



**Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu
Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos**

Caroline Ferreira Soares Cabral

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA NA PRODUÇÃO
INDUSTRIAL DE QUEIJO DE CABRA**

Rio de Janeiro - RJ
2019

Caroline Ferreira Soares Cabral

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE QUEIJO DE CABRA

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro.

Orientadora: Prof^ª Lilian Bechara Elabras Veiga, DSc

Orientadora: Prof^ª Simone Lorena Quiterio de Souza, DSc

Rio de Janeiro - RJ

2019

Caroline Ferreira Soares Cabral

AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE QUEIJO DE CABRA

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu, Mestrado Profissional em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro.

Data da defesa: 25 de março de 2019.

Marcelo Guimarães Araújo, DSc

Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental, Escola Nacional de Saúde Pública,
Fiocruz.

Giancarlo Alfonso Lovón-Canchumani, DSc

Departamento de Administração, Instituto Multidisciplinar -IM DAT, Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro.

Suplente: Adriano Gomes da Cruz, DSc

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

Orientadora: Lilian Bechara Elabras Veiga, DSc

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

Orientadora: Simone Lorena Quiterio de Souza, DSc

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro - RJ
2019

Os meus mais sinceros agradecimentos...

- À professora Lilian Bechara, pela orientação, apoio, confiança, compreensão de cada etapa da minha vida e suporte no tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.
- Ao professor Marcelo Guimarães, pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho e que grandemente contribuiu para esta etapa da minha formação, mostrando-se sempre solícito e cortês.
- À minha também orientadora Simone Lorena que junto a mim embarcou neste novo mar que nos trouxe mais sabedoria.
- Ao professor e coordenador de curso Adriano Cruz pela oportunidade e apoio na elaboração deste trabalho.
- Novamente às professoras Simone e Lilian pelo paciente trabalho de revisão da redação.
- Aos meus amigos de curso, Ana, Julia e Gustavo que muito contribuíram incentivando, tirando dúvidas e formando laços de amizade que levarei para todo o sempre.
- Ao meu marido Felipe que sempre está ao meu lado dando suporte e apoiando cada passo da minha carreira e da minha vida.
- Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do carácter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos *professores* dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

CABRAL, C F S. *Avaliação do ciclo de vida na produção industrial de queijo de cabra*. p. 70. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), *Campus* Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2019.

RESUMO

A avaliação do ciclo de vida (ACV) é uma ferramenta de gestão ambiental que identifica e mensura os possíveis impactos ambientais resultantes da fabricação e utilização de um produto. A abordagem sistêmica da ACV é conhecida como do “berço ao túmulo”, onde são identificadas as entradas, saídas e os impactos ambientais em todas as fases do ciclo de vida do produto. O presente estudo teve como objetivo a realização da avaliação do ciclo de vida na produção de queijo de cabra industrial com o intuito de propor medidas mitigatórias ao processo. Os dados primários foram obtidos *in loco* em uma pequena indústria de laticínios localizada no município de São Gonçalo, estado do Rio de Janeiro. Os dados obtidos foram utilizados para a elaboração do inventário do ciclo de vida e posteriormente foram analisados através da metodologia de avaliação de impactos ILCD, com o auxílio do *software* Simapro. Os resultados do estudo mostraram que os impactos mais relevantes na produção de queijo de cabra são: o uso da terra, o potencial de acidificação, a eutrofização terrestre e aquática, a ecotoxicidade da água e as mudanças climáticas oriundos da produção de leite de cabra, mais especificamente da plantação de soja, principal componente da alimentação animal. Diversos estudos apontam o farelo de algodão como um substituto ao farelo de soja na alimentação animal, no entanto tais estudos levam em consideração apenas os aspectos econômicos, não considerando as questões ambientais. Para que seja possível indicar um substituto sustentável à soja é necessário a realização de mais estudos que considerem não apenas o aspecto econômico, mas também os impactos ambientais gerados durante o processo de produção.

Palavras-chave: avaliação do ciclo de vida, queijo de cabra, indústria de laticínios, sustentabilidade.

CABRAL, C F S. *Life cycle assessment in the industrial production of goat cheese*. p. 70. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), *Campus Rio de Janeiro*, RJ, 2019.

ABSTRACT

Life cycle assessment (LCA) is an environmental management tool that identifies and measures the potential environmental impacts from a product manufacture and use. The LCA systemic approach is known as “from cradle to gate”, where inputs, outputs and potential environmental impacts of a product are identified throughout a product life cycle. This study aims to evaluate the main environmental impacts related to goat cheese production, using LCA tool, with the aim of proposing mitigation measures. Primary data from goat cheese production was obtained locally in a small dairy industry located in the municipality of São Gonçalo, state of Rio de Janeiro. The data obtained was used in the life cycle inventory and was later analyzed using the ILCD method for the impact assessment, with the support of Simapro software. The results revealed that the major environmental impacts in the production of goat cheese were land use, acidification potential, terrestrial and freshwater eutrophication, water ecotoxicity and climate change, from goat milk production, more specifically from the soybean plantation, the main component of animal feed. Many studies suggest the use of cotton bran as a substitute for soybean bran in animal feed, however, those studies only consider economic aspects, overwhelming the environmental aspects. In order to suggest a sustainable substitute for soybeans, more studies are needed, considering not only the economic aspects but also the environmental impacts generated in the production process.

Keywords: life cycle assessment, goat cheese, dairy industry, sustainability.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACV – Avaliação do Ciclo de Vida

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

PIB – Produto Interno Bruto

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas

PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente

PNRH – Plano Nacional de Recursos Hídricos

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

NDC – Contribuição Nacional Determinada

PAPs – Planos Agrícolas e Pecuários

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

SETAC – *Society of Environmental Toxicology and Chemistry*

UNEP – *United Environmental Programme*

ILCD – *International Reference Life Cycle*

ABCV – Associação Brasileira do Ciclo de Vida

IBICT – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia

SICV Brasil – Sistema Brasileiro do Inventário de Ciclo de Vida

PBACV – Programa Brasileiro de Avaliação de Ciclo de Vida

LCT – *Life Cycle Thinking*

ICV – Inventário do Ciclo de Vida

SIF – Serviço de Inspeção Federal

GWP – *Global Warming Potential*

EUA – Estados Unidos das Américas

MS – Matéria Seca

PB – Proteína Bruta

EE – Extrato Etéreo

FDN – Fibra em Detergente Neutro

FDA – Fibra em Detergente Ácido

NDT – Nutrientes Digeríveis Totais

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

FIGURA 1 – CONCENTRAÇÃO DO REBANHO CAPRINO NO BRASIL.....	24
FIGURA 2 – ESTRUTURA DA ACV.....	29
FIGURA 3 – PROCESSO DE ANÁLISE DE INVENTÁRIO.....	32
FIGURA 4 – CICLO DE VIDA DA PRODUÇÃO DO QUEIJO DE CABRA.....	43

GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – IMPACTOS AMBIENTAIS NO CICLO DE VIDA DA PRDODUÇÃO DE QUEIJO DE CABRA EM PERCENTUAL.....	47
GRÁFICO 2 – COMPARAÇÃO ENTRE CENÁRIO 1 (PRODUÇÃO DE LEITE DE CABRA) E CENÁRIO 2 (PRODUÇÃO DO LEITE DE CABRA COM SUBSTITUIÇÃO DO FARELO DE SOJA POR FENO E CAPIM).....	52

QUADROS

QUADRO 1 – INSUMOS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE LEITE DE CABRA POR UNIDADE FUNCIONAL.....	44
QUADRO 2 – INSUMOS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE QUEIJO DE CABRA POR UNIDADE FUNCIONAL.....	45

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 SUSTENTABILIDADE E O SETOR DE LATICÍNIOS NO BRASIL	15
3.2 QUALIDADE NUTRICIONAL DO LEITE DE CABRA E SUA IMPORTÂNCIA	21
3.3 CENÁRIO MUNDIAL E NACIONAL DA CAPRINOCULTURA	23
3.4 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA	25
3.5 ACV E AS NORMAS ISO	28
3.6 FASES DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA	29
3.7 <i>SOFTWARES</i> DE APOIO PARA ACV	33
3.8 LIMITAÇÕES DA ACV	35
3.9 ACV EM PRODUTOS LÁCTEOS	36
4. MATERIAIS E MÉTODOS	41
5. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO QUEIJO DE CABRA	43
5.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO	43
5.2 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO PRODUTOR DE LEITE E QUEIJO DE CABRA	44
5.3 INSUMOS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE LEITE E QUEIJO DE CABRA E DIVISÃO DA ACV EM SUBSISTEMAS	45
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
6.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS	49
6.2 USO DA TERRA	50
6.3 ECOTOXICIDADE DA ÁGUA	51
6.4 POTENCIAL DE ACIDIFICAÇÃO	51

6.5 SUBSTITUIÇÃO DA SOJA NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL: UMA COMPARAÇÃO ENTRE DOIS CENÁRIOS.	52
6.6 MEDIDAS MITIGATÓRIAS PARA A MINIMIZAÇÃO DOS IMPACTOS	55
7.CONCLUSÃO	57
8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
APÊNDICE A	69
APÊNDICE B	70

1. INTRODUÇÃO

Após a Revolução Industrial, que teve início no século XVIII, houve um aumento na demanda por bens de consumo. Com o uso das máquinas pelas indústrias a capacidade de alterar o ambiente em que se vive foi multiplicada. Desde então, a sociedade vem passando por constantes mudanças de hábitos de consumo. Países com economias emergentes e em desenvolvimento passaram a fazer parte desse mercado. Gradualmente houve uma transição no consumo de bens considerados essenciais, para bens não obrigatórios, considerados supérfluos.

Somando-se esse aumento na demanda por bens de consumo ao crescimento populacional desmesurado, houve um aumento da necessidade de extração de recursos naturais, do uso de fontes de energia renováveis e não renováveis e da geração e do descarte de poluentes (resíduos, efluentes, emissões atmosféricas). Como resultado, diversos impactos ambientais começam a ser identificados, tais como, o efeito estufa, resultante do aumento das emissões de gases de efeitos estufa na atmosfera, a disseminação de substâncias tóxicas no meio ambiente, a contaminação dos corpos hídricos, dos lençóis freáticos e do solo, a redução de áreas florestais e da biodiversidade, etc.

Com o aumento da produção industrial inicia-se o processo de degradação ambiental. Da extração da matéria prima ao descarte final ocorrem impactos ao meio ambiente e a saúde humana. As empresas utilizavam métodos pouco eficientes para minimizar a geração e tratar seus resíduos e agiam como se as matérias-primas não renováveis, a energia utilizada e a capacidade do planeta de absorver todos esses impactos fossem ilimitadas. Assim, a intensificação dos processos produtivos teve por consequência a intensificação dos problemas ambientais, resultando em alterações na qualidade de vida e no meio ambiente.

Diante da problemática as empresas, na busca de uma maior eficiência no processo produtivo, gradualmente, começaram a adotar de forma voluntária e como estratégia de negócios, instrumentos de gestão ambiental¹, com o objetivo de reduzir a geração de poluentes e, minimizar o uso dos recursos naturais (matéria-prima, água, energia).

Assim, as empresas, em um primeiro momento, por imposição legal, e depois por vislumbrarem vantagem competitiva, passaram a considerar o impacto de suas operações no

¹Os instrumentos de gestão ambiental são ferramentas que visam auxiliar no processo de planejamento e na operacionalização da gestão ambiental, de forma que esta gestão seja integrada de modo estratégico por todas as suas atividades. São ferramentas de gestão ambiental: Produção mais limpa (P+L), avaliação do impacto ambiental, sistemas de gestão ambiental, ecoeficiência, educação ambiental, avaliação e gerenciamento de risco, avaliação do ciclo de vida, passivos ambientais, *ecodesing*, etc.

meio ambiente. Essa mudança de paradigma foi resultado, em um primeiro momento da pressão exercida pelo governo, e depois pela sociedade e pelo mercado (BARBIERI, 2016). Devido ao crescente processo de conscientização ecológica da sociedade, a adoção de instrumentos de gestão ambiental passa a ser desejável para que a empresa tenha uma imagem positiva frente à sociedade, ao mercado e a seus acionistas e demais partes interessadas.

No setor de alimentos não tem sido diferente. A preocupação com o meio ambiente e o aumento da produtividade gerou a busca por novas tecnologias que aperfeiçoem a capacidade produtiva de forma sustentável, ao menor custo e mantendo a competitividade.

O processo de industrialização de alimentos está entre os que mais consomem recursos naturais como a água e geram resíduos sólidos. A indústria de laticínios se enquadra neste perfil, ela é responsável por grande desperdício de água e geração de efluentes com elevadas cargas orgânicas que são despejadas em rios, poluindo e prejudicando a biodiversidade. Neste sentido, as indústrias de alimentos têm o desafio de se tornarem ambientalmente corretas, ao menor custo e mantendo a competitividade.

Conforme mencionado anteriormente, a preocupação com a escassez de recursos naturais e com os impactos ambientais resultantes do estilo de vida capitalista, focado na aquisição e produção de bens de consumo resultou no desenvolvimento de instrumentos e ferramentas de gestão ambiental que tiveram como consequência formas mais sustentáveis de produção.

O crescimento populacional acelerado juntamente com o aumento da produção de bens por diferentes setores industriais resultou em um aumento dos impactos ambientais globais. Como por exemplos, o aumento da criação bovina resultou em um aumento na geração de gás metano (CH₄), responsável pelo aumento do efeito estufa, além de causar prejuízos ao meio ambiente e a saúde da população, o consumo excessivo de água por parte das indústrias e ainda a contaminação de solo e fontes naturais de água com efluentes e resíduos do processo produtivo. Toda essa produção acelerada e descoordenada leva à escassez de recursos naturais.

Uma maneira das empresas minimizarem esses impactos ambientais resultantes da produção de bens de consumo é analisar o ciclo de vida dos produtos. Todo produto possui um ciclo de vida que vai desde a extração da matéria-prima até seu consumo e destinação final da embalagem.

A partir da ferramenta de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) a indústria pode verificar as etapas do processo de produção responsáveis pelo maior consumo de recursos naturais e geradoras de impactos ambientais significativos e implantar ações corretivas e preventivas.

Além disso, o consumidor se tornou mais consciente e exigente quanto aos produtos que consome, dando preferência a produtos que seguem uma linha sustentável. Logo, o uso da ACV permite a empresa utilizar esta ferramenta como um *marketing* verde de mercado para atrair esse consumidor mais consciente.

A ACV é uma ferramenta de gestão ambiental, de natureza voluntária, reconhecida internacionalmente. A ACV possibilita a identificação, quantificação e avaliação dos impactos ambientais e socioeconômicos de atividades produtivas ao longo de todo o seu ciclo de vida, por meio da quantificação do uso de recursos naturais (entradas) e das emissões ambientais (saídas).

A aplicação desta ferramenta segue os requisitos e a metodologia estabelecidos nas normas ABNT NBR ISO 14040:2009- Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estruturas e ABNT NBR ISO 14044:2009 Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações (ABNT, 2009). Quando empregada fornece informações desde a extração da matéria prima até o descarte final do produto, permitindo a adoção de medidas mitigatórias sobre os impactos ambientais gerados durante o processo de produção. A ACV contribui na identificação de oportunidades para a melhoria do desempenho ambiental dos produtos, em diversos pontos do seu ciclo de vida e para o processo de tomada de decisão pelas empresas, organizações governamentais e não governamentais.

A partir do acima exposto, o presente estudo visa identificar e analisar, aplicando a ferramenta Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), a partir da norma ABNT NBR ISO 14040:2009- Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura, os impactos ambientais gerados na produção de queijo de cabra, resultando ao final, na proposição de ações corretivas que possam ser aplicadas na produção avaliada.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o ciclo de vida da produção de queijo de cabra, aplicando a ferramenta Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), a partir da norma ABNT NBR ISO 14040:2009- Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura, com o propósito de analisar e comparar os impactos ambientais gerados no processo de fabricação do mesmo com dados da literatura e propor medidas mitigatórias.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um diagnóstico do processo produtivo de queijo de cabra.
- Identificar os potenciais impactos ambientais do processo produtivo do queijo de cabra, a partir do uso da ferramenta ACV.
- A partir da identificação dos impactos, realizar uma avaliação comparativa com dados da literatura científica.
- Propor medidas mitigatórias visando minimizar os impactos identificados.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 SUSTENTABILIDADE E O SETOR DE LATICÍNIOS NO BRASIL

Um dos desafios mais relevantes e atuais para o desenvolvimento do Brasil é manter constante o crescimento e desenvolvimento da produção agropecuária e, ao mesmo tempo, reduzir os impactos ambientais dessa produção sobre os recursos naturais. Muito recentemente as políticas governamentais voltadas para esse setor despertaram para questões que dizem respeito à sustentabilidade ambiental e de fato definir programas e metas com esse objetivo (IPEA, 2012).

Nas últimas décadas o setor da agroindústria destacou-se na economia brasileira, pois demonstrou um aumento expressivo em produtividade e também cresceu sua importância para a manutenção do equilíbrio da balança comercial do país. Houve uma modernização no setor e um aumento no uso intensivo de insumos e máquinas, elevando-se assim os níveis de produtividade (GASQUES *et al.*, 2010).

