na verdade, trata-se de uma tentativa de integrar qualidade tecnológica do produto e ambiental como valor agregado para o consumidor.

A ACV surgiu da necessidade de se estabelecer uma metodologia que facilitasse a análise e os impactos ambientais entre as atividades de uma empresa, incluindo seus produtos e processos. A partir dessa metodologia, pode-se verificar que a prevenção à poluição se torna mais racional, econômica e efetiva do que uma ação na direção dos efeitos gerados. Um dos objetivos da ACV é estabelecer uma sistemática confiável e que possa ser reproduzida a fim de possibilitar a decisão entre várias atividades, aquela que terá menor impacto ambiental (Hinz *et al.*, 2008).

Segundo a Norma ISO 14040, o estudo da ACV está dividido em quatro etapas: a) definição do objetivo e escopo; b) análise do inventário; c) avaliação de impacto; e d) interpretação dos dados e resultados, na Figura 03 podemos visualizar as etapas da ACV.

Figura 3 - Estrutura para realizar uma Avaliação de Ciclo de Vida.

Fonte: ISO 14040



Fonte: Elaboração própria.

Roy et al. (2009) descreveram cada etapa da estrutura de avaliação de ciclo de vida:

- **Definição dos objetivos e escopo:** é uma das fases mais importantes visto que o estudo é realizado de acordo com o estabelecido nesta etapa, que define o propósito do estudo, o resultado esperado, os limites do sistema, unidade funcional (UF) e as suposições. O objetivo da unidade funcional é fornecer uma unidade de referência para a qual os dados de inventário são normalizados, a definição desta unidade vai depender do impacto ambiental e dos objetivos do estudo. A unidade funcional é frequentemente com base na massa do produto em estudo.

- **Análise de inventário:** é a fase mais trabalhosa e demorada, sobretudo pela coleta de dados dependendo do caso pode consumir pouco tempo em caso de existirem boas bases de dados e se clientes e fornecedores estiverem dispostos a ajudar; informações de bases de dados podem ser utilizadas para processos que não são de produtos específicos, tais como dados gerais sobre a produção de eletricidade, carvão e embalagem. Os dados devem incluir todas as entradas e saídas dos processos. Insumos são energia, água, matérias-primas, etc. As

saídas são os produtos e co-produtos, e emissões ao ar, à água e ao solo e geração de resíduos sólidos.

- **Avaliação de impacto:** a Avaliação dos Impactos de Ciclo de Vida (AICV) visa compreender e avaliar os impactos ambientais com base na análise de inventário no âmbito da meta e no escopo do estudo, fase em que os resultados do inventário são atribuídos a diferentes categorias de impacto, com base nos tipos de impactos esperados ao meio ambiente; a Avaliação dos Impactos na ACV geralmente consiste dos seguintes elementos: classificação, caracterização, normatização e avaliação. Classificação é o processo de atribuição e agregação inicial de dados de ICV em grupos de impactos comuns. Caracterização é a avaliação da magnitude dos impactos potenciais de cada fluxo do inventário em seu impacto ambiental correspondente. Normalização expressa potenciais impactos de maneiras que podem ser comparados. Avaliação verifica a importância dos encargos ambientais identificados na classificação, caracterização e os estágios de normalização, atribuindo-os ponderação que lhes permite ser comparada ou agregada.

- **Interpretação dos resultados:** o propósito de uma ACV é se obter conclusões que possam apoiar uma decisão ou fornecer um resultado facilmente compreensível. O inventário e os resultados da avaliação de impacto são discutidos juntos, no caso de uma AICV, ou unicamente do inventário, no caso da análise ICV (Inventário de Ciclo de Vida) e significativas questões ambientais são identificadas para conclusão e recomendações compatíveis com os objetivos e escopo do estudo. Esta avaliação pode incluir medidas quantitativas e qualitativas de melhoria, como mudanças no produto, processo e atividade, uso de matérias-primas, processamento industrial, uso pelo consumidor e gestão de resíduos.

Conforme (Hinz *et al.*, 2008), a busca constante pelo desenvolvimento sustentável é um dos maiores desafios para sobrevivência da humanidade. Em decorrência disso, considerando no âmbito internacional, surgiu a necessidade de estabelecer alguns padrões normativos para regulamentar os aspectos de controle ambiental. A norma NBR ISO 14040 (2006) padronizou e estabeleceu internacionalmente a definição para Avaliação do Ciclo de Vida, como sendo: a compilação e avaliação das entradas, das saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo de seu ciclo de vida, desde a aquisição da matéria-prima ou geração de recursos naturais à disposição final. Além desta temos a ISO 14.044/2006 (Environmental management- Life Cycle Assessment (LCA) - Requirements and Guidelines) e as normas publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que tratam sobre ACV, sendo elas a ABNT NBR ISO 14040:2009 (Gestão Ambiental- Avaliação de

ciclo de vida- Princípios e Estrutura) e ABNT NBR ISO 14044:2009 (Gestão Ambiental- Avaliação do ciclo de vida- Requisitos e Orientações).

3.7 Avaliação do ciclo de vida aplicada à processos agrícolas

Segundo (Nemecek *et al.*, 2007), o método de avaliação do ciclo de vida foi desenvolvido primeiramente para avaliar os impactos nos processos industriais. Em termos de impacto no meio ambiente, a agricultura e os processos industriais diferem alguns aspectos importantes:

- A agricultura é muito intensiva em termos de uso da terra.
- A produção agrícola depende fortemente de recursos naturais.
- A produção agrícola depende do solo, da disponibilidade de água, do clima e da presença ou ausência de ervas daninhas, pragas de insetos e patógenos. Por estas razões, os rendimentos podem variar muito.
- Há uma forte sazonalidade da produção agrícola na maioria das regiões, que depende da temperatura e disponibilidade de água.

Várias adaptações foram necessárias para aplicar o método de análise de ciclo de vida aos sistemas agrícolas. Estas questões que dizem respeito aos aspectos dos limites do sistema, alocação e impactos ambientais, foram abordados por (Audsley *et al.*, 1997) e outros.

A avaliação da sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola requer indicadores apropriados, que respondam pelos efeitos naturais, como uso da terra, lixiviação de nitrato ou volatilização de amônia, diferentemente de outros setores onde as variáveis são quase exclusivamente de origem antrópica (Gómez-Limón e Sanchez-Fernandez, 2010). Na última década, para melhor abordar sua sustentabilidade ambiental, vários estudos de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) sobre agricultura foram realizados (Kulak *et al.*, 2013).

Uma Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) comparativa entre o cultivo orgânico e convencional da cevada foi realizada usando, como unidades funcionais, 1 ha de terra envolvida no cultivo de cevada e 1 kg de grãos de matéria seca de cevada produzida para verificar a eficiência. O tema foi abordado devido à falta de comparações abrangentes entre manejo orgânico e convencional de sistemas de produção de cevada, que envolvem pressupostos metodológicos específicos (ou seja, diferentes unidades funcionais, procedimento de alocação econômica entre produto e coproduto). Resultados de estudos comparativos de ACV mostram que o cultivo de cevada orgânica é a solução ambientalmente mais sustentável, mas não eficiente na produção e vice-versa o cultivo convencional de

cevada é a solução mais eficiente na produção, mas não ambientalmente sustentável. Utilizando 1 ha como unidade funcional, o cultivo de cevada orgânica produz impactos ambientais para 2,33 pt contra 2,55 pt do cultivo convencional de cevada. Vice-versa usando 1kg como unidade funcional, a cevada orgânica representa 3.103E-04 pt vs. 2.396E-04 pt da cevada convencional. A eficiência na produção e a sustentabilidade ambiental também podem depender de elementos qualitativos como a qualidade da cultura e adaptabilidade a condições pedoclimáticas específicas (Tricase *et al.*, 2017).

(Foteinis e Chatzisyneon, 2016) realizaram um estudo para verificar a sustentabilidade ambiental de um sistema orgânico e convencional de cultivo de alface, situado no norte da Grécia. Dados de todas as etapas do cultivo foram coletados e sua sustentabilidade foi avaliada por meio da metodologia de avaliação do ciclo de vida (ACV). Foram utilizadas duas unidades funcionais diferentes, por hectare de cultivo e por tonelada de alface produzida, e os impactos ambientais, no nível intermediário e final, e as emissões de CO₂ foram estimados por meio do software SimaPro 8 LCA. Verificou-se que a pegada ambiental e as emissões de CO₂ foram menores em 11% e 15%, respectivamente, para o orgânico do que para o cultivo convencional de alface, quando a sustentabilidade foi avaliada por área (ha) de cultivo. Ao contrário, o cultivo convencional de alface mostrou um melhor desempenho ambiental do que orgânico sendo 51% e 53% em termos de emissões de CO₂ e impactos ambientais totais, respectivamente, quando a quantidade de alface produzida é utilizada como unidade funcional de cálculo. Isto é atribuído ao fato de que o sistema orgânico, devido a sua menor produtividade, requer uma área de cultivo significativamente maior para alcançar a mesma produção agrícola convencional.

(Hussain *et al.*, 2017) aplicaram a ACV para verificar emissões de poluentes perigosos e impactos ambientais de fertilizantes sintéticos aplicados por produtores de tabaco no Paquistão. Os resultados avaliados em relação à 1 kg de produção de tabaco verde e a contribuição relativa por aplicação de fertilizantes sintéticos às categorias de impacto ambiental expressaram que a produção e a aplicação de NPK, nitrato de amônio e ureia apresentaram as mais altas contribuições para todas as categorias de impacto investigadas, destacando-se a depleção abiótica, potencial de acidificação, eutrofização e potencial de aquecimento global.

Outro estudo realizado com enfoque na agricultura foi a Avaliação do ciclo de vida dos GEE da produção de arroz orgânico no norte da Tailândia, pois a emissão de gases de efeito estufa (GEE) é uma das graves questões ambientais internacionais que podem levar a danos severos, como mudanças climáticas, aumento do nível do mar, doenças emergentes e muitos

outros impactos. O cultivo de arroz está associado às emissões de gases de efeito estufa, como metano e óxido nitroso. O arroz tailandês tem sido massivamente exportado para todo o mundo, mas os mercados estão se tornando mais competitivos do que nunca desde que o mercado verde foi altamente promovido. A fim de manter o mesmo nível ou aumentar a competitividade, o arroz tailandês precisa ser considerado um produto ambientalmente consciente, para atender aos padrões ambientais internacionais. Nesta pesquisa, a variedade de arroz considerada foi Khao Dawk Mali 105 cultivada por práticas orgânicas. As fontes de dados foram a Cooperativa Agrícola Orgânica Don-Chiang, o distrito de Mae-teang, a província de Chiang Mai, Tailândia e o Escritório de Economia Agrícola da Tailândia com registros no local e entrevistas com agricultores em 2013. As emissões de GEE foram calculadas do berço à fazenda usando a abordagem Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e a Diretriz do IPCC de 2006 para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa. A unidade funcional é definida como 1 kg de arroz em casca no portão da fazenda. Os resultados mostraram que as emissões totais de GEE da produção de arroz orgânico foram de 0,58 kg CO₂-eq por kg de arroz em casca. A principal fonte de emissão de GEE foi de 0,48 kg CO₂-eq por kg de arroz em casca, cerca de 83% do total, seguido pelo preparo da terra, colheita e outras etapas (plantio, cultivo e transporte de matérias-primas). 9, 5 e 3% do total, respectivamente. Os resultados comparativos mostraram claramente que as emissões de gases com efeito de estufa do arroz com casca orgânico eram consideravelmente inferiores às da produção convencional de arroz, devido às vantagens da utilização de fertilizantes orgânicos (Yodkhum *et al.*, 2017).

(Bosona e Gebresenbet, 2018) realizaram uma análise do ciclo de vida da produção e fornecimento de tomate orgânico na Suécia. Utilizando o método de análise de ciclo de vida com o software SimaPro8.2, a demanda acumulada de energia e o potencial de aquecimento global foram investigados dentro do limite do sistema do portal do berço ao consumidor. O sistema foi modelado como cadeia de valor de tomate fresco (FTVC) e cadeia de valor de tomate seco (DTVC). A unidade funcional era 1 tonelada de produto fresco na fazenda que será entregue ao cliente como tomate fresco ou seco. A análise de sensibilidade foi realizada considerando mudanças no consumo de energia de secagem. Os resultados indicaram que valores calculados de demanda acumulada de energia foram 44,58 GJ e 49,40 GJ por unidade funcional para FTVC e DTVC, respectivamente. Da mesma forma, os valores de GWP100 foram 547,13 kg CO₂ eq e 467,44 kg CO₂ eq para FTVC e DTVC, respectivamente. A produção agrícola foi identificada como estágio de maior ponto crítico em ambos os casos. Próximo ao estágio agrícola, os estágios de pós-colheita e transporte foram os pontos mais

críticos para demanda de energia e impactos climáticos. A energia para aquecimento e irrigação de estufas, contribuiu para o alto impacto do estágio de cultivo do tomate. As atividades de embalagem e secagem na fase pós-colheita e o consumo de combustível na etapa de transporte contribuíram mais para o impacto ambiental. O processo de secagem aumentou a demanda de energia enquanto reduziu o impacto da mudança climática. O processo de secagem também pode reduzir as perdas e aumentar a vida útil do produto. Isto poderia melhorar a sustentabilidade das cadeias de valor de tomate orgânico produzidas localmente, especialmente se integrada com fontes de energia renováveis.

(Cancino-Espinoza *et al.*, 2018) estudaram sobre a quinoa orgânica, planta que é cultivada nas terras altas dos Andes do Peru e da Bolívia. É cada vez mais popular devido ao seu alto valor nutritivo e teor de proteína. O objetivo principal deste estudo foi analisar os impactos ambientais que estão ligados à produção e distribuição de quinoa orgânica para a exportação, através da utilização da metodologia de avaliação do ciclo de vida (ACV). Uma perspectiva atribucional de ACV foi conduzida incluindo dados de aproximadamente 55 ha de terra usada para produção de quinoa nas regiões de Huancavelica e Ayacucho, no centro-sul do Peru. IPCC, 2013 e ReCiPe 2008 foram os dois métodos de avaliação selecionados para estimar os resultados de impacto ambiental usando o software SimaPro 8.3. Os resultados foram calculados para um pacote de 500 g de quinoa orgânica, estes mostraram que as emissões de GEE estão superiores a outros produtos agrícolas biológicos. No entanto, quando comparado com outro alto teor de proteína nos alimentos, especialmente os de origem animal, obtêm-se impactos ambientais relativamente baixos. Por exemplo, se 20% do consumo anual médio de carne bovina no Peru for substituído por quinoa orgânica, cada peruano mitigaria 31 kg CO₂eq /ano em sua dieta. Contudo, pesquisas futuras devem aprofundar as implicações ambientais e de política alimentar da expansão da terra agrícola para produzir uma quantidade crescente de quinoa para uma crescente demanda global.

