



Luiza Moura Faria

**Metabolismo Social em uma indústria de laticínios na
zona rural de Visconde de Mauá (RJ)**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Urbana e Ambiental da PUC-Rio como
requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Urbana e Ambiental.

Orientador: Prof. Rogério Ribeiro de Oliveira

Rio de Janeiro
Setembro de 2017



Luiza Moura Faria

**Metabolismo Social em uma indústria
de laticínios na zona rural de
Visconde de Mauá (RJ)**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do grau de Mestre pelo Programa
de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e
Ambiental da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão
Examinadora abaixo assinada.

Prof. Rogério Ribeiro de Oliveira

Orientador

Departamento de Geografia e Meio Ambiente - PUC-Rio

Prof.^a Valéria Pereira Bastos

Departamento de Serviço Social - PUC-Rio

Prof.^a Stella Regina Reis da Costa

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ

Prof. Márcio da Silveira Carvalho

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 05 de setembro de 2017

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem a autorização da universidade, do autor e do orientador.

Luiza Moura Faria

Graduou-se em Ciências Econômicas na faculdade Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais (IBMEC-RJ) em 2013. Desde 2013 integra a gestão financeira dos projetos socioambientais desenvolvidos pela Escola de Bioarquitetura e Centro de Pesquisa e Tecnologia Experimental em Bambu (EBIOBAMBU), localizada em Visconde de Mauá. Adicionalmente, atuou como Auditora na empresa PricewaterhouseCoopers Brasil (PwC) entre 2014 e abril de 2017.

Ficha Catalográfica

Faria, Luiza Moura

Metabolismo Social em uma indústria de laticínios na zona rural de Visconde de Mauá (RJ) / Luiza Moura Faria; Rogério Ribeiro de Oliveira – 2017.

115 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, 2017.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Civil – Teses. 2. Engenharia urbana e ambiental. 3. Metabolismo Social. 4. Gestão de resíduos. 5. Despejos industriais. 6. Sustentabilidade I. Oliveira, Rogério Ribeiro de. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental. III. Título.

CDD: 624

Agradecimentos

Ao meu orientador Professor Rogério Ribeiro de Oliveira pela orientação, parceria, apoio e confiança para a realização deste trabalho.

À Instituição PUC-Rio, pelo ambiente criativo e amigável concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Às minhas amigas Camila Llerena, Mireille Eisele, Vanessa Schmall, Celina Llerena e meu amigo Sergio Bessa por todo apoio, paciência e compreensão.

Aos meus pais, pela educação, atenção e carinho de todas as horas.

À minha professora Valéria Bastos, pelas importantes contribuições e palavras de apoio.

Aos meus colegas da PUC-Rio.

Aos professores que participaram da Comissão examinadora.

A todos os amigos e familiares que de uma forma ou de outra me estimularam ou me ajudaram.

Resumo

Faria, Luiza Moura; Oliveira, Rogério Ribeiro de (Orientador). **Metabolismo Social em uma indústria de laticínios na zona rural de Visconde de Mauá (RJ)**, Rio de Janeiro, 2017, 115p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Esta pesquisa busca analisar o processo de excreção da atividade de uma pequena fábrica em Visconde de Mauá (RJ), sob perspectiva do conceito Metabolismo Social. O conceito propõe uma analogia do processo metabólico biológico de um organismo vivo e os sistemas sociais. Os organismos mantêm um fluxo contínuo de matéria e energia com o meio ambiente para garantir seu funcionamento, crescimento e reprodução. Igualmente, os sistemas sociais convertem energia e matérias em produtos, serviços e, finalmente, em resíduos. A pesquisa foi distribuída em duas etapas, a primeira parte de um estudo bibliográfico sobre o conceito e aplicações do Metabolismo Social. Na segunda etapa foi composta pelo levantamento do percurso histórico da região Visconde de Mauá e uma análise do processo de excreção da pequena fábrica de laticínios, baseado em uma entrevista a nível gerencial e operacional, e visita à base industrial. O estudo identificou os principais resíduos e riscos ambientais relacionados ao processamento de laticínios na pequena fábrica. O soro excedente foi o efluente com maior risco de contaminação, quando descartado de forma inadequada, devido à alta carga de DBO (demanda bioquímica de oxigênio). Com base na pesquisa, foi projetado um plano de controle e mitigação para efluentes líquidos, resíduos sólidos e emissões de gases durante o ciclo de produção, desde a fase de apropriação de insumos até o consumo final dos produtos. Espera-se que a partir da aplicação das medidas propostas, o processo de excreção da fábrica se torne menos intensivo gerando benefícios no âmbito social, econômico e ambiental.

Palavras-chave

Metabolismo Social; gestão de resíduos; despejos industriais; sustentabilidade.

Extended Abstract

Faria, Luiza Moura; Oliveira, Rogerio Ribeiro de (Advisor). **Social Metabolism in a dairy industry in the rural area of Visconde de Mauá (RJ)**, Rio de Janeiro, 2017, 115p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

The research on the waste management of a small dairy factory, located in Visconde de Mauá (RJ), started from the concern with the environmental effects observed in the stream close to the small industry. According to a water quality study in 2012, the stream had a great anthropic impact caused by the industrial occupation of dairy products (Carreño, 2012).

The Rio Preto is the largest water body whose main villages are on the banks of the streams. In addition, it is currently the main tourist attraction of Visconde de Mauá. The river has several waterfalls, wells, fishing areas, areas for extreme sports, among other characteristics unique to the place. Thus, the conservation and maintenance of water quality are fundamental to sustain society in Visconde de Mauá.

The region underwent several changes in terms of economic activity and landscape transformation. Today, the main activities are tourism and the industrial production of a small dairy factory. Saw cheese is still highly valued by both tourists and locals alike, who many consider it a substitute for meat, as it is easy to conserve in rainy seasons.

Such practices provide the economic development and employability of local residents, however, failures in socio-environmental management are observed. The performance of public agencies is deficient in terms of planning, infrastructure and water management, sewage, garbage, real estate speculation, health posts and mobility. This work proposes a qualitative analysis of the waste management of a small dairy factory, under the perspective of the concept Social Metabolism.

This concept proposes an analogy of the biological metabolic concept of a living organism and social systems. Essentially, biological metabolism refers to the

internal processes of a living organism. Organisms maintain a continuous flow of materials and energy with the environment to ensure its functioning, growth and reproduction. Similarly, social systems convert raw materials into products, services, and ultimately into waste. Social Metabolism begins in the process of appropriation, where the human being appropriates the flows of energy and matter available in the environment. Then the Circulation process is responsible for transporting the extracted resource to the Transformation stage. At this stage, the natural resource is changed to product, which will serve as Consumption in their respective sectors of society. Movement also transports the product to consumers. In short, Excretion represents the process of discarding energy and matter released back into the environment. This step can also be understood as the total generation of residues and gases in all other processes of metabolism.

This research seeks to examine how the industrial activity of dairy products of small factory products is maintained in Visconde de Mauá. This work has as general objective to diagnose the socioenvironmental effects of the generation of waste from the plant from the perspective of the concept Social Metabolism.

Specific objectives:

- Explore the concepts, characteristics and general applications of the five processes that make up Social Metabolism: Appropriation, Circulation, Transformation, Consumption and Excretion; Through bibliographic reviews.
- To analyze the historical path of Visconde de Mauá-RJ in order to understand the relationships established with natural resources, social development and environmental governance, predominant economic activities and geopolitical characteristics, which together constitute a metabolic profile.
- Carry out the analysis of the dairy production cycle from the perspective of the five metabolic processes based on data collected during the technical visit to a small factory.
- Design a standard descriptive model of the Social Metabolism of dairy production of small factory, in order to observe the waste generated specifically in the processes of circulation and transformation, which are referred to the excretion process.

The diagram below summarizes how the central theme of the work is related to subtopics, scope and case study.

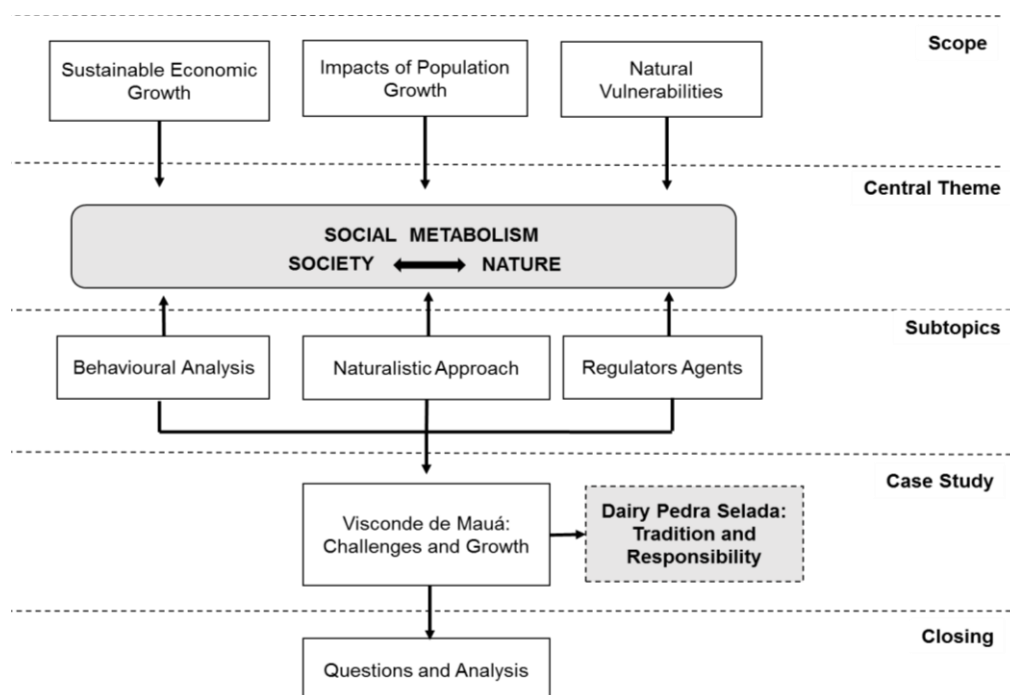


Figure 1: Organization of the dissertation development. Source: Own elaboration

This work is part of a bibliographic study of the term Social Metabolism and its applications, qualitative research on dairy production activities in Visconde de Mauá and its social and environmental aspects, and finally a case study of a small dairy industry, applying the concepts of the five metabolic processes (Appropriation, Circulation, Transformation, Consumption and Excretion) in order to minimize impacts on the environment.

The factory processes 15 to 20 thousand liters of milk daily for the production of various products, like cheese, cream cheese, sweet milk. Data were collected through desk research and technical visits to the plant in May 2016 in order to observe the steps of dairy production processes and waste generation.

The descriptive and integrated analysis of the metabolic processes of industrial activity dairy contributes to the understanding of the environmental aspects involved in the production methods, in addition, provides support for implementing proposals of management and control of effluents and waste to minimize the effects caused primarily in river water quality.

The study was divided into two stages. The first raised the historical route of the Indians to environmentalists, in order to outline the socio-cultural profile and

the evolution of environmental policy proposals, whether the government, whether local orbit.

In the second stage a technical visit in the industry to observe the aspects of the production chain was carried out, such as milk processing, cheese production, hygiene and cleaning processes and waste generation that have aggressive risk to the environment. Next it was applied descriptive use of metabolic systems and used as a tool for development and waste management control.

Interestingly, from the research, behavior and the way the population has permeated all the transformations in the region. First occupied by indios, followed by European settlers, farmers, hippies, until the arrival of owners focused on providing services to tourists and the development of trade. During all these stages, the environmental appeal, considering the exuberant nature and the existence of a sensitive population to it, was always present.

The change of agricultural activities, for tourism, coincided with the time of structuring the institutional framework of the Brazilian environmental policy. The 80 was marked by global institutional alerts, which culminated in the ECO 92 event in Rio de Janeiro.

In that metabolism is directly associated with the defense strategies of a body, consciousness and the degree of existing information on the local population are large. They enable the tireless intellectual and social articulations demanded of the relationship between growth and development of their economic activities.

From the model of social metabolism, the “excretion process” was used as the analysis tool of the risks involved in productive activities of Visconde de Mauá dairy. The study aims to identify the polluting residues and present possible measures procedures to prevent environmental impacts.

Inadequate effluent release in rivers is one of the worrying factors, since it affects the quality of water making it unfit for consumption. In the particular case of Visconde de Mauá loss of water quality affects the economy as a whole, since tourism has in Rio Preto one of its most outstanding landscape attributes. The pollution of the river has a direct impact on tourist activities in the region.

Once known the industry dairy production process, it was possible to build a standard descriptive model of dairy production of metabolism in Visconde de Mauá describing the inflows and energy output and matter between the production process and the environment.

The chain of production was distributed among the five metabolic processes:

- ✓ *Milk Appropriation*: is performed by the rural portion of the population, specifically for families that sustain the livestock.
- ✓ *Circulation and Transformation*: the dairy industry is the circulation process and transformation of the milk as it has greater representation in the trade in the region.
- ✓ *Consumption*: the final product is consumed by the local population, including their demand has expanded in other cities.
- ✓ *Excretion*: the end of each process is the elimination of waste that are assigned to Excretion stage, marking the end of the metabolic cycle of dairy production activity.

The analysis was carried out according to the steps of discard in each metabolic process whose the small dairy factory takes responsibility, as presented at Table 1, and respective threats of impact in nature and reflexes in the population of the region.

The table 2 is the result of the elaboration of a plan of suggestions for the management of waste in the process of excretion in order to maintain the flows and energy output and matter in balance and aligned with the middle resilience conditions.

The study of metabolic processes provides an integrated understanding of energy and matter exchange ratios derived from human activities. The model also identify their effects on dynamic and comprehensive society in many ways. As a result, it allows the realization of a coupled analysis of economic, environmental and social study of the object in question.

Every society, in a way, appropriates, circulates, turns, consumes and excretes flows of energy and matter derived from nature. Thus, this approach can be applied in different sectors, industrial, agricultural, including health systems, urban and rural infrastructure, through the relations between society and the environment that make up metabolic processes. In addition, you can use the model from the perspective of all the activities of a company, as well as a certain specific action.

Table 1: Risk Plan. Source: Own elaboration.

Metabolic Process	Waste	Environmental Risks	Social-environmental Consequences
Appropriation	<ul style="list-style-type: none"> • Cow dung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eutrophication of rivers 	<ul style="list-style-type: none"> ▣ Loss of water for consumption ▣ Biodiversity - loss
Circulation	<ul style="list-style-type: none"> • Use of fossil fuel 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emission of polluting gases 	<ul style="list-style-type: none"> ▣ Respiratory diseases ▣ Contribution to global warming
Transformation	Industrial Effluents: <ul style="list-style-type: none"> • Excess serum • Excess of milk cream • Spilling and discarding of curd cheese and ricota. • Water with ammonia • Chlorinated water mixed with other cleaning chemicals and sanitizing 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eutrophication of rivers ▪ Soil contamination 	<ul style="list-style-type: none"> ▣ Proliferation of diseases ▣ Biodiversity loss ▣ Loss of water for consumption ▣ Loss of nutritive soil
	Solid Waste: <ul style="list-style-type: none"> • Defective plastic packaging • Waste of office material generated at the administrative headquarters • Packaging of the inputs (cardboard, detergents) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ More than 400 years for packaging decomposition 	<ul style="list-style-type: none"> ▣ Overcrowding in "controlled" landfills ▣ Death of animals through ingestion of packaging
	Emission of gases: <ul style="list-style-type: none"> • Emission CO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Deforestation for extraction of firewood used in industrial process ▪ Air and soil contamination 	<ul style="list-style-type: none"> ▣ Respiratory diseases ▣ Contribution to global warming ▣ Biodiversity loss
Consumption	<ul style="list-style-type: none"> • Dispose of used packaging 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Over 400 years for packaging decomposition 	<ul style="list-style-type: none"> ▣ Overcrowding in the "controlled" landfill

In the context of the small dairy factory, study object of this research, the analysis of the environmental aspects involved in industrial activity, showed the great challenge of achieving environmental sustainability. The analysis was conducted through research and technical visit to observe the production cycle dairy

(cheese, milk, fresh milk). From the results obtained, it was possible to conduct a study of waste generated using as a tool the concept Social Metabolism.

Table 2: Waste control and treatment plan. Source: Own elaboration.