Estima-se que a produção da agroindústria brasileira, que inclui toda a produção advinda das atividades agropecuárias e das indústrias a montante e a jusante desse processo produtivo, corresponda atualmente por 21,6% do Produto Interno Bruto (PIB) (CEPEA, 2017).

Este é ainda um setor expressivo em relação à ocupação territorial, pois de acordo com os dados do Censo Agropecuário (IBGE, 2017), os estabelecimentos agropecuários ocupam uma área total de 350,3 milhões de hectares, ou seja, 41% do território nacional. Os impactos ambientais dessas atividades são consideráveis uma vez que utilizam principalmente a terra e os recursos naturais em seus processos produtivos, afetando o ciclo hidrológico, o clima e a qualidade dos recursos naturais.

A utilização desenfreada dos recursos naturais gerou em muitos países uma preocupação crescente relacionada ao seu esgotamento e a sustentabilidade do crescimento da economia, tendo por resultado a realização de inúmeras conferências entre as nações a fim de discutir o tema. Foi em meio a essas discussões que surgiu o conceito de desenvolvimento sustentável definido como aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações no sentido de atenderem às suas próprias necessidades (CMMAD, 1988).

No Brasil, nas últimas décadas, as políticas públicas que envolviam oferta de crédito atrelado à compra de insumos (agrotóxicos e fertilizantes), a criação de órgãos de pesquisa nacionais e estaduais para dar suporte à implantação de tecnologias agrícolas, o treinamento no exterior para professores das universidades de agronomia e a criação de um serviço de extensão rural para levar a tecnologia ao agricultor, priorizaram o modelo de desenvolvimento baseado na revolução verde que se tratou de um processo de modernização da agricultura a fim de aumentar a produção agrícola e minimizar a fome (TEIXEIRA *et. al.*, 2016). O resultado proporcionou um aumento considerável da produção agropecuária do país. Promoveu-se o desenvolvimento da tecnologia de produção de *commodities* definindo o Brasil como celeiro alimentar no cenário mundial (CRESTANA e FRAGALLE, 2012). No entanto, essas políticas deixaram de lado os potenciais impactos ambientais do modelo de desenvolvimento adotado, promovendo um desequilíbrio na sustentabilidade ao favorecer o aspecto econômico ao social e ambiental. Recentemente, porém, sob a ótica do meio ambiente, houve um aumento da promoção de políticas com viés de sustentabilidade, impulsionadas pela pressão mundial para a mitigação das mudanças climáticas, pressão do mercado e conscientização da sociedade em relação ao tema.

Dentre essas políticas, pode-se citar a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei nº 6.938/81 que tem como objetivo a compatibilização do desenvolvimento econômico-social, com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico (BRASIL, 1981).

A Política Nacional de Recursos Hídricos estabelece a competência do Estado brasileiro, nas esferas federal e estadual, no gerenciamento dos recursos hídricos, definindo a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos. A instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos se deu através da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, definindo instrumentos necessários a orientar a gestão das águas no Brasil (BRASIL, 1997).

Outra política pública com viés de sustentabilidade é a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelecida pela Lei nº 12.305 de 2010, que objetiva organizar a forma com que o país gerencia seus resíduos e rejeitos exigindo dos setores públicos e privados a transparência na gerência de seus resíduos (BRASIL, 2010).

Também há o Código Florestal Brasileiro instituído pela Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 estabelece normas para a proteção da vegetação nativa em áreas de preservação permanente, reserva legal, uso restrito, exploração florestal e assuntos correlatos, tendo como objetivo o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2012).

Em relação as Mudanças Climáticas, a Política Nacional de sobre Mudanças Climáticas, instituída pela Lei nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009, estabeleceu metas para redução das emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% das emissões projetadas até 2020. Em 2015, na 21ª Conferência das Partes em Paris, foi definido um ~~nov~~ acordo com o objetivo central de fortalecer a resposta global à ameaça da mudança climática e de reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos ambientais decorrentes dessas mudanças (BRASIL, 2019). Neste contexto, o Brasil adotou a sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, na sigla em inglês) onde se comprometeu-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025, com uma contribuição indicativa subsequente de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030. Para tanto, o Brasil assumiu o compromisso de aumentar a participação de bioenergia sustentável na matriz energética para aproximadamente 18% até o ano de 2030, restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de floresta, bem como alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energéticas em 2030 (BRASIL, 2019).

A sustentabilidade ambiental passou a fazer parte dos objetivos gerais dos Planos Agrícolas e Pecuários (PAPs) lançados anualmente pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Houve incentivo à agricultura de baixo carbono, apoio à agricultura orgânica, dentre outros (MAPA, 2011, 2012).

O setor de laticínios no Brasil é numeroso e diversificado, pois conta com empresas de pequeno a grande porte, desde pequenos produtores, cooperativas até grandes multinacionais com capacidade de processamento diário de centenas de litros de leite.

Por esse motivo as indústrias de laticínios possuem grande relevância, tanto social quanto econômica (JERÔNIMO *et al.*, 2012).

Com a expansão do consumo e o aumento da variedade de produtos lácteos a um nível mundial as indústrias objetaram a necessidade de evoluir com tecnologias e mudanças em relação aos hábitos de produção, a fim de, assumir métodos de desempenho de padrões de qualidade e medidas de preservação ambiental, elevando seu nível de competitividade mercadológico (SIQUEIRA, 2010).

O setor de alimentos, dentre as atividades industriais, destaca-se como potencialmente poluidor e gerador de impactos ambientais. As indústrias de laticínios são responsáveis por causar grande dispêndio de água e geração e efluentes com carga orgânica elevada, advindos das operações de limpeza de equipamentos e setores. Logo, os principais impactos ambientais identificados nas indústrias de lácteos são os lançamentos de efluentes líquidos, geração de resíduos sólidos e emissões atmosféricas que em geral não possuem nenhum controle ou

medidas de tratamento. A propagação de resíduos e efluentes desinentes do processamento da matéria prima é um ponto a ser considerado quando relacionada aos impactos ambientais que são gerados (BOSCO, 2013; MACHADO; SILVA e FREIRE, 2001; MACHADO *et al.*, 2006; NAIME *et al.*, 2005). Além de que, o elevado consumo de água ao longo da produção de lácteos torna este setor da indústria um dos principais geradores de efluentes potencialmente poluidores (POKRYWIECKI *et al.*, 2013).

Durante todas as etapas de produção do setor de laticínios, são gerados aspectos ambientais inerentes ao processo industrial. Estes aspectos são, em sua maioria, os efluentes líquidos industriais, resíduos sólidos e as emissões atmosféricas, que sem o devido controle e mitigação, possuem potencial de geração de impactos ambientais associados à atividade. Durante o processo produtivo na indústria de lácteos são originados despejos líquidos industriais oriundos de diversos setores como: água de lavagem de equipamentos, derrames devido a falhas de operação ou equipamentos em manutenção, perdas no processo durante a operação de equipamentos, descarte de subprodutos (soro) ou produtos rejeitados (leite impróprio para o preparo), soluções usadas para limpeza dos equipamentos e pisos, tais como detergentes neutros, alcalinos e ácidos e ainda os desinfetantes, lubrificante de equipamentos, derrame ou descarte de soro proveniente da fabricação de queijos (FIEMG, 2014).

Quando não são utilizadas medidas de tratamento adequadas, esses efluentes podem acarretar alterações na qualidade dos corpos receptores de água causando grande impacto ao ecossistema (POKRYWIECKI *et al.*, 2013).

Conforme a norma ABNT NBR ISO 14001:2015, o aspecto ambiental é definido como “elemento das atividades ou produtos ou serviços de uma organização que podem interagir com o meio ambiente”. A norma define ainda que impacto ambiental é resultante dessa interação que provoca alterações, benéficas ou não, no meio ambiente. À complementar a CETESB (2008) declara que os aspectos ambientais são conformados pelos agentes geradores de interações, como por exemplo a energia, água, consumo de matérias primas, emissões atmosféricas, resíduos e odor e possui uma relação direta com entradas e saídas no processo.

As descargas de efluentes caracterizam as principais geradoras de impactos ambientais na indústria de produtos lácteos. Esses efluentes são constituídos basicamente de leite diluído, materiais sólidos flutuantes, partículas de queijo, gorduras, produtos de limpeza e esgoto. Possuem carga orgânica elevada e também resíduos de detergentes, lubrificantes, desinfetantes, pedaços de frutas, etc. Destacando-se o soro com elevado potencial de poluição (MACHADO *et al.*, 2001; OZBAY e DEMIRER, 2007; SARAIVA, 2008; KUBOTA e ROSA, 2013).

Segundo a CETESB (2008), o soro que é um subproduto da fabricação de queijos, constitui de 80% a 90% do total de leite processado. Devido ao seu alto valor nutritivo e elevada carga orgânica, não é recomendado misturá-lo aos demais efluentes do processo, pois ao ser descartado sem tratamento prévio acarreta prejuízos ao meio ambiente.

Já a água caracteriza o recurso natural mais relevante na produção de produtos lácteos e sua utilização está atrelada à garantia das condições higiênicas sanitárias do local (WILLERS, *et al.*, 2014). A CETESB (2008) traz a informação de que é necessário entre 1 e 6 litros de água para a produção de 1 quilo de leite. O consumo de energia está entrelaçado diretamente com a qualidade dos produtos, principalmente os que necessitam de armazenamento sob refrigeração e cerca de 80% do consumo de energia é por meio de combustão de madeira ou combustível fóssil, o que acarreta emissões atmosféricas.

Os resíduos sólidos gerados provêm da planta de processamento caracterizados por perda de matéria prima, perda de produto acabado, sobras de embalagens, embalagens defeituosas, produtos devolvidos e cinzas das caldeiras, além dos oriundos da área administrativa e higiene pessoal como papéis, plástico, embalagens, papel toalha e papel higiênico. Também é possível ressaltar o lodo gerado nas estações de tratamento de efluentes que pode gerar impacto negativo ao meio ambiente caso seja disposto de maneira inadequada (BOARO, 2008).

As emissões atmosféricas são provenientes da fumaça oriunda da queima de lenha, óleo combustível ou gás natural para o aquecimento das caldeiras, queima de diesel que abastece os caminhões que transportam a matéria prima e o produto acabado (BOARO, 2008), gases refrigerantes provenientes de eventuais vazamentos, exaustão de ar quente do evaporador de leite e odores e vapores das torres de resfriamento (CETESB, 2008).

As pequenas e médias fábricas de laticínios também geram resíduos sólidos como embalagens e bombonas plásticas, embalagens de papelão secundárias, lixo doméstico, cinzas de caldeiras, aparas de queijo, vidros e metais em menores quantidades. As emissões atmosféricas geradas pelas fábricas de laticínios são advindas da queima dos combustíveis nas caldeiras como óleo ou lenha, cujo vapor é utilizado em processos produtivos como pasteurização de leite e fabricação de queijos e também para desinfecção e limpeza do ambiente (NOGUEIRA *et al.*, 2011).

Nesse sentido, é imprescindível que as indústrias de laticínios busquem alternativas para minimizar os impactos ambientais gerados em seu processo produtivo, e assim estar em conformidade no que diz respeito às questões ambientais, que grande parte das vezes são tratadas como fatores secundários e onerosos, ou seja, um custo adicional para a empresa.

Percebe-se, ainda hoje, que para muitas empresas o principal fator que impulsiona a adoção de práticas de gestão ambiental, não é a prevenção da poluição, mas sim a legislação ambiental, os chamados instrumentos de comando e controle (BARBIERI, 2016).

Contudo algumas indústrias de lácteos têm procurado por boas práticas de produção e qualidade (WISSMANN *et al.*, 2013). Nessas indústrias são empregados tratamentos convencionais que, na maior parte dos casos, utilizam tecnologias simples, de fácil manejo e baixo custo.

Para o tratamento de efluentes, por exemplo, são empregados processos biológicos que consistem em reduzir os níveis de matéria orgânica, microrganismos patogênicos e apresentam boa ciclagem de nutrientes (COSTA *et al.*, 2003). O soro do leite, que possui de 4 a 6g de proteínas por litro, é extraído durante o processo de fabricação de queijos, além de propriedades nutricionais, essas proteínas são versáteis e possuem propriedades funcionais tecnológicas, pois são altamente solúveis e capazes de geleificação, podendo ser utilizadas como ingredientes de produtos alimentícios como bebidas lácteas, ricota, isolados de proteína, etc (ROHLFES *et al.*, 2011; PELEGRINE *et al.*, 2008).

Neste contexto o tratamento e controle de resíduos e poluentes ocorrem após a geração desses. Em alguns casos os resíduos não são eliminados, apenas são transferidos de um local para outro. Todavia esse tipo de tratamento traz implícito a ideia de que a quantidade de matéria prima, água e energia utilizadas são ilimitadas, assim como a capacidade do ambiente de absorver os resíduos (GIANNETTI e ALMEIDA, 2012).

Diante dos atuais debates acerca do desenvolvimento pautado na sustentabilidade, gradativamente os políticos e cientistas vêm chegando ao consenso de que para garantir a segurança alimentar da população mundial não basta apenas promover o aumento da produção agropecuária pelo mundo. É preciso levar em consideração além da quantidade produzida questões como a qualidade dos alimentos, processo de distribuição desses alimentos, principalmente para a população mais necessitada e os impactos ambientais gerados por essa produção em larga escala, ou seja, deve-se considerar a base dos recursos naturais² e serviços ecossistêmicos³ que permitirão a continuação do desenvolvimento das sociedades atuais e futuras (BAULCOMBE *et al.*, 2009; UNCSD, 2012).

²**Recursos naturais** são bens que estão à disposição do Homem e que são usados para a sua sobrevivência, bem-estar e conforto. São considerados **recursos naturais** os bens que são extraídos da natureza de forma direta ou indireta, e são transformados para a utilização na vida do ser humano.

³**Serviços ecossistêmicos** são os bens e serviços que os seres humanos obtêm dos ecossistemas direta ou indiretamente.

3.2 QUALIDADE NUTRICIONAL DO LEITE DE CABRA E SUA IMPORTÂNCIA

A criação de cabras para produção de leite é uma atividade que vem se destacando no Brasil, pois tem uma importância crescente na produção de diferentes produtos alimentícios além de ser uma boa fonte de renda principalmente para pequenos produtores. As cabras apresentam facilidade de manejo e se adaptam facilmente às condições ambientais, além disso, produzem leite de qualidade (CATUNDA *et al.*, 2016).

O leite de cabra possui qualidades nutricionais que são mais valorizadas diante do leite bovino, possui baixo teor de lactose e é constituído por 87% de água, 4% de lipídeos, 4% de lactose, 3,5% de proteínas e 1% de cinzas (PARK, *et al.*, 2007). Além disso, possui relevante teor de minerais como cálcio, cobre, manganês, zinco e selênio, assim como de vitamina A, niacina e riboflavina (LIMA *et al.*, 2016). O perfil lipídico apresenta em sua maioria triacilgliceróis (98%), traços de fosfolipídios, colesterol e ácidos graxos livres, por apresentar glóbulos de gordura menores e uma quantidade maior de ácidos graxos de cadeia média e curta o processo digestivo é facilitado (TAYLOR e MACGIBBON, 2011).

A fração de proteínas do leite de cabra, tal como no leite bovino, é dividida em caseína e proteínas do soro do leite. Enquanto a maioria das proteínas do leite de vaca é composta pela α_{s1} - caseína o leite caprino apresenta frações majoritariamente compostas por β -caseína e α_{s2} -caseína (VERRUCK, DANTAS e PRUDENCIO, 2019).

A porcentagem de proteínas no leite de cabra, principalmente α -lactoalbumina, β -lactoglobulina e imunoglobulinas são de grande importância do ponto de vista nutricional, pois apresentam aminoácidos essenciais de forma equilibrada e em concordância com os requisitos da Organização para Alimentação e Agricultura das Nações Unidas – FAO (CASSANEGO *et al.*, 2012).

Logo, o leite caprino vem se tornando uma opção ao leite bovino, devido a propensão de alergia alimentar deste último, principalmente em crianças. Enquanto o leite de vaca apresenta em seu conteúdo um teor de 12 a 15 g L⁻¹ de α_{s1} -caseína, proteína associada aos processos alérgicos, o leite de cabra apresenta no máximo 7 g L⁻¹ (HODGKINSON *et al.*, 2017). De acordo com Pulina e colaboradores (2018), nos Estados Unidos e em outros países desenvolvidos o leite caprino é consumido principalmente por pessoas com intolerância ou alergias ao leite de vaca ou com distúrbios gastrointestinais.

De acordo com Crittenden e Bennett (2005) a alergia ao leite é caracterizada por uma resposta imunológica mediada por uma ou mais proteínas do leite. As razões pelas quais um

indivíduo desenvolve alergia a proteína não são bem definidas cientificamente, porém acredita-se que envolve uma complexa interação entre fatores ambientais e genéticos.

O histórico familiar de alergia e a exposição da criança precocemente ao leite de vaca são fatores de risco para o desenvolvimento de alergia ao leite de vaca (HALKEN, 2004). É, portanto mais comum em recém-nascidos e crianças do que em adultos. De acordo com Hodgkinson e colaboradores (2017), a alergia ao leite bovino atinge aproximadamente 6% das crianças no Brasil e a substituição pelo leite de cabra tem demonstrado resultados positivos em até 40% dos casos.