Outro estudo foi realizado por (Zhu *et al.*, 2018) onde a avaliação do ciclo de vida (ACV) foi utilizada para caracterizar o desempenho ambiental e potenciais oportunidades de melhoria relacionadas aos sistemas convencionais e orgânicos de produção de maçã em duas áreas de produção de maçã (província de Shandong e província de Shaanxi) na China, onde nove categorias de impacto foram avaliadas no estudo. Os resultados mostraram que, apesar da menor produtividade, o sistema de cultivo da maçã orgânica quando comparado ao sistema convencional poderia ajudar a reduzir os impactos ambientais das categorias de impacto examinadas. Independentemente do sistema convencional ou orgânico de produção de maçã, os impactos ambientais na província de Shandong foram menores do que na província de

Shaanxi. Uma parte relevante do esgotamento primário de energias não renováveis e do aquecimento global estava ligada ao estágio de insumos agrícolas, enquanto isso, uma parcela significativa no potencial de acidificação, potencial de eutrofização, potencial de toxicidade humana, potencial de eco-toxicidade aquática e eco-toxicidade do solo potencial foram causados pelo estágio de manejo do pomar. Além disso, uma análise detalhada da etapa agrícola mostrou que a produção e as emissões de fertilizantes e insumos para o manejo de pragas e doenças foram os principais contribuintes para os impactos sobre o sistema convencional de produção de maçã, enquanto uma parte importante dos impactos no sistema orgânico foi a produção e utilização de adubo orgânico na produção de maçã orgânica sistemas. Além disso, o consumo de gasolina devido ao transporte de longa distância de frutas contribuiu para as categorias de esgotamento de água e ocupação do solo no sistema de produção orgânica.

A pesquisa realizada por Boettcher (2018) teve como objetivo avaliar a pegada de carbono e os impactos ambientais associados com produção agrícola do tabaco (*Nicotiana tabacum*) tipos Virginia e Burley e seu respectivo beneficiamento industrial nas condições do Sul do Brasil, usando a ferramenta de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). O escopo da avaliação considerou os sistemas comumente utilizados, os quais incluem a extração de matérias primas (exemplo: água, minerais), as operações nas lavouras (exemplo: aração, adubação, colheita, secagem), transporte de matéria prima e insumos (exemplo: fertilizantes, transferências filial-matriz), assistência técnica, beneficiamento industrial, gerenciamento de resíduos e efluentes. Para analisar os dados relativos à produção agrícola foram usadas as informações coletadas de 14.409 produtores rurais do RS, SC e PR. Para a análise do setor industrial foram usadas informações de uma planta industrial de beneficiamento de tabaco instalada no Vale do Rio Pardo-RS. A unidade de referência utilizada foi de uma tonelada de tabaco beneficiado embalado. Para realizar o estudo foi utilizado o software Umberto NXT LCA 7.13 PhD. O banco de dados utilizado pelo software é o Ecoinvent 3.2. A determinação da pegada de carbono e de quatro outros indicadores de impacto ambiental entre eles acidificação terrestre, toxicidade humana, eutrofização aquática e depleção da água. Todos os impactos foram avaliados pelo método ReCiPe midpoint, com exceção da pegada de carbono, que utilizou o método IPCC 2013. Os resultados revelaram que a fase de produção agrícola causa maiores impactos ambientais em comparação com a fase industrial. Destacam-se a utilização de fertilizantes minerais e de biomassa florestal como sendo as áreas ambientalmente potencialmente mais impactantes ao longo do estudo realizado. Hot-spots ambientais foram determinados e quantificados para que possam dar maior assertividade na

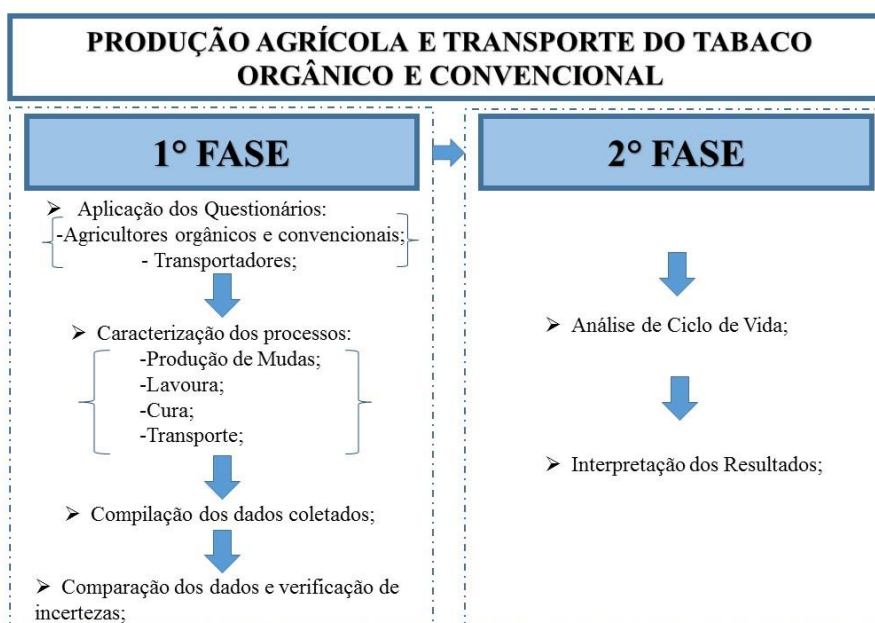
identificação de áreas mais impactantes e no planejamento estratégico dos gestores da organização. Medidas mitigadoras dos impactos ambientais foram propostas e apontadas oportunidades de melhorias na performance ambiental.

Oliveira (2016) realizou uma análise do ciclo de vida da produção do tabaco convencional na região do vale do Rio Pardo, com o objetivo de avaliar os impactos ambientais associados às etapas de produção de mudas, preparo do solo, tratamentos culturais e transporte. Onde primeiramente as etapas foram caracterizadas através da aplicação de questionários e posteriormente foi realizada uma média aritmética dos valores encontrados, para alocação dos dados no *software* UMBERTO NXT LCA. O método de avaliação foi o ReCiPe 2008, a unidade de referência foi a massa de tabaco e o fluxo de referência do estudo foi a produção de 2,5 toneladas de tabaco seco por hectare. Foram analisadas sete categorias de impacto ambiental, onde através dos cálculos realizados foi possível identificar as etapas mais agressivas aos impactos avaliados, como as etapas de preparo do solo e secagem. Os principais contribuintes destas etapas citadas foram elencados como sendo o uso de fertilizantes, agroquímicos, combustíveis fósseis e energia elétrica nestas etapas. Foi possível observar também que na etapa de transporte do tabaco os valores absolutos calculados apresentaram-se inferiores aos encontrados nas outras etapas para todas as categorias de impacto avaliadas.

4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a realização do presente trabalho foi dividida em duas fases, como podemos visualizar na Figura 4. Na primeira fase ocorreu a caracterização de cada etapa do processo agrícola da produção do tabaco, partindo dos canteiros de produção de mudas até o transporte para comercialização nas empresas fumageiras.

Figura 4 - Fluxograma das fases realizadas no estudo



Fonte: Elaboração própria.

A fase seguinte, consta da compilação dos dados coletados na primeira etapa e a sua utilização no software para a análise dos impactos ambientais da produção agrícola do tabaco convencional e orgânico por meio da ferramenta do ACV, para a realização do inventário de emissões para o ambiente e o cálculo dos impactos ambientais associados a cada etapa dos sistemas produtivos, utilizando o método ReCiPe 2016 Midpoint (H).

4.1 Aplicação dos questionários

A coleta de dados e informações necessárias para este estudo foi realizada pela aplicação direta de dois questionários, um primeiro direcionado aos agricultores orgânicos e segundo aos convencionais, no qual responderam questões relacionadas a entrada de insumos

para a caracterização dos processos, dividida em 3 etapas: produção de mudas, lavoura e cura. Um outro questionário foi direcionado aos transportadores do tabaco, para caracterização desta última etapa avaliada.

Este banco de dados foi comparado ao fornecido por uma empresa beneficiadora da região, o qual conta com um número de 12.000 produtores pesquisados. Os resultados desta comparação foram satisfatórios uma vez que não houve diferença nos resultados, comprovando a integridade e confiabilidade dos dados coletados. O espaço de tempo na coleta de dados deste estudo atinge todo o ciclo das safras 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018.

4.2 Avaliação do ciclo de vida

A avaliação do ciclo de vida foi realizada seguindo a metodologia padronizada pelas normas ABNT NBR 14.040 e 14.044, ambas de 2009 (ABNT, 2009). O software de simulação foi o SimaPro Release 8.5.0.0, Ph.D Version. O método para seleção das categorias de impacto utilizados foi ReCiPe 2016, que permite a análise de impacto para o nível médio (midpoint), usando a versão (H) hierárquica (hierarchist), para incluir as perspectivas de impacto de longo prazo. O modelo hierárquico foi utilizado por ser o modelo de consenso, normalmente encontrado em modelos científicos e considerado como modelo padrão (Weidema *et al.*, 2013).

O objetivo do método ReCiPe é a transformação da longa lista de resultados do inventário do ciclo de vida (ICV) em um limitado número de indicadores ambientais. Os indicadores ambientais expressam a relativa severidade de uma determinada categoria de impacto. O ReCiPe *midpoint* utiliza um total de 18 indicadores, porém este estudo considerou no total oito categorias de impacto com o método ReCiPe *midpoint*, sendo eles o potencial de aquecimento global, acidificação terrestre, toxicidade humana, eutrofização da água doce, uso da terra, escassez de recursos hídricos, ecotoxicidade terrestre e ecotoxicidade da água doce. As categorias de impactos estão detalhadas na Tabela 02.

Tabela 2 - Categorias de impactos e método de avaliação utilizados

CATEGORIA DE IMPACTO	ABREVIATURA	UNIDADE	MÉTODO
Aquecimento Global	PAG	kg CO ₂ -Eq	ReCipe midpoint
Acidificação Terrestre	PA	kg SO ₂ -Eq	ReCipe midpoint
Ecotoxicidade terrestre	EcoT	kg 1,4 DCB-Eq	ReCipe midpoint
Toxicidade humana	TH-C	kg 1,4 DCB-Eq	ReCipe midpoint
Eutrofização da água doce	PE	kg P-Eq	ReCipe midpoint
Uso da terra	Landuse	m ² a crop-Eq	ReCipe midpoint
Escassez de recursos fósseis	FRS	kg oil-Eq	ReCipe midpoint

Fonte: Elaboração própria.

O programa computacional utilizado utiliza o banco de dados Ecoinvent[®] 3.5, que não contempla informações relativas à produção de tabaco. Portanto, todas as etapas tiveram de ser incluídas individualmente para o cálculo dos impactos ambientais. Além, disso, o banco de dados praticamente não oferece opções de informações relativas às condições brasileiras.

4.3 Definição do escopo

A primeira fase do estudo corresponde à definição do escopo. Neste estudo o escopo foi considerado desde a produção de mudas de tabaco, até seu transporte a empresa, levando em consideração as etapas intermediárias de lavoura e cura (*cradle-to-gate*).

A unidade funcional tem por objetivo oferecer um valor de referência em relação à qual os dados de entrada e saída são normalizados. Neste trabalho a unidade funcional utilizada, corresponde a uma tonelada de tabaco seco, transportado para comercialização até a planta beneficiadora.

O cultivo do tabaco orgânico e convencional é realizado por diferentes métodos, sendo as etapas de produção iguais. A aplicação dos questionários permitiu identificar os cenários diferentes a analisar, sendo possível fazer um comparativo da carga ambiental associada à produção do tabaco orgânico e convencional.

Na Figura 5, pode-se visualizar o inventário das entradas tanto do tabaco convencional como do tabaco orgânico e na Tabela 3 está apresentado os dados das quantidades levantadas

no inventário e utilizadas no software para a produção de uma tonelada de tabaco seco orgânico e convencional.

Figura 5 - Inventário de entradas para o software das etapas de produção do tabaco orgânico e convencional

ENTRADAS DO INVENTÁRIO EM CADA ETAPA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE TABACO CONVENCIONAL			
PRODUÇÃO DE MUDAS	LAVOURA	CURA	TRANSPORTE
-Sementes; -Água; -Fertilizantes Sintéticos; -Agrotóxicos; -Combustível; -Insumos Canteiros;	-Corretor de solo; -Fertilizantes Sintéticos; -Agrotóxicos; -Combustível;	-Biomassa; -Eletricidade;	-Combustível; -Quilometragem percorrida pelo caminhão;
ENTRADAS DO INVENTÁRIO EM CADA ETAPA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE TABACO ORGÂNICO			
PRODUÇÃO DE MUDAS	LAVOURA	CURA	TRANSPORTE
-Sementes; -Água; -Fertilizantes Orgânicos; -Inseticidas e Fungicidas de origem natural; -Combustível; -Insumos Canteiros;	-Corretor de solo; -Fertilizantes Orgânicos; -Inseticidas de origem natural; -Combustível;	-Biomassa; -Eletricidade;	-Combustível; -Quilometragem percorrida pelo caminhão;

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 3 - Dados das quantidades de entradas do inventário para produção de 1ton de tabaco seco orgânico e convencional

ENTRADAS	1ton CONVENCIONAL		1ton ORGÂNICO		(continua)
	QUANTIDADE	UNIDADE	QUANTIDADE	UNIDADE	
SEMENTES	0,03	Kg	0,03	kg	
BANDEJA ISOPOR	8,82	Kg	8,82	kg	
SUBSTRATO	67,82	Kg	94,19	kg	
ÁGUA (POÇO)	1,51	m ³	1,89	m ³	
ARCOS METÁLICOS	39,6	Kg	39,6	kg	
INSETICIDA					
AGROQUÍMICO	0,19	Kg	0	-	
HERBICIDA					
AGROQUÍMICO	1,76	L	0	-	
FUNGICIDA					

AGROQUÍMICO	0,39	Kg	0	-
ENERGIA ELÉTRICA	393,60	KWh	479,54	KWh
CALCÁRIO	622,17	Kg	2120,7	kg
LENHA	2,7	Ton	2,7	t
DIESEL	35	L	60	l
FERTILIZANTE				
ORGÂNICO	0	-	5555	kg
FERTILIZANTE				
HIDROSSOLUVEL 18-8-18	1,02	Kg	0	-
FERTILIZANTE BASE NPK 10-16-08	323	Kg	0	-
FERTILIZANTE COBERTURA NPK 15-05-15	93,28	Kg	0	-
FERTILIZANTE YARA LIVA 19 Ca NPK 14-00-15	32,03	Kg	0	-
FERTILIZANTE SALITRE DO CHILE NPK 15-00-14	141	Kg	0	-
ANTI BROTANTE CONVENCIONAL	1,27	L	0	-
ANTI BRONTANTE ORGÂNICO	0	-	25,59	kg
INSETICIDA ORGÂNICO	0	-	2,41	l
FUNGICIDA ORGÂNICO	0	-	0,06	l

Fonte: Elaboração própria.