Metabolic Process	Waste	Mitigating Measures
Appropriation	• Cow dung	■ Anaerobic biodigestion process
Circulation	• Fossil Fuel	■ Cleaner fuel alternatives (ethanol gas)
Transformation	• Excess serum	■ Re-use of whey in the feeding of dairy farm region; ■ Re-use of whey in the production of ricotta.
	• Excess of cream milk	■ Marketing of surplus by products among the region's small dairy producers.
	• Spilling and discarding of curd cheese and ricota. • Water with ammonia • Chlorinated water mixed with other clening chemicals and sanitizing	■ Proper disposal of waste directed to the effluent treatment sectors.
	• Defective plastic packaging • Waste of office material generated at the administrative headquarters • Packaging of the inputs (cardboard, detergents)	■ Proper disposal of waste directed to the sectors of garbage collection and recycling.
	• Emission CO ₂	■ Firewood authorized by IEF ■ Properly allocate ashes generated in boilers ■ Filter the gases formed during burning
Consumption	• Dispose of used packaging	■ Proper disposal of packaging directed to the garbage collection and recycling sectors

The study identified the main waste and related environmental risks. Among them, the excess serum is the effluent has a higher risk of contamination, when disposed of improperly, due to its high load BOD (biochemical oxygen demand).

Based on the research, it designed a control plan and mitigation for liquid effluents, solid waste and gas emissions throughout the production of dairy cycle, from inputs appropriation phase (cattle) to the final product consumption by individuals.

One of the advantages in competitive markets has been the concern with social and environmental responsibility of companies. More and more consumers are aware and sensitive to good social and environmental responsibility practices. The control plan and mitigation contributes significantly to the economic and environmental issues that many industries face today. Thus, the plan developed in this research can serve as support for small dairy industries in implementing practices towards sustainability.

In addition to the advantages for the consumer market, good environmental practices show an increase in productivity and profitability of the business, improve product quality and relations with the local and public bodies community, and also reduce the risk of environmental accidents, use of toxic substances, production costs and fall in water waste, energy and other inputs.

We consider the depth in future research and work, the following situations and questions:

1. A quantitative study of exchange of energy flows and matter between nature and activities that make up the society in Visconde de Mauá region.
2. A survey of water quality of “Rio Preto” river in places where there are industrial activities.
3. Quantitative and qualitative analysis of waste generation and the participation of public management collection and treatment in Visconde de Mauá.
4. A comparative economic analysis of before and after implementation of the proposed waste management plan.

Keywords

Social Metabolism; waste management; industrial dumps; sustainability.

Sumário

1 Introdução	21
1.1. Objetivos	25
1.2. Procedimentos Metodológicos	25
1.3. Organização da Dissertação	26
2 Modelo Básico do Metabolismo Social	28
2.1. O Conceito Metabolismo Social	28
2.2. Origem e Desenvolvimento do Conceito Metabolismo Social	31
2.3. Fluxos de Energia e Matéria no Metabolismo Social	40
2.4. Apropriação	44
2.4.1. Métodos de Apropriação e seus reflexos estruturais	47
2.5. Circulação	50
2.6. Transformação	52
2.7. Consumo	57
2.7.1. Sociedade de Consumo: conceito e evolução	58
2.7.2. Impactos e “pegada ecológica”	63
2.8. Excreção	64
2.8.1. Gestão de Resíduos – uma análise socioeconômica	67
3 Visconde de Mauá	75
3.1. Introdução	75
3.2. Contexto geopolítico e socioeconômico	76
3.2.1. Localização, vegetação e hidrologia local	76
3.2.2. Percurso histórico: índios, imigrantes, pecuaristas e ambientalistas	77

3.2.3. Transições socioecológicas do percurso histórico de Visconde de Mauá	84
3.3. Processo de Excreção em Visconde de Mauá	88
3.4. Atividade industrial de laticínios: caso para análise sob o foco do metabolismo social	91
3.4.1. Ciclo Produtivo de Laticínios	91
3.5. Aderência ao modelo do Metabolismo	95
3.5.1. Apropriação	96
3.5.2. Circulação e Transformação	99
3.5.3. Consumo	100
3.5.4. Excreção	101
4 Conclusão	107
4.1. Sugestões	109
5 Referências Bibliográficas	110
Apêndice	115
A.1 Questionário Respondido	115

Lista de Figuras

Figura 1 - Organização do desenvolvimento da dissertação.	27
Figura 2 - Dinâmica geral dos processos no metabolismo entre a sociedade e a natureza.	29
Figura 3 - Microbacia do Alto do Rio Preto – Visconde de Mauá.	77
Figura 4 - Núcleo Mauá - Instalação da Colônia.	78
Figura 5 - Núcleo Mauá – Primeiros colonos, em Museu Bühler.	79
Figura 6 - Os Moreira da Silva.	80
Figura 7 - Processo de Excreção Visconde de Mauá.	88
Figura 8 - Ponto 10 ao final da bacia de drenagem do córrego Pedra Selada.	90
Figura 9 - Transporte de leite em tanques.	93
Figura 10 - Processo de Produção de Laticínios.	94
Figura 11 - Cadeia Metabólica da produção de laticínios.	96
Figura 12 - Três formas de Apropriação.	97
Figura 13 - Tipos de Resíduos descartados em cada etapa produtiva.	100

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Volumes globais de transporte de mercadorias.	51
Tabela 2 - Entidades e ações de relevância socioambientais.	83
Tabela 3 - Plano de Risco.	102
Tabela 4 - Plano de controle e tratamento de resíduos.	103

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Volume total de resíduos sólidos urbanos gerados anualmente.	66
Gráfico 2 - Distribuição dos municípios com iniciativas de coleta seletiva no Brasil.	71
Gráfico 3 – Quantidade de Municípios por tipo de disposição final adotada em 2016.	72
Gráfico 4 – Reciclagem de PET no Brasil (TxMil).	73

Lista de abreviaturas e siglas

SIGLA UTILIZADA	NOME COMPLETO
AMAMAUA	Associação dos Moradores de Mauá e Lote 10
AMARMAUA	Associação dos Moradores e Amigos de Visconde de Mauá
APA	Área de Proteção Ambiental
CEFLURG	Centro Eclético da Fluente Luz Universal Rita Gregório
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
ETRM	Escola Técnica Rural Mantiqueira
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MG	Minas Gerais
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OCDE	Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONG	Organização Não Governamental
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RIO-ECO 92	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
RJ	Rio de Janeiro
UC	Unidade de Conservação
WFF	World Wildlife Fund – Fundo Mundial para a Natureza

*“Todo o problema começou quando começamos a querer
dominar a natureza ao invés de cooperar com ela”*

Ernest Gotsch

1

Introdução

A pesquisa sobre a gestão de resíduos de uma pequena fábrica de laticínios localizada em Visconde de Mauá (RJ) partiu da preocupação com os efeitos ambientais observados em determinados córregos do Rio Preto. Segundo estudo da qualidade da água feito em 2012, o córrego Pedra Selada apresentou impacto antrópico causado pela ocupação industrial provocada pelo processamento de laticínios (Carreño, 2012).

Visconde de Mauá é um distrito do município de Resende, no estado do Rio de Janeiro, com partes da sua zona urbana estendendo-se também aos territórios dos municípios de Itatiaia e Bocaina de Minas, em Minas Gerais. Está situado em uma Área de Proteção Ambiental, APA da Mantiqueira, e no entorno do Parque Nacional de Itatiaia. A região está localizada no primeiro trecho da bacia hidrográfica do rio Preto, no qual assume papel fundamental na manutenção das atividades locais.

O rio Preto é o maior corpo hídrico, cujos principais vilarejos se encontram às margens dos córregos. Além disso, atualmente é o principal atrativo turístico de Visconde de Mauá. O rio dispõe de diversas cachoeiras, poços, áreas de pesca, áreas para esportes radicais, entre outras características exclusivas do local. Sendo assim, a conservação e manutenção da qualidade da água tornam-se fundamentais para sustentação da sociedade em Visconde de Mauá.

A região passou por diversas mudanças em termos de atividade econômica e transformação da paisagem. Hoje, as principais atividades são o turismo e a produção industrial da pequena fábrica de laticínios. O queijo da serra ainda é muito valorizado tanto pelos turistas quanto pela população local. Muitos o consideram substituto da carne, visto a facilidade de conservação em períodos de chuva e o difícil acesso a carne bovina.

Em suma, essas práticas proporcionam o desenvolvimento econômico e empregabilidade dos moradores locais, no entanto, observam-se falhas na gestão socioambiental. A atuação dos órgãos públicos é deficiente em termos de

planejamentos, infraestrutura e gestão da água, esgoto, lixo, especulação imobiliária, postos de saúde, mobilidade, entre outros.

A questão socioambiental contempla o “conjunto de manifestações da destrutividade ambiental, resultantes da apropriação privada da natureza, mediadas pelo trabalho humano” (Silva, 2010, p.144). A mercantilização dos recursos naturais em busca de crescimento econômico tem produzido impactos sobre a saúde e bem-estar da população local, como é o caso do turismo na região de Visconde de Mauá. A atividade gera consequências ambientais, principalmente a poluição, no entanto a geração de renda local encontra-se concentrada nesse mercado.

Ao longo dos anos, a questão dos resíduos tem se tornado incontrollável, danoso e prejudicial devido ao aceleramento do crescimento populacional, especialmente nos centros urbanos. Ele passou a ser o fator que mais influencia no desequilíbrio dos ecossistemas atualmente (Toledo e Molina, 2014). Os resíduos que eram orgânicos e biodegradáveis, agora são mais tóxicos com potenciais de impactos irreversíveis na natureza, como por exemplo, a poluição e contaminação de rios, intensificando a degradação de bacias hidrográficas.

A definição de resíduos sólidos é baseada na Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305/2010, art. 3º, inciso XVI. A lei define que “resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;”.

O sistema de produção industrial da fábrica de laticínios, ainda que de pequeno porte, também influencia na questão de resíduos. Ela iniciou suas atividades em 1986, quando processava poucas quantidades de leite do rebanho do seu fundador, e hoje processa cerca de 25 a 30 mil litros de leite diariamente. Durante o processo de transformação do leite *in natura*, ocorre a eliminação de diversos efluentes químicos, que quando descartados indevidamente, provocam danos ao meio ambiente. Os impactos podem ser ainda mais graves pelo fato da base industrial ser localizada em área de proteção ambiental (APA), às margens do córrego da Pedra Selada.

Segundo pesquisas realizadas nesse ponto do córrego, observou-se elevada concentração do metal manganês, diretamente ligada às atividades da fábrica. Além disso, obteve o pior resultado da análise microbiológica a partir do parâmetro Coliformes Termotolerantes, indicando 5.400 NMP/mL, valor significativamente superior do orientado pelo CONAMA (2005) <200 NMP/mL (Carreño, 2012). Diante desses aspectos, torna-se fundamental a adoção de novas medidas para manutenção e melhoria da qualidade da água. Este trabalho propõe uma análise qualitativa da gestão de resíduos da atividade industrial da pequena fábrica de laticínios, sob a perspectiva do conceito Metabolismo Social.

Esse conceito propõe uma analogia do conceito metabólico biológico de um organismo vivo e os sistemas sociais. Essencialmente, o metabolismo biológico refere aos processos internos de um organismo vivo. Os organismos mantêm um fluxo contínuo de matérias e energia com o meio ambiente para garantir seu funcionamento, crescimento e reprodução. De maneira análoga, os sistemas sociais convertem as matérias-primas em produtos, serviços e, finalmente, em resíduos.

Os primeiros estudos sobre metabolismo social surgiram na sociologia no século XIX, quando Marx e Engels relacionaram a concepção do metabolismo de organismos com a sociedade, no qual ilustraram o intercâmbio material entre a sociedade e a natureza, através do processo de trabalho (Fischer-Kowalski, 1998; Rozzo, 2013). Posteriormente, o conceito foi revivido por Boulding (1966), Ayres e Kneese (1969), que utilizaram o método para caso de países industrializados. Em seguida, Marina Fischer-Kowalski (1997) reacendeu a perspectiva do metabolismo socioeconômico como instrumento de análises de fluxos materiais na sociedade (Toledo e Molina, 2014).

Em suma, o conceito busca analisar os fluxos de energia e matéria que se inter-relacionam entre a sociedade e a natureza. De um modo geral, toda e qualquer sociedade se apropria, transforma, circula, consome e excreta fluxos de energia e matéria do meio ambiente estabelecendo assim o metabolismo com a natureza (Toledo e Molina, 2014). Dessa forma, o estudo permite compreender o papel da sociedade na transformação do sistema natural através da observação das relações de troca de energia e matéria. O Metabolismo Social é formado por diversas etapas ou fases. Inicia-se no processo de Apropriação, onde o ser humano se apropria dos fluxos de energia e matéria disponíveis no meio ambiente. Em seguida, o processo de Circulação representa o transporte do recurso extraído para a etapa de

Transformação. Nesta etapa, o recurso natural é alterado para produto, que servirá de Consumo em seus respectivos setores da sociedade. A etapa circulação também considera o transporte do produto aos consumidores. Por fim, a Excreção representa o processo de descarte de energia e matéria lançados de volta no meio ambiente. Esta etapa pode ser compreendida também como a geração total de resíduos e gases em todos os demais processos do metabolismo.

Os princípios da Termodinâmica são incorporados no mecanismo do metabolismo social em termos das relações de trocas sociais. Os processos transformam energia e matéria, nos quais se desorganizam e se organizam para outros usos. Esse mecanismo não pode permitir o desperdício de energia, nem uma entropia crescente, pois o resultado seria uma crise no sistema social (Fischer-Kowalski, 1998).

Ao longo do processo evolutivo da civilização da sociedade observa-se a ampliação constante na demanda por energia e matéria, somado ao lançamento de resíduos na natureza (Toledo, 2008). Esta relação tem se tornado complexa, colocando em risco a sustentabilidade do ecossistema, visto que seus recursos e capacidade de renovação são limitados. Sendo assim, o metabolismo social se mostra um forte candidato de instrumento em pesquisas e análises que buscam soluções para este cenário de insustentabilidade.

A transição histórica da sociedade tradicional dominada pela agricultura orgânica a uma sociedade moderna caracterizada por indústrias e serviços, passou por diferentes regimes socio-metabólicos. Esses regimes representam os equilíbrios dinâmicos das interações entre a sociedade-natureza e são determinados pela intensidade dos fluxos de entrada e saída de energia e matéria (Krausmann, et al, 2009).

De acordo com Sierfele (1989), cada um desses regimes é caracterizado por um perfil metabólico específico, que corresponde a um conjunto de impactos sobre o meio ambiente. O perfil metabólico, portanto, é definido pela influência dos modos de produção e padrões de consumo da sociedade no meio ambiente. Diante da análise histórica local, é possível descrever as peculiaridades e restrições biofísicas de cada regime, bem como o processo de transição da sociedade (Sierfele, 1989).

O conceito do perfil metabólico pode ser utilizado para comparar os diferentes modos de produção (agrícola, industrial e serviços) e seus efeitos na

transformação da paisagem local sob uma ampla perspectiva histórica. Dessa maneira, contribui para a compreensão das inter-relações entre os processos naturais e sociais que são relevantes para um desenvolvimento socioambiental equilibrado.

1.1. Objetivos

Esta pesquisa busca analisar o processo de excreção da atividade industrial de uma pequena fábrica em Visconde de Mauá (RJ), sob a perspectiva do metabolismo da região. O intuito desse estudo foi diagnosticar os impactos derivados dos processos de produção industrial de laticínios, para a elaboração de plano de gestão de resíduos. Esse plano tem como meta o controle e tratamento dos resíduos, de forma que reduza os efeitos no meio ambiente em busca de um metabolismo mais equilibrado com o ecossistema.

Objetivos Específicos:

- Explorar os conceitos, características e aplicações gerais dos cinco processos que compõem o Metabolismo Social: Apropriação, Circulação, Transformação, Consumo e Excreção; através de revisões bibliográficas.
- Analisar o percurso histórico de Visconde de Mauá-RJ, a fim de compreender as relações estabelecidas com os recursos naturais, desenvolvimento social e governança ambiental, atividades econômicas predominantes e características geopolíticas, que em conjunto constituem um perfil metabólico.
- Elaborar um modelo descritivo padrão do Metabolismo Social da produção de laticínios de uma pequena fábrica na região, a fim de observar os resíduos gerados.