O leite de cabra apresenta ainda propriedades funcionais uma vez que a β -lactoglobulina possui conformação diferente em relação à encontrada no leite bovino, pois durante o processo de digestão há a formação de compostos peptídeos bioativos que exercem atividade anti-hipertensiva, antimicrobiana, antioxidante e imunomoduladoras (BALTHAZAR *et al.*, 2017). Os ácidos linoleicos conjugados presentes no leite de cabra apresentam função comprovada na inibição do câncer, função antiaterogênica e ainda melhora as funções imunológicas (ELWOOD *et al.*, 2010). Como relatado anteriormente, com relação ao perfil mineral, além do leite de cabra apresentar quantidades satisfatórias de cálcio, fósforo, magnésio, ferro e cobre em relação ao leite bovino, a biodisponibilidade destes é aumentada. Devido ao fato de as cabras converterem todo o betacaroteno em vitamina A, está também presente em concentração mais elevada no leite caprino com relação ao leite de vaca (VERRUCK, DANTAS e PRUDENCIO, 2019). Quando fornecida juntamente com a vitamina D a vitamina A desempenha papel fundamental no desenvolvimento e crescimento dos indivíduos (LARQUE *et al.*, 2001).

O leite caprino está na categoria de alimentos funcionais atualmente, pois além de ser uma excelente fonte de nutrientes, participa da manutenção da saúde e reduz o risco de desenvolvimento de doenças. É recomendado como parte de uma alimentação adequada principalmente para indivíduos idosos convalescentes e crianças, devido suas características hipoalergênicas e uma melhor digestibilidade (HAENLEIN, 2004, CHYE *et al.*, 2012).

Portanto, os produtos lácteos de origem caprina são considerados saudáveis e possuem características bioquímicas e sensoriais desejáveis o que permite que seja produzida uma gama de produtos derivados, principalmente queijos com alto valor de mercado (CAVICCHIOLI *et al.*, 2015).

Além disso, em regiões áridas e semiáridas o leite de cabra constitui um alimento essencial como fonte de proteína de alto valor biológico e alto teor de cálcio, principalmente para pessoas de baixa renda. Pois nessas regiões as vacas têm dificuldade de adaptação, portanto

as cabras são consideradas pelos consumidores como animais ecológicos e seus produtos satisfatórios para manutenção da saúde (HAENLEN, 2004).

De acordo com Olalla e colaboradores (2009), com a atual tendência da procura por uma alimentação saudável o leite de cabra e seus produtos derivados constitui um nicho de mercado promissor dentro da indústria de lácteos devido suas características nutricionais e funcionais. Além disso, os produtos derivados do leite de cabra possuem alto valor agregado devido características de sabor e aroma peculiares, demonstrando oportunidades de diversificar e inovar o mercado de lácteos e atender novas demandas por produtos diferenciados (CHACÓN VILLALOBOS, 2005; RODRIGUEZ *et al.*, 2008, VARGAS *et al.*, 2008).

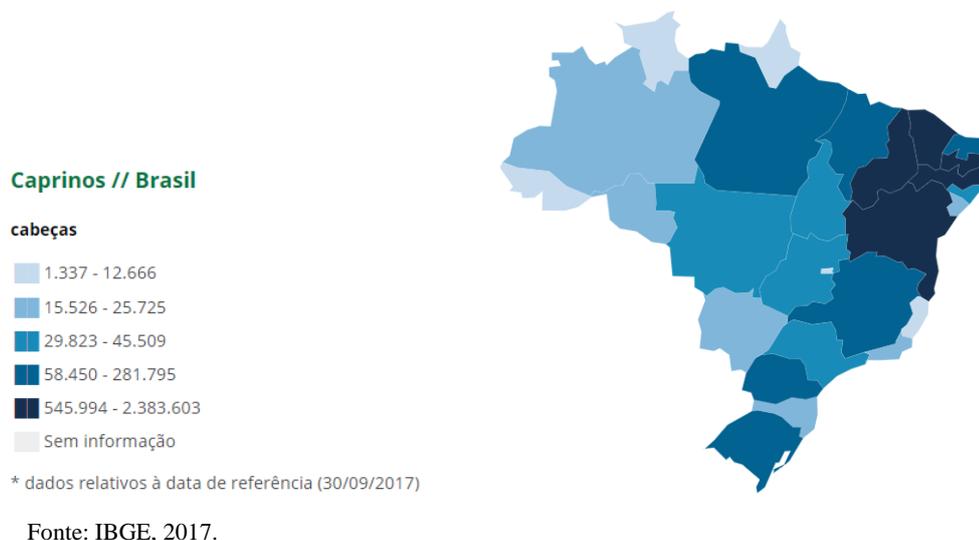
3.3 CENÁRIO MUNDIAL E NACIONAL DA CAPRINOCULTURA

Os caprinos são animais amplamente distribuídos mundialmente. Em 2014, o rebanho mundial de caprinos era de aproximadamente 1,06 bilhões de cabeças (FAO, 2016). Porém, observa-se uma maior concentração de rebanhos caprinos em países em desenvolvimento. Ao analisar a evolução do rebanho caprino no cenário mundial dos últimos cinco anos, observa-se uma taxa de crescimento anual de 1%, evidenciando pequenas mudanças neste cenário em 2016 e o Brasil concentra o 22º rebanho mundial de caprinos (FAO, 2016).

O rebanho nacional de caprinos de acordo com o Censo Agropecuário de 2017 alcançou 8,26 milhões de cabeças, sendo o Nordeste a região mais expressiva, pois observa-se que o rebanho caprino do Brasil é basicamente efetivo desta região somando pequenas participações de outros estados (Figura 1).

Além disso, a produção de leite de cabra praticamente dobrou nas últimas décadas e as tendências de mercado sugerem ainda um aumento de aproximadamente 53% até o ano de 2030 (PULINA *et al.*, 2018).

Figura 1: Concentração do rebanho caprino no Brasil.



Dentre os produtos lácteos caprinos produzidos e industrializados, os mais frequentes são:

- **Leite de cabra integral pasteurizado e ou congelado** - neste setor existe grande quantidade de pequenos produtores localizados pelo País, com produção média de até 50 litros/dia⁻¹ que comercializam seu produto em âmbito municipal;
- **Leite de cabra em pó** - iniciou com projeto pioneiro em Nova Friburgo – RJ, em 1994, é um produto bastante interessante como regulador de oferta ao mercado, exigindo, entretanto, alto custo de operação;
- **Leite de cabra esterilizado e Leite de cabra UHT – Longa Vida** – lançado no mercado nacional em 1998 através da CCA atualmente existem várias marcas no mercado. A forma operacional se deve à terceirização das empresas com indústrias processadoras de leite de vaca, pois apresenta alto valor de investimento;
- **Iogurtes e bebidas lácteas** – produto bastante interessante apesar de existir ainda pequena produção quando comparado aos outros produtos. Possui grande vantagem na competitividade em relação ao valor de venda para o consumidor final;
- **Sorvetes** – produto muito pouco explorado com um mercado a ser conquistado;
- **Queijos de cabra de variados tipos:** frescal, *boursin* natural ou condimentado, massa semi dura como *moleson*, *pecorino*, massa semi mole como *chevrotin*, *chabichou*, *crostin*, *saintmaure*, piramide. Produto bastante interessante, por agregar maior valor ao leite produzido e que tem apresentado nos últimos anos maior crescimento em âmbito regional e nacional.

Depende de investimento alto para implantação e uma logística de distribuição muito apurada. Atualmente existem empresas do setor coletando leite de produtores e industrializando o produto para venda nacional ou regional (BELCHIOR, 2003).

Para ilustrar o potencial do mercado e a capacidade de absorção no que se refere aos queijos, no Brasil, das 240.000 toneladas de queijo de leite de vaca produzidos anualmente, 95% é considerada como consumo popular (prato, mozzarella, parmesão, Minas, etc), enquanto que 5% referem-se a queijos tidos como especialidades. Nesta área, o queijo de leite de cabra assume grande importância, pois é a fatia do mercado que se mostra bastante lucrativa fazendo-o ser competitivo em relação ao preço e qualidade de queijos finos do leite de vaca (BELCHIOR, 2003).

3.4 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

A avaliação do ciclo de vida (ACV) consiste na técnica que permite avaliar os aspectos ambientais e possíveis impactos gerados pelo processo produtivo de bens de consumo, desde a extração da matéria prima (*cradle*) até a utilização e descarte final do produto (*grave*) (CHEHEBE, 1997).

De acordo com NIGRI *et al.* (2009) a ACV vem a ser uma ferramenta essencial para avaliação dos impactos ambientais gerados ao longo da linha de produção de bens de consumo.

A ACV auxilia na tomada de decisão diante de diferentes tipos de produtos, processos e matérias primas, levando em consideração os que menos geram impactos ao meio ambiente. Também é possível apontar possibilidades de melhorias nos aspectos ambientais levando em consideração as muitas etapas de uma linha de produção. Essa ferramenta de gestão ambiental disponibiliza uma visão global dos impactos provocados pela manufatura de determinado produto, distinguindo as etapas críticas da linha de produção que consomem grandes quantidades de recursos naturais e causam enormes descargas de dejetos no meio ambiente. Por fim, é possível comparar mais de um produto ou linha de produção e optar pelo de melhor desempenho do ponto de vista ambiental (NIGRI *et al.*, 2009).

As décadas de 70 a 90 configuram o período de concepção do ACV, diversas abordagens e terminologias foram utilizadas, porém os resultados foram conflitantes, o que acabou por limitar, provisoriamente, a aplicação da metodologia ACV (GUINÉE *et al.*, 2011 *apud* ARAÚJO, 2013). Porém, a partir de 1988 a urgência dos problemas relacionados à gestão de resíduos sólidos foi um fator revigorante da ACV (CURRAN, 2006 *apud* ARAÚJO, 2013).

A partir de 1990 ocorreu a padronização das normas da série ISO 14040 como resultado da convergência realizada pela SETAC (*Society of Environmental Toxicology and Chemistry*). Também houve a consolidação dos *softwares* e banco de dados que foram disponibilizados comercialmente, o que permitiu a disseminação da metodologia ACV (ARAÚJO, 2013). E, nos anos 2000, a UNEP (*United Nations Environment Programme*) e a SETAC estruturaram e elaboraram manuais e o programa “*Life Cycle Initiative*”, além de, incentivar e semear o conceito de filosofia do ciclo de vida (GUINÉE *et al.*, 2011). Ao mesmo tempo foi lançado o manual de Guinée detalhando as normas da série ISO⁴ 14040 (GUINÉE *et al.*, 2002 *apud* ARAÚJO, 2013).

Após esse período o conceito de ACV foi sendo introduzido nas políticas regionais e também nas Políticas Integradas de Produtos, por meio do Instituto de Meio Ambiente e Sustentabilidade (*Institute of Environmental and Sustainability – Joint Research Centre – European Commission*). Instituíram os manuais ILCD –*International Reference Life Cycle Data System* (ECJRC-IES, 2010 *apud* ARAÚJO, 2013) com a demanda do Plano de Ação de Consumo e Produção Sustentável, objetivando assegurar a qualidade e consistência para os dados, métodos e avaliação do ciclo de vida.

Em novembro de 2001, ocorreu no Brasil o lançamento da primeira norma ISO da série 14040 (NORMAS BRASILEIRAS – NBR ISO 14040, 2001) traduzida pela ABNT⁵ (RIBEIRO, 2009). A fim de divulgar e desenvolver o uso da ferramenta ACV no Brasil, e também para a criação de um inventário nacional do ciclo de vida, em 2002 foi criada a Associação Brasileira do Ciclo de Vida (ABCV).

Em 2006, foi proposta a criação de uma base de dados de inventário de ciclo de vida brasileira, pois o Brasil não dispunha de uma base para armazenamento e disponibilização de dados de Inventários do Ciclo de Vida. As pesquisas que abordavam a Avaliação do Ciclo de Vida eram pautadas na prática e resultados de outros países, o que nem sempre é compatível com a realidade do Brasil (IBICT, 2019). Em 2009, foi criado o Sistema Brasileiro de Inventários do Ciclo de Vida (SICV Brasil) caracterizado por um modelo de inventário piloto

⁴A ISO (*International Organization for Standardization*) é uma organização internacional para normalização, fundada em 1946 na Inglaterra, hoje com sede em Genebra, Suíça. A ISO tem por objetivo desenvolver a normalização para facilitar a troca de bens e serviços no mercado internacional e a cooperação entre países nas esferas científica, tecnológica e produtiva.

⁵No Brasil, as normas da série ISO 14000 são editadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), órgão privado e sem fins-lucrativos que se destina a padronizar as técnicas de produção feitas no país, mais especificamente pelo Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental - ABNT/CB-038, sob a sigla ABNT NBR ISO 14000.

para óleo diesel e hoje abriga Inventários do Ciclo de Vida de produtos nacionais, gerenciando bases de dados objetivando um sólido conjunto de inventários brasileiros, o que implica diretamente na aumento da competitividade da indústria nacional atrelado a um melhor desempenho ambiental de produtos e serviços (IBICT, 2019).

Em 2010, foi criado o Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida (PBACV) que estabelece diretrizes no âmbito do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Sinmetro), a fim de dar continuidade e sustentabilidade às ações de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) no Brasil, visando dar apoio ao desenvolvimento sustentável e a competitividade ambiental da produção industrial brasileira, promovendo assim acesso aos mercados interno e externos (Inmetro, 2019).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, introduziu o pensamento do ciclo de vida do produto (*life cycle thinking* – LCT), “série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final” (Lei 12.305/2010, artigo 3º, IV).

E traz ainda como princípio a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto em todas as suas etapas, responsabilizando fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, pela gestão de resíduos sólidos e rejeitos gerados, redução dos impactos decorrentes do ciclo de vida dos produtos, fomentando o estímulo à realização da ACV do produto, à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável (Lei 12.305/2010, artigo 30).

Mais recentemente, no ano de 2015, a Norma ISO ABNT NBR 14.001/15 introduz o pensamento de ciclo de vida ao Sistema de Gestão Ambiental. Ela passa a sugerir o pensamento do ciclo de vida a fim de garantir que aspectos ambientais sejam levados em consideração desde o desenvolvimento até o fim da vida útil do produto. Sendo assim, a organização deve levar em consideração a perspectiva de ciclo de vida: aquisição de matérias primas, produção, transporte, entrega, uso e disposição final/reciclagem (ABNT, 2015).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2001), a Análise do Ciclo de Vida (ACV) de um produto é considerada uma ferramenta de gestão ambiental que analisa os aspectos e potenciais impactos ambientais ao longo do processo de produção de determinado produto.

3.5 ACV E AS NORMAS ISO

As normas internacionais foram criadas para definir métodos e os protocolos ligados às empresas, ajudando a verificar e elaborar relatórios de estudos de ACV (HORNE; GRANT; VERGHESE, 2009).

Quando não há métodos padronizados e critérios estabelecidos para a orientação de estudos, os resultados são gerados com discrepâncias e não seria possível uma avaliação comparativa entre pesquisas. Desse modo, foram criadas pela ISO as normas da série ISO 14040 que versam sobre a ACV.

Depois de mudanças para melhoria, com a retirada de erros e incongruências e inclusão de descrição de produto e processo, elucidação sobre os limites do sistema, todos os tópicos necessários foram enumerados em uma única norma, a ISO 14044. A ISO 14040 permaneceu como um documento de referência, porém transmitindo os tópicos obrigatórios para uma nova norma (FINKBEINER *et. al.*, 2006).

Características das normas:

- ABNT NBR ISO 14040:2009- Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida: Princípios e estrutura.

Determina os termos primordiais do processo, pontuando e determinando os princípios comuns na definição de objetivo e escopo, avaliação de inventário, avaliação de impacto e interpretação. Especifica os critérios de elaboração de relatórios e avaliações, porém a divisão das etapas não é esmiuçada e a metodologia aplicada não é especificada (RIBEIRO, 2009).

- ABNT NBR ISO 14044:2009- Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e orientações.

Detalha a fase de avaliação de inventário, onde são pesquisados os dados com relação a insumos, gastos de energia elétrica, emissões de gases ao longo do ciclo de vida do produto. Além disso, evidencia também a fase de avaliação do impacto onde são expostos os impactos ambientais que tem relação com o produto em estudo e a fase de interpretação onde analisa os resultados utilizando uma visão crítica do estudo, contrapondo os objetivos enumerados no início da avaliação (HINZ, 2007).