Para realizar a análise de impacto na etapa de produção das mudas foi considerado o uso de fertilizantes sintéticos para o tabaco convencional e fertilizantes orgânicos para o tabaco orgânico, o uso de substrato, agrotóxicos para o tabaco convencional e inseticidas e fungicidas de origem natural para a produção orgânica, assim como as sementes utilizadas. Em relação ao fluxo de materiais foi levado em conta o plástico, isopor e o aço como principais materiais de construção das piscinas.

O consumo de energia para o bombeamento da água até a piscina também foi levado em consideração neste trabalho.

Na etapa de lavoura, os pontos considerados como entrada para a análise no software foram os agrotóxicos no caso do convencional e inseticidas de origem natural para o tabaco orgânico, os fertilizantes sintéticos (convencional) e adubos orgânicos (orgânico) adicionados ao solo, as mudas do tabaco, a calagem realizada no solo e o consumo de combustível para o preparo da terra.

Já na fase de secagem as entradas do inventário foram iguais para as duas formas de produção, considerando a utilização de lenha e a energia elétrica gasta. No transporte foram quantificados a quilometragem percorrida e o consumo de combustível utilizado no transporte até as empresas beneficiadoras na cidade de Santa Cruz do Sul.

4.4 Considerações do estudo

As emissões da folha do tabaco durante o processo de secagem/cura não foram consideradas neste trabalho devido à falta de dados disponíveis na literatura e nos bancos de dados disponíveis.

Emissões de gases de efeito estufa no nível do campo, associadas a fertilizantes aplicado nos dois sistemas de produção de tabaco dependem, principalmente, do tipo de adubo orgânico e fertilizantes sintéticos. Neste estudo, as emissões de gases, decorrentes do uso do estrume orgânico (cama de aviário), levaram em conta os cálculos realizados pelo modelo utilizado. Mesma consideração foi realizada em relação às emissões derivadas dos fertilizantes sintéticos e agrotóxicos. A classificação de agrotóxicos foi realizada a partir dos seus respectivos princípios ativos disponíveis no banco de dados do software

Neste estudo a caracterização da lenha usada foi feita seguindo os estudos de Foelkel, (2016), onde o teor médio de umidade da lenha é de 20%, a densidade média de 375 kg/m³ e poder calorífico de 3.400 Kcal kg⁻¹. Para a simulação da cura foi considerado um consumo de 7,2 m³, ou 2,7 ton. de lenha para uma tonelada de tabaco seco, o qual equivale a 39.131 MJ de energia.

A cultura do tabaco ocupa a terra por apenas metade do ano agrícola, fornecendo as terras cultivadas livres para outras culturas no semestre restante. Assim, estas podem se beneficiar de fertilizantes aplicados à cultura do tabaco; no entanto, para este estudo, assumimos que todos os impactos ambientais da aplicação de fertilizantes estão associados à produção de tabaco.

4.5 Análise da qualidade dos dados

A abordagem de ACV é dividida em 4 etapas, definição do objetivo e escopo, análise do inventário, avaliação de impacto e interpretação. Dentro da fase de avaliação do impacto do ciclo de vida, são encontrados elementos obrigatórios e opcionais. Um dos elementos opcionais é a análise de qualidade dos dados a qual proporciona um melhor entendimento em relação à confiabilidade sobre os resultados dos indicadores obtidos no estudo (ABNT, 2009a).

Para verificar o nível de variância dos dados avaliados foi utilizada a análise de Monte Carlo. Esta análise é uma maneira numérica de processar dados de incerteza e estabelecer um intervalo da mesma nos resultados calculados.

Conforme (Saraiva Júnior *et al.*, 2011) a simulação de Monte Carlo consiste em um método que utiliza a geração de números aleatórios para atribuir valores às variáveis do sistema que se deseja investigar. Os números são obtidos de artifícios aleatórios ou diretamente de softwares, através de funções específicas. A cada iteração, o resultado é armazenado e, ao final de todas as repetições, a sequência de resultados gerados é transformada em uma distribuição de frequência que possibilita calcular estatísticas descritivas, como média (valor esperado), valor mínimo, valor máximo e desvio-padrão, cabendo ainda ao executor das simulações a prerrogativa de projetar cenários futuros de operação do sistema em análise.

Na abordagem de Monte Carlo, o computador usa uma variável aleatória para cada valor dentro do intervalo de incerteza especificado e recalcula os resultados. O resultado é armazenado. Em seguida, o cálculo é repetido tomando amostras diferentes dentro do intervalo de incerteza, e também esse resultado é armazenado. Depois de repetir o procedimento, por exemplo, 1000 vezes, obtemos 1000 respostas diferentes. Essas respostas formam uma distribuição de incerteza. Quanto menor o erro padrão da média, mais confiáveis serão os resultados (Goedkoop *et al.*, 2016).

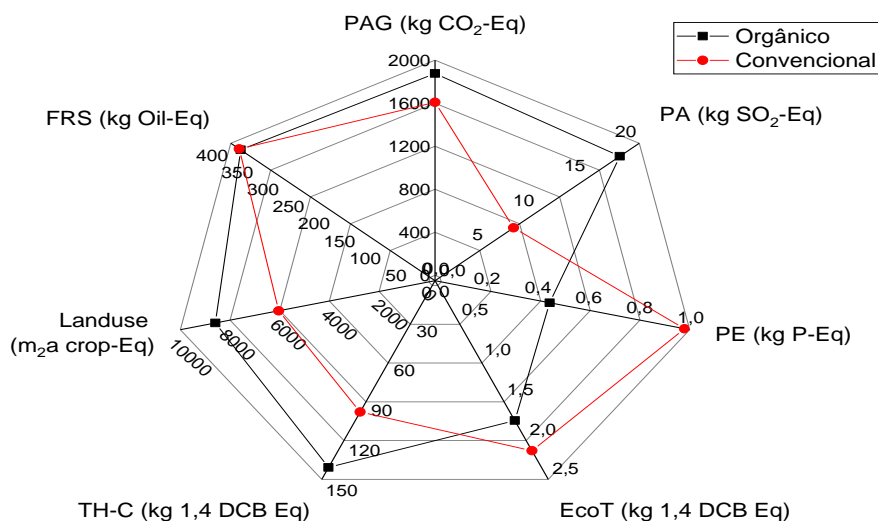
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na primeira parte deste capítulo será apresentada uma comparação entre as categorias de impacto consideradas para as duas formas de produção do tabaco. Posteriormente, será feita a comparação dos impactos individuais das duas formas de plantio, considerando as quatro etapas de produção.

5.1 Resultados da ACV de todo o processo comparando os dois cenários

Os cálculos realizados através da AICV seguiram o método ReCiPe 2016 e os resultados da ACV foram interpretados e comparados entre os dois sistemas de produção simulados. Os resultados totais caracterizados estão apresentados na Figura 6. Cada eixo do diagrama possui uma escala diferente, pois os impactos mostrados apresentam unidades diferentes.

Figura 6 - Resultados totais da AICV para as categorias de impacto avaliadas em cada sistema simulado



Fonte: Elaboração própria.

A comparação dos resultados de cada categoria de impacto, dos dois sistemas de plantio, mostra que o plantio orgânico apresenta impactos maiores para as categorias de acidificação terrestre (TA), potencial de aquecimento global (PAG), toxicidade humana (TH-C) e uso da terra (*Land use*). Em relação à categoria de impacto TA e uso da terra (*Land use*), os maiores valores da produção orgânica estão relacionados à maior quantidade de adubo utilizado e à maior necessidade de área por parte da produção orgânica, uma vez que o rendimento desta por hectare de terra plantada é menor que a convencional.

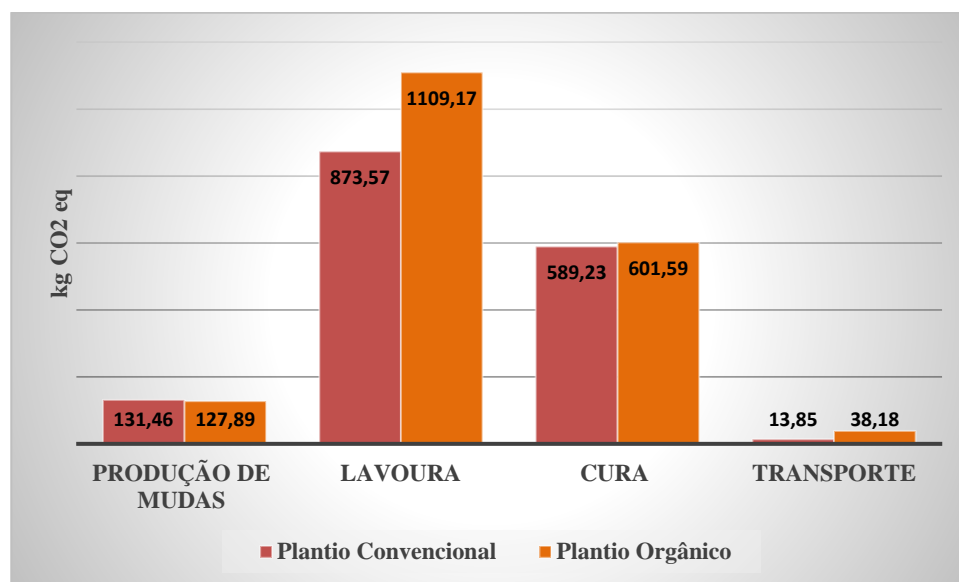
Por sua vez, o plantio convencional de tabaco teve valores maiores para as categorias de impacto ecotoxicidade terrestre (EcoT), escassez de recursos fósseis (FRS), e potencial de eutrofização da água doce (PE). Estes maiores impactos estão relacionados diretamente com a produção e uso de adubos sintéticos, onde grande parte das emissões provêm das emissões e do elevado consumo de energia para produzir os fertilizantes sintéticos. Em relação à categoria escassez de recursos fósseis (FRS), os dois sistemas de produção utilizados apresentaram valores semelhantes.

5.2 Contribuições de cada etapa para as duas formas de plantio sobre as categorias de impactos analisadas

5.2.1 Potencial de Aquecimento Global

O fator de caracterização do ponto médio para as mudanças climáticas é o Potencial de Aquecimento Global (PAG). O PAG expressa o valor de forçamento radiativo adicional, integrado ao longo do tempo, causado pela emissão de 1 kg de Gases do Efeito Estufa (GEE) em relação ao forçamento radiativo adicional integrado no mesmo horizonte de tempo causada pela liberação de 1 kg de CO₂ (Huijbregts *et al.*, 2017). A Figura 7 apresenta a contribuição das quatro fases dos dois processos produtivos, em relação à categoria de impacto PAG, expressa em kg CO₂ eq por tonelada de tabaco seco. O PAG do plantio orgânico e convencional foi de 1876,8 e 1608,1 kg CO₂-eq respectivamente. As etapas de produção de mudas e de cura apresentaram valores semelhantes, uma vez que todas as operações envolvidas são iguais para as duas formas de produção. O PAG da etapa de transporte da produção orgânica foi maior que o da produção convencional, uma vez que a produção orgânica é realizada em locais mais afastados, que exigem uma distância média de transporte maior.

Figura 7 - Contribuição das quatro etapas avaliadas nas duas formas de plantio em relação à categoria de impacto potencial de aquecimento global



Fonte: Elaboração própria.

Na Figura 7 se observa que as etapas de lavoura dos dois sistemas foram as que apresentaram a maior contribuição para o PAG, seguidas da etapa de cura, produção de mudas e transporte. As contribuições das etapas de produção de mudas, lavoura, cura e transporte para a produção orgânica foram de 127,89 (6%), 1109,17 (60%), 601,59 (32%) e 38,18 (2%) kg CO₂-eq respectivamente. A contribuição destas etapas no plantio convencional foi de 131,46 (8%), 873,57 (54%), 589,23 (37%) e 13,85 (1%) kg CO₂-eq respectivamente.

A análise dos principais processos contribuintes do PAG da etapa de lavoura da produção orgânica demonstrou que este impacto tem grande influência da etapa produtiva do adubo orgânico, principalmente devido à contribuição das emissões relativas à produção da ração para a criação das aves. Outro fator importante são as emissões de NO_x, N₂O e CO₂ relacionadas à aplicação do fertilizante orgânico nas lavouras. Esta observação está de acordo com o trabalho de (Chiriaco *et al.*, 2017). Estes pesquisadores compararam a agricultura orgânica de trigo com a convencional em relação ao seu potencial sobre as mudanças climáticas. Os resultados indicaram que as emissões do solo, incluindo emissões diretas e indiretas de N₂O do solo, representaram uma parcela de 42% das emissões de GEE da produção orgânica de trigo.