1.2. Procedimentos Metodológicos

O presente trabalho parte de um estudo bibliográfico sobre o termo Metabolismo Social e suas aplicações, de pesquisa qualitativa sobre as atividades de produção de laticínios em Visconde de Mauá e seus aspectos sociais e

ambientais, e por fim, um estudo de caso de uma pequena indústria da região. Foi aplicado os conceitos dos cinco processos metabólicos (apropriação, circulação, transformação, consumo e geração de resíduos) a fim de entendê-los como se dão e contribuir para minimizar os impactos causados no meio ambiente.

A pesquisa foi dividida em duas etapas. Na primeira, a partir de estudos bibliográficos, foi levantado o percurso histórico, dos índios aos ambientalistas com o objetivo de delinear o perfil metabólico e a evolução de propostas de políticas ambientais, seja do poder público, seja da órbita local.

Na segunda etapa foi realizada uma análise do processo de excreção de uma pequena fábrica de laticínios, baseado em uma entrevista a nível gerencial e operacional, e visita a base industrial. Para a coleta de informações, foi elaborado um questionário conforme Apêndice 6.1. Durante a visita conduzida pelo gerente operacional, foi observado toda a cadeia produtiva do processamento de laticínios sob a perspectiva dos cinco processos do Metabolismo Social (apropriação, circulação, transformação, consumo e excreção).

1.3. Organização da Dissertação

A dissertação está organizada em quatro capítulos, sendo o primeiro uma introdução do trabalho, em seguida, são descritos os objetivos e metodologias de pesquisa. É demonstrada, ainda, uma diagramação (figura 1) que inclui o tema central da dissertação e como os demais temas estarão relacionados.

O capítulo II explicita o modelo de Metabolismo Social a partir de conceitos econômicos, sociológicos e ambientais. Examina detalhadamente as fases do ciclo do metabolismo social, desde a fase da Apropriação, ponto de partida da extração de fluxos de energia e matéria da natureza, até a da Excreção, que contempla o descarte de resíduos.

O capítulo III é destinado à apresentação do distrito de Visconde de Mauá e o caso de estudo de uma pequena fábrica de laticínios. É retratado o percurso histórico do distrito e a formação dos primeiros grupos locais de cunho ambiental, os quais permitiram a compreensão do perfil metabólico em cada estágio da história. Em seguida, foi realizada análise do ciclo produtivo de laticínios na região sob a perspectiva dos cinco processos metabólicos a fim de identificar os resíduos

gerados. Diante dos resultados, foi elaborado um plano de gestão de resíduos para redução dos impactos ambientais envolvidos.

O último capítulo apresenta as considerações finais sobre o tema central e elenca sugestões para próximos trabalhos.

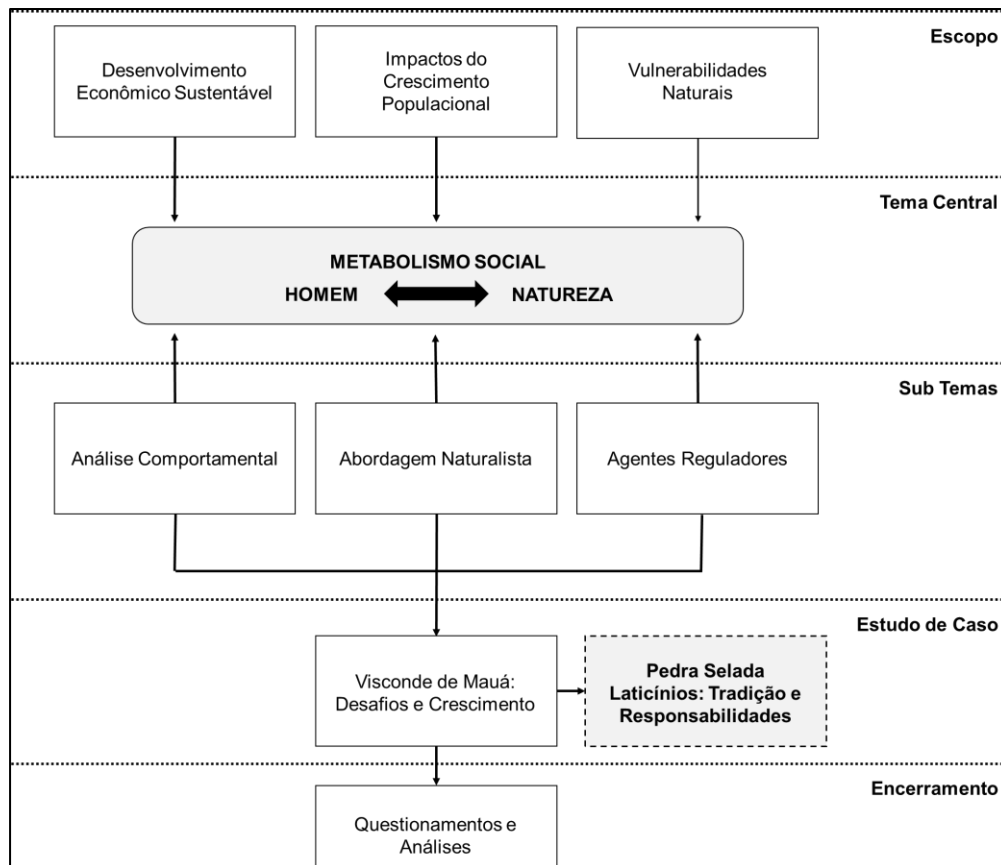


Figura 1 - Organização do desenvolvimento da dissertação. Fonte: Elaboração própria.

2

Modelo Básico do Metabolismo Social

2.1.

O Conceito Metabolismo Social

O Metabolismo Social é uma perspectiva teórica e metodológica que busca analisar os fluxos de energia e matéria que se inter-relacionam entre a sociedade e a natureza. Os grupos sociais se apropriam de recursos disponíveis no sistema natural para desenvolvimento e reprodução de suas dinâmicas internas (nível individual) e externas (nível coletivo) (Rozzo, 2013). Dessa forma, o estudo permite compreender o papel da sociedade na transformação do sistema natural através da observação das relações de troca de energia e matéria.

Segundo as obras do filósofo Spencer, a sociedade reflete os mesmos aspectos organizacionais e funcionais do organismo no sistema natural. O autor acreditava que os organismos sociais e biológicos são semelhantes em termo do sistema que os sustentam: o Metabolismo. Sendo assim, sugere que o sistema nervoso que regula o organismo é análogo ao sistema pelo qual a sociedade se desenvolve no meio ambiente (Padovan, 2000).

O conceito propõe uma analogia entre cinco processos metabólicos biológicos do organismo, e os processos pelo qual a sociedade produz e reproduz no sistema natural. De um modo geral, toda e qualquer sociedade se apropria, transforma, circula, consome e excreta fluxos de energia e matéria do meio ambiente (Toledo e Molina, 2014). Dessa forma, é estabelecido o metabolismo entre a sociedade e o entorno natural sendo regido pelas leis naturais da evolução.

O método parte do princípio que os grupos sociais formam um sistema social integrante de um sistema maior natural, a Biosfera. A Biosfera, por sua vez, é composta por fluxos de energia e matéria que permitem o desenvolvimento dos sistemas sociais (Ayres, 1997). Segundo Marx, a sociedade é parte orgânica da natureza no qual assume papel preponderante na transformação do meio ambiente através de suas ações.

O conceito de paisagem se soma àqueles que integram a compreensão das relações entre sociedade e natureza, Segundo Balée e Erickson (2006), paisagem é um conceito que une a atividade humana com ambientes locais. Pelo fato de se encontrar profundamente enraizada em termos espaciais, apresenta, ao mesmo tempo, um componente temporal que a remete a uma indissociável historicidade, que perpassa tanto o mundo humano quanto o não humano. Como um produto das intencionalidades humanas e das dinâmicas naturais, a paisagem está sempre em transformação, tanto em seu componente biótico quanto abiótico. Daí a importância de se considerar a paisagem cultural. Nesse, a agência humana é um fato incontestável. A onipresença humana nas paisagens e ecossistemas estimulou a criação de uma nova era, o Antropoceno (Artaxo, 2014). Esta nova era geológica passou a exibir a maior parte de seus sinais distintivos a partir de 1950, encerrando o Holoceno, que começou há 11.700 anos

A figura 2 ilustra um modelo geral do metabolismo social, que demonstra as relações entre os processos metabólicos e os sistemas da sociedade e natureza. O sistema da sociedade é apresentado como um sistema aberto dentro de um sistema maior fechado, a natureza, onde os fluxos de energia e matéria estão representados pelas setas, indicando entrada (input) e saída (output), e sua direção entre os processos.

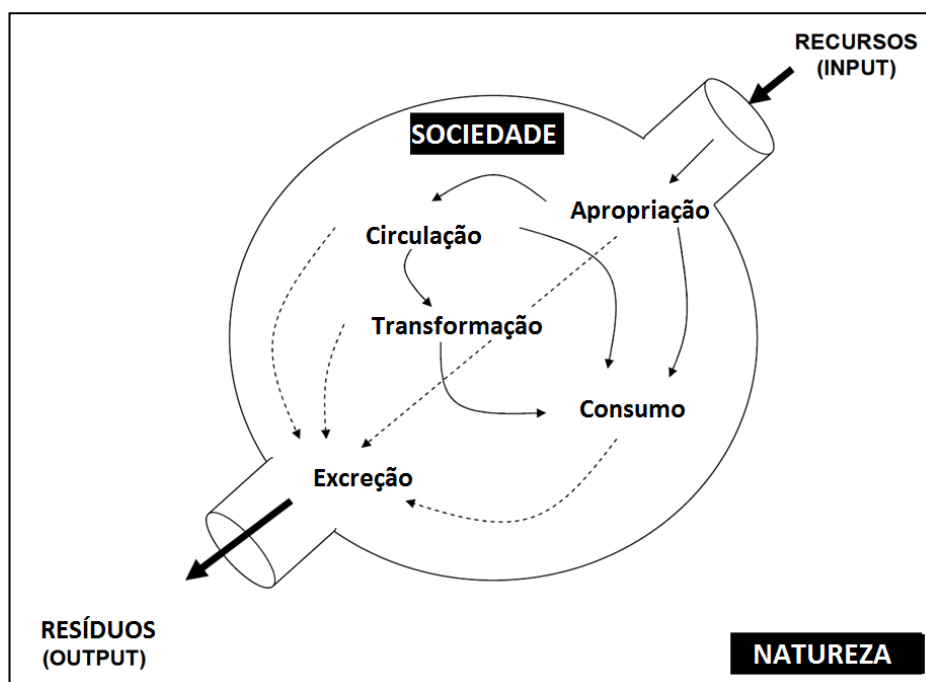


Figura 2 - Dinâmica geral dos processos no metabolismo entre a sociedade e a natureza.
 Fonte: The Social Metabolism, A Socio-Ecological Theory of Historical Change, 2014, p 62.
 (Figura traduzida)

O ser humano, como as demais espécies, estabelece sua relação com a natureza na medida em que se apropria de fluxos de energia e matéria. Inicia-se, assim, o processo metabólico. A função de apropriar refere-se à efetiva captação de recursos naturais a partir de diversos métodos e tecnologias desenvolvidos pelo homem. Neste sentido, o desenvolvimento tecnológico influencia diretamente a eficiência e aproveitamento do material apropriado (Toledo, 2008).

Em seguida, o processo de “transformação” é definido pela modificação do recurso natural apropriado. Esta é realizada através da tecnologia disponível, a qual desempenha papel fundamental para eficiência do processo metabólico. A etapa de “circulação” consiste no transporte do produto final até os mercados ou indústrias para tornarem-se disponíveis para consumo. Com o passar dos anos, a evolução dos meios de transporte elevou a magnitude do fenômeno a um nível econômico, haja vista o desenvolvimento do setor de transporte nos séculos XIX e XX (Toledo e Molina, 2014).

Após a transformação da matéria prima em produto final, o mesmo se torna disponível para consumo com a finalidade de atender às demandas de bens e serviços da sociedade. O “consumo” é o quarto processo da cadeia metabólica que pode ser definida em função do fluxo de matéria e energia apropriada e transformada, como também possui interação direta com os indivíduos organizados em sociedade (Toledo e Molina, 2014).

A magnitude do consumo no Metabolismo Social varia de acordo com as peculiaridades de cada sociedade em virtude de seus hábitos culturais regionais. Além do consumo de bens e serviços necessários para sobrevivência, o ser humano organizado em sociedade consome ainda matéria e combustível para confecção de utensílios em geral, como máquinas, vestuário, infraestrutura, etc.

Por fim, a “excreção” é a última etapa do processo metabólico onde é responsável pelo volume de todos os rejeitos, inclusive emissões gasosas, geradas ao longo do metabolismo. A quantidade de resíduos absorvidos na “excreção” depende fundamentalmente da eficiência dos processos precedentes no objetivo de reduzir as matérias descartadas, uma vez que o excesso de lixo gera impactos na capacidade de resiliência do meio ambiente (Toledo e Molina, 2014).

O estudo integrado de cada processo metabólico pode revelar detalhadamente as relações de troca entre a sociedade e o meio ambiente. Inclusive, pode fornecer informações quantitativas e qualitativas acerca dos fluxos de energia e matéria no

ciclo metabólico (Fischer-Kowalski e Harbel, 1998). Sendo assim, o metabolismo social permite compreender de forma integral as atividades da sociedade em intercâmbio com a natureza.

Tendo em vista os aspectos apontados, o conceito contribuiu principalmente na reaproximação de diferentes disciplinas (ecológicas, ambientais, sociais, econômicas, políticas), que buscam compreender o lugar da sociedade na natureza. O conceito apresenta um quadro interdisciplinar capaz de unir diversas pesquisas sobre relações do homem com a natureza. Além disso, fornece informações para análises funcionais e abrangentes dessas relações no tempo e espaço (Toledo e Molina, 2014).

Ao longo do processo evolutivo da civilização da sociedade observa-se a ampliação constante na demanda por energia e matéria, somado ao lançamento excessivo de resíduos na natureza (Toledo, 2008). Esta relação tem se tornado complexa, colocando em risco a sustentabilidade do ecossistema visto que seus recursos e capacidade de renovação são limitados. Sendo assim, o metabolismo social se mostra um forte candidato de instrumento em pesquisas e análises que buscam soluções para este cenário de insustentabilidade.

2.2.

Origem e Desenvolvimento do Conceito Metabolismo Social

A ideia do conceito surgiu do estudo de intercâmbio material entre organismos e seu entorno natural no século XIX. Na década de 1840, o químico Justus Von Liebig efetuou uma análise do papel dos nutrientes no solo para o crescimento e desenvolvimento das plantas, através do intercâmbio entre matérias como potássio, nitrogênio e fósforo. Pouco depois, o biólogo Moleschott (1857) também concentrou seus estudos no intercâmbio material entre organismos, especificamente nas plantas e animais. Estes cientistas foram pioneiros nos estudos desta área, servindo de inspiração em diversas pesquisas (Rozzo, 2013).

A partir dessas obras, Marx e Engels foram os primeiros sociólogos a relacionar a concepção do metabolismo de organismos com a sociedade. Os autores derivaram o conceito “Stoffwechsel”, traduzido por metabolismo ou intercâmbio orgânico, com intuito de ilustrar o intercâmbio material entre a sociedade e a natureza através do processo de trabalho (Fischer-Kowalski, 1998; Rozzo, 2013).

Segundo Marx, o trabalho é um processo entre o homem e a natureza, no qual a atividade humana possui papel regulador e controlador no metabolismo com a mesma. O ser humano ativa as forças naturais internas (braços, pernas, cabeça, mãos) com a finalidade de se apropriar de bens materiais da natureza para adaptação às suas necessidades. Este movimento representa o processo de trabalho, pelo qual o homem realiza trocas entre a natureza interna e externa. O processo de trabalho então é a condição geral do metabolismo imposta pela natureza da existência humana (Smith, 1976).

“Como o trabalho é um criador de valor de uso, é trabalho útil, é condição necessária independente de todas as formas de sociedade, para a existência da raça humana. É uma necessidade imposta pela natureza eterna, sem a qual não pode haver troca material entre o homem e a natureza e, portanto, nenhuma vida”. (Marx, 1965, citado em Toledo e Molina, 2014, p. 47)

O conceito integra características naturais e físicas fundamentais para existência humana, inclusive intercâmbio material entre os seres humanos e a natureza. Seu modelo, portanto, ilustra os processos biofísicos que ocorrem nas dinâmicas da sociedade (Hayward, 1994).