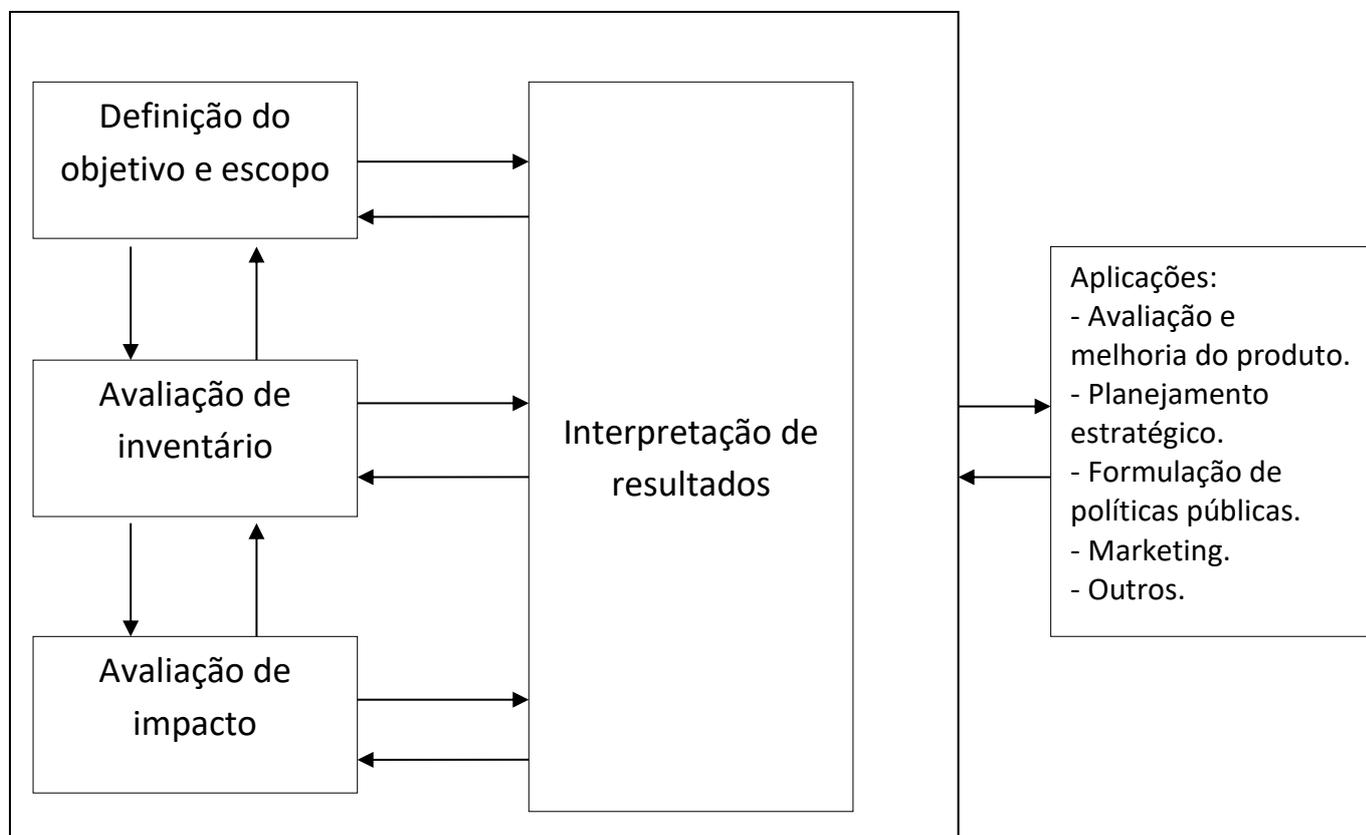
3.6 FASES DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

De acordo com a norma ABNT NBR ISO 14040 (2009), a ACV é estruturada em quatro fases distintas:

- I) Definição de objetivo e escopo;
- II) Avaliação de inventário;
- III) Avaliação de impacto;
- IV) Interpretação de resultados.

A Figura 2 apresenta estas quatro fases que serão descritas a seguir.

Figura 2 – Estrutura da ACV.



Fonte: ISO 14040

I) Definição de objetivo e escopo

Nesta etapa o objetivo é descrito com clareza para que a aplicação da metodologia seja viável. Devem-se esclarecer as razões para conduzir o estudo e também o público a quem se destina. O objetivo deve ser uma visão mais esclarecida do sistema a ser estudado, onde se identifica os pontos problemáticos do processo, fornecendo a opção de melhorá-los. Há ainda a possibilidade de comparar com outros processos/estudos e seus impactos potenciais. O escopo

sinaliza o sistema ou produto que será avaliado, onde serão definidas as limitações e demais características funcionais da pesquisa (ELCOCK, 2007).

De acordo com a norma ISO 14041, ao definir o escopo de um estudo ACV é necessário considerar e descrever os seguintes itens:

- As funções do sistema, no caso, a finalidade para a qual o produto estudado se destina ou, ainda, as características de desempenho do produto;
- A Unidade Funcional, que é caracterizada pela medida que permite a quantificação da função definida. Ela representa o desempenho das saídas funcionais do sistema de produto. Consequentemente, a unidade funcional deve ser claramente definida e mensurável, a fim de garantir a congruência dos resultados da ACV;
- As fronteiras do sistema do produto, onde é definido os processos básicos ou subdivisão dos sistemas do produto dentro do fluxo produtivo;
- Procedimentos de alocação, necessários quando os sistemas envolvem múltiplos produtos, conforme procedimentos estabelecidos;
- Tipos de impactos e metodologia de avaliação e interpretação que será utilizada;
- Requisitos dos dados, os quais especificam em termos gerais as características dos dados necessários para a realização do estudo;
- Limitações do estudo, que abrange a qualidade dos dados, as fronteiras do sistema, os métodos aplicados, etc;
- Análise crítica, que configura a técnica para verificar se a ACV satisfaz os requisitos da norma quanto a metodologia aplicada, aos dados e ao relatório;
- Tipo e formato do relatório requerido para o estudo. Os resultados da ACV devem ser informados ao público alvo de forma fidedigna, completa e exata.

II) Análise de inventário

A etapa seguinte da ACV é a elaboração do Inventário do Ciclo de Vida (ICV). De acordo com a Norma ABNT (2009) o ICV é a etapa de compilação e de quantificação das entradas e saídas do produto durante seu ciclo de vida (balanço de massa e energia). Consiste em compilar os dados e quantificar a energia e matérias primas, materiais secundários, produtos e coprodutos, emissões atmosféricas, emissões para a água e solo, resíduos sólidos, e outros dejetos produzidos durante o ciclo de vida do produto, processo ou atividade (EPA, 2006).

Portanto o ICV compreende uma etapa de levantamento de dados e de cálculos com o objetivo de quantificar as entradas e saídas do sistema. Trata-se de um processo repetitivo, pois conforme são obtidas mais informações sobre o sistema e os dados são conhecidos, novos requisitos de dados são necessários, assim como novas limitações, ocorrendo alterações constantes no recolhimento de dados, a fim de, cumprir com os objetivos do estudo. Podem surgir ainda questões que resultam na revisão dos objetivos do estudo (EC JRC IES, 2010).

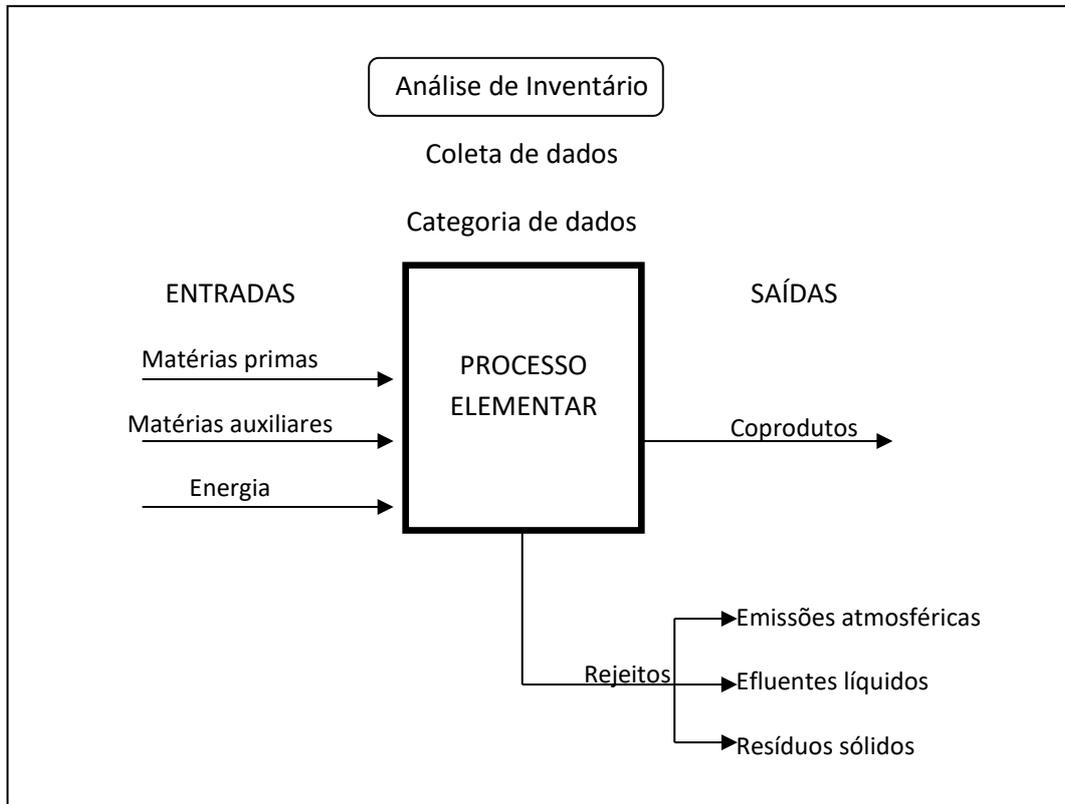
De acordo com a Norma ABNT ISO 14044 de 2009 os cálculos no ICV devem relacionar os dados a um processo unitário, ou seja, deve ser estabelecida uma unidade funcional como referência de fluxo que serve também para validação dos dados recolhidos. Este procedimento é fundamental para gerar os resultados do inventário para cada unidade funcional definida previamente.

O cálculo dos fluxos de energia deve levar em consideração a variedade de combustíveis, as fontes de energia utilizadas e a eficiência na conversão e distribuição do fluxo de energia.

Ao final desta fase os dados são apresentados de forma clara e quantificada. Após o tratamento, os dados serão avaliados no intuito de identificar os impactos ambientais relacionados ao ciclo de vida do produto em questão, o que irá ocorrer na próxima fase – Avaliação de Impactos.

As etapas para realização de um ICV, de acordo com EC JRC IES (2010), são as seguintes: construção de fluxograma do processo, desenvolvimento de um plano de obtenção de dados e avaliação e apresentação dos resultados. A Figura 3 apresenta o fluxo de análise de inventário.

Figura 3– Processo de análise de inventário.



Fonte: IBICT, 2014.

III) Avaliação de impacto

Almeida e Giannetti (2012) descrevem que o objetivo de avaliar o impacto ambiental gerado durante o ciclo de vida de um produto é compreender e avaliar a relevância e a extensão desses impactos com base na análise do inventário, pois o objetivo principal de um estudo ACV é desenvolver medidas mitigatórias, afim de que esses impactos gerados sejam reduzidos.

Após identificar as emissões lançadas no meio ambiente, através da tabela de resultados do inventário, cada impacto é caracterizado e avaliado. Procura-se determinar o grau de gravidade de cada impacto. Almeida e Giannetti (2012) definem três etapas para esta fase: classificação, caracterização e valoração.

- Classificação: os dados do inventário são divididos em categorias de impacto.
- Caracterização: etapa que se realiza a avaliação e quantificação dos impactos a partir da categoria selecionada. São caracterizados os impactos potenciais.
- Valoração: etapa que envolve a interpretação, ponderação e ordenação dos dados contidos no inventário, para posterior discussão da importância.

- Metodologias de avaliação de impacto: Atualmente existe uma variedade de *softwares* que auxiliam na tarefa de avaliar os impactos ambientais gerados em um processo produtivo, o mais utilizado é o Simapro que será melhor detalhado no item 3.7.

IV) Interpretação

De acordo com Assis (2009) todas as considerações descritas inicialmente para uma Avaliação do Ciclo de Vida afetam o resultado final. Ao término do estudo é necessária a realização de uma avaliação dos resultados obtidos antes de redigir o relatório final. Chehebe (1997) relata que o objetivo desta fase é fazer conclusões, explicar as limitações, além de oferecer recomendações para uma avaliação completa do ciclo de vida do produto avaliado.

Chehebe (1997) define a fase de interpretação em três etapas: identificação das questões ambientais de maior importância, avaliação incluindo verificação de integridade, sensibilidade e consistência e as conclusões, recomendações acerca das questões ambientais mais relevantes.

3.7. SOFTWARES DE APOIO PARA ACV

De acordo com Nigri (2012), o ACV é uma ferramenta que utiliza grande e variada quantidade de dados que necessitam de manipulação para que se obtenham resultados. Desta forma é preciso empregar tempo e recursos no processo, o que muitas vezes não é possível.

Os *softwares* para ACV surgiram para suprir essa demanda, possibilitando a otimização do processo, pois facilitam o gerenciamento dos estudos, disponibilizando um banco de dados que reduz recursos na coleta de informações, fornecem a avaliação de impactos e interpretação apresentando resultados de forma compacta e simplificada (MARIOTONI; CUNHA; BAPTISTELA, 2007 *apud* RIBEIRO, 2009).

Os *softwares* mais utilizados na bibliografia são: Simapro, KCL-ECO, LCAiT, GaBi, PEMS e Umberto (GOEDKOOP *et al.*, 2008).

O Simapro foi desenvolvido pela *Pre Consultants* e selecionado para ser utilizado no presente estudo pois trata-se do *software* de ACV mais utilizado no mundo. Ele permite aos usuários construir modelos complexos de forma sistemática e transparente, com características únicas, tais como parâmetros e análise de Monte Carlo. O Simapro vem totalmente integrado

com o banco de dados conhecido como *ecoinvent*, sendo usado para uma variedade de aplicações, tais como: cálculo da pegada de carbono, projeto de produto e declaração ambiental do produto (NIGRI, 2012).

O Simapro permite avaliar o impacto ambiental dos produtos ou serviços, emite relatório ambiental e determina indicadores de desempenho. Contém, ainda, métodos de avaliação de impacto como CML 1992, CML 2 *baseline* 2000, *Eco-indicator95*, *Eco-indicator99*, *Ecopints97*, EDIP/UMIP 96 e EPS2000. Esse *software* apresenta os seguintes bancos de dados: BUWAL250 (248 processos de fabricação), *DanishFood data* (500 produtos), *Dutch input output data* (195 processos de fabricação), *ecoinvent data* (2700 sistemas de produtos), *ESU-ETH data* (1.100 processos de fabricação e 1.100 sistemas de produtos), *Franklin USA data* (78 processos de produção incluindo energia e atividades de transporte), IDEMAT (508 inventários de materiais), *Industry data* (74 processos de fabricação), *IO database for Denmark1999* (750 materiais) e *USA input output data* (481 processos de fabricação) (NIGRI, 2012).

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) preside o Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida (PBACV), que visa promover e disseminar a ferramenta da ACV (IBICT, 2018).

O PBACV é responsável por gerenciar e manter o Banco Nacional de Inventários de Ciclo de Vida, criado para abrigar Inventários de Ciclo de Vida (ICVs) de produtos nacionais, implantando no país um sistema reconhecido em âmbito internacional e capaz de organizar, armazenar e disseminar informações padronizadas sobre Inventários de Ciclo de Vida da produção industrial no país. O IBICT tem participação em espaços internacionais e dissemina e produz conteúdos sobre ACV em parceria com o setor produtivo, meio acadêmico e governo (IBICT, 2018).

Todavia, o banco de dados brasileiro ainda está em fase de desenvolvimento e por essa razão os dados que se referem aos impactos ambientais gerados na produção dos insumos utilizados na fabricação de leite e queijo de cabra foram acessados no banco de dados *ecoinvent* do *software* Simapro. É importante ressaltar que alguns dos insumos fornecidos pelo *software* são dados europeus e podem destoar da realidade brasileira.

3.8 LIMITAÇÕES DA ACV

Apesar das várias aplicações da ACV, a ferramenta apresenta alguns obstáculos devido a elevada quantidade de dados necessários à sua execução. Em muitos estudos a coleta de dados é inviabilizada por diversos motivos, como o desinteresse da empresa ou de setores produtivos. A preservação da confidencialidade no uso de informações relacionadas a certos insumos e tecnologias também configura uma barreira para a aceitação do estudo (SEO e KULAY, 2006).

É necessário evidenciar que muitas empresas possuem receio de despertar a atenção de agências ambientais regulamentadoras e também de organizações não governamentais para os aspectos ambientais de seus processos, receando ser alvo de sanções de natureza variadas (SEO e KULAY, 2006).

Outrossim, a ausência de uma metodologia padronizada para a aplicação da ferramenta contribui para a diversidade de interpretação dos resultados obtidos por estudos de mesma natureza. Sendo assim, a ISO e outras instituições respeitadas no âmbito de seus países propõem que sejam definidas estruturas conceituadas para a condução de estudos de ACV, pois ainda que as variações de aplicação da ferramenta não sejam totalmente desiguais, há registros de estudos aplicando a ferramenta em casos semelhantes com resultados distintos entre si (SEO e KULAY, 2006).

Tais ferramentas são específicas e necessárias para a realização de um estudo de ACV, GaBi, *openLCA*, SimaPro e Umberto são os principais *softwares* utilizados atualmente, no entanto existem diferenças significativas nos princípios de modelagem e na forma como o usuário faz a utilização e o manejo de dados. Ao utilizar tais ferramentas para um mesmo modelo, Silva e colaboradores (2017) constataram que a modelagem era idêntica ou semelhante, no entanto os resultados revelaram diferenças na implementação da avaliação de impacto e algumas eram tão discrepantes que poderiam influir de formas distintas as decisões e conclusões da ACV.