(Li *et al.*, 2018) também pesquisaram a contribuição de vários fertilizantes orgânicos sobre as emissões de GEE das lavouras orgânicas na China. Estes pesquisadores demonstraram que as lavouras orgânicas possuíam maiores valores de PAG que as lavouras convencionais. Segundo estes autores a emissão de CO₂ no solo é a soma da respiração autotrófica, derivada do sistema radicular das plantas e da respiração heterotrófica, derivada de organismos do solo, como micróbios e fauna do solo. Assim, a diferença da emissão de CO₂ do solo entre os resíduos orgânicos é decorrente das complexas interações existentes entre os micróbios do solo, a fauna do solo e o sistema radicular após a aplicação de resíduos orgânicos ao solo. Estes autores enfatizam que não somente a emissão de CO₂ é estimulada pelos adubos orgânicos. Segundo Li *et al.* (2018) a adição de resíduos orgânicos igualmente promove a emissão de N₂O do solo. Tanto a nitrificação como a desnitrificação são fontes de N₂O e podem ocorrer simultaneamente. O processo anterior é dominado por condições aeróbias, enquanto a última é causada principalmente por microrganismos anaeróbios. Devido à entrada de resíduos orgânicos, o aumento da quantidade de componentes orgânicos prontamente degradáveis realça o potencial do processo de nitrificação e da desnitrificação. Dessa forma, a adição de fertilizantes orgânico nas lavouras poderia causar uma maior emissão de GEE do que as lavouras convencionais.

Porém, (Aguilera *et al.*, 2015) salientam que os resultados dos ACV de sistemas agrícolas devem ser tomados com muito cuidado, uma vez que ainda há muita falta de informação sobre alguns sistemas específicos. Segundo estes autores a maioria dos estudos de avaliação do ciclo de vida de sistema agrícolas empregam os fatores de emissão de N₂O de nível 1 do IPCC e/ou não respondem pelo sequestro de C, apesar de que os processos do solo representem uma grande parcela da pegada de carbono dos sistemas agrícolas e estarem associados a muito alta incerteza (IPCC 2006). Tudo isso pode resultar em estimativas imprecisas do potencial de aquecimento global total.

A etapa de lavoura no plantio convencional teve como resultado uma emissão de 873,57 kg CO₂ equivalente. Este valor de emissão é atribuído à utilização e produção dos fertilizantes nitrogenados e fosfatados que contribuem com o potencial de aquecimento global através da liberação de N₂O, CO₂ e metano.

A fabricação de fertilizantes sintéticos aumenta as emissões de dióxido de carbono, principalmente devido ao elevado consumo de energia (combustíveis fósseis, energia elétrica e depleção de água) usados na produção de amônia, na reação de rochas fosfatadas com ácido sulfúrico e na síntese da ureia (Skowrońska e Filipek, 2014). Por outro lado, a emissão de N₂O é principalmente devido a preparação do ácido nítrico, base dos fertilizantes

nitrogenados (Hussain *et al.*, 2017). Óxido nitroso (N₂O) é um potente gás de efeito estufa (Meyer-Aurich *et al.*, 2006) e a concentração de N₂O na troposfera está aumentando a uma taxa de 0,2% ao ano. Adubos nitrogenados são convertidos em emissões de N₂O pelo processo de nitrificação e desnitrificação microbiana ((Mcsweeney e Robertson, 2005; Iqbal e Goheer, 2008; Regina *et al.*, 2013). Dessa forma grande parte da contribuição para o potencial de aquecimento global da fertilização das lavouras de plantio de tabaco convencional é dominada pela emissão de N₂O e CO₂.

O estudo de (Hussain *et al.*, 2017), onde foi avaliado as emissões perigosas de poluentes e impactos ambientais da queima da lenha e aplicação de fertilizantes sintéticos pelos produtores de tabaco no Paquistão também documentou a aplicação de fertilizantes sintéticos nas lavouras, como o maior contribuinte de emissões de N₂O e CH₄ na categoria de impacto PAG. Portanto, o PAG da fertilização no sistema de cultivo do tabaco é largamente determinado pelas emissões de N₂O, CO₂ e CH₄ provenientes da aplicação e produção dos fertilizantes sintéticos.

No trabalho realizado por (Zhu *et al.*, 2018), os resultados para a categoria de impacto potencial de aquecimento global, também revelaram que no sistema convencional de produção de maçã, as maiores emissões eram provenientes do uso e processo de produção de fertilizantes sintéticos e nitrogenados, predominando a emissão de gases CO₂ e NO_x; enquanto que no sistema de produção orgânico de maçã envolveu principalmente NO_x e N₂O, devido à utilização e produção dos fertilizantes orgânicos.

Na etapa de produção de mudas, a fabricação de bandejas de isopor e seu descarte após o uso são um dos maiores contribuintes para o PAG tanto no plantio orgânico como no convencional com emissões principalmente de metano e CO₂.

A etapa de cura apresentou resultados significativos para o PAG tanto no plantio de tabaco orgânico (601,59 kg CO₂ eq), quanto do convencional (589,23 kg CO₂ eq). Nesta etapa, a queima de biomassa nas fornalhas das estufas dos produtores rurais para realizar a cura do tabaco, são as causas de maiores liberações de CO₂, N₂O, CO e CH₄ para a atmosfera. Estes compostos apresentam elevado potencial de aquecimento global, contribuindo significativamente para a categoria avaliada.

O dióxido de carbono proveniente da queima de biomassa é considerado neutro em relação às emissões de GEE, porque o CO₂ produzido pela queima de biomassa é reabsorvido e retido pelas árvores na fase de crescimento, considerando que a biomassa colhida é proveniente de fontes sustentáveis (reflorestamentos para este fim) (Alam e Starr, 2009; Sharma *et al.*, 2011). Mas além do CO₂, a queima incompleta emite metano, óxidos nitrosos e

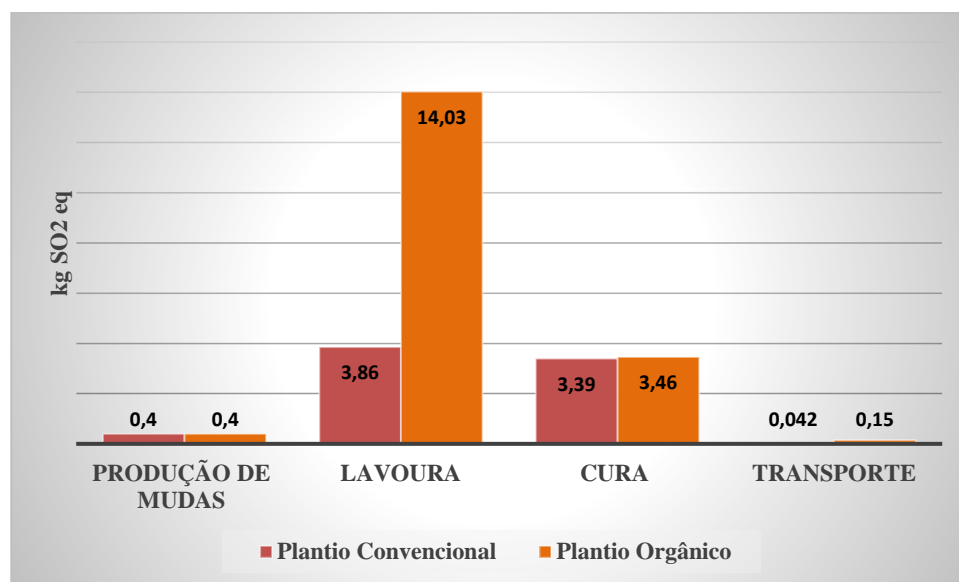
outros gases com maior potencial de forçamento radiativo do que o CO₂. Conforme (BOETTCHER, 2018) a presença de monóxido de carbono mostra que a combustão da lenha nas fornalhas é incompleta, situação que poderia ser minimizada se fosse utilizada uma tecnologia mais avançada para a queima da biomassa. Essa melhor queima de biomassa asseguraria substancial redução das emissões desses e outros compostos, e asseguraria redução no índice da pegada de carbono, como também se refletiria positivamente na redução de impactos como toxicidade humana e acidificação terrestre.

Na etapa de transporte, temos um valor maior para o plantio de tabaco orgânico 51,73 kg CO₂ equivalente, este valor está associado à maior utilização de combustível para o transporte do tabaco orgânico até as empresas beneficiadoras, devido à maior distância entre os produtores de tabaco orgânico e o destino final do transporte de tabaco seco. Geralmente, os processos de transporte com máquinas agrícolas e caminhões geram altas emissões, levando a valores mais altos de PAG. Como pode ser visto na Figura 7, as emissões líquidas no estágio de transporte são inferiores a 1% do total de GEE para ambas as variedades de tabaco. (Hussain *et al.*, 2017) descobriram que o transporte de tabaco era responsável pela emissão de 80 kg de CO₂ eq por kg de tabaco seco.

5.2.2 Categoria de impacto Potencial de Acidificação Terrestre

Segundo (Huijbregts *et al.*, 2017) a deposição atmosférica de substâncias inorgânicas, como sulfatos, nitratos e fosfatos, causa uma alteração na acidez do solo. Para todas as espécies de plantas, existe um nível ótimo de acidez claramente definido, por este motivo quando ocorre um desvio deste nível ótimo (acidificação do meio), é muito prejudicial para as espécies que vivem no ecossistema afetado. Como resultado, mudanças nos níveis de acidez causarão mudanças na ocorrência de uma espécie (Goedkoop, 1999; Hayashi *et al.*, 2004). Segundo (Van Zelm *et al.*, 2015) as principais emissões acidificantes são N₂O, NH₃ ou SO₂. A Figura 8 apresenta a contribuição das quatro fases dos dois processos produtivos, em relação à categoria de impacto Potencial de acidificação terrestre, expressa em kg SO₂ eq. O PA total do plantio orgânico e convencional foi de 18,1 e 7,7 kg SO₂ eq respectivamente.

Figura 8 - Contribuição das quatro etapas avaliadas nas duas formas de plantio em relação à categoria de impacto acidificação terrestre



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 8 mostra que as etapas de lavoura nos dois sistemas foram as que apresentaram a maior contribuição para o PA, seguidas da etapa de cura, produção de mudas e transporte. As contribuições das etapas de produção de mudas, lavoura, cura e transporte para a produção orgânica foram de 0,4 (3%), 14,03 (77%), 3,46 (19%) e 0,15 (1%) kg SO₂ eq respectivamente. A contribuição destas etapas no plantio convencional foi de 0,4 (5%), 3,86 (50%), 3,39 (44%) e 0,042 (1%) kg SO₂ eq respectivamente.

A etapa que se sobressai é a de lavoura do plantio orgânico, com um valor de 14,03 kg SO₂ equivalente. Este valor está associado à produção e utilização dos fertilizantes orgânicos nesta etapa, devido principalmente às emissões de amônia, NO_x e SO₂. Nos resultados apresentados no estudo de (Zhu *et al.*, 2018), o uso de estrume orgânico foi o maior contribuinte para a categoria de impacto acidificação terrestre, associado também à volatilização da amônia que foi ainda mais acentuada por que o pH do local estudado era mais elevado.

No trabalho de (Cancino-Espinoza *et al.*, 2018) sobre a quinoa orgânica, a produção e as emissões dos fertilizantes orgânicos foram a fonte predominante de impactos na categoria acidificação terrestre devido as emissões de amônia e No_x. As emissões de N₂O ligadas a

disseminação de fertilizantes orgânicos foram responsáveis por 30-70% do impacto total, dependendo do método usado em seu cálculo.

O processo de produção dos fertilizantes sintéticos que é utilizado na etapa de lavoura convencional é a fonte dominante de emissões de NH₃, NO_x e SO₂, enquanto que o seu uso nas lavouras contribui apenas com uma pequena parte deste impacto liberando principalmente amônia, SO₂ e N₂O para o solo. Segundo (Hussain *et al.*, 2017) a maior parte desse SO₂ deriva do uso de combustível fóssil empregado na produção, enquanto que os óxidos nitrosos e a amônia são liberados tanto durante a produção do fertilizante quanto na etapa de aplicação nas lavouras.

De acordo com os dados levantados neste trabalho, são estimados de 7,4 m³ lenha, o equivalente a 2,7 toneladas de biomassa florestal, para a secagem de 1 tonelada de tabaco orgânico e convencional. Analisando o valor das emissões associadas ao valor do potencial de acidificação terrestre da cura do tabaco orgânico 3,46 kg SO₂ equivalente e tabaco convencional 3,39 kg SO₂ equivalente, estes valores estão relacionados às emissões de NO, dióxido de enxofre e amônia, devido à queima de biomassa nas fornalhas das estufas, contribuindo diretamente para o impacto ambiental da acidificação terrestre.

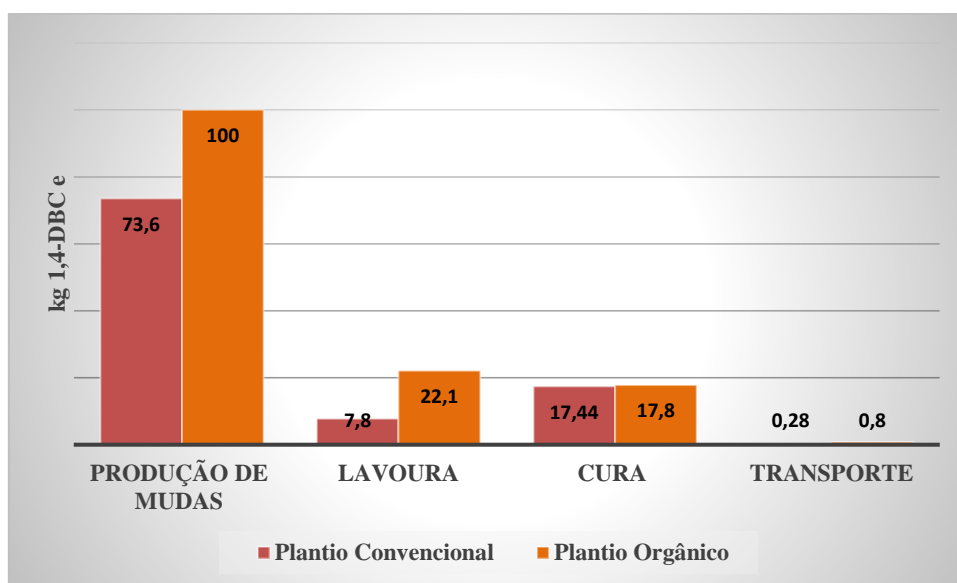
5.2.3 Categoria de impacto Toxicidade Humana

A toxicidade humana apresenta os valores de uma acumulação na cadeia alimentar (exposição) e toxicidade (efeito) de um produto químico, via destino e exposição, às espécies afetadas e às incidências de doenças, que podem causar danos aos ecossistemas e à saúde humana. O potencial de toxicidade, expresso em kg de 1,4-diclorobenzeno-equivalente (1,4DCB-eq), é usado como um fator de caracterização a nível médio de toxicidade humana, ecotoxicidade aquática de água doce e ecotoxicidade terrestre. O composto químico 1,4-diclorobenzeno (1,4-DCB) é usado como uma substância de referência nos cálculos do ponto médio dividindo o impacto potencial calculado do produto químico pelo impacto potencial de 1,4-DCB emitido (Huijbregts *et al.*, 2017).