De acordo com Georgescu (1971), este metabolismo é regulado por ambas as partes: a natureza e sociedade. A natureza é regulada pelas leis naturais que regem os processos biofísicos envolvidos. A sociedade tem seus processos regidos pelas normas institucionais que determinam políticas de divisão de trabalho, distribuição de riquezas, entre outros.

No entanto, Marx não deixa claro os métodos de atuação das normas institucionais no metabolismo social. A concepção explica a atividade humana independente da história, política, cultura, sendo abrangente em todos os ciclos sociais (Rozzo, 2013).

Por outro lado, segundo Martinez-Alier (2004), o conceito não considera os fluxos de energia em suas análises. Marx não definiu a diferença entre o *uso endossomático* de energia para nutrição (bio-metabolismo) e o *uso exossomático* de energia para utensílios (tecno-metabolismo). O consumo *endossomático* possui instruções genéticas conforme a espécie, entretanto, o consumo *exossomático* deve ser explicado pela história, política, cultura, tecnologia (Martinez-Alier, 2004).

A conexão entre o “metabolismo material” (*Stoffwechsel*) e o fluxo de energia a nível de células e organismos foi realizada na década de 1840. O ciclo da agricultura pôde ser representado em termos de intercâmbio de fluxos energéticos,

e não apenas pelo ciclo de nutrientes materiais da planta. Portanto, o metabolismo passou a ser aplicado para fluxos materiais, bem como energéticos. A teoria dos sentidos do fluxo de energia foi desenvolvida após a definição da Segunda Lei Termodinâmica, em 1850 (Martinez-Alier, 2004). Como sistemas complexos, a natureza e a sociedade se encontram em duas instâncias: durante a apropriação de recursos (entrada), e a excreção de resíduos (saída), dando origem a um novo sistema (natural-social ou social-natural) com uma maior complexidade. A natureza e a sociedade constituem uma interligação bidirecional do intercâmbio de matéria e energia, acompanhada de uma dissipação permanente do calor que gera entropia, revelando a existência de um fluxo permanente e unidirecional de matéria e energia (Toledo e Molina, 2014).

O conceito permaneceu praticamente inativo durante décadas, quando Wolman (1965) aplicou o metabolismo para uma análise biofísica das cidades. Ao mesmo tempo, Boulding (1966), Ayres e Kneese (1969) também utilizaram o método para caso de países industrializados. Posteriormente, Marina Fischer-Kowalski (1997) reacendeu a perspectiva do metabolismo socioeconômico como instrumento de análises de fluxos materiais na sociedade (Toledo e Molina, 2014).

A partir da década de 1960, o metabolismo social foi derivado em várias dimensões: metabolismo socioeconômico, metabolismo industrial, metabolismo urbano e metabolismo agrário/rural. Todos esses termos correspondem a uma fração do processo geral metabólico social. (Toledo, 2008)

Metabolismo Socioeconômico:

O metabolismo socioeconômico foi introduzido na obra *Desenvolvimento Sustentável: metabolismo socioeconômico e colonização da natureza* por Fischer-Kowalski e Haberl (1998), em que apresenta principal interesse nos fluxos de matérias e energia em sistema socioeconômicos, especificamente em escala nacional. O conceito foi definido basicamente pelos processos de extração de recursos, transformação da matéria prima em produtos e serviços manufaturados, e, por fim, lançamento de resíduos.

O conceito assume que os recursos naturais (água doce, ar, biomassa vegetal ou animal) se reproduzem naturalmente no sistema. Sendo assim, para cada recurso existe um “mecanismo natural” que transforma os resíduos do metabolismo em insumos utilizáveis novamente. O metabolismo socioeconômico é determinado

pelos modelos de produção e estilo de vida da sociedade, que por sua vez, definem o input *per capita* de energia e matéria (Fischer-Kowalski e Haberl, 1998).

Os autores relacionaram os conceitos metabólicos com a “colonização da natureza”, que foi definida como as atividades humanas que alteram significativamente o sistema natural a fim de torná-los úteis para a sociedade. O objetivo foi apresentar um quadro útil para discussões socioeconômicas e razões culturais para os problemas ambientais. Dessa forma, a aplicação do método fornece estrutura para distinguir culturas, sociedades e regiões, através das respectivas características de intercâmbio com a natureza.

Em suma, a sociedade apresenta um metabolismo socioeconômico com o sistema natural através de fluxos de energia e matéria. Os recursos do meio ambiente poderiam se esgotar caso a taxa de consumo excedesse a taxa de reprodução dos “mecanismos naturais”. Esse desequilíbrio resulta na principal questão ambiental em termos de sustentabilidade, visto o risco de escassez de recursos (Fischer-Kowalski e Haberl, 1998).

Portanto, os autores concluem que, independente do crescimento populacional, a escala do metabolismo *per capita* das sociedades deve ser conduzido por estratégias de “desenvolvimento sustentável”. Além disso, as estratégias devem integrar as variáveis econômicas, ambientais, tecnológicas e culturais da sociedade, bem como, compreender suas influências sobre o metabolismo (Fischer-Kowalski e Haberl, 1998).

Este perfil metabólico pode ser aplicado para comparar diferentes modos de produção, em sociedades industriais e agrícolas, numa ampla perspectiva histórica. A análise pode revelar, por exemplo, qual sociedade é mais agressiva ao meio ambiente em termos de troca de fluxo de energia e matéria. O conceito também contribui para compreensão das inter-relações entre os processos naturais, sociais e econômicos, que são fundamentais na elaboração de políticas sustentáveis e protetoras do meio ambiente (Toledo e Molina, 2014).

Metabolismo Industrial:

As publicações acerca do Metabolismo Industrial concentram suas análises no estudo dos fluxos de energia e matéria em sociedades industriais, na busca de reconstruir a base biofísica de territórios nas escolas nacionais e globais. Os economistas ecológicos Ayres e Simonis (1994) aplicaram o conceito para sistemas

industriais e empresas, especificamente a partir da relação entre o processo de Transformação e o ciclo de vida dos produtos na ecologia industrial.

Os autores definem o metabolismo industrial, por analogia, como o conjunto de transformações físico-químicas que convertem as matérias primas (biomassa, combustíveis, minerais, metais) em produtos (bens materiais) e resíduos. O agregamento desses processos é chamado de produção pelos economistas. Além disso, uma transformação adicional de bens em serviços (e resíduos) está implícita no consumo. Dessa maneira, o metabolismo industrial compreende todas as transformações de energia e matéria que permitem o funcionamento do sistema econômico, ou seja, produzir e consumir (Ayres e Simonis, 1994).

O conceito assume que o sistema econômico humano (antroposfera) tem sua função dentro do sistema maior, a Terra (biosfera). E portanto, antroposfera é parte integrante da biosfera, e só existe um equilíbrio contínuo com o sol, ar, oceanos e crosta terrestre (Ayres e Simonis, 1994).

Sob essa perspectiva, consideram-se dois aspectos do papel do ser humano na biosfera: direto e indireto. O direto explica-se como a mão de obra, ou seja, meio de produção; e o indireto revela-se como consumidor de produção. Sendo assim, dado condição de mercados competitivos equilibrados, a estabilização do metabolismo industrial concentra-se na igualdade entre a demanda e oferta de produtos e mão de obra, através dos mecanismos de preços. Então, o sistema econômico é, por essência, o mecanismo regulatório do metabolismo (Ayres, 1997).

Ayres e Simonis (1994) aplicaram o metabolismo como ferramenta para compreensão dos vínculos entre variados setores (indústrias) da economia e o desempenho econômico, e também, o desvinculamento de indústrias poluentes no Produto Interno Bruto (PIB). Essa análise permite avaliar mudanças estruturais atuais nas economias e, baseado nas implicações ambientais, sugeriram futuras direções para políticas ambientalmente favoráveis. Os autores indicaram que a reestruturação industrial poderia ser a solução para questões de poluição, e com isso obteria maior eficiência no metabolismo industrial.

Em suma, o metabolismo industrial é uma poderosa metáfora para ilustrar os processos que mobilizam e controlam os fluxos de energia e matéria através das atividades industriais. O conceito pode ser aplicado a nações ou regiões, especialmente naturais, como bacias hidrográficas ou ilhas. Além disso, o modelo também pode ser aplicado a entidades auto-organizadas, como por exemplo,

indústrias e empresas. Para as análises regionais, é fundamental a existência de um limite geográfico bem definido, através do qual os fluxos de energia e matéria possam ser monitorados (Toledo e Molina, 2014).

Metabolismo Urbano:

Em 1965, o engenheiro americano Abel Wolmen foi o primeiro a mencionar o metabolismo urbano em seu artigo “O Metabolismo das Cidades”. Porém, o conceito foi consolidado anos depois com a publicação do livro “Metabolismo Urbano Sustentável”, escrito por Ferrão e Fernández em 2013 (Toledo e Molina, 2014).

O autor sugere que cada cidade apresenta suas peculiaridades nas quais refletem o contexto cultural, social econômico e infraestrutura, que por sua vez, apontam as interações do sistema urbano com a natureza. O conjunto dessas características demonstra como ocorrem as relações de troca de energia e matéria, e dessa forma, estabelecem um metabolismo urbano (Ferrão e Fernández, 2013).

O meio urbano é um sistema aberto, caracterizado por subsistemas (social, econômico, institucional) que se relacionam com o meio ambiente. As relações ocorrem através do consumo de matéria e energia que acumulam e estocam no ambiente construído, e pelo lançamento de diferentes resíduos sólidos e emissões no ar, água, os quais serão absorvidos e regenerados pela natureza (Wolman, 1965; Ferrão e Fernández, 2013).

Por outro lado, o sistema urbano geralmente não possui espaço físico para atividades de extração natural e descarte de energia e matéria, por isso depende de locais externos, que ficam além dos limites dos centros urbanos. Os centros urbanos, portanto, podem ser observados de forma análoga aos organismos em termos de metabolismo com a natureza. Os fluxos metabólicos das cidades ilustram as matérias primas para construção, produtos, nutrientes, energia, resíduos e emissões com potenciais impactos que excedem os limites territoriais do centro urbano. Em outras palavras, o metabolismo urbano consiste no consumo de energia e matéria de outro ambiente, transformam em infraestruturas para fornecimento de energia, água, moradia, comunicações, mobilidade, e por fim, descartam o lixo na natureza (Ferrão e Fernández, 2013).

O equilíbrio no metabolismo urbano torna-se complexo, uma vez que a população apresenta altos níveis de consumo em contrapartida, não possui espaço físico capaz de sustentar a produção necessária. É necessário a conscientização das

questões ambientais envolvidas nos processos de produção para uma redução do consumo, uma vez que diversos impactos ambientais que foram gerados fora dos centros urbanos podem ser relacionados ao volume de demanda por bens e serviços da população urbana.

Fernandéz e Ferrão sugeriram analisar o metabolismo urbano através do estudo dos quatro ciclos: água, matérias, energia e nutrientes. Os ciclos podem ter comportamentos diferentes conforme fatores tecnológicos, culturais e regionais. Além disso, as diferenças nos ciclos de energia podem ser associadas ao clima e densidade populacional urbana.

Segundo estudo dos autores, o metabolismo urbano é influenciado por diversos fatores. Um deles é a riqueza, que determina as atividades econômicas de produção. Enquanto que o clima e infraestrutura de mobilidade indicam as condições de consumo de energia e comércio de bens. Em geral, a densidade, morfologia e características da cidade implicam na intensidade dos fluxos de entrada e saída de energia e matéria (Ferrão e Fernandéz, 2013).

As cidades extensas de baixa densidade têm geralmente maior demanda de energia para transportar bens e serviços do que cidades compactadas. O desenvolvimento tecnológico, uso da vegetação, normas de construção, custo de energia e políticas e infraestrutura para gerenciamento de resíduos também são fatores considerados influentes nos fluxos de energia e matéria no sistema urbano (Ferrão e Fernandéz, 2013).

O metabolismo urbano pode ser um instrumento útil que fornece medidas de exploração de recursos e geração de lixo, podendo ser utilizados como indicadores de sustentabilidade. O conceito também permite compreender a intensidade de recursos da economia e nível de circulação dos fluxos de energia e matéria. Em virtude desses aspectos, coopera na identificação de oportunidades em busca de melhor eficiência do metabolismo.

De acordo com Fernandéz e Ferrão, as políticas urbanas devem compreender o metabolismo de suas cidades, bem como entender os mecanismos de retorno que resultam das atividades humanas nas áreas urbanas. As análises permitem ainda efetuar um levantamento para verificar até que ponto os recursos naturais estão próximos de exaustão, e caso necessário, considerar estratégias para diminuir a exploração. A partir do conhecimento do ciclo metabólico, é possível visualizar a eficiência na utilização de água, energia, matéria e nutriente, e compará-las às

demais cidades. Os autores sugerem reestruturação do sistema urbano para adoção de políticas econômicas que incorporem o metabolismo circular, onde os resíduos podem ser convertidos de volta em nutrientes (matéria prima) conforme estratégias de reciclagens.

O conceito dispõe de um conjunto de modelos capaz de quantificar os intercâmbios entre sistema urbano e o meio ambiente. Essas relações são particularmente o consumo de recursos não renováveis, frequentemente importados de longe dos centros urbanos, e lançamento de diferentes tipos de resíduos e emissões (Ferrão e Fernández, 2013). Essa perspectiva contribui para o desenvolvimento de estratégias e tomadas de decisões políticas com objetivo de um equilíbrio no metabolismo diante das demandas urbanas.

Metabolismo Rural:

O estudo do metabolismo de comunidades rurais dedica-se aos processos agrícolas e nas interações dos fluxos de energia e matéria entre os seres humanos e a natureza, e pode ser aplicado tanto em escala local, quanto microrregiões. As análises procuram observar especificamente o processo de Apropriação através das atividades de extração no meio ambiente e outros setores (intercâmbio de mercadorias, *commodities* e serviços). Desse modo, o conceito revela de forma compreensiva as redes entre os ecossistemas e trocas econômicas existentes em determinado território, e também fornece *insights* sobre processo metabólico contemporâneo e histórico (Toledo, 2008).

O ecólogo Victor M. Toledo publicou o artigo “Metabolismos rurales: hacia una teoría económico-ecológica de la apropiación de la naturaleza”, onde definiu o metabolismo rural como conjunto de atividades pelo qual a sociedade se apropria da natureza. O autor descreve a apropriação como o processo de extração, uso e manejo dos recursos naturais. Esta abordagem permitiu compreender o processo de intercâmbio material através dos aspectos econômicos e ecológicos da sociedade e, além disso, facilita a investigação de sua origem, história e dinâmicas naturais.

Essa perspectiva integra fluxos monetários, mão de obra, bens e serviços, matéria e energia bem definidos, que possibilitam a construção de um modelo interdisciplinar e multiescalar. Sendo assim, é capaz de apresentar um quadro útil para análises econômicas e ecológicas do processo de apropriação (Toledo, 2008).

O conceito assume que cada ecossistema é um conjunto identificável no planeta, onde os organismos e intercâmbios de fluxo de energia e matéria

permanecem num equilíbrio dinâmico. Os ecossistemas são capazes de se autossustentar, organizar, regular e reproduzir independentemente dos seres humanos ou grupos corporativos. O metabolismo revela, portanto, os mecanismos naturais de renovação dos ecossistemas (Toledo, 2008).

Sobre essa perspectiva, o ecossistema atua como objeto de apropriação e reservatório de recursos, ou de depósitos de resíduos que são gerados no processo de excreção. Dessa forma, se torna vital manter o metabolismo em equilíbrio visto que cada sociedade só pode se sustentar caso consiga apropriar recursos sem afetar a capacidade de reprodução de sua fornecedora, a natureza (Toledo, 2007).

O autor conclui que a partir da revisão de fatores e variáveis que afetam o equilíbrio dinâmico do processo de apropriação é possível desenvolver um metabolismo econômico-ecológico, que compreende a dinâmica, padrões e conflitos em áreas rurais (Toledo, 2008). Dessa maneira, o conceito contribui para análises de apropriação dos fluxos de energia e matéria em sistemas rurais e agrícolas. Essas análises refletem um equilíbrio dinâmico capaz de sustentar a manutenção da apropriação ao longo do tempo, e também aponta os fatores e variáveis positivos e negativos desse equilíbrio.