Ainda é possível mencionar a indisponibilidade de modelos para a avaliação de impactos ambientais de ordem regional e local em países como o Brasil, no presente estudo, por exemplo, a realização das análises das quais se depreende a necessidade de tais abordagens é conduzida utilizando um modelo europeu, o qual foi desenvolvido a partir de realidades geográficas, climatológica, hídrica e de relevo características de uma região totalmente distinta.

3.9 ACV EM PRODUTOS LÁCTEOS

Os estudos em avaliação do ciclo de vida são predominantes em outras áreas como, por exemplo, a construção civil. No entanto, aos poucos, o setor de alimentos vem desenvolvendo estudos de ACV de seus produtos. Alguns estudos de ACV na área de produtos lácteos já foram realizados. Na Tabela 1 encontra-se um resumo dos mais recentes.

Tabela 1: Resumo dos estudos mais recentes na área de avaliação do ciclo de vida na indústria de alimentos.

Título	Autor	Resumo
<p>ANÁLISE COMPARATIVA DO CICLO DE VIDA DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS INDUSTRIAIS E ARTESANAIS DA CULINÁRIA MINEIRA</p>	<p>NIGRI, 2009</p>	<p>O estudo apresenta a aplicação da ferramenta de ACV nos produtos: queijo minas e doce de leite, determinando qual tipo de processo, se industrial ou artesanal, gera menor impacto ambiental. Os resultados revelaram que a produção artesanal apresenta um prejuízo menor ao meio ambiente na produção de ambos os produtos e que a etapa de produção do leite é a maior geradora de impacto ambiental na produção do queijo industrial e artesanal e do doce de leite artesanal. Das categorias avaliadas destacam-se a respiração de partículas inorgânicas, uso da terra e mudanças climáticas. Esses resultados são justificados em suma devido à utilização de energia elétrica pelos produtores industriais.</p>
<p>LIFE CYCLE ASSESSMENT OF CHEESE AND WHEY PRODUCTION IN THE USA</p>	<p>KIM <i>et al.</i>, 2013</p>	<p>O objetivo de estudo foi aplicar a ACV na linha de produção dos queijos mozzarella e cheddar do berço ao túmulo. Os dados foram coletados de 17 fábricas de queijo que representam 24% da produção de mozzarella e 38% de cheddar dos Estados Unidos. Os resultados mostraram que são necessários maiores esforços na elaboração de medidas mitigatórias com relação a emissões entéricas, uso de estrume, escoamento de fósforo e nitrogênio e uso de pesticidas. Também devem ser considerados os impactos relacionados ao uso da água como a depleção e eutrofização. A eutrofização representa o maior impacto gerado impulsionado pelo escoamento de fósforo dos campos agrícolas e pelas emissões de resíduos do processamento do soro do leite. Portanto medidas que gerenciem estes fatores poderiam reduzir os impactos ambientais gerados na produção dos queijos avaliados.</p>

Título	Autor	Resumo
<p style="text-align: center;">ENVIRONMENTAL LIFE-CYCLE ASSESSMENT OF VARIOUS DAIRY PRODUCTS</p>	<p style="text-align: center;">DJEKIC, <i>et. al.</i>, 2014</p>	<p>O estudo realizou a avaliação do ciclo de vida de diferentes produtos lácteos como leite pasteurizado e leite UHT, manteiga, iogurte e queijo. Para tanto seis categorias de impactos foram avaliadas: aquecimento global, potencial de acidificação, depleção da camada de ozônio, fumaça fotoquímica e toxicidade humana. Concluiu-se que as contribuições para maiores impactos ao meio ambiente são decorrentes da produção de leite nas fazendas. Já as fábricas causam impactos devido a necessidade de consumo de energia e aquisição de leite para produção.</p>
<p style="text-align: center;">COMPARANDO OS IMPACTOS AMBIENTAIS DOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL E ARTESANAL DO DOCE DE LEITE POR MEIO DE ANÁLISE DO CICLO DE VIDA</p>	<p style="text-align: center;">NIGRI, <i>et. al.</i>, 2015</p>	<p>O estudo realizou a ACV na produção industrial e artesanal do doce de leite, inserindo os dados no software Simapro e avaliando através do método indicador 99. A pesquisa revelou que a produção artesanal do doce de leite apresenta menos prejuízos ao meio ambiente em relação à produção industrial e aponta como mais relevantes as seguintes categorias de impactos, uso da terra, respiração de partículas inorgânicas, e consumo de combustíveis fósseis.</p>

Título	Autor	Resumo
<p style="text-align: center;">AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA NA BOVINOCULTURA LEITEIRA E AS OPORTUNIDADES AO BRASIL</p>	<p style="text-align: center;">SEÓ <i>et al.</i>, 2017</p>	<p>O objetivo do estudo foi resumir os principais resultados das pesquisas e estudos de caso em ACV relacionados à bovinocultura leiteira nacional e internacional, de 2008 a 2014, e realizar uma análise crítica das categorias de impacto abordadas com maior frequência: mudança climática, acidificação, eutrofização, uso da terra e demanda de energia. A produção de leite na fazenda é onde ocorre a maior parte de emissões. Os resultados mostram que os pontos críticos da bovinocultura são as emissões entéricas, produção e uso de fertilizantes, uso de esterco, produção e transporte de concentrado e a baixa produtividade animal. No Brasil, a intensificação na produção à base de pasto apresenta-se como uma estratégia de redução de impactos, uma vez que reduz a necessidade do uso de insumos de base não renovável e aumenta o sequestro de carbono via fotossíntese.</p>
<p style="text-align: center;">LIFE CYCLE ASSESSMENT OF CHEESE PRODUCTION PROCESS IN A SMALL-SIZED DAIRY INDUSTRY IN BRAZIL</p>	<p style="text-align: center;">JUNIOR <i>et al.</i>, 2017</p>	<p>O estudo identifica, analisa e sugere melhorias no processo produtivo de queijo que permitem minimizar os impactos ambientais. Os resultados mostraram que o uso de energia elétrica e o consumo da água foram os principais geradores de impactos ambientais. Concluiu-se que a ACV é uma ferramenta valiosa que possui potencial para identificar oportunidades de melhoria no processo de fabricação de lácteos.</p>

Título	Autor	Resumo
<p>LIFE CYCLE ASSESSMENT OF MULTI-PRODUCT DAIRY PROCESSING USING IRISH BUTTER AND MILK POWDERS AS AN EXAMPLE</p>	<p>YAN & HOLDEN., 2018</p>	<p>O estudo analisa e sugere medidas mitigatórias na produção de manteiga e leite em pó. Concluiu-se que é possível reduzir os impactos durante o ciclo de vida de produção desses produtos ao realizar a transição da energia para uma fonte renovável e ainda realizar a aquisição de matérias primas de baixo impacto ambiental.</p>

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste estudo seguiu as etapas apresentadas:

Inicialmente foi descrito o processo produtivo de cada etapa da manufatura do produto, a partir da visita técnica e das informações fornecidas pelo produtor, sendo a primeira etapa a produção de leite de cabra e a segunda etapa a produção de queijo de cabra.

A segunda etapa consistiu na definição da escolha dos procedimentos adotados para a coleta de dados em campo que ocorreu com o auxílio de um roteiro de perguntas, que pode ser consultado nos Apêndices A e B.

O objetivo do roteiro de perguntas era obter a quantidade de insumos utilizados no processo produtivo, bem como a origem dos mesmos, os dados obtidos foram medidos em função da quantidade de produto produzido e depois transformados em função da unidade funcional adotada.

Porém para que o estudo pudesse ser realizado, foi necessária a seleção de um produtor de queijo de cabra. Inicialmente, foram selecionados, por meio de sítios eletrônicos, quatro produtores, sendo realizado contato inicial através de e-mail. Dos quatro produtores pré-selecionados, um produtor mostrou interesse na pesquisa a ser realizada. Este produtor é responsável por uma empresa de porte médio, localizada na área periurbana da cidade do Rio de Janeiro, a partir daí formou-se um vínculo empresa-instituição de ensino. Este produtor produz parcialmente o leite utilizado na fabricação dos queijos e comprava leite de pequenos produtores também da área Peri urbana da cidade para inteirar sua produção.

O processo de coleta de dados em campo se deu por meio de um roteiro de perguntas preestabelecidas, apresentado no Apêndice A. O objetivo da elaboração do roteiro foi obter o máximo de informação acerca do processo produtivo do queijo de cabra tais como: origem do leite (principal insumo), fonte de energia e água utilizadas, resíduos gerados pela produção, etc. Os dados recolhidos foram medidos em função da quantidade do produto produzida mensalmente e posteriormente calculados em função das unidades funcionais escolhidas: 1 litro de leite de cabra e 1 Kg de queijo de cabra. Os cálculos estão apresentados no Apêndice B.

A quantidade de leite de cabra empregado na produção de queijo de cabra foi obtida através de planilhas de compra mensais do produtor. A energia elétrica utilizada no processo produtivo foi obtida através das contas de luz da fábrica (onde ocorre a produção do queijo de cabra) e do sítio (onde ocorre a produção do leite de cabra), foi considerada uma média dos últimos doze meses, que consta na própria fatura mensal da fornecedora de energia AMPLA.

Foi constatado que a água utilizada no processo de produção é oriunda de poços artesanais e posteriormente tratada *in loco* pelo produtor.

A emissão de gás metano oriunda da ruminação dos animais foi obtida através de pesquisa bibliográfica.

Sobre a caracterização de efluentes líquidos, os dados foram quantificados a partir da quantidade de água empregada no processo de produção de queijo. Tanto os insumos empregados na criação quanto os dejetos oriundos da criação dos animais foram quantificados a partir de dados relatados pelo veterinário responsável.

Os dados que se referem aos impactos ambientais gerados na produção dos insumos utilizados na fabricação de leite de cabra e queijo de cabra foram acessados no banco de dados *ecoinvent* do *software* Simapro®. Os insumos acessados no *software* foram: cloreto de cálcio, ácido láctico, sal, gás metano, energia elétrica, soja, milho, capim, água, terreno, leite de cabra.

Não foram considerados no estudo os impactos ambientais oriundos da produção de plásticos, papelão e emissão de CO₂ da cadeia de transporte.

Cabe ressaltar que os dados referentes aos insumos fornecidos pelo *software* são dados europeus, evidenciando-se o impacto ambiental gerado na produção de leite de cabra, visto que houve a alocação deste impacto na produção de queijo de cabra.

Após esse processo foi estipulado a valor das unidades funcionais: 1 litro de leite de cabra e 1 Kg de queijo de cabra. Em seguida, foram estabelecidas as fronteiras do sistema de cada processo avaliado. Essa delimitação e divisão do sistema têm a finalidade de proporcionar uma melhor comparação entre os dados obtidos pelo estudo e a bibliografia pesquisada. Foi considerado inclusive o ciclo de vida do maquinário utilizado durante o processamento de queijo de cabra.

Foram estipulados os limites ou fronteiras do sistema do produto estudado. Esta divisão do sistema, juntamente com as fronteiras adotadas foram determinadas com o intuito de proporcionar uma melhor avaliação dos impactos.

Por último os dados obtidos a partir do levantamento realizado foram inseridos no *software* Simapro® para avaliação de impacto de ciclo de vida em categorias de impactos através do método ILCD. A partir do qual foram determinadas as categorias de impactos a serem avaliadas, sendo estas: potencial de mudanças climáticas, depleção da camada de ozônio, toxicidade humana, toxicidade humana com efeitos cancerígenos, respiração de partículas inorgânicas, potencial de acidificação, potencial de eutrofização terrestre, potencial de eutrofização aquática, ecotoxicidade da água e uso da terra.

5. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO QUEIJO DE CABRA

5.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

A produção do queijo de cabra tem início com a ordenha das cabras. O leite ordenhado segue para um recipiente que a medida que é preenchido é tampado e armazenado em temperatura adequada até que seja transportado. Vale ressaltar que a maior parte do leite utilizado pelo produtor em questão provem de cinco mini produtores distintos, porém todos com ordenha mecânica e Boas Práticas de Fabricação⁶ implantadas, como por exemplo, ordenha mecanizada, higienização e sanitização da sala de ordenha, remoção de resíduos orgânicos e minerais provenientes do leite dos equipamentos e controle de zoonoses dos animais, a fim de, manter e produzir queijos com um padrão de identidade e qualidade.

Ao chegar no local de produção de queijo o leite passa pelo processo de pasteurização, onde chega a ser processado cerca de mil litros por hora, neste momento é adicionado o cloreto de cálcio. Após o processamento térmico o leite é transferido para o tanque onde se adiciona o ácido láctico e a enzima quimosina (coalho) responsável pela separação da parte sólida do leite com o soro. Esse processo dura em média entre 45 e 60 minutos.

Após a separação completa, a parte sólida é cortada e decantada e a massa é retirada com o auxílio de uma peneira e posta em fôrmas. Na fôrma a massa é prensada e virada no mesmo momento. Inicia-se então a salga, com a adição de sal na parte superior da massa e após o período de descanso o queijo é virado e é colocado o sal do outro lado. Este é o processo para a massa base, o queijo pode receber diferentes tipos de temperos de acordo com o tipo a ser produzido no momento. Este produtor faz 9 tipos de queijo e produz cerca de 16 mil quilos de queijo por mês. Todo este processo ocorre em ambiente controlado e climatizado. Ao final o queijo é embalado, etiquetado e armazenado sob refrigeração até o momento do transporte. Na Figura 4 é possível observar o ciclo de vida do queijo de cabra.

⁶Boas Práticas de Fabricação: De acordo com a ANVISA as **Boas Práticas de Fabricação** (BPF) abrangem um conjunto de medidas que devem ser adotadas pelas indústrias de alimentos e pelos serviços de alimentação, a fim de garantir a qualidade sanitária e a conformidade dos alimentos com os regulamentos técnicos.

Figura 4 – Ciclo de vida na produção de queijo de cabra.



5.2 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO PRODUTOR DE LEITE E QUEIJO DE CABRA

O produtor de queijo de cabra selecionado está situado na área peri urbano do município do Rio de Janeiro. A visita foi realizada em março de 2017, período no qual o laticínio estava em processo de avaliação para ser registrado no serviço de inspeção federal (SIF) pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento com a intenção de vender seus produtores também para outras cidades. Sua produção mensal é de aproximadamente 16 mil quilos de queijo de cabra. O local de produção fica situado ao lado de um sítio. Todo o soro gerado na produção é destinado para alimentação animal e os efluentes líquidos gerados durante a produção são despejados em uma fossa dentro da propriedade. Além disso a fábrica possui uma estação de tratamento de efluentes.

5.3 INSUMOS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE LEITE E QUEIJO DE CABRA E DIVISÃO DA ACV EM SUBSISTEMAS

A unidade funcional adotada foi de 1 L de leite de cabra e 1 quilo de queijo de cabra. Nos Quadros 1 e 2 é possível observar detalhadamente as quantidades de insumos empregadas em cada processo.

O objetivo da divisão é obter uma visão mais clara dos impactos ambientais gerados durante o ciclo de vida do queijo de cabra. Sendo assim o ciclo de vida do queijo de cabra foi dividido em 2 subsistemas: produção de leite de cabra e processamento do queijo de cabra. Optou-se por incluir a etapa de processamento do leite à etapa de processamento do queijo, uma vez que ocorrem no mesmo local. Cada subsistema apresenta impactos ambientais distintos.

Quadro 1 – Insumos utilizados na produção de leite de cabra por unidade funcional.

Insumo	Unidade	Produção de leite de cabra
Área de criação	Metros quadrados	92,4
Água	Litros	7,7
Energia Elétrica	Quilowatts/hora	1,96
Farelo de Soja	Quilo	1,73
Fubá de milho	Quilo	0,375
Sal marinho	Quilo	0,028
Feno Tifton	Quilo	0,096
Capim	Quilo	0,096

Quadro 2 – Insumos utilizados na produção de queijo de cabra por unidade funcional.

Insumos	Unidade	Produção de queijo de cabra
Área	Metros quadrados	0,0625
Leite de cabra	Litro	10

Insumos	Unidade	Produção de queijo de cabra
Enzima Quimosina	Militros	3,125
Cloreto de cálcio	Militros	3,125
Ácido láctico	Quilo	0,625
Sal	Gramas	0,25
Água	Litros	37,5
Energia	Quilowatts/hora	1,25

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo utilizando a ferramenta de ACV permite identificar os pontos críticos de um processo de produção em relação ao meio ambiente. Verificou-se que com relação aos impactos ambientais gerados ao longo da produção de queijo de cabra 99,82% do potencial de mudança climática, 97,87% do potencial de toxicidade humana – sem efeito cancerígeno, 81,56% da produção de material particulado, 82,66% da formação fotoquímica de ozônio, 70,29% do processo de eutrofização aquática, 87,90% da ecotoxicidade da água e 92,97% do uso da terra advêm da monocultura da soja.