A Figura 9 apresenta os valores deste impacto nas quatro etapas consideradas. O valor total para a categoria no sistema orgânico foi de 141 kg 1,4-DCB e 99,1 kg 1,4-DCB para o plantio convencional. Na figura fica evidenciado que o maior contribuinte para TH-C é a etapa de produção de mudas no sistema de plantio orgânico com um valor de 100 kg 1,4-DCB eq, representando 70% do impacto total para o sistema orgânico. A etapa de produção de mudas no sistema convencional apresentou um valor de 73,6 kg 1,4-DCB eq, representando

74,2 % do impacto total para o sistema de plantio convencional. Por sua vez, a etapa de lavoura orgânica apresenta um valor de 22,14 kg 1,4-DCB eq, somando 15,6 % do impacto total do orgânico para TH-C. A etapa de cura apresentou valores muito próximos tanto para o orgânico 17,8 kg 1,4-DCB e (35%) quanto para o convencional 17,44 kg 1,4-DCB e (22%).

Figura 9 - Contribuição das quatro etapas avaliadas nas duas formas de plantio em relação à categoria de impacto toxicidade humana



Fonte: Elaboração própria.

Os valores associados à cura do tabaco tanto orgânico como convencional foram associados ao efeito da combustão da biomassa durante a etapa na produção do tabaco. O efeito da combustão da biomassa contribui para o aumento da TH-C, devido a liberações de Arsênio, Mercúrio, Fósforo, Titânio, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos entre outros compostos.

Segundo Pierobon et al. (2015) a queima de biomassa, embora de origem reflorestada, tem associada a ela a emissão de compostos orgânicos com HPA, Compostos Orgânicos Voláteis não Metânicos (NMVOCs), emissões orgânicas halogenadas, dioxinas, benzeno e formaldeído, além de metais pesados que são liberados durante a combustão. Dentre os mais perigosos para a saúde humana se encontram o As, Ni, Cr, Cd e Pb. Além desses já citados, gases como os óxidos de nitrogênio (oriundos da queima incompleta dos combustíveis), fluoreto de hidrogênio, ácido clorídrico e amônia também são emitidos durante a combustão. Para Solli et al. (2009) a queima de lenha pode produzir, dependendo do tipo de fornalha, a

forma de operação do mesmo e do tipo de lenha usada, $5,8 \times 10^{-3}$, $9,7 \times 10^{-4}$, $7,0 \times 10^{-3}$ e $1,0 \times 10^{-12}$ kg de CH₄, NO_x, NMVOCs e Dioxinas por kg de lenha usada respectivamente. Embora a quantidade de dioxina emitida seja muito pequena ela pode ser responsável por mais de 90% do dano à saúde humana (Pierobon et al., 2015).

Os valores apresentados na etapa da lavoura orgânica 22,14 kg 1,4- DCB e, se associam à utilização de fertilizantes orgânicos, pois liberam potencialmente metais pesados no solo durante a fase de produção agrícola, pois a cama de aviário tem uma alta taxa de íons metálicos tendendo a liberar metais pesados, estes estão relacionados com os aditivos colocados em alimentos para a pecuária buscando o crescimento rápido dos animais e a melhoria da resistência a doenças. (Mattsson e Wallén; Longo *et al.*, 2017) também acreditam que a presença de grandes quantidades de estrume orgânico em sistemas de produção orgânico conduzirá ao aumento gradual do risco de toxicidade do solo, em alguns casos até maior do que sistemas de produção convencionais.

Os valores mostrados na etapa de produção de mudas no plantio convencional são relacionados à produção do aço para os arcos que são utilizados para a sustentação do canteiro e também à utilização de agroquímicos. Já os valores da etapa para o plantio orgânico estão associados às emissões pelo uso dos fertilizantes orgânicos e também à produção do aço para os arcos do canteiro.

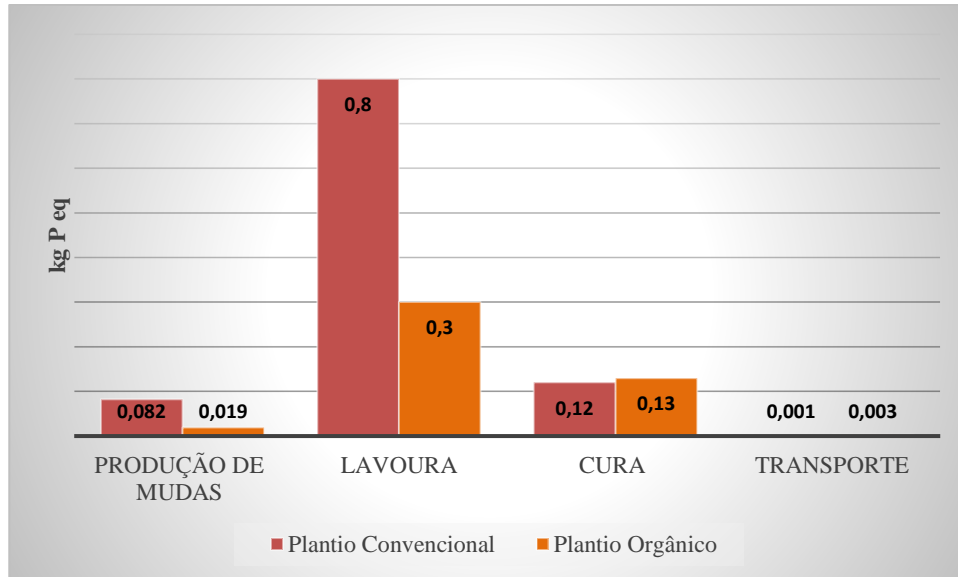
5.2.4 Categoria de impacto eutrofização da água doce

Segundo (Huijbregts *et al.*, 2017) a eutrofização de água doce ocorre devido à descarga de nutrientes em solo ou em corpos de água doce e o subsequente aumento nos níveis de nutrientes, isto é, fósforo e azoto. Impactos ambientais relacionados à eutrofização de água doce são grandiosos, seguem uma sequência de impactos ecológicos compensados pelo aumento das emissões de nutrientes em água, aumentando assim a absorção de nutrientes por organismos autotróficos como cianobactérias e algas, e espécies heterotróficas, como peixes e invertebrados. Isso acaba levando à perda relativa de espécies.

A Figura 10 apresenta os valores deste impacto para cada etapa do processo considerado, os valores totais para PE no sistema de plantio orgânico e convencional foram de 0,45 kg P- eq e 0,98 kg P- eq respectivamente. As etapas de lavoura nos dois sistemas foram as que apresentaram a maior contribuição para o PE, seguidas da etapa de cura, produção de mudas e transporte. As contribuições das etapas de produção de mudas, lavoura, cura e transporte para a produção orgânica foram de 0,019 (4%), 0,3 (66%), 0,13 (29%) e 0,003

(1%) kg P-eq respectivamente. A contribuição destas etapas no plantio convencional foi de 0,082 (6,9%), 0,8 (81%), 0,12 (12%) e 0,001 (0,10%) kg P eq respectivamente.

Figura 10 - Contribuição das quatro etapas avaliadas nas duas formas de plantio em relação à categoria de impacto eutrofização da água doce



Fonte: Elaboração própria.

Através da figura e dos valores apresentados é possível verificar que a etapa de lavoura é a que concentra maior potencial de impacto para PE, porém o valor de impacto para o tabaco convencional é notavelmente mais significativo 0,8 kg P eq, este valor está associado às emissões de fosfato ligado à produção e aplicação dos fertilizantes sintéticos nas lavouras de tabaco convencional.

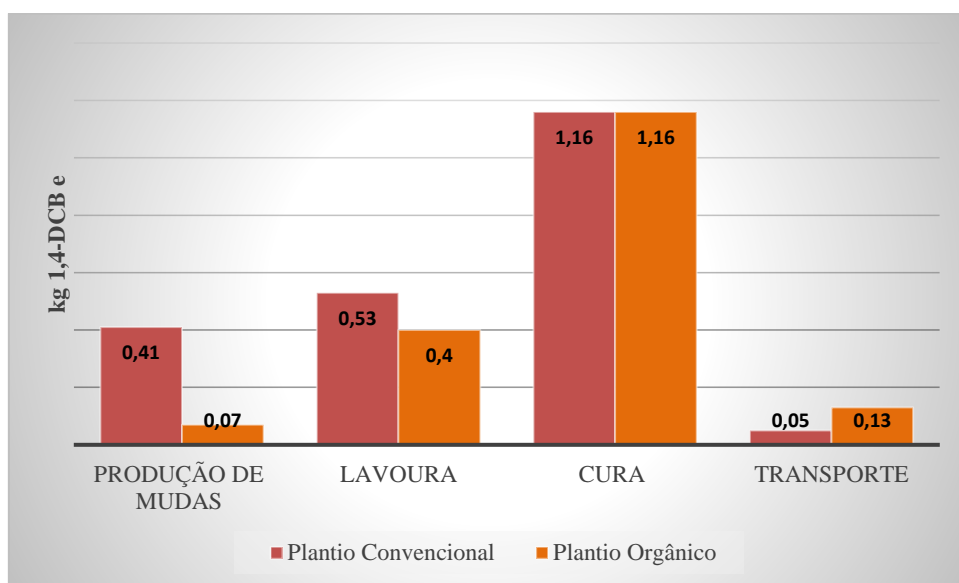
A individualização das emissões mostra, que o fosfato residual é o principal contribuinte desta etapa. Esse dado evidencia que a taxa de aplicação (dosagem) dos fertilizantes fosfatados sintéticos é diretamente proporcional à mudança no potencial de eutrofização. Embora as lavouras de tabaco sejam usadas apenas por meio ano, a outra metade é utilizada por outra lavoura, a qual pode absorver parte destes resíduos de fertilizantes no solo, o que pode diminuir o potencial de eutrofização desta cultura.

No estudo realizado por (Hussain *et al.*, 2017), na categoria de impacto potencial de eutrofização, a produção e a aplicação de NPK também tiveram a maior contribuição, devido a volatilização da NH₃ e o aumento de nitrato que ocorreram principalmente durante a aplicação de fertilizantes sintéticos nos campos de tabaco.

5.2.5 Categoria de impacto ecotoxicidade terrestre

A ecotoxicidade terrestre apresenta os valores de uma acumulação no solo devido à exposição e toxicidade (efeito) de um produto químico. O potencial de toxicidade (TP), expresso em kg de 1,4-diclorobenzeno-equivalente (1,4DCB-eq), é usado como um fator de caracterização a nível médio (Huijbregts *et al.*, 2017). A Figura 11 apresenta a contribuição das quatro fases dos dois processos produtivos, em relação à categoria de impacto EcoT. A EcoT total do plantio orgânico e convencional foi de 1,76 1,4DCB-eq e 2,14 1,4DCB-eq respectivamente.

Figura 11 - Contribuição das quatro etapas avaliadas nas duas formas de plantio em relação à categoria de impacto ecotoxicidade terrestre



Fonte: Elaboração própria.

Na Figura 11 é possível observar que as etapas de cura nos dois sistemas foram as que apresentaram a maior contribuição para a EcoT, seguidas da etapa de lavoura, produção de mudas e transporte. As contribuições das etapas de produção de mudas, lavoura, cura e transporte para a produção orgânica foram de 0,07 (4%), 0,4 (23%), 1,16 (66%) e 0,13 (7%) kg SO₂ eq respectivamente. A contribuição destas etapas no plantio convencional foi de 0,41 (19%), 0,53 (25%), 1,16 (54%) e 0,05 (2%) kg SO₂ eq respectivamente.

Os valores apresentados para a etapa da cura tanto orgânica como convencional do tabaco 1,16 kg 1,4-DCBeq para ambas as formas de cultivo, está relacionado as emissões da

queima incompleta de lenha de eucalipto durante a secagem e do uso de um forno de baixa eficiência. Segundo (Pierobon et al., 2015) a queima de biomassa, embora de origem reflorestada, tem sido associada à emissão de compostos orgânicos com HPA, compostos orgânicos voláteis não-metânicos (COVNM), emissões orgânicas halogenadas, dioxinas, benzeno e formaldeído, bem como metais pesados que são liberados durante a combustão. Entre os mais perigosos para a saúde humana estão As, Ni, Cr, Cd e Pb. Além daqueles já mencionados, gases como N (de queima incompleta de combustíveis), HF, HCl e amônia também são emitidos durante a combustão.

A etapa de lavoura convencional apresentou um valor de contribuição de 0,53 kg 1,4-DCBeq, predominado pelas emissões dos princípios ativos (dinitroanilina e imidaclopride) dos agroquímicos utilizados nesta etapa.

Os valores de contribuição da etapa de lavoura orgânica foram de 0,4 kg 1,4-DCB eq, este foi associado à utilização de fertilizantes orgânicos durante a etapa, pois a cama de aviário tem uma alta taxa de íons metálicos tendendo a liberar metais pesados e é o único contribuinte para o potencial de eco-toxicidade do solo no sistema orgânico. (Mattsson e Wallén; Longo *et al.*, 2017) também acreditam que a presença de grandes quantidades de estrume orgânico em sistemas de produção orgânico conduzirá ao aumento gradual do risco de toxicidade do solo, em alguns casos até maior do que sistemas de produção convencionais.

Atualmente, a fim de melhorar a resistência a doenças de gado e aves e para promover seu crescimento rápido, metais pesados como Cu, Zn e As são comumente usados como aditivos em alimentos para a pecuária, como resultado o teor de metal na ração excede a capacidade de absorção digestiva e é excretada pelos animais (Wang *et al.*, 2013).