Principais dimensões do conceito Metabolismo Social:

O metabolismo social pode ser, portanto, derivado em diversas perspectivas facilitando assim uma ampla visão idealizada, abstrata e geral das relações entre sociedade e natureza. Os modelos se diferenciam segundo suas estruturas sociais e dinâmicas das atividades dos grupos sociais em determinado tempo e espaço. A escolha da perspectiva do Metabolismo Social vai variar de acordo com as dimensões e objetivos do caso de estudo.

Toledo e Molina (2014) sugeriram estudar as transições socioecológicas a partir da observação da sucessão das atividades rurais, industriais até urbano, considerando a dinâmica dos fluxos de energia e matéria nos cinco processos metabólicos de um grupo social específico, e em determinado contexto histórico. As características das políticas econômicas e práticas culturais também apontam as transformações das paisagens, e assim, podem servir de evidências nesses estudos.

A partir da definição da dimensão e localização no tempo e espaço, é possível efetuar análises tanto do metabolismo social como um todo, quanto dos processos, dimensões e escalas específicas. O objetivo da pesquisa ou do problema em questão

normalmente indica as preferências de abordagens para melhores caminhos em busca de soluções (Rozzo, 2013).

2.3.

Fluxos de Energia e Matéria no Metabolismo Social

Todos os processos naturais e atividades humanas envolvem transformação de energia ou matéria (Toledo e Molina, 2014). A sociedade produz e reproduz seus processos através da transformação de recursos que circulam em determinado tempo e espaço. Essa circulação é chamada de fluxos de energia e matéria, nos quais proporcionam informações quantitativas das relações entre sociedade e natureza, bem como influencia na transformação do meio ambiente (Rozzo, 2013).

A energia e matéria do metabolismo social são definidas como elementos naturais fundamentais para desenvolvimento e sobrevivência do ser humano. Os recursos podem ser classificados em quatro categorias: minerais, biológicos, hídricos e energéticos. Os minerais se dividem entre metálicos (cobre, ouro, zinco, prata, ferro, manganês, etc.) e industriais (diamante, matéria prima do cimento, etc.). Os biológicos são elementos explorados na floresta (pesca, caça, agricultura). O hídrico se refere às águas dos rios, lagos, marés e oceano. Os recursos energéticos são compostos pelas fontes de energia renováveis (naturalmente reabastecidas pela natureza) e não renováveis (Toledo, 2008).

Os recursos não renováveis são elementos limitados em termos de disponibilidade conforme atividade do ser humano ao longo do tempo, e, portanto, possuem risco de extinção. Geralmente, esses recursos são transformados em combustível e energia elétrica, que são consumidos por indústrias e sociedade.

Segundo teoria do materialismo histórico de Bujarin (1922), a sociedade deve extrair energia e matéria do meio ambiente para sua existência. Os grupos sociais se apropriam de uma determinada quantidade de energia natural através do processo de trabalho humano. O autor sugere então um equilíbrio social dinâmico em termos de apropriação de energia. Dessa maneira, o crescimento da sociedade poderia estabilizar seus processos com baixo consumo de energia tendendo a um metabolismo sustentável, ou seja, fluxos de entrada e saída de energia em equilíbrio com a resiliência do meio ambiente (Rozzo, 2013).

O comportamento dos fluxos de energia e matéria no metabolismo social varia de acordo com as peculiaridades de cada grupo social e entorno natural. A sociedade apresenta suas características metabólicas determinadas pelo modo de produção, estilo de vida (consumo) e disposição dos resíduos na natureza. O conjunto das atividades humanas, portanto, proporcionam informações quantitativas e qualitativas da entrada (*input*) e saída (*output*) de fluxos no metabolismo (Ayres, 1997).

A sociedade se desenvolve a partir do uso de energia para processos de transformação e consumo de bens e serviços, como moradia, alimentação, mobilidade, utensílios. Da mesma forma, toda atividade humana vem da energia de nutrientes, ferramentas, vestuários.

De acordo com Padovan (2000), o sociólogo alemão Adam Schäffle (1874) aponta que a atividade humana transforma energia de forma mais concentrada para menos e, cada vez que sofre uma alteração, parcela da energia é perdida durante o processo. Por outro lado, a matéria é composta por um conjunto de energia altamente concentrada (Padovan, 2000).

Quando a matéria é convertida em energia (ato de se alimentar, queima de gasolina) ou a energia é usada para qualquer trabalho, ela invariavelmente muda de forma para mais ou menos concentrada (Padovan, 2000). Porém, conforme a primeira Lei da Termodinâmica, a energia permanece sempre inalterada (lei da conservação de energia).

A princípio, a energia poderia simplesmente ser reciclada e reutilizada para trabalho, no entanto, antes que ela possa ser aplicada novamente, deve ser reconcentrada e restaurada, o que inevitavelmente requer energia. Essa energia usada na reconcentração e restauração basicamente não estará mais disponível para outras atividades. Este mecanismo ilustra a Segunda Lei da Termodinâmica, que trata da entropia: todos os sistemas fechados devem tender para degradação de energia e matéria desorganizando-se e organizando-se (Fischer-Kowalski, 1998).

As Leis da Termodinâmica se aplicam aos mecanismos do metabolismo social diante dos processos de transformação de energia e matéria, nos quais desorganizam-se e organizam-se para outros usos. Esse mecanismo não pode permitir o desperdício de energia, nem uma entropia crescente, pois o resultado seria uma crise no sistema social (Fischer-Kowalski, 1998).

O autor Ostwald (1919) argumentou que minimizar a perda de energia livre é o objetivo de todo o desenvolvimento da sociedade, ou seja, quanto mais eficiente for a transformação de energia crua para útil, maior será o progresso da sociedade (Fischer-Kowalski, 1998).

O metabolismo social observa a sociedade como parte integrante do sistema maior natural, a Biosfera. A Biosfera é definida como um sistema fechado, isto é, sem fontes externas ou escoamentos. Em geral, os ciclos naturais são fechados em termos de compartimento de nutrientes e respectivos fluxos. Por exemplo, o ciclo hidrológico dispõe de oceanos, lagos, lençóis freáticos, geleiras como estoque dos fluxos de chuva e rios (Ayres, 1997).

De acordo com Ayres, um sistema fechado torna-se um ciclo fechado se o sistema como um todo estiver em um estado onde os estoques de cada compartimento permanecem constantes e imutáveis por um período razoável. A condição para o balanço indica que as entradas (*input*) de material para cada compartimento devem ser exatamente equilibradas em média pelas saídas (*output*) (Ayres, 1997).

A sociedade, incluindo todas as atividades (industrial, rural), é considerada um sistema aberto devido ao fato de, geralmente, não reciclar seus resíduos retornando energia e matéria degradada para natureza. As atividades humanas tiveram diferentes transições diante do modo de produção e subsistência desde quando era processo de caça, passando pelo modelo agrícola até industrial (Ayres e Simonis, 1994; Ayres, 1997).

Ao longo desse processo evolutivo, é possível observar a constante amplificação da demanda (*input*) por fluxos de energia e matéria da natureza para apropriação, transformação e disposição de bens e serviços a sociedade. Essa prática tem sido a causa dos maiores desafios em termos de sustentabilidade dos sistemas, tendo em vista a limitação dos recursos disponíveis na natureza e sua capacidade de regeneração (Fischer-Kowalski e Haberl, 1998; Ferrão e Fernández, 2013).

Além disso, o excesso de geração de resíduos e emissões somado ao lançamento inadequado no meio ambiente tem implicado em uma série de impactos que também coloca em risco o equilíbrio do sistema. O escoamento inapropriado de resíduos domésticos, industriais, agrícolas (agrotóxicos) provoca poluição do ar, água, solo, que, por sua vez, esgotam a fonte de recursos (rios, oceanos, terra,

fauna). De acordo com Marx (1864), os homens são uma força dinâmica, na qual, frequentemente, são irracionais, pois criam a própria instabilidade destruindo sua fonte de subsistência, o ecossistema (Rozzo, 2013).

Entretanto, no século XX, as preocupações por parte de ambientalistas aumentaram diante das questões relativas à sustentabilidade dos modelos de produção econômica e níveis de consumo da sociedade tendo em vista a limitação dos recursos naturais. Os ambientalistas e ecólogos contestavam o sistema de desenvolvimento econômico devido à desconsideração dos fatores naturais, e, portanto, defendem que existem limites para o crescimento em consequência da fonte limitada de recursos (Rozzo, 2013; Ferrão e Fernández, 2013).

O metabolismo social propõe a integração de diversas disciplinas para realização de uma análise quantitativa e qualitativa dos fluxos de energia e matéria entre a sociedade e o meio ambiente. O conceito permite um cálculo unificado, no qual demonstra com clareza as atividades econômicas e sociais.

Em 1885, Geddes sugeriu a construção de uma tabela *input-output*, segundo modelo proposto em “Tabela Econômica” de Francis Quesnay. A partir das análises da apropriação, produção e comércio (transporte) de energia e matéria, foi factível construir uma base teórica para os processos do metabolismo e sobre relações de desequilíbrios ecológicos (Rozzo, 2013). O método, então, oferece uma visão ampla das relações de troca entre a sociedade e natureza, podendo ser útil em diversas pesquisas e buscas de soluções por equilíbrio no *input-output* de energia e matéria das atividades humanas no meio ambiente.

Atualmente, é observada uma mudança constante nos modos de viver (apropriação, produção, consumo, geração de diferentes resíduos) e, logo, vem interferindo no senso geral de estabilidade. Isso ocorre em parte devido às interações cada vez mais complexas entre dinâmicas econômicas, sociais e ambientais resultantes de um conjunto de interesses institucionais concorrentes em escala global (Ferrão e Fernández, 2013). Muitos cientistas, estudiosos e pesquisadores estão considerando a necessidade de abordar essas mudanças aceleradas, de forma que os grupos sociais se organizem e interajam uns com os outros em busca de proteger a natureza.

2.4. Apropriação

A apropriação é o processo no qual inicia o metabolismo social. Os seres humanos se apropriam de determinada quantidade de energia e matéria do espaço natural, caracterizando assim um ato de internalização dos elementos naturais no “organismo social” (Toledo e Molina, 2014). Em termos de sua história o homem teve em sua trajetória que mudar o seu metabolismo biológico de forma a se adaptar a distintos recursos alimentares como carne, espécies domesticadas, o cozimento dos alimentos, etc. Essas atividades podem ser visualizadas com mais clareza em sociedades com desenvolvimento inicial de suas produções do que nas sociedades modernas industriais.

Os estudos da apropriação têm se desenvolvido de forma parcial e limitada por antropólogos e economistas ecológicos. Algumas análises reduzem o processo econômico a intercâmbios de energia, enquanto outros ignoram a dimensão ecológica ao desconsiderar as peculiaridades, componentes e dinâmica do ecossistema. Sendo assim, Toledo (2008) propõe em seu artigo uma metodologia baseada nos conceitos do metabolismo social, onde busca identificar as principais variáveis e fatores que determinam o processo de apropriação como uma tentativa de superar as limitações dos demais estudos.

O autor utilizou a definição de Cook (1973) em que descreve o processo pelo meio do qual os membros de toda sociedade se apropriam e transformam ecossistemas para satisfazer suas necessidades e desejos. Além disso, o fenômeno se refere ao momento exato em que os seres humanos se articulam materialmente na natureza através do processo de trabalho (Toledo, 2008).

De acordo com Toledo e Molina (2014), a apropriação pode ser observada sob duas dimensões: material e intangível. A apropriação intangível é mais complexa de visualizar, pois revela o conjunto de atividades pelos quais a sociedade interage com o meio ambiente através de crenças, culturas, imaginação, percepção e intuição. O metabolismo considera ambas as dimensões, condicionadas reciprocamente durante o processo.

Os mecanismos da apropriação são estabelecidos pelas forças do sistema natural, entretanto, as atividades de extração de recursos interferem na dinâmica natural de regeneração. Além disso, o processo de apropriação determina, ao

mesmo tempo em que é definida, os demais processos de circulação, transformação, consumo e excreção. Sendo assim, a apropriação é apenas a primeira etapa do ciclo geral do metabolismo social, fundamental para uma construção socioecológica geral da história (Toledo, 2008).

A sociedade se apropria de bens (renováveis e não renováveis) e serviços da natureza. Os bens podem ser descritos como energia solar, água, biomassa, e outras substâncias como oxigênio que representam o grupo dos renováveis. A energia solar, por exemplo, pode ser absorvida direta ou indiretamente através do vento ou água de marés, além do componente fotossintético dos ecossistemas. A biomassa serve de matéria que foi produzida pelas plantas a partir da energia solar, e transformada por outros organismos. No grupo de bens não renováveis se incluem os minerais metálicos e não metálicos, água e outros recursos e matérias que são esgotáveis na natureza.

Os seres humanos também se apropriam de serviços ambientais ou ecológicos, embora não sejam muito visíveis quanto os bens (energia, matéria, água). Esse fato pode ser explicado pelas complexidades nos processos de serviço que operam em escalas espaciais e temporais diferentes dos seres humanos, e, portanto, são mais difíceis de reconhecer (Toledo, 2008).

A questão sobre exaustão dos bens e serviços naturais foi retomada pelo geólogo Nathaniel Shaler no seu livro “O homem e a natureza (1905)”. Ele observou que desde a descoberta do aço, o consumo de recursos minerais aumentou significativamente. Em 1600 somente algumas substâncias eram extraídas da parte subterrânea, enquanto que no século XX os homens apropriam várias centenas delas, sendo o cobre e o ferro mais importantes (Fischer-Kowalski, 1998).

Segundo Fischer-Kowalski (1998), o debate sobre uma base mineral limitada diante da demanda explosiva crescente de recursos ficava cada vez mais evidente na década de 1960. O esgotamento dos bens naturais passou a fazer parte de uma preocupação global em termos da sustentabilidade dos padrões de consumo. Essa faceta já é percebida há muitas décadas:

“Se todas as nações do mundo devem seguir os mesmos padrões de vida como o nosso, a necessidade do mundo resultante de matérias seria seis vezes o consumo atual.” (Ordway, 1956)

A teoria dos limites de crescimento de Ordway (1956) assume que os padrões de vida humana estão aumentando constantemente com o crescente uso de recursos

naturais. Além disso, apesar de todo o avanço tecnológico, a sociedade está consumindo cada vez mais recursos do que criando. Isso significa que se esse ciclo permanecer por tempo suficiente, os insumos básicos teriam uma elevação nos custos no qual tornaria a produção industrial não lucrativa. Portanto, a expansão econômica atingiria os limites de seu crescimento (Fischer-Kowalski, 1998).

O sistema natural é formado por um conjunto de unidades (bens e serviços) com determinada organização e composição, que somente existem como unidades-totalizadoras do sistema natural. Sendo assim, a natureza é uma matriz heterogênea formada por um conjunto de unidades que apresentam estrutura e dinâmica capaz de se reproduzir e renovar através do tempo. Cada conjunto constitui uma combinação única de elementos bióticos e não bióticos no qual os tornam diferentes uns dos outros. Essas unidades totalizadoras, portanto, são definidas como Ecossistema. (Toledo, 2008)

O conceito desenvolvido pela investigação científica implica que todo ecossistema encontra-se num equilíbrio dinâmico entre os organismos, suas interações, fluxos de energia e matéria, e ciclos bioquímicos. Essas entidades são capazes de automanter-se, regular e reproduzir independentemente dos seres humanos e seus conjuntos societários. Sendo assim, revelam os mecanismos pelos quais a natureza se renova continuamente. (Toledo e Molina, 2014)

A partir do conceito de ecossistema, a ecologia conseguiu compreender a estrutura interna da natureza, onde identificou uma unidade complexa em termos da diversidade das paisagens naturais existentes. Além disso, tornou-se claro que os recursos naturais (água, solo, energia, minerais) constituem elementos articulados e integrados uns aos outros, em grupos ou unidades, com uma presença real para diferentes escalas de espaço (Toledo, 2008).

A regulação econômica do metabolismo social depende da necessidade consciente e das razões desenvolvidas pela sociedade. Os bens manipulados socialmente, ao contrário das matérias-primas, contêm níveis de originalidade, espiritualidade, racionalidade, trabalho e técnicas sociais, diferenciando-se completamente dos bens requeridos pela vida animal. O trabalho, atividade racional, transforma energia e matéria em natureza disponível para os seres humanos, modificando, desorganizando e reorganizando energia e matéria no sentido de alcançar as demandas específicas da humanidade (Oliveira et al. 2011).