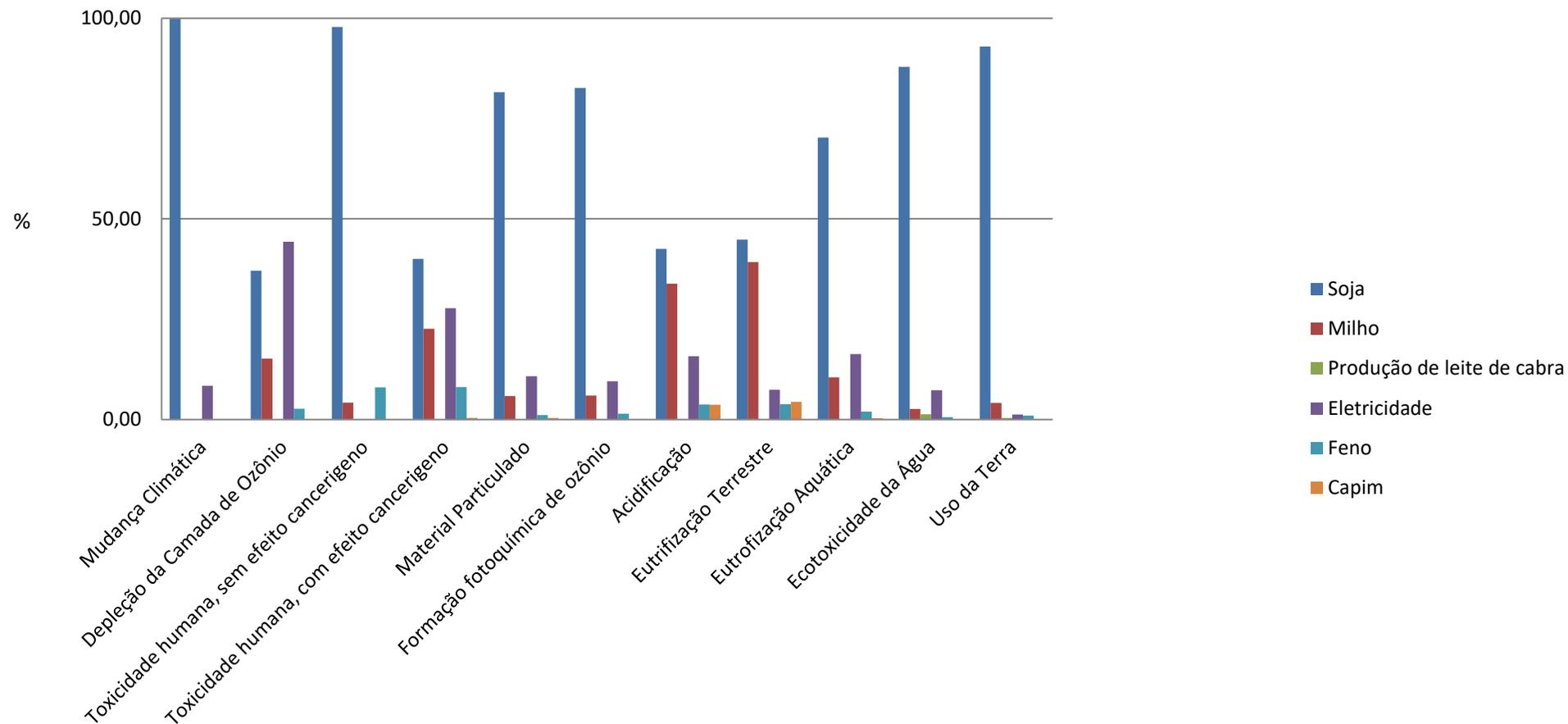
Não obstante, o cultivo da soja também contribui com 37,10% do processo de depleção da camada de ozônio, 40,04% do potencial de toxicidade humana – com efeito cancerígeno, 42,54% do processo de acidificação e 44,83% do processo de eutrofização terrestre.

Paralelo ao cultivo de soja o cultivo de milho – matéria prima que juntamente a soja é utilizado para compor o concentrado animal – também revelou resultados expressivos e contribuiu com 15,17% do processo de depleção da camada de ozônio, 22,62% do potencial de toxicidade humana – com efeito cancerígeno, 33,89% do processo de acidificação, 39,26% do processo de eutrofização terrestre e 10,53% do processo de eutrofização aquática.

Portanto, ao dividir-se a produção de 1 kg de queijo de cabra em duas etapas e aprofundar a busca por resultados coesos foi possível verificar que os maiores impactos ambientais gerados são advindos do cultivo da soja que é utilizada para fazer o concentrado, mistura de grãos que alimenta os animais. Os impactos ambientais mais relevantes detectados pelo estudo foram mudanças climáticas, ecotoxicidade de água, uso da terra e potencial de acidificação. Os demais resultados não foram expressivos.

O Gráfico 1 apresenta os impactos ambientais identificados como mais relevantes pelo presente estudo.

Gráfico 1 – Impactos ambientais, em percentual, no ciclo de vida do queijo de cabra.



6.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Os principais gases do efeito estufa são: monóxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) e metano (CH₄), eles possuem diferentes potenciais de aquecimento global (GWP). Através de um índice – *Global Warming Potential* –(GWP)as emissões desses gases são padronizadas em função de suas respectivas unidades de CO₂equivalente (kg CO₂eq) (ROTZ; MONTES; CHIANESE, 2010), considera-se 25 kg CO₂ eq.kg CH₄ e 298 kg CO₂ eq.kg N₂O (IPCC, 2007). A totalidade de emissões é obtida pela conversão das respectivas emissões dos gases em questão kg CO₂ eq.

O gás CH₄, que se origina da fermentação entérica, é citado na literatura como o mais importante em relação aos impactos ambientais, em seguida observa-se a emissão de CH₄ no manejo de dejetos, ressaltando os armazenados em esterqueiras. No entanto, a utilização de fertilizantes sintéticos e esterco em lavouras e pastagens contribui na formação de N₂O, bem como a urina liberada durante a pastagem. Seja qual for a forma de produção, a maior parte da contribuição ao *GWP* ocorre por meio do CH₄(BASSET-MENS; LEDGARD; BOYES, 2009;DIAS, 2011; GERBER *et al.*, 2010).

Desta forma, os dados gerados pelo *dataset* da produção de leite de cabra apontam que 99,8% da contribuição ao *GWP* é oriunda da produção de soja. O resultado é justificável uma vez que diferentemente da vaca, a cabra emite uma menor quantidade de CH₄ proveniente da fermentação entérica e o rebanho em questão possui cerca de duzentos animais. Em contrapartida, a produção de soja brasileira é um dos maiores plantios do país. De fato, os dados da safra de 2017/2018, coletados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), mostram que o Brasil é o segundo maior produtor de soja do mundo, ficando atrás apenas do EUA. A área plantada contabiliza cerca de 35,1 milhões de hectares com produção chegando a 116,9 milhões de toneladas de soja.

É importante ressaltar que embora a área plantada não interfira na intensidade dos impactos ambientais gerados pelo produto agrícola, a monocultura da soja no Brasil é bastante expressiva, o que influencia na quantidade de impacto gerado. Ao passo que, caso a agricultura fosse melhor distribuída entre outros tipos de produtos e meios de cultura, como por exemplo a agricultura orgânica, a quantidade de impactos gerados pela monocultura da soja poderia vir a ser atenuada.

Kim e colaboradores (2013), realizaram a ACV na produção de queijo e soro de leite bovino nos Estados Unidos e observaram que a etapa de produção do leite, matéria prima para a produção de queijos, constitui a principal etapa que contribui com impactos ambientais que

acarretam em mudanças climáticas e demais categorias de impactos avaliadas. Ao fim do estudo, concluíram que para que o consumo de queijo pelos americanos não seja um fator negativo em relação ao meio ambiente é necessário que medidas mitigatórias sejam adotadas nas fazendas (considerando o metano entérico e o manejo de esterco) e no campo (considerando o uso de pesticidas, fertilizantes e agrotóxicos)

Gerber *et al.* (2010) corroboram com os resultados do estudo anterior uma vez que identifica como ponto crítico do setor leiteiro a emissão de metano da fermentação entérica e das esterqueiras.

6.2 USO DA TERRA

O uso da terra refere-se ao impacto ambiental gerado pela retirada da biodiversidade do local e sua respectiva ocupação para atividades humanas (NIGRI, 2012) e também a sua transformação devido a perda da biodiversidade e serviços ecossistêmicos. É expressa em m² por ano (m²ano⁻¹) (SÉO *et al.*, 2017).

No processo de produção de leite, a fase da agricultura é a que mais demanda o uso de terras para a produção de alimentos. Desta forma, quanto mais intensiva a exploração leiteira menor será o uso de terras para a produção de alimentos para o rebanho (BARTL; GÓMEZ; NEMECEK, 2011; OLSZENSWSKI, 2011).

Tendo em vista que o cultivo de grãos (soja e milho) fornece maior quantidade de valor energético e proteínas por unidade de área em paralelo à pastagem e, portanto, necessita de menor ocupação de terras para alimentar a mesma quantidade de animais é provável que esses resultados devem-se a forma de criação intensiva onde é predominante a utilização de silagem e concentrado na alimentação animal, onde os grãos são os ingredientes base da alimentação. Os sistemas convencionais também fazem uso de menos terras que os orgânicos (KRISTENSEN *et al.*, 2011; THOMASSEN *et al.*, 2008a; VAN DER WERF; KANYARUSHOKI; CORSON, 2009).

Em sistemas de modelo extensivo no Brasil e no Peru (BARTL; GÓMEZ; NEMECEK, 2011; OLSZENSWSKI, 2011) e em modelos de sistemas orgânicos na França e na Dinamarca (KRISTENSEN *et al.*, 2011; VAN DER WERF; KANYARUSHOKI; CORSON, 2009) a pastagem é a base da alimentação animal. Em contrapartida, O'Brien *et al.* (2012) observaram um maior uso de terra em sistema de confinamento do que a base de pasto e atribuíram o resultado devido à produtividade da pastagem, à composição do concentrado e aos procedimentos de alocação de coprodutos do concentrado (SÉO *et al.*, 2017).

No presente estudo o uso da terra se mostrou relevante uma vez que 93% desse impacto é oriundo da produção de soja que é utilizada no concentrado para alimentação animal.

6.3 ECOTOXICIDADE DA ÁGUA

Fertilizantes e agrotóxicos utilizados na agricultura para combater ervas daninhas, fungos e insetos podem caracterizar um perigo em potencial quando usados em excesso. Parte das substâncias empregadas não atinge o alvo ou o vegetal não consegue absorver e acabam tendo como destino os corpos hídricos caracterizando uma contaminação acidental.

Esse tipo de poluição possui efeitos cumulativos e causa danos a biota aquática de rios e lagos, além de prejudicar animais que interagem com o ecossistema. O processo de descontaminação possui alto custo e é demorado, pois gera contaminação das margens e os compostos químicos também podem se acumular no fundo dos rios dificultando ainda mais sua remoção (PEÑA *et. al.*, 2018).

Os resultados da ACV no presente estudo apontam que 87,9% da ecotoxicidade gerada na produção do queijo de cabra é oriunda do cultivo de soja.

6.4 POTENCIAL DE ACIDIFICAÇÃO

No meio ambiente, podem ocorrer emissões de substâncias inorgânicas para a água e para o solo, como nitratos, sulfatos e fosfatos, o que provoca a acidificação dos corpos d'água e do solo. Na produção de leite, os principais elementos que contribuem para a acidificação são: amônia, nitratos e sulfatos que possuem potenciais de liberação de íons H⁺ diferentes (DIAS, 2011). Essas substâncias são padronizadas para um indicador de comparabilidade chamado de SO₂ equivalente (Kg SO₂eq).

De acordo com Guignard e colaboradores (2009), somente a produção de contribui com 97% do potencial de acidificação, sendo a amônia responsável por 79% desse potencial ao longo da cadeia de produção de lácteos, pois no processo de cultivo de pastagens e também de grãos, ocorre a volatilização da amônia dos fertilizantes sintéticos e do esterco utilizado como adubo onde se encontra as emissões mais intensas que contribuem para o potencial de acidificação (BAVA *et al.*, 2014; HAVLIKOVA; KROEZE; HUIJBREGTS, 2008). No entanto, embora seja uma importante fonte de emissão o esterco resulta em menor potencial de acidificação quando comparado ao uso de fertilizantes sintéticos (DOLMAN *et. al.*, 2014).

De acordo com estudos de ACV realizados em fazendas da Dinamarca, Alemanha e Itália para a produção de 1 kg de leite bovino, o maior potencial de acidificação foi encontrado na Itália onde a amônia do armazenamento de dejetos e da agricultura de grãos revelou-se o principal impacto (25,6 g SO₂ eq. Kg ECM) (GUERCI *et. al.*, 2013).

Emissões menores foram encontradas em um sistema de produção de leite extensivo no Brasil (6,0 g SO₂ eq. Kg ECM), o mesmo apresentou 13% menos emissão quando comparado ao sistema de confinamento (6,9 g SO₂ eq. Kg ECM) (OLSZENSVSKI, 2011). Léis (2013) encontrou resultados semelhantes quando observou que no Sul do Brasil a maior emissão de amônia pelo uso de fertilizante sintético e orgânico se deu em sistema confinado (12,7 g SO₂ eq. Kg ECM) enquanto o sistema a base de pasto apresentou até 40% menos emissão (7,7 g SO₂ eq. Kg ECM).

No presente estudo constatou-se que 42,5% do potencial de acidificação advêm do uso de fertilizante no cultivo de soja (6,8 g SO₂ eq. Kg ECM) e 33,5% do potencial é oriundo do uso de fertilizantes no cultivo de milho (5,7 g SO₂ eq. Kg ECM). Tais resultados implicam que medidas mitigatórias devem ser elaboradas e implantadas no campo.

6.5 SUBSTITUIÇÃO DA SOJA NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL: UMA COMPARAÇÃO ENTRE DOIS CENÁRIOS.

A categoria de impacto ambiental mais relevante apontada nos resultados da ACV do queijo de cabra foi o uso da terra voltada para o cultivo de soja, que compõe o principal ingrediente do concentrado animal, pois constitui fonte de proteínas de alto valor biológico.

A soja é uma leguminosa considerada fonte de concentrado proteico das dietas, o grão de soja apresenta em sua composição uma média de 91% de Matéria Seca (MS), 38,5% de Proteína Bruta (PB), 19% de Extrato Etéreo (EE) e de Fibra em Detergente Neutro (FDN), 12% de Fibra em Detergente Ácido (FDA) e 90,5% de Nutrientes Digeríveis Totais (NDT).

Através do processamento da soja é extraído o óleo de soja e também o farelo de soja, cuja composição é de, em média, 88,5% de MS, 48% de PB, 1,89% de EE, 15% de FDN, 8,7% de FDA e 80% de NDT (VALADARES FILHO *et. al.*, 2017).

Para se obter o farelo de soja, primeiramente os grãos passam por um processo de recepção e classificação, onde os melhores grãos são separados dos demais por meio de um processo onde suas qualidades mais fáceis observadas como umidade, impurezas e quebra determinam quais possuem qualidade superior. Os grãos já selecionados passam pela secagem, a fim de reduzir o teor de umidade e desta forma permitir um melhor acondicionamento, sem

risco de invasores que possam danificá-los. Após, passam novamente por secagem para reduzir ainda mais a umidade dos grãos, são quebrados e descascados (casca de soja), condicionados e laminados (rompem-se as paredes das células) e por fim passam pelo processo de extração do óleo (EMBRAPA, 2015).

A extração do óleo consiste no esmagamento mecânico dos grãos que resulta em dois produtos: o óleo e a torta de soja. A torta de soja contém uma quantidade superior de extrato etéreo (EE) em relação ao farelo de soja, é a partir da torta, através de um solvente orgânico (hexano) que se obtém o farelo de soja (EMBRAPA, 2015).

No entanto, o cultivo da soja representa um aspecto negativo que resulta em impactos ao meio ambiente como o potencial de mudança climática, uso da terra, potencial de acidificação do solo e risco de ecotoxicidade da água.