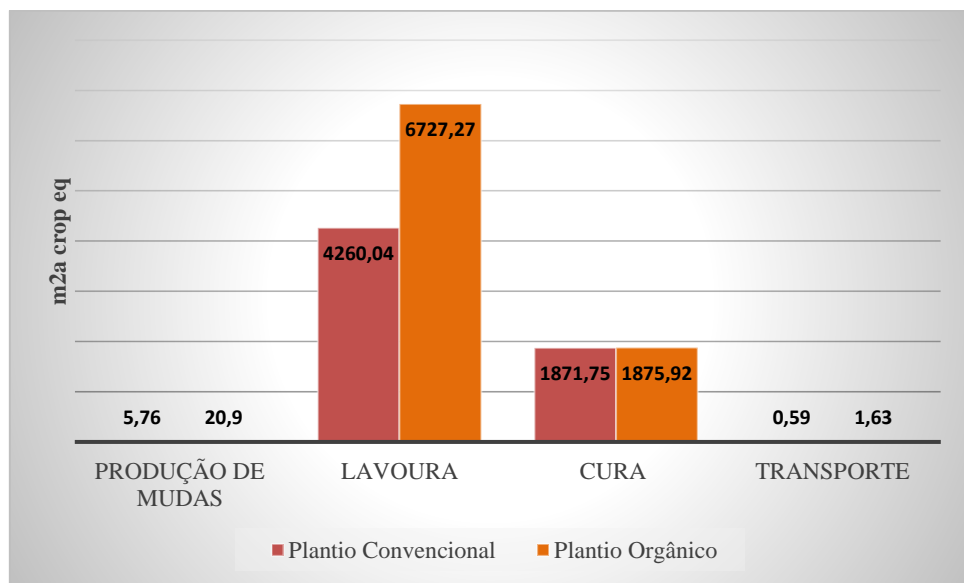
No estudo realizado por (Zhu *et al.*, 2018), os valores relativos à ecotoxicidade do solo também foram associados aos agroquímicos utilizados no sistema de cultivo convencional da maçã, predominando os princípios ativos do carbendazim e etoato, e aos fertilizantes orgânicos no sistema de produção orgânico de maçã, devido à emissão de metais pesados, resultados similares com o presente estudo.

5.2.6 Categoria de impacto uso da terra

O impacto do uso da terra, inclui o impacto local direto do uso da terra em espécies terrestres através da alteração pela ocupação do solo e a utilização de novas terras. A mudança da cobertura do solo afeta diretamente o habitat original e a composição original das espécies em conformidade. O uso da terra em si (ou seja, atividades agrícolas e urbanas) desqualifica

ainda mais a terra como habitat adequado para muitas espécies (Huijbregts *et al.*, 2017). A Figura 12 apresenta a contribuição das quatro fases dos dois processos produtivos, em relação à categoria de impacto Uso da Terra, expressa em kg m²a crop eq. O valor total para o impacto *Land use* do plantio orgânico e convencional foi de 8625,74 e 6138,14 m²a crop eq respectivamente.

Figura 12 - Contribuição das quatro etapas avaliadas nas duas formas de plantio em relação à categoria de impacto uso da terra



Fonte: Elaboração própria.

Na Figura 12 é possível observar que as etapas de lavoura nos dois sistemas foram as que apresentaram a maior contribuição para o Land use, seguidas da etapa de cura, produção de mudas e transporte. As contribuições das etapas de produção de mudas, lavoura, cura e transporte para a produção orgânica foram de 20,9 (0,25%), 6727,27 (78%), 1875,92 (21,75%) e 1,63 (0,01%) m²a crop eq respectivamente. A contribuição destas etapas no plantio convencional foi de 5,76 (0,00%), 4260,04 (70%), 1871,75 (30%) e 0,59 (0,00%) m²a crop eq respectivamente.

Os valores da etapa de lavoura nos dois sistemas estão associados à grande utilização dos recursos do solo para os cultivos. Principalmente por que nesta etapa se concentra o revolvimento das terras para o preparo do solo principalmente no sistema de plantio convencional, muitas vezes com a utilização de maquinário agrícola, o que acaba gerando

uma mudança na cobertura e na estrutura do solo, acarretando ou tornando mais propenso à lixiviação das partículas e erosão, afetando as espécies terrestres daquele habitat.

O resultado superior para a categoria na etapa de lavoura orgânica é atribuído também em grande parte à maior área de solo necessária para produzir o tabaco orgânico, quando comparado com a produção da mesma quantidade do tabaco convencional. Outro fator que contribuiu para os resultados na etapa de lavoura é a utilização de fertilizantes orgânicos e sintéticos durante a produção do tabaco, toda essa carga de nutrientes acaba afetando e modificando as condições iniciais do solo, além da liberação de compostos, metais pesados e emissões. Estudos mostraram que o tabaco absorve mais nitrogênio, fósforo e potássio do que outros cultivos comerciais assim, o cultivo de tabaco também diminui a fertilidade do solo mais rapidamente do que outras culturas (Lecours *et al.*, 2012).

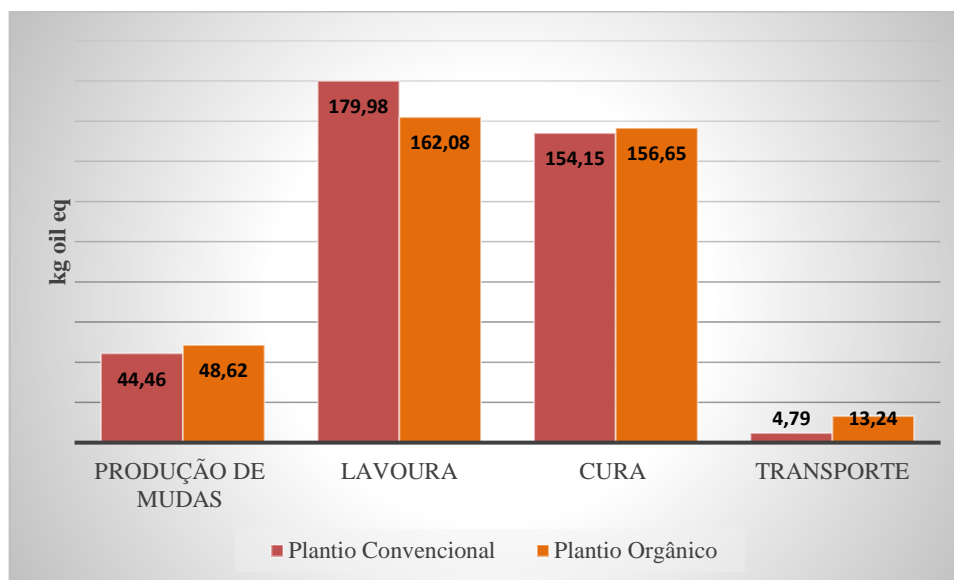
Além destes contribuintes citados anteriormente para o impacto de uso da terra é importante ressaltar que vários agroquímicos também são utilizados na lavoura durante a passagem do tabaco pela terra, principalmente na produção convencional do tabaco, além do ajuste de ph nas duas formas de produção e do manuseio intensivo do solo durante a etapa, pois o tabaco permanece no solo por um período mínimo de 6 meses, onde necessita de cuidados e da retirada das chamadas ervas daninhas do solo, seja pelo uso de pesticidas na produção convencional ou pelo trabalho manual com enxada na produção do tabaco orgânico.

5.2.7 Categoria de impacto escassez de recursos fósseis

Nesta categoria de impacto estimasse os danos aos recursos naturais fósseis. O potencial de combustível fóssil kg oil eq (maior valor de aquecimento) foi usado como indicador de ponto médio (Huijbregts *et al.*, 2017).

As contribuições das quatro etapas de produção das duas variedades de tabaco sobre o impacto da Escassez de Recursos Fósseis expressa em kg oil eq, são apresentadas na Figura 13. O valor total para o impacto FRS no plantio orgânico e convencional foi de 380,60 e 383,39 kg oil eq respectivamente.

Figura 13 - Contribuição das quatro etapas avaliadas nas duas formas de plantio em relação à categoria de impacto escassez de recursos fósseis



Fonte: Elaboração própria.

Na Figura 13 é possível observar que as etapas de lavoura nos dois sistemas foram as que apresentaram a maior contribuição para a FRS, seguidas da etapa de cura, produção de mudas e transporte. As contribuições das etapas de produção de mudas, lavoura, cura e transporte para a produção orgânica foram de 48,62 (13%), 162,08 (42,5%), 156,65 (41%) e 13,24 (3,5%) kg oil eq respectivamente. A contribuição destas etapas no plantio convencional foi de 44,46 (11,5%), 179,98 (47%), 154,15 (40%) e 4,79 (1,5%) kg oil eq respectivamente.

A etapa e lavoura convencional é que apresentou os maiores valores (179,98 kg oil eq) este valor está associado, em grande parte, à produção de fertilizantes. O consumo de combustíveis fósseis na produção de fertilizantes, principalmente o uso de gás natural para a produção de amônia e ácido nítrico, mostra uma influência importante sobre a escassez de recursos fósseis (Makhlouf *et al.*, 2015). De acordo com (Skowrońska e Filipek, 2014) a produção de fertilizantes atualmente compreende cerca de 2-3% do consumo global de energia. Os fertilizantes nitrogenados são responsáveis pela maior parte desse consumo. A maior parte da energia é necessária pela fixação do nitrogênio atmosférico para fabricar amônia. É necessária energia significativa para a conversão de amônia em ureia. Cerca de 77% da produção mundial de amônia é baseada na reforma a vapor de gás natural, 14% na gaseificação de carvão e 9% na oxidação parcial de derivados de petróleo e frações de hidrocarbonetos pesados (Barosi *et al.*, 2014).

A etapa de cura tem uma contribuição total de 154,15 e 156,65 kg de óleo eq na produção de variedades convencional e orgânico, respectivamente. As emissões associadas à esta etapa estão relacionadas à energia consumida no transporte da lenha, manejo florestal e eletricidade usada para injeção de ar quente nos fornos.

A etapa de lavoura orgânica apresentou um valor significativo para a categoria de impacto, este valor foi atribuído à utilização de recursos fósseis principalmente gás natural e carvão para produção da ração, que alimenta as aves para posterior produção da cama de aviário utilizada como adubo orgânico na produção do tabaco.

5.3 Resultado análise de qualidade dos dados

5.3.1 Simulação de Monte Carlo

Baseado na probabilidade de distribuição dos resultados de caracterização, a incerteza foi investigada para o sistema de plantio orgânico (Tabela 4) e para o sistema de plantio convencional (Tabela 5), com intervalo de confiança de 95%.

Para o sistema de plantio orgânico, as análises das categorias de impacto Potencial de Eutrofização da água doce e Toxicidade Humana- Carcinogênica, foram as que apresentaram um coeficiente de variação maior que 20%. Já para o sistema de plantio convencional apenas a categoria de impacto Toxicidade Humana- Carcinogênica apresentou um coeficiente de variação maior que 20%.

Os parâmetros com $CV > 20\%$ estão associados às maiores incertezas associadas às emissões que caracterizam os dados das lavouras cultivadas. Esta incerteza está presente porque as emissões não são conhecidas e são muito difíceis de medir por causa dos custos econômicos e os longos períodos de medição no campo (Cherubini, 2015). Como afirmado anteriormente por estes autores, é necessário melhorar as bases de dados e os relatórios de medição de emissões.

Tabela 4 - Resultados análise de Mont Carlo para o sistema de plantio orgânico

MONT CARLO TABACO ORGÂNICO								
Impacto	Unidade	Media	Mediana	SD	CV	2,5%	97,5%	Erro padrão
FRS	kg oileq	447,22	433,087	89,3032	19,968	320,587	650,565	2,82401
PE	kg Peq	0,4966	0,44545	0,20429	41,131	0,26166	1,03834	0,00646
PAG	kg CO2eq	2110,6	2098,010	178,2782	8,4466	1811,171	2537,168	5,637652
TH-C	kg 1,4- DBCe	55,4670	46,249645	46,444597	83,7336	27,781283	131,20680	1,4687071
LAND	m2a crop	9238,52	9108,3840	716,56369	7,75625	8212,3710	10910,891	22,659733
USE	eq							
	kg SO2 eq	19,3656	19,19587	1,8618005	9,61393	16,177128	23,829736	0,0588753
PA								
EcoT	kg 1,4- DCB e	2,31658	2,207118	0,538583	20,2490	1,5768843	3,6169142	0,0170315

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 5 - Resultados análise de Mont Carlo para o sistema de plantio convencional

MONT CARLO TABACO CONVENCIONAL								
Impacto	Unidade	Media	Mediana	SD	CV	2,5%	97,5%	Erro padrão
FRS	kg oil eq	380,326	373,1681	51,71087	13,596	303,212	504,3274	1,635241
PE	kg P eq	0,97515	0,951521	0,101407	10,3990	0,852735	1,246055	0,003206
PAG	kg CO2 eq	1605,94	1598,178	114,88798	7,1539	1406,353	1852,460	3,633076
TH-C	kg 1,4- DBC e	77,5244	69,08844	37,39789	48,2401	35,67345	168,0628	1,182625
LAND	m2a crop	6139,21	6065,284	501,6120	8,1706	5378,5543	7279,381	15,86236
USE	eq							
	kg SO2 eq	7,6927	7,518707	1,035533	13,4612	6,318468	10,24289	0,0327464
PA								
EcoT	kg 1,4- DCB e	2,14567	2,0545870	0,4425587	20,6256	1,5671712	3,1876280	0,0139949

Fonte: Elaboração própria.

6 CONCLUSÃO

Com base neste estudo foi possível verificar que as etapas que apresentaram maior impacto nas categorias avaliadas são as de lavoura e secagem, seguidas da etapa de produção de mudas e transporte, nos dois sistemas de plantio avaliados. As principais causas dos impactos, relacionados com os valores calculados são referentes ao uso e produção dos fertilizantes sintéticos e orgânicos, utilização de combustíveis fósseis e recursos fósseis, energia elétrica, emissões da queima da lenha e uso do solo.

Realizando uma comparação geral do plantio orgânico e convencional, é possível verificar que devido à menor produtividade do tabaco orgânico as emissões por unidade de produto acabam se sobressaindo muitas vezes sobre o plantio de tabaco convencional em muitas categorias na maioria das etapas consideradas no estudo.

Os valores expressivos na etapa de lavoura verificados para os impactos de eutrofização de águas doces, acidificação terrestre, potencial de aquecimento global, uso da terra e escassez de recursos fósseis estão relacionados ao uso de fertilizantes sintéticos e orgânicos, agroquímicos e calcário sendo que estes apresentam perdas da massa total aplicada nas lavouras, através das lixiviações, afetando diretamente os ecossistemas mais próximos.