Sob essa perspectiva as análises dedicadas ao processo de apropriação sofreram grandes repercussões, uma vez que os recursos eram considerados elementos em estoque, isolados e desarticulados. O conceito obrigou a reconhecer que o fenômeno de apropriação só será eficaz quando for considerado em seus estudos as estruturas, dinâmicas, capacidades e limites do ecossistema. Dessa forma, Toledo (2008) conclui que é possível classificar os bens e serviços que a natureza oferece e que são apropriados pela sociedade, e também, derivar determinados mecanismos ecossistêmicos pré-existentes, ou que existem independente dos seres humanos. Destaque-se que as dimensões humana e não humana dos ecossistemas e das sociedades constituem um foco primordial nos estudos de metabolismo social.

2.4.1.

Métodos de Apropriação e seus reflexos estruturais

Os métodos de apropriação determinados pela sociedade afetam de diversas maneiras o ecossistema local e, muitas vezes, provocam alterações no seu sistema estrutural e comprometem as capacidades dinâmicas pré-existentes. O sistema energético contemporâneo, por exemplo, traz novas discussões acerca das alternativas de apropriação, uma vez que, além de não suprirem as demandas energéticas no longo prazo, causam danos ao meio ambiente, escassez de recursos, mudanças climáticas e emissão de gases poluentes.

Assim, a partir das premissas estabelecidas por Molina e Toledo (2014), existem basicamente três formas da sociedade se apropriar dos fluxos de energia e matéria na natureza e que causam impactos no ecossistema de diferentes maneiras:

1- A primeira forma de apropriação consiste na ação de agentes da sociedade na qual realizam a extração de recursos sem causar danos substanciais na estrutura, arquitetura, dinâmica e evolução do ecossistema. As atividades de caça, pesca, agricultura e criação de gado, de forma orgânica, se enquadram nessa forma de apropriação, visto que a intervenção humana possui pouco impacto no ciclo de reprodução e manejo do ecossistema local.

2- O segundo meio de apropriação é caracterizado pela desarticulação e desorganização dos ecossistemas locais através da ação humana que comprometem a funcionalidade do dinamismo natural local. A produção agrícola de monoculturas

em massa aliada ao uso de agrotóxicos serve de exemplo na medida em que a atividade afeta todo o ecossistema (fauna e flora existente), e provoca graves danos ao solo, além de contaminar rios e prejudicar a saúde da população.

3- A terceira e última forma de apropriação foi incentivada pela linha conservadora ecológica com objetivo de proteger áreas naturais virgens ou espaços cujo ecossistema está em fase de recuperação. Os conservadores argumentam que a preservação resulta em serviços oferecidos através da diversificação biológica da fauna e flora, conservação de águas limpas, equilíbrio do clima regional, dentre outros benefícios.

As formas de apropriação se diferem basicamente no impacto que o ser humano tem sobre o ecossistema do espaço natural. Na primeira, o ser humano pouco intervém na capacidade de regeneração do ciclo natural, ou seja, a ação humana não causa danos nocivos no fluxo energético durante apropriação dos recursos. Enquanto que, na segunda, enquadra as atividades humanas de extração de recursos que desarticulam a estrutura dinâmica do ecossistema nas quais comprometem os ciclos reprodutivos, além de deteriorar o meio ambiente e causar problemas de saúde para sociedade (Toledo, 2008).

Segundo Toledo e Molina (2007), “no primeiro caso, trata-se de uma ‘natureza gerenciada’, e no segundo de uma ‘natureza domesticada’, ou de natureza ‘não colonizada’ e ‘colonizada’ ”.

Por fim, a terceira forma intervém no ecossistema através de restrições de atividades humanas em determinada região. A apropriação ocorre, portanto, a partir da “não ação” humana, que ao invés de extrair, protege o ecossistema em troca do seu valor de serviço.

A partir das três modalidades de apropriação, Toledo classificou três grandes tipos de ambientes onde essas atividades ocorrem respectivamente: meio ambiente utilizado, meio ambiente transformado e meio ambiente conservado. O ser humano realiza apropriação nesses três ambientes através de uma unidade social e produtiva nas quais possuem diferentes potências, naturezas e escalas.

A unidade (P) é definida como um conjunto de indivíduos que obtém o domínio de um fragmento da natureza, da qual utiliza para sobreviver.

Segundo Toledo (2008), “por exemplo, uma comunidade, uma cooperativa, uma família, uma empresa privada ou pública ou, em suma, qualquer um que

compre força de trabalho, retrata uma relação proprietário x trabalhadores contratados ”.

Levando-se em consideração esses aspectos, a apropriação pode ser um estudo tanto teórico quanto prático, visto que o fenômeno pode ser descrito empiricamente através dos fluxos monetários, bens (matéria, energia e água), trabalho, serviços e informação. Toledo (2008) sugere, então, demonstrar os mecanismos de estruturação e interação dos fluxos nesse processo, pois assim seria possível uma compreensão integral das atividades dos indivíduos no meio ambiente. Dessa forma, o autor elaborou uma representação do processo de apropriação através dos conceitos desenvolvidos anteriormente.

A unidade P faz intercâmbio com os três principais conjuntos de unidades de paisagens e o resto da sociedade:

- a) Meio Ambiente Utilizado: é representado pelo conjunto de unidades (vegetação, solo, água, topografia) que será apropriado por P.
- b) Meio Ambiente Transformado: é formado por todas as áreas pertencentes a P, que são dedicadas à agricultura, gado, pesca, plantações florestais, ou seja, são ecossistemas que funcionam como meio de trabalho através da atividade humana.
- c) Meio Ambiente Conservado: inclui todas as áreas que em P permanecem como “reservas naturais” que não se apropriam de bens, mas vários tipos de serviços.
- d) Meio Ambiente Social: é constituído por todos os segmentos sociais que estão fora dos limites de P, mas realizam algum tipo de intercâmbio com a unidade apropriada.

Esse modelo de observação dos fluxos de energia e matéria sobre os meios ambientes contribui consideravelmente para as análises ecológicas e econômicas das atividades de apropriação da natureza. O método pode ser teoricamente aplicado universalmente, no qual implica na existência de um equilíbrio dinâmico que permite a manutenção do processo ao longo do tempo. Além disso, revela os fatores que influenciam positiva e negativamente no equilíbrio do ecossistema.

A teoria ecológica implica que para manter o equilíbrio do ecossistema, os seres humanos devem apropriar o máximo de fluxo de energia ou matéria de um ecossistema adequado investindo o mínimo de esforços possíveis e sem impactar a capacidade de renovação do ecossistema, bem como descartar o volume máximo

de lixo ou resíduos através de um esforço mínimo, sem superar a capacidade de reciclagem. Sendo assim, conclui-se que qualquer processo de apropriação que interfira na capacidade de resiliência do ecossistema envolvido, resulta na restrição do fornecimento de bens e serviços naturais.

Essa restrição implica em custos para aplicação de mecanismos diretos ou indiretos que evitem a baixa produtividade do ecossistema. Um exemplo claro desse custo pode ser observado no caso de produção agrícola em massa. O solo é apropriado de forma inadequada, sendo desproporcional ao tempo de renovação do ecossistema, e dessa maneira, os nutrientes vão se esgotando o que diminui cada vez mais sua produtividade. Para manter a produtividade em alta, os produtores se tornaram dependentes do uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos, o que elevou consideravelmente os custos de produção. Essa prática tem efeitos econômicos nas atividades de pequenos produtores, pois não conseguem sustentar seu agronegócio. Além disso, os produtos químicos interferem na qualidade da água, alimentos, solo, impactando negativamente o meio ambiente e também a saúde dos indivíduos.

Esse efeito nada mais é que uma consequência imposta pela natureza diante das práticas inadequadas de apropriação dos seres humanos no ecossistema. O acúmulo dessas práticas no meio ambiente pode resultar num colapso da base material do metabolismo social, e eventualmente o desaparecimento dos sistemas sociais.

Para cada circunstância é possível estabelecer teoricamente os limites do ecossistema, e conseqüentemente, exercer uma modalidade adequada de apropriação de forma que os mecanismos naturais estejam ajustados a magnitude, duração, intensidade das atividades. Em suma, cada parcela do espaço natural tem um limite para sua apropriação, onde deve considerar a capacidade de renovação e reciclagem, caso contrário, sua disponibilidade de bens e serviços é ameaçada.

2.5. Circulação

O processo de circulação ocorre após a apropriação e também transformação. O material apropriado é circulado por diferentes rotas, em determinados casos já transformado, para finalmente ser consumido pelas indústrias e indivíduos. A circulação é caracterizada, portanto, pelo transporte de mercadorias (matéria-prima apropriada ou produto) ao consumidor.

O volume de transporte de mercadorias cresceu fortemente nas últimas décadas influenciado pelo crescimento econômico. Os avanços na eficiência dos meios de transporte somado a remoção de barreiras territoriais e comerciais contribuíram consideravelmente pela amplificação no alcance de distribuição. O Fórum Global sobre Transportes e Meio Ambiente em um Mundo Globalizante, em 2008, apresentou uma avaliação do crescimento do transporte de mercadorias em todo mundo entre 1990 e 2100, onde demonstra também as estimativas da demanda de energia no processo conforme Tabela 1 (Essen, 2010).

Tabela 1 - Volumes globais de transporte de mercadorias

	Volume de transporte em (Ttkm/ano)		Demanda de energia (EJ/ano)	
	1990	2100	1990	2100
Estrada	6,4	40	23	72
Trilho	6,1	13	3,1	4,3
Água doméstica	2,6	5	1,2	1,6
Oceano	29	126	5,8	16
Ar	0,07	0,28	0,32	0,62
Total	44	184	33	95

Fonte: Essen, H., 2010, disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264072916-10-en>>
Acesso em 21/03/2017.

As modalidades dos transportes podem ser observadas entre a circulação de pessoas e mercadorias. A nível regional, ocorre a distribuição de bens principalmente por caminhões de médio e pequeno porte. Os fluxos globais de longa distância entre vários continentes geralmente são transportados por vias marítimas. No caso de transações intercontinentais, o transporte ferroviário e rodoviário são os meios mais utilizados, e, às vezes, o marítimo. Dessa forma, constitui-se a cadeia de transportes de mercado internacional no qual inclui o transporte de mercadorias entre continentes e níveis regionais de distribuição (Essen, 2010).

A circulação tem vários impactos ambientais, como a emissão de gases que contribuem para a poluição do ar e alterações climáticas, além do ruído provocar incômodos e riscos para saúde. Segundo pesquisa de Essen (2010), as tendências no desempenho ambiental dos transportes são fortemente impulsionadas pelo crescimento do volume de circulação.

A contribuição para poluição do ar está diminuindo na maioria dos países devido à implementação de diversos padrões de emissões gasosas que são periodicamente limitados. No entanto, em países cujo volume de circulação é elevado, as emissões continuam em alta e não há sinal de mudança nessa tendência (Essen, 2010).

De acordo com Essen (2010), as técnicas disponíveis não são suficientes para compensar o crescimento esperado do volume de circulação de forma que limite o crescimento da emissão de dióxido de carbono no transporte de mercadorias. Dessa maneira, o autor sugere a inclusão de medidas que restrinjam o crescimento da demanda por transportes, como políticas de regulamentações que considerem os custos ambientais.

Em suma, o fenômeno da circulação produz determinada quantidade de resíduos que é lançado de volta no sistema natural e, portanto, deve ser considerado no processo de excreção do metabolismo geral. Para reduzir o volume excretado é necessária uma combinação de medidas, como melhorar a eficiência do combustível, desenvolvimento de tecnologias alternativas, melhoria na logística.

2.6. Transformação

A Transformação é o processo físico-químico de modificação da matéria prima em produto. Essa transformação assume, em termos históricos as mais diversas feições. Por exemplo, Oliveira e Fraga (2012) descrevem a dimensão do processo de produção de carvão na cidade do Rio de Janeiro no século XIX. Localizado nas serranias na cidade, os carvoeiros transformavam a lenha em carvão, com um acréscimo de poder calorífico de até três vezes de uma sobre o outro. O fenômeno desempenha a função de transformar fluxos de energia e matéria apropriados na natureza em bens e serviços para a sociedade. Ao longo do tempo, as atividades de transformação foram gradualmente aumentando em termos de complexidade, no qual o processo utiliza cada vez mais energia, e menos trabalho físico. Esse cenário pode ser ilustrado pela transição da manufatura para a produção de mercadorias mais elaboradas (Toledo, 2014).

O físico e economista Robert U. Ayres foi o primeiro autor a relacionar o processo de transformação com a atividade industrial. Ele fez uma analogia entre o

fenômeno e a atividade industrial que converte matéria prima (biomassa, combustíveis, minerais, metais) em produtos fabricados através do trabalho, e consequentemente, a geração de resíduos. Os economistas chamam esse conjunto de atividades de processo de produção (Ayres e Simonis, 1994).

O fenômeno da transformação, por si só, não pode ser regulado. Os seus mecanismos são representados pelo comportamento dos indivíduos que compõe a sociedade tanto sobre input de trabalho (produção) quanto pelo consumo que determinam a demanda final dos níveis das atividades. Sendo assim, em mercados competitivos, o equilíbrio entre oferta e demanda de produtos e mão de obra se dá através dos mecanismos de preço. Isto significa que o sistema econômico, em essência, é o mecanismo regulador do processo de transformação (Ayres, 1997).

A evolução dos processos de produção analisados a partir da revolução industrial é caracterizada pela transição do sistema de produção artesanal para industrial através da introdução de máquinas. Desde então, a transformação passou a atingir diferentes níveis conforme a demanda das atividades econômicas. Além da função básica de fornecer bens e produtos aos indivíduos, também é responsável pela conversão de recursos naturais em matéria prima direcionadas ao setor industrial, que por sua vez, transforma no produto final a sociedade.

A transição para o regime industrial foi conduzida não só pelo crescimento econômico, mas principalmente pelo conjunto do crescimento da população e tendências no uso de energia e matéria. A disponibilidade e acesso barato aos combustíveis fósseis de alta densidade de energia somada ao desenvolvimento de novas tecnologias eficientes (motor de combustão e elétrico) para conversão de energia primária em trabalho útil permitiram o surgimento de novos padrões de produção e consumo em massa. Os novos padrões de produção e consumo, por sua vez, implicam num alto nível de apropriação de energia e matéria. Embora no segmento rural-agrário a pobreza e exploração de recursos naturais estejam sempre iminentes, a impressão dominante nos regimes industriais é de abundância de fluxos de energia e matéria, mesmo que desigualmente distribuída (Mc Neill, 2000).

Diante da normalidade dos elevados níveis de consumo de energia e matéria nos processos de produção, atualmente o sistema industrial enfrenta problemas de sustentabilidade. As atividades industriais produzem grande volume de resíduos e emissões que colocam em risco a capacidade de absorção dos ecossistemas naturais. Embora algumas questões tenham sido resolvidas através de inovações

tecnológicas, outros impactos ambientais locais e globais continuam a surgir ou piorar.

A conduta de *laissez-faire* foi justificada pelo fundamento econômico de que a evolução dos subsistemas de um sistema levaria necessariamente a uma melhoria de todo o sistema (Ayres, 1997). Essa visão é sustentada pela maioria dos economistas clássicos e neoclássicos, no qual implicam que a busca individual da riqueza pelos indivíduos resulta em ganho para o todo.

A economia moderna capitalista defende um sistema econômico de mercados com mínima intervenção estatal que assegure a subsistência de mais de nove bilhões de pessoas e ainda possibilite o progresso econômico suficiente para qualquer nação atingir os mesmos padrões de bem-estar de um país industrializado. Assim, implicam que sem crescimento econômico não é possível gerar emprego (mão de obra), e, conseqüentemente, não tem distribuição de renda (Toledo e Molina, 2014). O crescimento econômico exige altos níveis de produção (transformação) e consumo nos quais requerem maiores insumos de energia e matéria, além de gerar grande volume de subprodutos de resíduos e emissões.

Alguns ambientalistas afirmam que estamos passando por uma transição que iniciou há 300 anos entre o agrário-industrial, a qual será finalizada quando países pobres atingirem o nível de desenvolvimento dos países ricos (Fischer-Kowalski, 2007). Portanto, os países em desenvolvimento reivindicam seu direito de aproveitar os padrões de vida das economias industrializadas por uma questão de equidade.