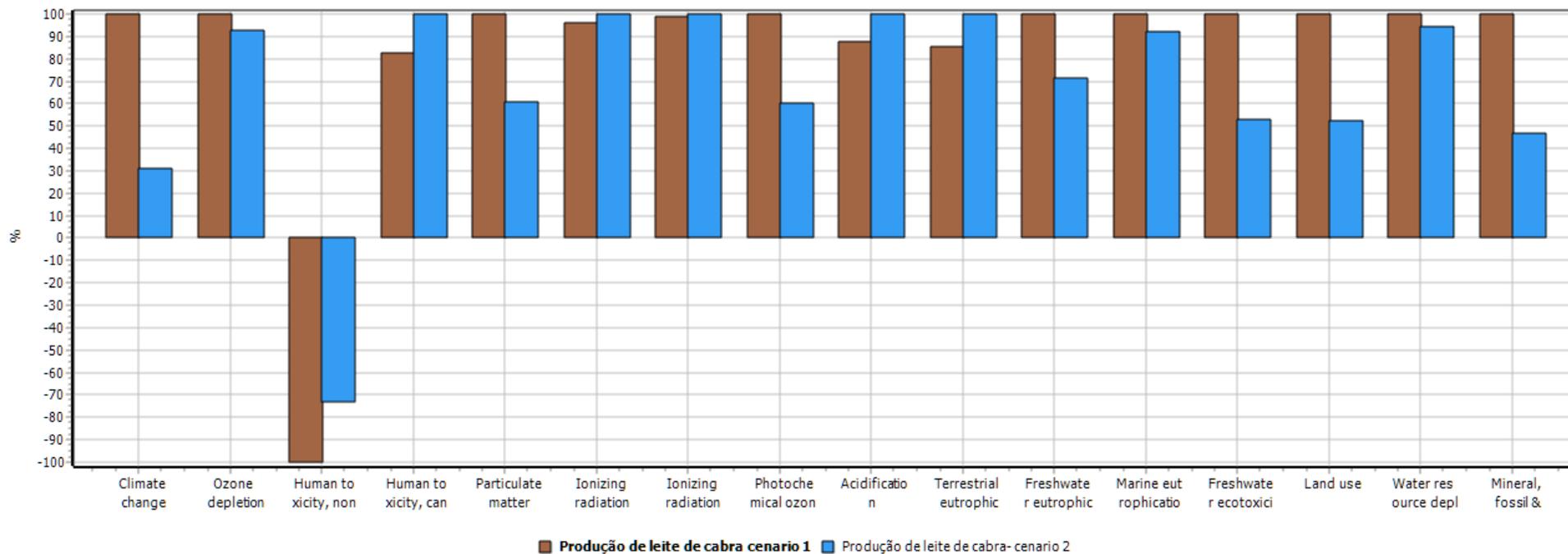
No intuito de propor medidas mitigatórias viáveis para a produção de leite de cabra – e consequentemente para a produção de queijo de cabra – o presente estudo realizou um *trade off* entre dois cenários distintos onde 1 kg de farelo de soja do concentrado animal foi substituído por 0,5 kg de feno e 0,5 kg de capim.

No gráfico 2 pode-se observar os resultados dos impactos ambientais potenciais dos dois cenários:

É possível observar de acordo com o Gráfico 2 a comparação entre o cenário 1 (tradicional) e o cenário 2, onde a soja foi parcialmente substituída por feno e capim.

O gráfico mostra que em relação ao uso da terra os impactos ambientais decorrentes dessa atividade se reduzem a metade. É possível ainda verificar que há uma redução significativa quanto ao potencial de mudanças climáticas, inalação de partículas inorgânicas e potencial de eutrofização aquática e terrestre.

Gráfico 2 – Comparação entre cenário 1 - produção de leite de cabra - e cenário 2 - produção de leite de cabra cuja soja foi parcialmente substituída do concentrado animal. Método ILCD.



6.6 MEDIDAS MITIGATÓRIAS PARA A MINIMIZAÇÃO DOS IMPACTOS

O capim e o feno não são capazes de ofertar proteínas de alto valor biológico como a soja. No entanto, alguns estudos já sinalizam substitutos para a soja em decorrência do seu valor elevado no mercado, mais um motivo para a substituição do farelo de soja no concentrado. Um substituto estudado trata-se do farelo de algodão de alta energia (ECKSTEIN, 2017).

O farelo de algodão de alta energia constitui um subproduto da indústria têxtil, ele é obtido a partir da torta de algodão. Assim como no farelo de soja, o farelo de algodão é obtido através de um solvente (hexano) (ECKSTEIN, 2017).

O farelo de algodão passa ainda por um tratamento térmico para inativar enzimas antinutricionais presentes no caroço *in natura*, tais enzimas inibem a digestão de proteínas (PAIM *et. al.*, 2010).

A composição e os níveis de nutrientes de cereais e oleaginosas variam em decorrência da planta, da época do ano e do crescimento evolutivo do cultivo que influencia diretamente no produto final (ECKSTEIN, 2017). De acordo com Valadares Filho e colaboradores (2017), a composição bromatológica⁷ do farelo de algodão é de 90% de matéria seca (MS), 29,7% de proteína bruta (PB), 9,4% de extrato etéreo (EE), 50,7% de fibra em detergente neutro (FDN), 34,9% de fibra em detergente ácido (FDA) e 42,4% de nutrientes digeríveis totais (NDT).

Lima Júnior e colaboradores (2010) concluíram que a substituição parcial de farelo de soja por farelo de algodão nos níveis de 10, 20, 30 e 40% não apresentou efeito estatístico relevante na alimentação de ovinos. Corroborando, Zervoudakis e colaboradores (2010) também trabalharam com níveis de substituição do farelo de soja por farelo de algodão no concentrado animal para vacas em lactação e observaram que não houve efeito da substituição sobre os teores de produção diária e também no teor do gordura do leite produzido.

Eckstein (2017) avaliou o efeito da substituição do farelo de soja no concentrado animal, destinado a vacas leiteiras, com o objetivo de avaliar a digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes, a produção de leite, síntese microbiana, parâmetros sanguíneos e viabilidade econômica. A farelo de soja foi substituído por farelo de algodão de alta energia, grãos secos de destilaria com solúveis de milho e ureia pecuária protegida. Os resultados mostraram que houve variações pouco significativas nos parâmetros avaliados decorrentes das dietas alteradas

⁷Composição Bromatológica – Trata-se da composição química e toxicológica dos alimentos e sua ação no organismo.

e, portanto, os três substitutos podem ser utilizados na alimentação dos animais sem a necessidade de incluir o farelo de soja no concentrado.

Um estudo realizado por Guerra (2016) concluiu que a substituição do farelo de soja por milho e ureia não alterou o consumo e a digestibilidade dos nutrientes de vacas em lactação mantidas em pastagem, assim como não alterou a produção de leite e nem os componentes nutricionais do leite. Desta forma, a substituição das dietas não altera o desempenho produtivo, tampouco as características físico-químicas e composição do leite e por isso são adequadas para utilização.

Ao substituir o farelo de soja por levedura seca inativa em dietas de bovinos de corte, Campos (2011) relata que a levedura seca inativa possui potencial de substituição do farelo de soja, visto que não altera a digestibilidade total e parcial dos nutrientes, o balanço nitrogenado e a eficiência microbiana, assim como não influi no ganho de peso dos animais. Seu uso está apenas condicionado a fatores econômicos.

É importante ressaltar que os estudos que avaliam a substituição da soja são decorrentes do seu alto valor de mercado e não consideram os impactos ambientais dos processos, somente os impactos biológicos que irão influenciar na saúde e na produção dos animais.

7. CONCLUSÃO

A avaliação do ciclo de vida mostrou-se uma ferramenta eficiente no que diz respeito à identificação de impactos ambientais resultantes de um processo produtivo. Além disso, mostrou-se versátil quanto ao seu uso, uma vez que pode ser utilizada em diferentes processos de produção. É possível encontrar estudos desde a área de construção civil até a indústria de alimentos.

A ACV permite evidenciar quais etapas de um processo produtivo podem resultar em impactos ambientais e a partir da identificação destes impactos, permite a proposição de medidas mitigatórias, tornando viável a escolha de insumos de forma consciente.

Ainda leva em consideração não só o aspecto financeiro como também o ambiental, uma vez que é possível optar por matérias primas que tenham pouco ou nenhum impacto negativo ao meio ambiente de acordo com seus ciclos de vida, tornando assim o produto final também sustentável.

Apesar de ter se mostrado uma ferramenta eficiente no que se propõe a ACV possui alguns fatores limitantes como o custo elevado para aquisição do software e qualificação da mão de obra para a realização da coleta e análise de dados.

O desenvolvimento de *software* brasileiros, que contenham um banco de dados com um inventário dos processos produtivos mais comuns, além de produzir resultados mais fidedignos, tornaria a ferramenta mais acessível.

Com relação ao ciclo de vida do queijo de cabra, foi possível concluir que de maneira geral, a fase da produção do leite de cabra é a que contribui com maiores impactos ambientais, mais especificamente os impactos ambientais negativos gerados são decorrentes da plantação de soja. A soja constitui o principal ingrediente da alimentação animal. Outros estudos evidenciam que o mesmo ocorre na produção de leite bovino, pois as vacas também são alimentadas com farelo de soja.

Um dos pontos críticos apontados pelo presente estudo é o uso de fertilizantes, esterco e pesticidas utilizados nas lavouras, produtos que atualmente sustentam a agricultura, pois a sua utilização é o que torna possível a produção em massa de alimentos. No entanto o abuso que se faz do uso dessas substâncias acabam causando distúrbios ambientais no ecossistema ao redor.

O uso de terra para a produção de soja – utilizada para a produção do concentrado animal, também constitui um fator relevante com relação aos impactos ambientais negativos,

uma vez que todo um ecossistema é impedido de exercer seu curso natural em decorrência das atividades humanas.

A acidificação dos corpos d'água e da terra ocorrida no processo produtivo de grãos constitui mais um impacto negativo uma vez que partículas inorgânicas decorrentes do processo produtivo são lançadas no meio ambiente.

E o potencial de mudanças climáticas ocasionado pela emissão de gases de efeito estufa também afeta negativamente a produção do leite de cabra em questão.

A fim de tornar o processo produtivo do queijo de cabra ambientalmente sustentável, o presente estudo propõe como medida mitigatória a substituição do farelo de soja utilizado na alimentação dos animais por farelo de algodão, que foi apontado por estudos como uma alternativa viável e que não impacta negativamente na produção de leite.

No entanto, os estudos que propõe tal substituição o fazem somente levando em consideração o aspecto econômico.

Alguns substitutos da soja foram citados na literatura, porém se faz necessário que mais estudos viabilizem a sua utilização, pois para que o produtor possa optar pelo insumo mais sustentável que não reduza a produção de leite por parte dos animais é necessário levar em consideração fatores como a raça do animal, o tipo de criação e a composição química do substituto em questão.

Para validar um substituto do farelo de soja como sustentável, é necessário ainda que se realize um estudo de ACV do seu processo produtivo, pois como elucidado anteriormente, os estudos que procuram um substituto para o farelo de soja somente o fazem em decorrência do seu valor de mercado e desconsideram os impactos ambientais gerados nos processos de produção.

Portanto, conforme evidenciado neste estudo, o processo de produção de alimentos envolve vertentes de áreas distintas. Modificar a alimentação animal, eleger um processo de criação mais sustentável, desenvolver o bem-estar animal são demandas cada vez mais necessárias em decorrência do processo evolutivo atual.

A produção sustentável de alimentos e bens de consumo precisa ser consolidada para que um equilíbrio possa ser instalado, de modo que a vivência da espécie humana possa coexistir de forma harmoniosa com o ecossistema do planeta.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. **NBR ISO 14040:** Gestão Ambiental -Avaliação do ciclo de vida -Princípios e estrutura, ABNT, São Paulo, Novembro 2001. 10p.

_____. **NBR ISO 14044:** Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações, ABNT, São Paulo, Novembro 2014. 46p.

_____. **NBR ISO 14.001:** Introdução à ABNT NBR ISO 14004:2015. ABNT, São Paulo, 2015. 12p.

ARAÚJO, M.G. **Modelo de avaliação do ciclo de vida para a gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil.** Rio de Janeiro, 2013.

BALTHAZAR, C. F.; PIMENTEL, T. C.; FERRÃO, L. L.; ALMADA, C. N.; SANTILLO, A.; ALBENZIO, M.; MOLLAKHALILI, N.; MORTAZAVIAN, A. M.; NASCIMENTO, J. S.; SILVA, M. C.; FREITAS, M. Q.; SANT'ANA, A. S.; GRANATO, D.; CRUZ, A. G. Sheep Milk: Physicochemical Characteristics and Relevance for Functional Food Development. **Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety**, v. 16, n. 2, p.247-262, 2017.

BARTL, K.; GÓMEZ, C.A.; NEMECEK, T. Life cycle assessment of milk produced in two smallholder dairy systems in the highlands and the coast of Peru. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 13, p. 1494-1505, 2011.

BAVA. L.; SANDRUCCI, A.; ZUCALI, M.; GUERCI, M.; TAMBURINI, A. How can Farming intensification affect the environmental impact of milk production? **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 7, p. 1-15, 2014.

BELCHIOR, F. Caprinocultura busca representatividade. **Revista Leite e Derivados**. n.71. p.54-63. 2003.

BOSCO, W.A. *Programa de Produção Mais Limpa em uma Indústria de Laticínios de Médio Porte.* Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC Curso de Graduação de Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2013.

BRASIL. DECRETO N° 7.390, DE 15 DE SETEMBRO DE 2010. **Política Nacional sobre Mudança do Clima.** Brasília, DF, jan 2019. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm> Acesso em: 16jan. 2019.

BRASIL. LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. **Código Florestal Brasileiro, Brasília.** DF, jan 2019. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>Acesso em: 16jan. 2019.

BRASIL. LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Brasília, DF, jan 2019. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>Acesso em: 16jan. 2019.

BRASIL. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. **Plano Nacional de Recursos Hídricos, Brasília.** DF, jan 2019. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>Acesso em: 16jan. 2019.

BRASIL. LEI Nº 9.985, DE 18 DE JULHO DE 2000. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.** Brasília, DF, jan 2019. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivos/areas_protegidas/snuc/Livro%20SNUC%20P NAP.pdf>Acesso em: 16jan. 2019.

BOARO, L. S. *Diagnóstico do uso das águas em unidade de laticínios visando produção mais limpa* (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2008.

CASSANEGO, D.B.; GUSSO, A.P.; MATTANNA, P.; SILVA, S.V.; PELLEGRINI, L.G. Características físico-químicas e sensoriais de bebida láctea de leite de cabra. **Synergis muss cyentifica**, UTFPR, v.7, n.1, 2012.

CAMPOS, A. F. Substituição do farelo de soja por levedura seca inativa em dietas de bovinos de corte. / Andressa Fernanda Campos. Viçosa – Minas Gerais, 2011. 76 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, 2011.

CAVICCHIOLI, V. Q.; SCATAMBURLO, T.M.; YAMAZI, A. K.; PIERI, F. A.; NERO, L. A. Occurrence of *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, and enterotoxigenic *Staphylococcus* in goat milk from small and medium-sized farms located in Minas Gerais State, Brazil. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 12, p.8386-8390, 2015.

CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **PIB Agro Cepea-USP. 2017.** Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/pib/>>. Acesso em: 03 ago. 2018.

CHACÓN VILLALOBOS, A. Aspectos nutricionales de la leche de cabra (*Capra hircus*) y sus variaciones em el proceso agroindustrial. **Agronomía Mesoamericana**, v.16, n.2, p.239-252, 2005.

CHEHEBE, J. R. Análise do Ciclo de Vida de Produtos: ferramenta gerencial da ISO14000. Rio de Janeiro: **Qualitymark**,CNI,1997.

CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. 2a ed. Tradução de Our common future. 1a ed. 1988. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. (2008). **Guia técnico ambiental da indústria de produtos lácteos (Série P+L)**. São Paulo: CETESB. 95 p. Apostila.

COSTA, L. L. et al. Eficiência de Wetlands construídos com dez dias de detenção hidráulica na remoção de colifagenos e bacteriófagos. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 3, n. 1, 2003.

CRESTANA, S.; FRAGALLE, E. P. A trilha da quinta potência: um primeiro ensaio sobre ciência e inovação, agricultura e instrumentação agropecuária brasileiras. **Revista Eixo, Brasília**, v.1, n.1, p. 7-19, 2012.

CURRAN, M. A; NOTTEN, P. CHAYER, J.A.; CICAS, G. Summary of Global Life Cycle Inventory Data Resources. Task Force 1: Database Registry. SETAC/UNEP **Life Cycle Initiative**, 2006.

DJEKIC, I., MIOCINOVIC, J., TOMASEVIC, I., SMIGIC, N., TOMIC, N. Environmental life-cycle assessment of various dairy products.I. **Journal of Cleaner Production**, n. 68, p. 64 a 72,2014.

DIAS, S.I.L. *Análise de estudos de avaliação de ciclo de vida para os laticínios*. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, Aveiro – Portugal, 2011.

EC (European Commission) JRC (Joint Research Centre) IES (Institute for Environment and Sustainability). ILCD International Reference Life Cycle Data System. General Guide for Life cycle Assessment – Detailed guidance.2010a.

ECKSTEIN, E. I. *Alternativas de fontes proteicas na alimentação de ruminantes em substituição ao farelo de soja*. / Everline Inês Eckstein. Marechal Cândido Rondon, 2017. 56

f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2017.

ELWOOD, P. C.; PICKERING, J. E.; GIVENS, D. I.; GALLACHER, J. E. The Consumption of Milk and Dairy Foods and the Incidence of Vascular Disease and Diabetes: An Overview of the Evidence. **Lipids**, v. 45, n. 10, p.925-939, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA - **Tecnologia para produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos** (MANDARINO, J. M. G., HIRAKURI, M. H., ROESSING, A. C.) - Embrapa Soja Londrina, PR 2015. 2ed. Disponível em: Acesso em 10 de janeiro de 2019.

FAO. **FAO STAT Production live animals**. Disponível em:<<http://www.fao.org/faostat/en/>> 2016.

FERREIRA, G. B.; FRANK, B. *Avaliação do ciclo de vida do produto: Uma aplicação prática para facilitar a escolha da melhor opção de projeto no desenvolvimento de produto*. In: XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2007.