Grande parte dos impactos identificados no estudo estão relacionados à utilização do adubo orgânico nas lavouras, pois este apresenta alto teor de metais, o que acarreta na potencialização de várias categorias de impacto avaliadas, assim, a preocupação em "como" reduzir o impacto ambiental pelos riscos causados pela aplicação de estrume orgânico é uma questão para aumentar os benefícios da produção orgânica de tabaco, diminuindo os impactos associados à adubação.

Em conclusão, este estudo pode ser utilizado como linha de base para estudos de impactos ambientais e confirmou o uso potencial da avaliação do ciclo de vida na determinação da performance ambiental do tabaco convencional e orgânico nas condições do sul do Brasil. Futuras investigações podem otimizar o uso de recursos nos subsistemas agrícolas, destacando a necessidade de desenvolver fatores de emissões específicos originados localmente, em condições de clima subtropicais e aprovisionar bancos internacionais com informações regionalizadas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT **Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Requisitos e Orientações**: 14.044. Rio de Janeiro. 2009a.

_____. **Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura**: 14.040. Rio de Janeiro. 2009b.

_____. **Gestão ambiental - Requisitos gerais dos sistemas orgânicos de produção**: NBR 46/2011.

AFUBRA-ASSOCIAÇÃO, D. F. D. B. Disponível em< www.afubra.com.br>. **Acesso em**, v. 25, 2018.

AGUILERA, E.; GUZMÁN, G.; ALONSO, A. Greenhouse gas emissions from conventional and organic cropping systems in Spain. I. Herbaceous crops. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, n. 2, p. 713-724, 2015. ISSN 1774-0746.

ALAM, S. A.; STARR, M. Deforestation and greenhouse gas emissions associated with fuelwood consumption of the brick making industry in Sudan. **Science of the total environment**, v. 407, n. 2, p. 847-852, 2009. ISSN 0048-9697.

AUDEH, S. J. S. Qualidade do solo: construindo o conhecimento em propriedades agrícolas familiares produtoras de fumo orgânico. 2010.

AUDSLEY, E. et al. Harmonisation of environmental life cycle assessment for agriculture. **Final Report, Concerted Action AIR3-CT94-2028. European Commission, DG VI Agriculture**, v. 139, 1997.

BAROSI, R. et al. Mineral nitrogen fertilizers: environmental impact of production and use. **Fertil. Compon. Uses Agric. Environ. Impacts, Nova science publishers. Lopez-Valdez, F and Fernandez-Luquenos, F, New York**, p. 3-44, 2014.

BIOLCHI, M. A.; BONATO, A. A.; OLIVEIRA, M. A. A cadeia produtiva do fumo. **Revista Contexto Rural**, v. 5, 2005.

BOSONA, T.; GEBRESENBET, G. Life cycle analysis of organic tomato production and supply in Sweden. **Journal of Cleaner Production**, 2018. ISSN 0959-6526.

BRENTROP, F. et al. Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment (LCA) methodology II. The application to N fertilizer use in winter wheat production systems. **European Journal of Agronomy**, v. 20, n. 3, p. 265-279, 2004. ISSN 1161-0301.

BVAN, R. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. **Piracicaba: IPNI**, 2011.

CAJARAVILLE, M. P. et al. The use of biomarkers to assess the impact of pollution in coastal environments of the Iberian Peninsula: a practical approach. **Science of the Total Environment**, v. 247, n. 2-3, p. 295-311, 2000. ISSN 0048-9697.

CALVO, A. I. et al. Characterization of operating conditions of two residential wood combustion appliances. **Fuel Processing Technology**, v. 126, p. 222-232, 2014. ISSN 0378-3820.

CANCINO-ESPINOZA, E.; VÁZQUEZ-ROWE, I.; QUISPE, I. Organic quinoa (*Chenopodium quinoa* L.) production in Peru: Environmental hotspots and food security considerations using Life Cycle Assessment. **Science of The Total Environment**, v. 637, p. 221-232, 2018. ISSN 0048-9697.

CHERUBINI, E. Incertezas na avaliação do ciclo de vida: um estudo de caso na suinocultura= Uncertainties in life cycle assessment: case study of swine production. 2015.

CHIRIACÒ, M. V. et al. The contribution to climate change of the organic versus conventional wheat farming: A case study on the carbon footprint of wholemeal bread production in Italy. **Journal of cleaner production**, v. 153, p. 309-319, 2017. ISSN 0959-6526.

COLLINS, W. K.; HAWKS JR, S. N. Fundamentos da produção do tabaco de estufa. **Tradução de Ernani A. Weiss. Santa Cruz do Sul:[sn]**, 2011.

CONANT, R. T.; BERDANIER, A. B.; GRACE, P. R. Patterns and trends in nitrogen use and nitrogen recovery efficiency in world agriculture. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 27, n. 2, p. 558-566, 2013. ISSN 0886-6236.

COOPER, C. M. Biological effects of agriculturally derived surface water pollutants on aquatic systems—a review. **Journal of Environmental Quality**, v. 22, n. 3, p. 402-408, 1993. ISSN 0047-2425.

COSTA, A. M. D. et al. Potencial de recuperação física de um Latossolo Vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. **Ciência e Agrotecnologia**, p. 1991-1998, 2009. ISSN 1413-7054.

DAROLT, M. R. Guia do produtor orgânico: como produzir em harmonia com a natureza. **Londrina: IAPAR**, 2002.

DE SOUZA DIAS, M. O. et al. Sugarcane processing for ethanol and sugar in Brazil. **Environmental Development**, v. 15, p. 35-51, 2015. ISSN 2211-4645.

DUTRA, É. J.; HILSINGER, R. A cadeia produtiva do tabaco na região Sul do Brasil: aspectos quantitativos e qualitativos. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 17, n. 3, p. 17-33, 2013. ISSN 2236-4994.

ETGES, V. E.; FISCHBORN FERREIRA, M. A. **Produção de tabaco: impacto no ecossistema e na saúde humana na região de Santa Cruz do Sul/RS**. Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, BR, 2006. ISBN 8575781499.

FAO, I. WFP (2014) The state of food insecurity in the world 2014: strengthening the enabling environment for food security and nutrition. **FAO, Rome**, 2015.

FINKBEINER, M. et al. The new international standards for life cycle assessment: ISO 14040 and ISO 14044. **The international journal of life cycle assessment**, v. 11, n. 2, p. 80-85, 2006. ISSN 0948-3349.

FOTEINIS, S.; CHATZISYMEON, E. Life cycle assessment of organic versus conventional agriculture. A case study of lettuce cultivation in Greece. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 2462-2471, 2016/01/20/ 2016. ISSN 0959-6526. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615013025> >.

FRAZÃO BARBOSA JÚNIOR, A. et al. Conceitos e aplicações de Análise do Ciclo Vida (ACV) no Brasil. **Revista Ibero Americana de Estratégia**, v. 7, n. 1, 2008.

GARNETT, T. Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain)? **Food policy**, v. 36, p. S23-S32, 2011. ISSN 0306-9192.

GATTINGER, A. et al. Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 44, p. 18226-18231, 2012. ISSN 0027-8424.

GEIST, H. Transforming the fringe: tobacco-related wood usage and its environmental implications. **Environment and marginality in geographical space: issues of land use, territorial marginalization and development in the new millennium**, p. 87-118, 2000. ISSN 0754614778.

GOEDKOOOP, M. et al. **Introduction to LCA with SimaPro**. Pré 2016.

GOEDKOOOP, M. J. The Eco-indicator 99 A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment Methodology Report. **Pre Consultants**, 1999.

GOGLIO, P. et al. A comparison of methods to quantify greenhouse gas emissions of cropping systems in LCA. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 4010-4017,

2018/01/20/ 2018. ISSN 0959-6526. Disponível em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617305772> >.

GU, B. et al. Integrated reactive nitrogen budgets and future trends in China. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 28, p. 8792-8797, 2015. ISSN 0027-8424.

GÓMEZ-LIMÓN, J. A.; SANCHEZ-FERNANDEZ, G. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators. **Ecological economics**, v. 69, n. 5, p. 1062-1075, 2010. ISSN 0921-8009.

HAKALA, K. et al. Yields and greenhouse gas emissions of cultivation of red clover-grass leys as assessed by LCA when fertilised with organic or mineral fertilisers. **Biomass and Bioenergy**, v. 46, p. 111-124, 2012/11/01/ 2012. ISSN 0961-9534. Disponível em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953412003613> >.

HAYASHI, K. et al. Development of damage function of acidification for terrestrial ecosystems based on the effect of aluminum toxicity on net primary production. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 9, n. 1, p. 13-22, 2004. ISSN 0948-3349.

HINZ, R. T. P.; DALLA VALENTINA, L. V.; FRANCO, A. C. Monitorando o desempenho ambiental das organizações através da produção mais limpa ou pela avaliação do ciclo de vida. **Revista Produção Online**, v. 7, n. 3, 2008. ISSN 1676-1901.

HUANG, J. et al. Nitrogen and phosphorus losses and eutrophication potential associated with fertilizer application to cropland in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 159, p. 171-179, 2017. ISSN 0959-6526.

HUIJBREGTS, M. A. J. et al. ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 22, n. 2, p. 138-147, 2017. ISSN 0948-3349.

HUSSAIN, M. et al. Hazardous pollutants emissions and environmental impacts from fuelwood burned and synthetic fertilizers applied by tobacco growers in Pakistan. **Environmental Technology & Innovation**, v. 7, p. 169-181, 2017. ISSN 2352-1864.

IQBAL, M. M.; GOHEER, M. A. Greenhouse gas emissions from agro-ecosystems and their contribution to environmental change in the Indus Basin of Pakistan. **Advances in Atmospheric Sciences**, v. 25, n. 6, p. 1043, 2008. ISSN 0256-1530.

ISO, I. S. O. 14040: Environmental management–life cycle assessment–principles and framework. **London: British Standards Institution**, 2006.

JESUS, J. D. Rendimento e Qualidade do Tabaco Virgínia Afetados Pela Adubação Nitrogenada e Potássica. 2016.

JU, X.-T. et al. Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, p. pnas-0813417106, 2009. ISSN 0027-8424.

KAMALI, F. P. et al. Evaluation of the environmental, economic, and social performance of soybean farming systems in southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 385-394, 2017. ISSN 0959-6526.

KARAIVAZOGLOU, N. A.; TSOTSOLIS, N. C.; TSADILAS, C. D. Influence of liming and form of nitrogen fertilizer on nutrient uptake, growth, yield, and quality of Virginia (flue-cured) tobacco. **Field Crops Research**, v. 100, n. 1, p. 52-60, 2007. ISSN 0378-4290.

KARJALAINEN, T.; ASIKAINEN, A. Greenhouse gas emissions from the use of primary energy in forest operations and long-distance transportation of timber in Finland. **Forestry: An International Journal of Forest Research**, v. 69, n. 3, p. 215-228, 1996. ISSN 1464-3626.

KAVARGIRIS, S. E. et al. Energy resources' utilization in organic and conventional vineyards: Energy flow, greenhouse gas emissions and biofuel production. **Biomass and bioenergy**, v. 33, n. 9, p. 1239-1250, 2009. ISSN 0961-9534.

KULAK, M. et al. How eco-efficient are low-input cropping systems in Western Europe, and what can be done to improve their eco-efficiency? **Sustainability**, v. 5, n. 9, p. 3722-3743, 2013.

LAMPKIN, N. H. et al. **The role of agroecology in sustainable intensification. Report for the land use policy group. Organic Research Centre, Elm Farm and Game & Wildlife Conservation Trust** 2015.

LECOURS, N. et al. Environmental health impacts of tobacco farming: a review of the literature. **Tobacco control**, v. 21, n. 2, p. 191-196, 2012. ISSN 0964-4563.

LI, Z. et al. Effects of different agricultural organic wastes on soil GHG emissions: During a 4-year field measurement in the North China Plain. **Waste Management**, v. 81, p. 202-210, 2018. ISSN 0956-053X.

LIMA, R. G. Desenvolvimento técnico-produtivo da lavoura de tabaco na Bacia Hidrográfica do Rio Pardinho/RS. In: ETGES, V. F.; FERREIRA, M. A. F. (Org). A produção de tabaco: Impactos no ecossistema e na saúde humana na região de Santa Cruz do Sul/RS. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2006.

LITSKAS, V. D. et al. Energy flow and greenhouse gas emissions in organic and conventional sweet cherry orchards located in or close to Natura 2000 sites. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, n. 3, p. 1302-1310, 2011. ISSN 0961-9534.

LONGO, S. et al. Life Cycle Assessment of organic and conventional apple supply chains in the North of Italy. **Journal of cleaner production**, v. 140, p. 654-663, 2017. ISSN 0959-6526.

LÆGREID, M.; BOCKMAN, O. C.; KAARSTAD, O. **Agriculture, fertilizers and the environment**. CABI publishing, 1999. ISBN 0851993583.

MABAYA, G.; UNAMI, K.; FUJIHARA, M. Stochastic optimal control of agrochemical pollutant loads in reservoirs for irrigation. **Journal of Cleaner Production**, v. 146, p. 37-46, 2017. ISSN 0959-6526.

MAKHLOUF, A.; SERRADJ, T.; CHENITI, H. Life cycle impact assessment of ammonia production in Algeria: A comparison with previous studies. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 50, p. 35-41, 2015. ISSN 0195-9255.

MARGNI, M. et al. Life cycle impact assessment of pesticides on human health and ecosystems. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 93, n. 1-3, p. 379-392, 2002. ISSN 0167-8809.

MATTSSON, B.; WALLÉN, E. Environmental life cycle assessment (LCA) of organic potatoes. 2002. p.427-435.

MCMICHAEL, A. J. et al. Food, livestock production, energy, climate change, and health. **The lancet**, v. 370, n. 9594, p. 1253-1263, 2007. ISSN 0140-6736.

MCSWINEY, C. P.; ROBERTSON, G. P. Nonlinear response of N₂O flux to incremental fertilizer addition in a continuous maize (*Zea mays* L.) cropping system. **Global Change Biology**, v. 11, n. 10, p. 1712-1719, 2005. ISSN 1354-1013.

MEYER-AURICH, A. et al. Cost efficient rotation and tillage options to sequester carbon and mitigate GHG emissions from agriculture in Eastern Canada. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 117, n. 2-3, p. 119-127, 2006. ISSN 0167-8809.

MINONZIO, G.; GRUB, A.; FUHRER, J. **Methan-Emissionen der schweizerischen Landwirtschaft: Quellen und Senken im ländlichen Raum**. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 1998.