Embora seja socialmente justa a igualdade de acesso aos padrões de vida da sociedade industrializada, existem fatores ecológicos e econômicos que limitam essa transição. Sob perspectiva econômica, os países industrializados só conseguem manter os padrões de vida a partir de importação de matéria prima barata de países subdesenvolvidos. De acordo com Martinez-Alier (2007), a baixa remuneração dos preços atribuídos aos recursos naturais contrasta com o alto preço dado aos bens transformados, o que deteriora a relação comercial forçando os países periféricos a exportar maiores volumes de matéria prima para sustentar seu nível de renda. Em outras palavras, o crescimento econômico dos países industrializados depende do subdesenvolvimento dos países periféricos, e, nesse caso, parece improvável alcançar um sistema social de desenvolvimento industrial igualitário (Martinez-Alier, 2007).

Sob a perspectiva ecológica, o aumento na taxa de apropriação de energia e matéria, acumulação de resíduos e concentração de poluentes superariam a capacidade de carga da biosfera resultando na degradação da qualidade ambiental, e conseqüentemente, declínio de bem-estar dos indivíduos mesmo diante de um crescimento econômico. Além disso, o desgaste da base de recursos naturais colocaria em risco as próprias atividades de produção (transformação) gerando um colapso no sistema econômico (Daly, 1991).

A atividade industrial acabou por processo de transformação de alta entropia, ou seja, baseada no alto consumo de energia e matérias que exige a construção e manutenção de grandes infraestruturas (edifícios, estradas), elevado volume de estoques físicos (por exemplo, carros, utensílios domésticos), intenso fluxo de pessoas e mercadorias, e altíssimo nível de consumo material (exosomático) (Toledo e Molina, 2014). As sociedades industrializadas densamente povoadas atingiram consumo de energia de até 600/GJ/ha, que é muito além da capacidade orgânica dos territórios (Toledo e Barrera-Bassols, 2008).

Toledo e Molina (2014) sugerem que a única transição viável para os países subdesenvolvidos seria uma redução significativa nas taxas de consumo de energia e matéria, para que, dessa forma, seja possível distribuir sustentavelmente entre os países. Entretanto, a alocação igualitária de consumo exige a redução nos ritmos de produção dos países desenvolvidos e, simultaneamente, elevação nos países subdesenvolvidos. Wiedenhofer (2013) aponta que uma nova fase histórica de transição para um metabolismo mais sustentável já está começando.

Existem diversas filosofias da ciência ambiental que defendem diferentes soluções para as questões ecológicas. Elas incluem movimentos de conservação que buscam proteger a natureza e a região selvagem, “reforma do ambientalismo” que defende a mudança estrutural da indústria de forma que melhore seu desempenho ambiental, e também os radicais que rejeitam o industrialismo e sugerem uma sociedade alternativa. No entanto, a solução que mais recebeu apoio de diversas ciências é o conceito de desenvolvimento sustentável proposto na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1987 (Shrivastava, 1995).

O desenvolvimento sustentável envolve controle sobre o crescimento da população, proporcionando condições básicas de alimentos em nível mundial, mantendo a preservação dos recursos do ecossistema, e reorientando o uso de energia e matéria em indústrias para um caminho ecologicamente sustentável. A

ideia é estimular o uso de recursos de forma que possam ser renovados e mantidos dentro do equilíbrio natural.

O caminho para uma economia global ecologicamente sustentável requer uma reorganização do negócio e das atividades industriais considerando os princípios de conservação do sistema natural. Para isso, será necessária a transformação de produtos, sistemas de produção (processos de transformação), inclusive novas práticas de gerenciamento de corporações baseadas na sustentabilidade econômica, social e ambiental. Dessa forma, o cenário econômico da competitividade entre as empresas mudará em termos de preferências e demandas dos consumidores, e regulamentos industriais, dando oportunidade de introdução de atividades ecologicamente sustentáveis (Shrivastava, 1995).

A escolha tecnológica é uma variável estratégica que altera fundamentalmente os impactos ambientais, riscos e custos de empresas (Kotha e Orne, 1989). As tecnologias do produto e sistema de produção determinam os parâmetros básicos de custos e consequências ecológicas (Sarkis, 1995). Além disso, estabelecem os tipos de recursos naturais que podem ser utilizados e eficiências nos processos de transformação, incluindo a poluição emitida durante as atividades e gerenciamento de resíduos excretados.

As tecnologias ambientais se revelam como fortes instrumentos nos quais incorporam considerações ambientais em vários aspectos das operações comerciais, e conseqüentemente, afetam o cenário competitivo na maioria dos setores da economia. Elas são definidas como o conjunto de procedimentos, técnicas, produtos, mecanismos e equipamentos de produção (máquinas, ferramentas) que tem por objetivo economizar uso de energia e matéria nos processos de transformação, minimizar os efeitos ambientais das atividades humanas e proteger o sistema natural. A ideia inclui hardware, como instrumentos de controle de poluição, medição ecológica e tecnologias de produção mais limpa. Além disso, compreende os métodos operacionais de inclusão de práticas de gerenciamento de resíduos (reciclagem) para conservação da natureza (Shrivastava, 1995).

Esse conceito de tecnologias pode criar e expandir a demanda do mercado atuando como fonte de novas ideias de produtos e conservação de materiais, tais como aquecedores solares, carros elétricos. Inclusive pode também alterar a função de custo de produção dentro de empresas e indústrias através do incentivo de busca por melhorias nos processos de transformação (produção) a partir de tecnologias

mais limpas e que tenham controle da poluição. Ao tornar os produtos e embalagens ecologicamente corretos, por exemplo, alimentos orgânicos, sabonetes naturais, embalagens biodegradáveis, eles podem melhorar qualidade dos bens e serviços e, conseqüentemente, serão mais atrativos para população (Shrivastava, 1995).

As empresas que investirem em tecnologias ambientais podem conquistar vantagem competitiva no mercado ao reduzirem o desperdício, poluição e riscos ambientais. Por outro lado, desenvolver um modelo sustentável de indústria baseada em tecnologias limpas exigirá uma inovação tecnológica radical pelo setor privado, que deve ser incentivado por políticas públicas.

Em síntese, o processo de Transformação reflete as atividades econômicas de produção de bens e serviços para a sociedade. Ele é capaz de revelar o comportamento dos fluxos de entrada e saída de energia e matéria durante os processos de transformação de matéria prima e identificar os fatores que impactam negativamente o sistema natural. A partir dessas informações, é possível conduzir estratégias e conceitos para balancear os níveis de recursos apropriados e a geração de resíduos de forma que não sobrecarregue os demais processos do metabolismo social. Dessa maneira, assegura os mecanismos de renovação e absorção do sistema natural garantindo a sustentabilidade das atividades humanas na Terra.

2.7. Consumo

O Consumo é a quarta etapa do Metabolismo Social e pode ser compreendido através das relações entre as necessidades da sociedade e o resultado fornecido nos processos precedentes: Apropriação, Circulação e Transformação (Toledo e Molina, 2014). Nesse sentido, os indivíduos como um todo estão envolvidos no processo, independentemente de sua responsabilidade no sistema metabólico, uma vez que o ser humano, por essência, consome alimentos, utensílios e serviços, os quais garantem sua sobrevivência e reprodução no planeta.

O processo pode ser dividido, para melhor entendimento, entre o *consumo endossomático* e *consumo exossomático*, que são representados respectivamente pelos fluxos “bio-metabólicos” e “sociometabólicos” que constituem o Metabolismo Social. O *consumo endossomático* se refere basicamente ao consumo

de energia do corpo humano através da ingestão de alimentos e água, que, por sua vez, condiciona a sobrevivência do ser humano.

O *consumo exossomático* compreende ao consumo de todos os produtos criados pelo homem (máquinas, vestuário, utensílios domésticos) ao longo da história, sendo, portanto, peculiar a cada indivíduo que integralmente constitui a sociedade. Neste contexto, o processo varia de acordo com os padrões de consumo, relacionado ao grupo social, caracterizado pelos fatores de renda econômica e estilo de vida dos cidadãos.

A demanda de produtos e matérias-primas se tornou um forte instrumento de incentivo aos demais processos do ciclo metabólico, de forma que determina seus respectivos níveis de produtividades (Toledo e Molina, 2014). Entretanto, a proporção da disponibilidade de recursos naturais e do volume de resíduos descartados indevidamente na natureza, em razão do consumo, são fatores que comprometem o equilíbrio ecológico e acarretam a escassez dos fluxos de energia, matéria, poluição e contaminação do meio ambiente.

Os próximos subcapítulos apresentam os principais conceitos e evolução do processo de consumo da sociedade, bem como as preocupações sobre a capacidade ecológica de atender as elevadas demandas dos consumidores.

2.7.1. Sociedade de Consumo: conceito e evolução

O ato de consumir é natural de todo ser humano para manter-se vivo. Contudo, o consumo exagerado de bens e serviços desencadeou uma série de desvantagens no âmbito ambiental e social e, em consequência, influencia negativamente na economia.

Nas formações sociais do capitalismo ocidental em meados do século XX, o consumo tornou-se cada vez mais associado aos desejos, e não simplesmente pela necessidade (Baudrillard, 1995). Historicamente, os indivíduos têm sido influenciados pela ideologia do consumismo moderno, através do estímulo do desejo por bens supérfluos e de luxo que são retratados em filmes, imprensa e televisão sob a forma de sinais e símbolos na venda de produtos. O desejo de atingir determinado perfil através de objetos de consumo, tais como roupa, calçados,

mobilidade, música, clubes de futebol definem, portanto, o padrão de consumo dos indivíduos (Bocock, 1993).

A ideia da obsolescência programada também foi um dos fatores que contribuiu para o aumento nos níveis de consumo da população. Trata-se de uma tática utilizada pelas indústrias de desenvolver um produto cuja vida útil seja reduzida propositalmente de forma que force o consumidor a adquirir o mesmo produto novamente ou uma versão moderna, e de forma contínua. Essa estratégia foi amplamente discutida durante a crise econômica dos Estados Unidos em 1929, pois a lógica capitalista acreditava que a baixa durabilidade dos bens manteria o ciclo do consumo naturalmente promovendo demanda para as indústrias, que por sua vez, conduziria o crescimento econômico (Santos e Dominiquini, 2013).

Segundo as autoras Helena Santos e Eliete Dominiquini, “atualmente toda sociedade é vítima da obsolescência programada que é o motor secreto da sociedade de consumo. Trata-se de uma lógica perversa, cujo dogma impõe que se as pessoas não comprarem a economia não vai crescer.” (Santos e Dominiquini, 2013, p.2).

A obsolescência programada em conjunto com a sociedade de consumo desencadeia impactos ambientais nocivos em termos da disponibilidade de recursos naturais para manter os níveis de consumo e sustentabilidade do ecossistema em absorver o volume de resíduos derivados do constante descarte. O documentário “Comprar, tirar, comprar – A história secreta da obsolescência programada” (2010) aponta diversas consequências sociais e ambientais gerados pela obsolescência programada, entre elas a produção exponencial de lixo eletrônico, que por sua vez ainda não possuem uma destinação adequada com as condições de resiliência do meio ambiente.

A Sociedade de Consumo é associada ao consumismo, que tem por definição o ato de usufruir de bens e serviços considerados supérfluos fundados nos desejos insaciáveis do ser humano por satisfação, através da aquisição de bens. A obra de Barbosa (2004) apresenta discussões sobre as origens históricas do processo de Consumo que constituiu a sociedade contemporânea.

A partir da década de 1980, historiadores começaram a questionar a relevância da Revolução Industrial no século XVIII na origem do consumismo, pois defendem que a explosão do consumo precedeu aos avanços tecnológicos associados ao desenvolvimento industrial. Os historiadores observaram que o setor de produção têxtil já atendia a elevadas demandas durante os séculos XVI e XVII,

ainda que fundadas no trabalho artesanal, que perdurou até meados de 1830. Portanto, assumem a existência de demais fatores que fizeram parte da formação do processo de consumo (Barbosa, 2004).

O lado econômico tem como princípio que qualquer movimento de aumento, na renda ou salário, é atribuído ao consumo de bens e serviços. Baseiam-se na existência de uma ‘propensão natural a consumir’, uma vez que todos os indivíduos são considerados insaciáveis. Embora esses fenômenos estejam fundamentados em análises econômicas sugeridas tanto por Keynes quanto por Marx, não existe nenhum embasamento empírico que comprove tal afirmação, tampouco os economistas têm interesse em investigar suas origens. Apenas constata-se a destinação do aumento da renda para consumo, pois entendem que é uma tarefa do âmbito psicológico (Barbosa, 2004).

Sob essa perspectiva, Miller (1995) sugeriu uma discussão acerca dos conceitos adotados para Consumo em ambas as teorias de Keynes e Marx, na qual convergiam sobre o mesmo ponto de vista. Diante disso, as análises econômicas se tornaram hegemônicas sobre o comportamento do Consumo na sociedade, discutindo apenas questões relacionadas a aspectos de produção.

O fenômeno do consumo assumiu relevância entre os estudos da formação da sociedade. Tais estudos debatiam sobre os fatores de origem para as alterações nos padrões de consumo, já que, dentre outros elementos, as novas modalidades de consumo e práticas de comercialização também contribuíram.

Barbosa (2004) cita dois aspectos históricos que foram determinantes na transição da sociedade tradicional para moderna. O primeiro demonstra a passagem do processo de consumo familiar para individual, e o segundo reflete a transformação do consumo de ‘pátina’ para consumo de ‘moda’.

O consumo familiar era caracterizado pela produção e consumo de bens, de modo que satisfizesse as próprias necessidades de produção física e social. Além disso, as classes sociais tinham seus estilos de vida previamente estabelecidos conforme as Leis Suntuárias, que regularizavam os padrões alimentares, vestuários, lazer e comportamento de acordo com as segmentações sociais da época. O desejo pessoal do indivíduo era, portanto, vedado ao seu status social e independente da renda (Barbosa, 2004).

Na transição ocorrida após a Revolução Francesa, na sociedade moderna, a relação de subordinação entre estilo de vida e classe social e independência da renda

é rompida diante das novas práticas de mercado. O sentimento de liberdade individual e autonomia de escolha de estilo de vida, proporcionados pelo capitalismo, junto à ausência de códigos morais e éticos, foram fatores fundamentais que contribuíram para a constituição da sociedade moderna. Em vista disso, o indivíduo adquire liberdade de escolha de consumo, independente de posição social, idade e gênero. Contudo, alguns autores assinalam para a irrelevância das desigualdades de distribuição de renda e elementos culturais que tornam essa liberdade, no mínimo, questionável.

O segundo aspecto abordado por Barbosa (2004) foi a mudança no consumo de ‘pátina’ para o consumo de ‘moda’. A ‘pátina’ tem como referência o valor do tempo deixado nos objetos, os quais foram utilizados por muitas gerações da família, o que confere tradicionalidade ou até mesmo nobreza do proprietário. Em geral, esses objetos eram feitos de prata, madeira e materiais cujo ciclo de vida era longo e o descarte era praticamente inexistente.

Ao contrário da ‘pátina’, a autora relata que o consumo moderno tem como valor o novo e o individual induzido por mecanismos sociais, no qual implicou a diminuição considerável da vida útil dos bens disponíveis no mercado. A sociedade, portanto, começa a rejeitar as referências dos antepassados em favor dos novos modelos introduzidos, no sentido de promover o presente em vez do passado (Barbosa, 2004). Essa mudança foi mais característica da sociedade ocidental que oriental durante o desenvolvimento social.

No século XVII e XVIII, a autonomia econômica proporcionada pelo aumento de salários, junto às mudanças do mercado consumidor, estimulou o desejo por aquisição de bens de luxo e supérfluos que anteriormente eram limitados. Neste período, o conceito do ‘novo’ teve origem no setor de vestuário que foi instigado pelos grupos aristocratas modernos e depois se expandiu aos demais mercados. A estratégia era o gosto pela novidade.

Os fatos históricos apontados por Barbosa (2004) contribuem para o esclarecimento das transições ideológicas de consumo, que constituem a sociedade contemporânea até o século XXI. A introdução das lógicas capitalistas no mercado consumidor foi outro aspecto histórico marcante para a formação da sociedade, na medida em que a demanda de produtos se tornou um instrumento de diferentes propósitos políticos e econômicos que vão muito além do consumo pela garantia da sobrevivência e melhoria da qualidade de vida.