FIEMG. **Guia técnico ambiental da indústria de laticínios**. Minas Gerais, MG, 2014. 68 p.

FONTANELLE, M. N. **Tratamento de efluentes líquidos da indústria de laticínios de Minas Gerais. Belo Horizonte: UFMG, 2006.**

GASQUES, J. G. *et al.* Produtividade total dos fatores e transformações da agricultura brasileira: análise dos dados dos censos agropecuários. In: GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E. R.; NAVARRO, Z. (Org.). **A agricultura brasileira: desempenho, desafios e perspectivas**. Brasília: Ipea, 2010. p. 19-44.

GIANNETTI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B. **Ecologia Industrial: conceitos, ferramentas e aplicações**. [S.L.]: Edgard Blucher, 2012.

GOEDKOOP, M., SCHRYVER, A.D., OELE, M. **Introduction to LCA with SIMAPRO 7**. Pre Consultant, The Netherlands, 2008.

GUERCI, M.; KNUDSEN, M.T.; BAVA, L.; ZUCALI, M.; SCHÖNBACH, P.; KRISTENSEN, T. Parameters affecting the environmental impact of a range of dairy farming systems in Denmark, Germany and Italy. **Journal of Cleaner Production**, v. 54, p. 133-141, 2013.

GUERCI, M.; BAVA, L.; ZUCALI, M.; TAMBURINI, A.; SANDRUCCI, A. Effect of summer grazing on carbon footprint of milk in Italian Alps: a sensitivity approach. *Journal of Cleaner Production*, v. 73, p. 236-244, 2014.

GUERRA, Mirela Gurgel. Milho e ureia em substituição ao farelo de soja para vacas em lactação a pasto. 2016. 110 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

GUIGNARD, C.; VERONES, F.; LOERINCIK, Y.; JOLLIET, O. Environmental Ecological Impact of the Dairy Sector: Literature review on dairy products for an inventory of key issues. List of environmental initiatives and influences on the dairy sector. International Dairy Federation. **Bulletin of International Dairy Federation**. Report 436, p.66, Belgium, 2009.

GUINÉE, J.B.; GORRÉE, M.; HEIJUNGS, R.; HUPPES, G.; KLEIJN, R.; KONING, A. DE; OERS, L. VAN; WEGENER SLEESWIJK, A.; SUH, S.; UDO DE HAES, H.A.; BRUIJN, H. DE; DUIN, R. VAN; HUIJBREGTS, M.A.J. **Handbook on life cycle assessment**. Operational guide to the ISO standards. I: LCA in perspective. IIa: Guide. IIb: Operational annex. III: Scientific background. Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-4020-0228-9, Dordrecht, 2002.

GUINÉE, J.B.; HEIJUNGS, H.; HUPPES, G.; ZAMAGNI, A.; MASONI, P; BUONAMICI, R. Life Cycle Assessment: Past, Present, and Future. **Environmental Science and Technology**, v.45, n.1, p. 90-96, 2011.

HAENLEIN, G.F.W. Goat milk in human nutrition. **Small Ruminant Research**, v.51, p.155-163, 2004.

HAVLIKOVA, M.; KROEZE, C.; HUIJBREGTS, M.A. Environmental and health impact by dairy cattle livestock and manure management in the Czech Republic. *The Science of the Total Environment*, v. 396, n. 2-3, p. 121-131, 2008.

HODGKINSON, A. J.; WALLACE, O. A. M.; BOGGS, I.; BROADHURST, M.; PROSSER, C. G. Gastric digestion of cow and goat milk: Impact of infant and young child in vitro digestion conditions. **Food Chemistry**, v. 245, p.275-281, 2017.

IBGE. **Censo agropecuário 2017** – resultados preliminares. Brasília, DF, 2017.

IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Banco de Dados Agregados. **Tabela 3939: Efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho**. [Rio de Janeiro, 2012]. Disponível em:

<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=3939&z=t&o=24>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

IPEA. A sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: impactos, políticas públicas e desafios. Brasília, DF, 2012. 52 p.

JERÔNIMO, C.E.M., COELHO, M.S., MOURA, F.N., ARAUJO, A. B. A., Qualidade Ambiental e Sanitária das Indústrias de Laticínios do Município de Mossoró-RN, **Rev.Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.7, n. 7, p. 1349-1356. 2012.

JUNIOR, S. M. C. H.; MARANDUBA, L. H.; NETO, A. A. J.; RODRIGUES, B. L. Life cycle assessment of cheese production process in a small-sized dairy industry in Brazil. **Environ Sci Pollut Res**, v. 24, p. 3470-3482, 2017.

LÉIS, C.M. Desempenho ambiental de três sistemas de produção de leite no Sul do Brasil pela abordagem da Avaliação do Ciclo de Vida. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental)- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

LIMA, I. S. S.; GARCEZ, B. S.; ALVES, A. A.; AQUINO, F. C.; BORGES, L. S.; CARVALHO, W. F. Fat protected and profile of fatty acids goat milk: a review. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 10, n. 4, p.830-840, 2016.

LIMA JÚNIOR, D. M., BRAGA, A. P., RANGEL, A. H. N., BRAGA, Z. C. A. C., BARRETO, H. F. M., MACIEL, M. V. Farelo de algodão (*Gossypum spp.*) extrusado na dieta de ruminantes: consumo e digestibilidade. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 5, n. 1, p. 68 – 75, 2011.

LUIZ, M.T.B.; DRUNKLER, D.A.; HENN, R.; FETT, R. Leite de cabra: hipoalergenicidade, composição química e aspectos nutricionais. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.54, n.306, p.23-31, 1999.

KUBOTA, F. I., & ROSA, L. C. Identification and conception of cleaner production opportunities with the theory of inventive problem solving. **Journal of Cleaner Production**, 47, 199-210. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.059>, 2013.

MACHADO, Ê. L. *et al.* Gestão Tecnológica Ambiental de uma indústria de laticínios. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIASANITARIA Y AMBIENTAL, 30, 2006, Uruguai. **Anais Punta del Leste: AIDIS**, 2006. p. 1-6.

MARQUARDT, L., ROHLFES, A. L. B., BACCAR, N.M., OLIVEIRA, M. S. R., RICHARDS, N. S. P. S. Indústrias Lácteas: Alternativas de Aproveitamento do Soro de Leite como Forma de Gestão Ambiental. **Revista do departamento de Química e Física**, v. 15, n. 2. 2011.

MARQUARDT, L., ROHLFES, A. L. B., BACCAR, N.M., OLIVEIRA, M. S. R., RICHARDS, N. S. P. S. Indústrias Lácteas: Alternativas de Aproveitamento do Soro de Leite como Forma de Gestão Ambiental. **Revista do departamento de Química e Física**, v. 15, n. 2. 2011.

MACHADO, R. M. G. *et al.* Controle ambiental nas pequenas e médias indústrias de laticínios: Projeto Minas Ambiente. Belo Horizonte: SEGRAC, 2002.

MACHADO, R. M. G.; SILVA, P. C.; FREIRE, V. H. Controle ambiental em indústrias de laticínios. **Brasil Alimentos**, n. 7, p. 34-36, 2001.

MESQUITA, I.V.U.; COSTA, R.G.; QUEIROGA, R.C.R.E.; MEDEIROS, A.N. Efeito da dieta na composição química e características sensoriais do leite de cabras. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.59, n.340-341, p.73-80, 2004.

MOREIRA, J. R., TEXEIRA, A. C., DAL POZZO, B., YAMAUCHI, L., CRIVELARO, L., AGUIAR, R., RAVAGNANI. Críticas ambientalistas à revolução verde. Texto apresentado no X World Congress of Rural Sociology – IRSA e no XXXVII Brazilian Congress of Rural economic and sociology – Sober, Workshop n. 38. **Greening of agriculture**. Rio de Janeiro, 2016.

NAIME, R.; GARCIA, A. C. Utilização de enraizadas no tratamento de efluentes agroindustriais. **Estudos tecnológicos**, v. 1, n. 2, p. 9-20, 2005.

NIGRI, E.M. Análise comparativa do ciclo de vida de produtos alimentícios industriais e artesanais da culinária mineira. Belo Horizonte, MG, 2012.

NIGRI, E. M.; ROMEIRO FILHO, E.; ROCHA, S. D. F. Cimento tipo *Portland*: uma aplicação do ciclo de vida simplificada. In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2009.

NIGRI, E. M., BARROS, A. C., ROCHA, S. D., FILHO, E. R. Comparando os impactos ambientais dos processos de produção industrial e artesanal do doce de leite por meio de análise do ciclo de vida. **ENGEVISTA**, v. 17, n. 3, p. 358-374, setembro 2015.

NOGUEIRA, A.C.; PERES, A.P.; CARVALHO, E.M. Avaliação do risco ambiental utilizando fmea em um laticínio na região de lavras – MG. **Revista Produção Online**, v. 11, n. 1, 2011.

O'BRIEN, D.; CAPPER, J.L.; GARNSWORTHY, P.C.; GRAINGER, C.; SHALLOO, L. A case study of the carbon footprint of Milk from high-performing confinement and grass-based dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 3, p. 1835-1851, 2014.

OLALLA, M.; RUIZ-LÓPEZ, M.D.; NAVARRO, M.; ARTACHO, R.; CABRERA, C.; GIMÉNEZ, R.; RODRIGUEZ, C.; MINGORANCE, R. Nitrogen fractions of Andalusian goat milk compared to similar types of commercial milk. **Food Chemistry**, v.113, p.835-838, 2009.

OLSZENSVSKI, F.T. *Avaliação do ciclo de vida da produção de leite em sistema semi extensivo e intensivo: estudo aplicado*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

OZBAY, A., & DEMIRER, G. N. **Cleaner Production opportunity assessment for a milk processing facility**. **Journal of Environmental Management**, v.84, n.4, p. 484- 493, 2007. PMID:16945474. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.06.021>.

PAIM, T. P., LOUVANDINI, H., McMANUS, C. M., ABDALLA, A. L. Uso de subprodutos do algodão na nutrição de ruminantes. **Ciência Veterinária nos Trópicos**, v. 13, n. 1/2/3, p. 24 – 37, 2010.

PARK, Y.W.; JUÁREZ, M.; RAMOS, M.; HAENLEIN, G.F.W. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v.68, p.88-113, 2007.

PELEGRINE, D.H.G.; CARRASQUEIRA, R.L. Whey uses in nutritional beverages enrichment. **Brazilian Journal of food technology**, p.145-151, 2008.

PEÑA, N.; KNUDSEN, M. T.; FANTKE, P.; ANTÓN. A.; HERMANSEN, J. E. Freshwater ecotoxicity assessment of pesticide use in crop production: Testing the influence of modeling choices. **Journal of Cleaner Production**, v. 209, p. 1332-1341, 2019.

PIRES, A. J. V. *et al.* Farelo de cacau na alimentação de ovinos. **Revista Ceres**, Itapetinga, BA. v. 51, n. 293, p. 33-43, 2004.

POKRYWIECKI, T. S. *et al.* Avaliação do processo de tratamento de efluentes de laticínios. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient**, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 155-161, 2013.

PULINA, G., MILÁN, M. J., LAVÍN, M. P., THEODORIDIS, A., MORIN, E., CAPOTE, J., ... CAJA, G. Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors. *Journal of Dairy Science*, v.8, n. 101, p. 6715–6729, 2018.

RIBEIRO, F., da SILVA, Gil. Life-cycle inventory for hydroelectric generation: A Brazilian case study. *Journal of Cleaner Production* v. 18, p. 44–54, 2010.

RODRIGUEZ, V.A.; CRAVERO, B.F.; ALONSO, A. Proceso de elaboración de yogur deslactosado de leche de cabra. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.28, p.109-115, 2008.

ROHLFES, A.L.B. *et al.* Indústrias lácteas: alternativas de aproveitamento do soro de leite como forma de gestão ambiental. *Tecno-Lógica*, v. 15, n. 2, p. 79-83, 2011.

SARAIVA, C. B. *Potencial poluidor de um laticínio de pequeno porte: um estudo de caso* (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

SEÓ, S. L. H.; FILHO, M. P. C. L.; RUVIARO, F. C., LÉIS, M. C. Avaliação do ciclo de vida na bovinocultura leiteira e as oportunidades ao Brasil. *Eng Sanit Ambient*, v.22 n.2, p. 221-237, 2017.

SEO, M. S. E.; KULEY, A. L. Avaliação Do Ciclo De Vida: Ferramenta Gerencial Para Tomada De Decisão. *Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente*, v.1, n.1, Art 4, ago 2006

SHERWANIA, A. F.; USMANIB, J. A.; VARUNC. Life cycle assessment of solar PV based electricity generation systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.14, n.1, p. 540–544, 2010.

SILVA, D. *et al.* How important is the LCA software tool you choose Comparative results from GaBi, openLCA, SimaPro and Umberto, 2017.

SIQUEIRA, K. B. CARNEIRO, A. V.; ALMEIDA, M. F. de; SOUZA, R. C. N. *O Mercado Lácteo Brasileiro no Contexto Mundial*. EMBRAPA, p. 18, Juiz de Fora- Minas Gerais. 2010.

WILLERS, C. D., FERRAZ, S. P., CARVALHO, L. S., & RODRIGUES, L. B. Determination of indirect water consumption and suggestions for cleaner production

initiatives for the milk-producing sector in a Brazilian middle-sized dairy farming. *Journal of Cleaner Production*, v.72, p. 146- 152, 2014.

TAYLOR, M. W.; MACGIBBON, A. K. H. Milk Lipids: General Characteristics. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, p.649-654, 2011.

THOMASSEN, M.A.; VAN CALKER, K.J.; SMITS, M.C.J.; IEPEMA, G.L.; DE BOER, I.J.M. Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. *Agricultural Systems*, v. 96, n. 1-3, p. 95-107, 2008.

VALADARES FILHO, S.C., MACHADO, P.A.S., CHIZZOTTI, M.L., AMARAL, H. F., MAGALHÃES, K. A., ROCHA JUNIOR, V. R., CAPELLE, E. R. CQBAL 3.0. **Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos**. Disponível em:<
<http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/1905>> Acesso em: 10 de janeiro de 2019.

VAN DER WERF, H.M.G.; KANYARUSHOKI, C.; CORSON, M.S. An operational method for the evaluation of resource use and environmental impacts of dairy farms by life cycle assessment. *Journal of Environmental Management*, v. 90, n. 11, p. 3643-52, 2009.

VARGAS, M.; CHÁFER, M.; ALBORS, A.; CHIRALT, A.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. Physicochemical and sensory characteristics of yoghurt produced from mixtures of cows and goats milk. *International Dairy Journal*, v.18, p.1146-1152, 2008.

VERRUCK, S.; DANTAS, A.; PRUDENCIO, E. S. Functionality of the components from goat's milk, recent advances for functional dairy products development and its implications on human health. *Journal of Functional Foods*, v. 52, p.243-257, 2019.

Yan M, Holden NM, Life cycle assessment of multi-product dairy processing using Irish butter and milk powders as an example. *Journal of Cleaner Production*, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.07.006, 2018.

ZHOU, J.; CHANG, V. W.C.; FANE, A. G. Environmental life cycle assessment of reverse osmosis desalination: The influence of different lifecycle impact assessment methods on the characterization results. *Desalination*, v. 283, n.1, p. 227–236, 2011.

APÊNDICE A

Roteiro de Visita

Criação de cabras com ordenha

- 1- Quantidades de animais do plantel?
- 2- Número de fêmeas? Número de machos?
- 3- Qual o destino dos filhotes?
- 4- Os filhotes são vendidos? Qual valor?
- 5- Existe pastagem para cabras? Se sim, existe irrigação no local?
- 6- Qual ração que elas consomem? É industrializada? Marca?
- 7- Além da ração elas consomem outro tipo de alimento?
- 8- Qual o tamanho da área destinada à criação e ordenha?
- 9- Qual a quantidade de alimento que uma cabra consome por dia?
- 10- Quanto de urina uma cabra produz por dia?
- 11- Quanto de fezes uma cabra produz por dia?
- 12- Quanto de água uma cabra ingere por dia (dessedentação)?
- 13- Cabras produzem metano e /ou fazem ruminação?
- 14- Quais os efluentes da produção de leite de cabra (quantidade/dia)?
- 15- Qual o destino dos efluentes?
- 16- Quais as medicações que uma cabra necessita (quantidade)?

APÊNDICE B

Fabricação de queijo de cabra

- 1- Qual a quantidade produzida de queijo por dia?
- 2- Quais os tipos de queijo produzido?
- 3- Quais as matérias primas empregadas na produção do queijo (quantidade)?
- 4- Quais equipamentos utilizados? Usa lenha?
- 5- Existem restos de embalagens primárias? (quantificar)
- 6- Quais os efluentes do processo e o destino final deles? (quantificar)
- 7- Tamanho da área destinada para produção de queijo.

Gastos de energia/água (acesso as contas de luz e de água do estabelecimento)

- 1- Quantidade de água empregada no processo? (estimar a quantidade utilizada na produção de leite e na produção de queijo).
- 2- Quantidade de energia elétrica utilizada no processo? (estimar a quantidade utilizada na produção de leite e na produção de queijo).
- 3- Emissão de CO₂: Os produtos finais são transportados para quais locais?