NARDI, J.-B.; NARDI, J. B. **O fumo brasileiro no período colonial: lavoura, comércio e administração**. Editora Brasiliense, 1996. ISBN 8511131175.

NEMECEK, T.; KÄGI, T.; BLASER, S. Life cycle inventories of agricultural production systems. **Ecoinvent report version**, v. 2, p. 15, 2007.

NEVES, N. **Lavoura dourada: a saga dos produtores de tabaco do Sul do Brasil**. Editora Évora, 2010. ISBN 8563993011.

NOTARNICOLA, B. et al. The role of life cycle assessment in supporting sustainable agri-food systems: A review of the challenges. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 399-409, 2017. ISSN 0959-6526.

PIEROBON, F. et al. Life cycle environmental impact of firewood production—A case study in Italy. **Applied Energy**, v. 150, p. 185-195, 2015. ISSN 0306-2619.

QUEIROZ, G. D. C.; GARCIA, E. E. C. Reciclagem de sacolas plásticas de polietileno em termos de inventário de ciclo de vida. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 20, n. 5, 2010. ISSN 0104-1428.

REGA, F. V.; FERRANTI, P. Life Cycle Assessment of Coffee Production in Time of Global Change. In: (Ed.). **Reference Module in Food Science**: Elsevier, 2018. ISBN 978-0-08-100596-5.

REGINA, K.; KASEVA, J.; ESALA, M. Emissions of nitrous oxide from boreal agricultural mineral soils—statistical models based on measurements. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 164, p. 131-136, 2013. ISSN 0167-8809.

RIBEIRO, J. P. et al. Characteristics of ash and particle emissions during bubbling fluidised bed combustion of three types of residual forest biomass. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 11, p. 10018-10029, 2017. ISSN 0944-1344.

RIVERA, X. C. S. et al. The influence of fertiliser and pesticide emissions model on life cycle assessment of agricultural products: The case of Danish and Italian barley. **Science of the Total Environment**, v. 592, p. 745-757, 2017. ISSN 0048-9697.

ROSENBAUM-ELLIOTT, R.; PERCY, L.; PERVAN, S. **Strategic brand management**. Oxford University Press, USA, 2015. ISBN 0198704208.

ROY, P. et al. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. **Journal of food engineering**, v. 90, n. 1, p. 1-10, 2009. ISSN 0260-8774.

SAADE, M. R. M.; SILVA, M. G.; GOMES, V. A Avaliação do Ciclo de Vida—ACV, e a etapa de avaliação de impactos ambientais: considerações sobre o uso de diferentes métodos e seus reflexos nos resultados finais. 2014.

SARAIVA JÚNIOR, A. F.; TABOSA, C. D. M.; COSTA, R. P. D. Simulação de Monte Carlo aplicada à análise econômica de pedido. **Produção**, v. 21, n. 1, p. 149-164, 2011. ISSN 0103-6513.

SHARMA, B. D.; WANG, J.; LIU, S. Modeling of sustainable biomass utilization and carbon emission reduction. **Sensor Letters**, v. 9, n. 3, p. 1175-1179, 2011. ISSN 1546-198X.

SINDITABACOS. <Disponível em: <http://sinditabaco.com.br>>. Acesso em: 17 de julho, 2018.

SKOWROŃSKA, M.; FILIPEK, T. Life cycle assessment of fertilizers: a review. **International Agrophysics**, v. 28, n. 1, p. 101-110, 2014. ISSN 0236-8722.

SMITH, L. G. et al. Modelling the production impacts of a widespread conversion to organic agriculture in England and Wales. **Land Use Policy**, v. 76, p. 391-404, 2018. ISSN 0264-8377.

SMITH, P. et al. Greenhouse gas mitigation in agriculture. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1492, p. 789-813, 2008. ISSN 0962-8436.

SOLLI, C. et al. Life cycle assessment of wood-based heating in Norway. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 14, n. 6, p. 517-528, 2009. ISSN 0948-3349.

SUTTON, M. A. et al. Too much of a good thing. **Nature**, v. 472, n. 7342, p. 159, 2011. ISSN 1476-4687.

THOMAZINI, A. et al. Impact of organic no-till vegetables systems on soil organic matter in the Atlantic Forest biome. **Scientia Horticulturae**, v. 182, p. 145-155, 2015. ISSN 0304-4238.

THÖNI, L.; SEITLER, E.; MATTHAEI, D. **Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz 2000 bis 2006, im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt BAFU, der OSTLUFT un der Kantone Luzern und Freiburg 2007.**

TILMAN, D. et al. Forecasting agriculturally driven global environmental change. **Science**, v. 292, n. 5515, p. 281-284, 2001. ISSN 0036-8075.

TOFFOLATTI, S. L. et al. Sensitivity to cymoxanil in Italian populations of *Plasmopara viticola* oospores. **Pest management science**, v. 71, n. 8, p. 1182-1188, 2015. ISSN 1526-4998.

TRICASE, C. et al. A comparative Life Cycle Assessment between organic and conventional barley cultivation for sustainable agriculture pathways. **Journal of Cleaner Production**, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro>, v. 8, 2017.

TUOMISTO, H. L. et al. Does organic farming reduce environmental impacts?—A meta-analysis of European research. **Journal of environmental management**, v. 112, p. 309-320, 2012. ISSN 0301-4797.

VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. International Plant Nutrition Institute, 2011. ISBN 8598519073.

VAN ZELM, R.; LARREY-LASSALLE, P.; ROUX, P. Bridging the gap between life cycle inventory and impact assessment for toxicological assessments of pesticides used in crop production. **Chemosphere**, v. 100, p. 175-181, 2014. ISSN 0045-6535.

VAN ZELM, R. et al. Acidification. In: (Ed.). **Life Cycle Impact Assessment**: Springer, 2015. p.163-176.

VARGAS, M. A.; BONATO, A. Cultivo do tabaco, agricultura familiar e estratégias de diversificação no Brasil. **Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário**, 2007.

VARGAS, M. A.; OLIVEIRA, B. F. D. Estratégias de diversificação em áreas de cultivo de tabaco no Vale do Rio Pardo: uma análise comparativa. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, n. 1, p. 157-174, 2012. ISSN 0103-2003.

VENKAT, K. Comparison of twelve organic and conventional farming systems: a life cycle greenhouse gas emissions perspective. **Journal of Sustainable Agriculture**, v. 36, n. 6, p. 620-649, 2012. ISSN 1044-0046.

VICENTE, E. D. et al. Particulate and gaseous emissions from the combustion of different biofuels in a pellet stove. **Atmospheric Environment**, v. 120, p. 15-27, 2015. ISSN 1352-2310.

VOGT, O. P. A produção do fumo em Santa Cruz do Sul, RS: 1849-1993. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 1997.

WANG, F. et al. Analysis of heavy metal contents and source tracing in organic fertilizer from livestock manure in North China. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**, v. 29, n. 19, p. 202-208, 2013. ISSN 1002-6819.

WEIDEMA, B. P. et al. Overview and methodology: Data quality guideline for the ecoinvent database version 3. 2013.

WIEDMANN, T. O. et al. The material footprint of nations. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, p. 201220362, 2013. ISSN 0027-8424.

WILLIAMS, A.; AUDSLEY, E.; SANDARS, D. Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities: Defra project report IS0205. **Zu finden in:** <http://randd.defra.gov.uk/Default.aspx>, 2006.

YANG, J. et al. Research Progress of Factors Influencing the Yield and Quality of Flue-cured Tobacco. **Agricultural Science & Technology**, v. 16, n. 4, p. 820, 2015. ISSN 1009-4229.

YODKHUM, S.; GHEEWALA, S. H.; SAMPATTAGUL, S. Life cycle GHG evaluation of organic rice production in northern Thailand. **Journal of environmental management**, v. 196, p. 217-223, 2017. ISSN 0301-4797.

ZAFIRIOU, P. et al. Analysis of energy flow and greenhouse gas emissions in organic, integrated and conventional cultivation of white asparagus by PCA and HCA: cases in Greece. **Journal of cleaner production**, v. 29, p. 20-27, 2012. ISSN 0959-6526.

ZENG, M. et al. Model-based analysis of the long-term effects of fertilization management on cropland soil acidification. **Environmental science & technology**, v. 51, n. 7, p. 3843-3851, 2017. ISSN 0013-936X.

ZHOU, M. et al. Stimulation of N₂O emission by manure application to agricultural soils may largely offset carbon benefits: a global meta-analysis. **Global change biology**, v. 23, n. 10, p. 4068-4083, 2017. ISSN 1354-1013.

ZHU, Z. et al. Life cycle assessment of conventional and organic apple production systems in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 201, p. 156-168, 2018. ISSN 0959-6526.

ANEXO 1

Tabela de dados de entrada do inventário em cada etapa do sistema de produção de tabaco convencional.

ETAPA	ATIVIDADE	INSUMO	ESPECIFICAÇÃO	TOTAL/Há	UNIDADE
Produção de Mudanças	Outros	Encher os Canteiros de água	Outros	2,3	m ³
	Atividades mecanizadas	Encher os Canteiros de água	Diesel	0,2	l
	Fertilização e substrato	Fertilização	Fertilizante	13,3	Kg
	Fertilização e substrato	Fertilização	Fertilizante	0,5	l
	Outros	Limpeza das bandejas	Outros	0,2	m ³
	Fertilização e substrato	Substrato	Substrato	6,6	Units
	Outros	Semear	Outros	1,5	gr
	Outros	Semear	Outros	20.853,1	Units
	Defensivos	Controle de doenças	Fungicida	0,1	l
	Defensivos	Controle de pragas	Inseticida	0,2	l
	Defensivos	Controle de pragas	Inseticida	0,1	l
	Fertilização e substrato	Fertilização	Fertilizante	28,8	Kg
	Fertilização e substrato	Fertilização	Fertilizante	11,5	Kg
	Fertilização e substrato	Fertilização	Fertilizante		l

	substrato			1,8	
	Fertilização e substrato	Fertilização	Fertilizante	0,2	l
	Outros	Repor água nos canteiros	Outros	0,7	m ³
	Outros	Limpeza das bandejas e destruição dos canteiros	Outros	0,2	m ³
Tratos Culturais	Atividades mecanizadas	Cultivação	Diesel	9,4	l
	Atividades mecanizadas	Cultivação	Diesel	14,0	l
	Atividades mecanizadas	Cultivação	Diesel	7,2	l
	Atividades mecanizadas	Cultivação	Diesel	0,9	l
	Atividades mecanizadas	Manutenção do pH	Diesel	3,3	l
	Outros	Manutenção do pH	Other	3.690,3	Kg
	Atividades mecanizadas	Transporte	Diesel	5,8	l
	Atividades mecanizadas	Cultivação	Diesel	7,8	l
	Atividades mecanizadas	Fertilização	Diesel	7,6	l
	Fertilisation & Media	Fertilização	Fertilizante	9.460,9	Kg
	Defensivos	Controle de pragas	Inseticida	1,7	Kg
	Atividades mecanizadas	Controle de pragas	Diesel	0,6	l
	Atividades	Transporte	Diesel		l

	mecanizadas			2,4	
	Atividades mecanizadas	Cultivação	Diesel	12,1	l
	Defensivos	Controle de brotos	Controlador de brotos	52,4	l
	Defensivos	Controle de pragas	Inseticida	2,2	l
	Atividades mecanizadas	Transporte	Diesel	25,1	l
Secagem	Biomassa			22,7	m ³ estéreo/h a
Transporte		Santa Cruz do Sul - Camaquã		307,25	tkm

ANEXO 2

Tabela de dados de entrada do inventário em cada etapa do sistema de produção de tabaco orgânico.

ETAPA	ATIVIDADE	INSUMO	ESPECIFICAÇÃO	TOTAL/H	UNIDADE
Produção de Mudanças	Outros	Encher os Canteiros de água	Outros	2,3	m ³
	Atividades mecanizadas	Encher os Canteiros de água	Diesel	0,2	l
	Fertilização e substrato	Fertilização	Fertilizante	13,3	Kg
	Fertilização e substrato	Fertilização	Fertilizante	0,5	l
	Outros	Limpeza das bandejas	Outros	0,2	m ³
	Fertilização e substrato	Substrato	Substrato	6,6	Units
	Outros	Semear	Outros	1,5	gr
	Outros	Semear	Outros	20.85 3,1	Units
	Defensivos	Controle de doenças	Fungicida	0,1	l
	Defensivos	Controle de pragas	Inseticida	0,2	l
	Defensivos	Controle de pragas	Inseticida	0,1	l
	Fertilização e substrato	Fertilização	Fertilizante	28,8	Kg

	Fertilização e substrato	Fertilização	Fertilizante	11,5	Kg
	Fertilização e substrato	Fertilização	Fertilizante	1,8	l
	Fertilização e substrato	Fertilização	Fertilizante	0,2	l
	Outros	Repor água nos canteiros	Outros	0,7	m ³
	Outros	Limpeza das bandejas e destruição dos canteiros	Outros	0,2	m ³
Tratos Culturais	Atividades mecanizadas	Cultivação	Diesel	9,4	l
	Atividades mecanizadas	Cultivação	Diesel	14,0	l
	Atividades mecanizadas	Cultivação	Diesel	7,2	l
	Atividades mecanizadas	Cultivação	Diesel	0,9	l
	Atividades mecanizadas	Manutenção do pH	Diesel	3,3	l
	Outros	Manutenção do pH	Other	3.690,3	Kg
	Atividades mecanizadas	Transporte	Diesel	5,8	l
	Atividades mecanizadas	Cultivação	Diesel	7,8	l
	Atividades mecanizadas	Fertilização	Diesel	7,6	l
	Fertilisation & Media	Fertilização	Fertilizante	9.460,9	Kg
	Defensivos	Controle de pragas	Inseticida		Kg

				1,7	
	Atividades mecanizadas	Controle de pragas	Diesel	0,6	1
	Atividades mecanizadas	Transporte	Diesel	2,4	1
	Atividades mecanizadas	Cultivação	Diesel	12,1	1
	Defensivos	Controle de brotos	Controlador de brotos	52,4	1
	Defensivos	Controle de pragas	Inseticida	2,2	1
	Atividades mecanizadas	Transporte	Diesel	25,1	1
Secagem	Biomassa			22,7	m ³ estéreo/ ha
Transporte		Santa Cruz do Sul - Camaquã		307,2 5	tkm