A Revolução Industrial modificou as estruturas de produção de forma que a população se encontra cada vez mais distante dos conhecimentos dos métodos de fabricação. A própria possibilidade de reparo ou remontagem de mercadorias tecnológicas fica cada vez mais distante à medida que aumenta a cultura do descartável e da obsolescência programada. Este fenômeno implica na alienação dos consumidores em relação aos efeitos de suas escolhas, visto que o indivíduo se torna alheio a todas as informações referentes às atividades de produção do determinado bem consumido. Desse modo, a alienação tem grande influência na dimensão das novas práticas de consumo baseadas na desvinculação da compra por necessidade e no desconhecimento da razão entre o valor de compra e uso do produto.

As questões que cercam a sociedade de consumo são amplas e necessitam de discussões mais aprofundadas, uma vez que os padrões de consumo são peculiares aos hábitos culturais de cada grupo social. O processo de consumo no setor urbano é diferente do setor rural em termos de níveis de quantidade de produtos químicos e dos tipos de bens e serviços que derivam de aspectos econômicos e históricos da formação sociocultural.

O processo de urbanização se intensifica com o evento da Revolução Industrial no século XVIII, o qual foi impulsionado pela necessidade de concentração das atividades econômicas, e deu origem ao crescimento das cidades. Consequentemente, observa-se a movimentação crescente da população em direção aos centros urbanos, em busca de melhores empregos e qualidade de vida, proporcionados pelo desenvolvimento do processo industrial.

O setor urbano foi fundado nas práticas de mercado capitalistas, que perduram até hoje na maioria dos países, cujas variáveis de demanda de bens e serviços são consideradas os motores dos níveis de produção, que por sua vez, gera mais empregabilidade e, portanto, eleva o rendimento. Em seguida, de acordo com o princípio de ‘propensão natural a consumir’, o aumento da renda é, então, revertido em consumo, e assim sucessivamente.

Em contrapartida, a concentração global de indivíduos no setor rural decresceu substancialmente ao longo das décadas. Segundo o Relatório da ONU em 2004, menos da metade da população mundial se aloca em áreas rurais, com aproximadamente 46% da população total. Embora os países em desenvolvimento da África, Ásia e América do Sul apontem para o rápido crescimento em termos de

urbanização, abrigam ainda cerca de 90% da população rural mundial, que têm como principal atividade econômica a Apropriação de recursos naturais para abastecimento do mercado de alimentos.

A estrutura da mão de obra rural entrou em decadência diante das modernizações no setor industrial agrícola e devido à carência de uma reforma na estrutura agrária durante o desenvolvimento econômico. O barateamento do mercado de trabalho provocou a queda nos rendimentos familiares, e, portanto, os salários não eram suficientes para o consumo de bens além do necessário. Desse modo, em geral as áreas rurais apresentam taxas menores de aquisição de produtos supérfluos ou de luxo.

Dado o exposto, o consumo no meio ambiente urbano é evidentemente superior ao rural, principalmente devido à desigualdade de remuneração dos mercados de trabalho. Nesse sentido, entende-se que os centros urbanos são os maiores responsáveis pelo consumo global de bens necessários e supérfluos. Como consequência, provoca o aumento dos níveis de extração de matéria prima e do consumo de energia, que por muitas vezes são derivados de fontes não renováveis, e do volume de resíduos descartados inadequadamente na natureza.

2.7.2. Impactos e “pegada ecológica”

Em pesquisa realizada em 2012, Fischer-Kowalski alerta para os malefícios promovidos pela produção e consumo, através dos impactos da extensa utilização de recursos e da geração de resíduos. A autora sugere que parcela dos impactos envolvidos está associada ao consumidor final do produto, o qual depende fundamentalmente dos métodos aplicados durante as atividades de produção (Fischer-Kowalski *et al.*, 2012).

A pesquisa demonstra, ainda, a relação dos níveis de riqueza como fator característico do aumento de consumo e, por isso, implica em maiores impactos. O resultado do estudo aponta que nos países industrializados, cujo rendimento tem forte influência sobre aquisição de bens supérfluos, o consumo atribuído ao lazer, habitação e mobilidade são mais relevantes que o próprio consumo de alimentos. Esses estilos de vida são suportados pelas intensivas explorações de recursos naturais e responsáveis pelo descarte massivo de resíduos, embora seja incentivado

pelas mídias e propagandas como padrão ideal de felicidade (Fischer-Kowalski *et al.*, 2012).

Sob essa perspectiva, os padrões de consumo estimulados são altamente questionáveis do ponto de vista da sustentação do planeta em absorver todos esses resíduos, assim como, na capacidade de prover recursos naturais demandados na etapa de Transformação. Esta perspectiva é apoiada em uma vasta literatura, da qual exemplificamos, sob o ponto de vista das transições socioecológicas com os trabalhos de Simmons (1996), Fischer-Kowalski e Haberl (2007) e, sob o ponto de vista da ecologia histórica e da história ambiental, com Crumley (1994) e Benzing & Hermann (2003).

O conceito da Pegada Ecológica serviu de instrumento para calcular a capacidade do ecossistema em sustentar o consumo da sociedade contemporânea. De acordo com os estudos feitos desde a década de 1970, a população mundial precisa de aproximadamente um planeta e meio para continuar sustentando seus estilos de vida. As preocupações acerca das práticas de consumo culminaram em diversos debates nos quais exigiam medidas de proteção dos recursos e conscientização do consumo e destinos adequados de rejeitos (Wackernagel e Rees, 1996).

As reivindicações apresentadas neste conceito têm por objetivo fundamental introduzir um consumo sustentável de forma que não sobrecarregue os demais processos do Metabolismo Social. Desse modo, o equilíbrio do ciclo metabólico mitiga os riscos e questões do âmbito social, econômico e ambiental, no qual promove maior segurança e qualidade de vida aos indivíduos, além de garantir a sustentabilidade do ecossistema.

2.8. Excreção

O processo de Excreção é o mecanismo de eliminação dos resíduos resultantes da inter-relação entre os fluxos de energia e matéria que constituem o Metabolismo Social. Seguindo o modelo padrão sugerido por Toledo e Molina (2014), a Excreção se refere à forma na qual a sociedade elimina os resíduos derivados dos processos de produção e consumo, onde se incluem os efluentes líquidos, emissões gasosas, substâncias e calor. O volume do fluxo de saída de

matéria e energia do processo de Excreção está associado ao comportamento dos demais processos do sistema metabólico da sociedade (Toledo, 2007).

O crescimento acelerado da população, assim como, a ocupação de indústrias nas margens de rios no último século, transformou o processo de excreção no mais descontrolado e danoso processo metabólico, consolidando-se dentre os fatores mais importantes para o desequilíbrio dos ecossistemas em nosso planeta (Toledo e Molina, 2014).

O cenário global demonstra o crescimento descontrolado do volume de lixo despejado no meio ambiente, em razão do excesso observado nos padrões de consumo incentivado pelos modelos de desenvolvimento econômico a partir da Revolução Industrial. Sob esse aspecto, diversos estudos comprovam a incapacidade do planeta em absorver e reciclar esse volume de resíduos lançados inadequadamente na natureza, resultando no acúmulo de lixo em aterros, formações de lixões e poluição do meio ambiente. Dessa maneira, o fenômeno assumiu relevância na década de 1970, tal qual, tornou-se necessária a implementação de práticas de gestão sobre tratamento de lixo, estoque e disposição final dos rejeitos (material não reciclável), que por sua vez, está condicionado aos processos de Apropriação, Transformação, Circulação e Consumo (Toledo e Molina, 2014)

Segundo Toledo (2014), a questão dos resíduos fundamenta-se basicamente em dois aspectos: quantidade e qualidade de resíduos escoados através das atividades humanas. A qualidade do lixo está associada aos níveis de complexidade química, física e biológica e no tempo requerido para a reciclagem dessas substâncias. A quantidade reflete a relação entre o volume de resíduos na atmosfera e na capacidade de absorção no ecossistema.

A intensidade do volume de lixo produzido no mundo tem se tornado fator preocupante do ponto de vista ambiental, por trazer sérios riscos à saúde humana. O acúmulo de lixo em aterros, junto às queimadas de lixões a céu aberto, tornou-se cada vez mais frequente e, conseqüentemente, a quantidade de lixo reciclado tem sido muito inferior à parcela produzida.

Desde 2003 a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe) vem publicando anualmente o “Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil”, no qual apresenta índices regionais e nacionais relevantes a respeito do cenário dos resíduos sólidos urbanos no país. O relatório fornece dados atualizados que permitem acompanhar geração, coleta e disposição

final dos resíduos. A partir dessas informações foi elaborado o Gráfico 1, no qual apresenta o volume de resíduos sólidos urbanos gerados anualmente entre 2007 e 2016.

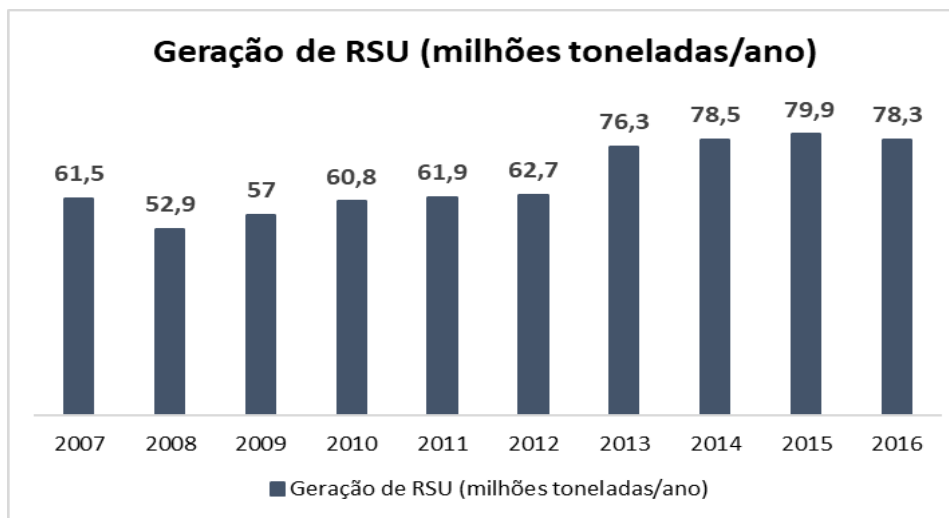


Gráfico 1 – Volume total de resíduos sólidos urbanos gerados anualmente. Fonte: Elaboração própria a partir dos dados fornecidos pela Abrelpe.

De acordo com o Gráfico 1, o Brasil apresentou uma queda de 14% na geração de RSU em 2008. De 2008 a 2015 o volume de RSU gerados tornou-se cada vez mais elevado, chegando a 79,9 milhões de toneladas em 2015. O maior aumento registrado foi de 22% entre 2012 e 2013. Entre 2015 e 2016 apontou uma queda de 2% na geração de RSU, que embora seja um avanço, ainda é encontra-se elevado.

Em suma, a geração de RSU no Brasil ainda permanece em patamares elevados, gerando diversas consequências econômicas, sociais e ambientais. A população precisa se conscientizar em reduzir o volume de resíduos, uma vez que os impactos são refletidos na sociedade. Em termos econômicos, o custo incorrido para coleta, tratamento e reciclagem tem sido cada vez mais insustentável para os orçamentos públicos, cujos recursos são bastante limitados. No âmbito ambiental, a poluição contribui consideravelmente para degradação do ecossistema, comprometendo a qualidade do ar, fornecimento de água potável e produção de alimentos, que são base para sobrevivência humana.

A qualidade do resíduo está associada às características biológicas, físicas e químicas nas quais atuam de diferentes maneiras no meio ambiente e na sociedade. A composição de determinadas substâncias implica na dificuldade de decomposição ou reciclagem, o que acarreta no acúmulo do mesmo, como por exemplo, o plástico. O nível tóxico das substâncias pode provocar graves danos à

saúde da população, dentre eles, o surgimento de doenças, distúrbios alimentares e respiratórios. No caso de metais pesados, a permanência dos mesmos no ambiente e mesmo o seu espraio via processos atmosféricos pode atingir áreas relativamente remotas, como é o caso do mercúrio encontrado na floresta da Ilha Grande, localizada no litoral do Estado do Rio de Janeiro (Silva Filho *et al.* 2006).

O surgimento das novas tecnologias industriais transformou os resíduos cada vez menos toleráveis e mais tóxicos para os ecossistemas terrestres e aquáticos. As novas técnicas de apropriação, transformação e circulação, também contribuíram para que os produtos rejeitados ultrapassassem a área da superfície do solo atingindo as camadas profundas do subsolo, corpos de água e oceanos, e na atmosfera. A emissão de resíduos sólidos e líquidos orgânicos, substâncias químicas, gases, pulverizadores, plásticos e resíduos radioativos atinge níveis que não só representam uma ameaça para a vida humana, mas estão modificando ciclos biogeoquímicos de escala global - como os da água, oxigênio, carbono, nitrogênio e fósforo - e até mesmo os padrões climáticos (Toledo e Molina, 2014).

Diante dos aspectos apontados, é evidente que as questões da acumulação e geração de resíduos são amplas e de escala global. A forma como a população produz e consome é considerada a origem do crescente aumento de lixo no planeta, a qual compromete a sustentabilidade dos padrões para as futuras gerações. O próximo subcapítulo apresenta uma perspectiva socioeconômica e política sobre uma gestão de resíduos eficiente que minimize o volume de rejeitos lançados de volta no ecossistema.

2.8.1.

Gestão de Resíduos – uma análise socioeconômica

Na Conferência Internacional RIO ECO-92 foram tomadas decisões com o objetivo de construir uma sociedade sustentável, dentre elas, pela primeira vez, foi proposto o serviço de Gerenciamento de Resíduos. Em geral inclui tratamento, coleta e disposição final adequada, com objetivo de submeter os resíduos a um manejo que proteja o meio ambiente, e reduzir, quanto possível, a geração de resíduos. O serviço pode ser compreendido como uma necessidade básica humana, na qual todos os indivíduos da sociedade devem ter direito. Dessa forma, o Governo

deve assumir responsabilidade de garantir saneamento básico, gestão de resíduos sólidos, bem como fornecimento de água potável a todos os indivíduos.

Do ponto de vista econômico, os danos derivados da falta de gestão de resíduos implicam numa série de custos ambientais e sociais que indiretamente reduzem o desenvolvimento econômico. Os estragos provocados por enchentes e chuvas decorrentes do acúmulo de lixo e entupimento de esgotos incorrem em grandes custos de reparação de estruturas danificadas. O surgimento de doenças derivadas da poluição também reflete na economia, na medida em que haverá menos indivíduos economicamente ativos, que constituem o rendimento do país, e maiores gastos com fornecimento de serviços de saúde.

A acumulação de resíduos, somado ao entupimento de ralos e esgotos, configuram o cenário propício para desenvolvimento de vírus, bactérias patogênicas e fungos que colocam a saúde da população em risco. A propagação de doenças como cólera, Zika, H1N1, dengue, entre outros, está diretamente relacionada à falta de gestão adequada de saneamento. Em 2014, o Brasil registrou mais de 500 mil casos de indivíduos infectados pelo vírus da dengue, e cerca de 400 pessoas morreram, conforme boletins divulgados pelo Ministério da Saúde¹. Sob o aspecto socioambiental, os efeitos da gestão inadequada de resíduos, como a eliminação de lixo tóxico através de queima a céu aberto, geram um volume intensivo de emissões de gases altamente tóxicos e acarreta a poluição do ar e geração de calor. Todos findam por afetar negativamente o equilíbrio climático dos ecossistemas, assim como a saúde de todos os seres vivos. Os lixões e aterros clandestinos contaminam severamente o solo e os lençóis freáticos subterrâneos, e geram consequências drásticas, entre elas o esgotamento de água própria para consumo, além de contaminar os alimentos cultivados nas áreas rurais. Os impactos ambientais são de variadas dimensões, as quais necessitam de análises detalhadas para aperfeiçoamento das decisões sobre o devido tratamento, além de tecnologias que constituam as melhores soluções na política de Gerenciamento de Resíduos.

Dado o exposto, entende-se que o serviço de Gerenciamento de Resíduos exige um custo orçamentário incorporado nos serviços públicos, porém, os custos indiretos relacionados aos problemas sociais e ambientais são relativamente superiores. Sendo assim, a gestão adequada para os resíduos sugere melhorias para

¹ BOLETIM EPIDEMIOLÓGICO, Rio de Janeiro: Min. Saúde, volume 45, n 31, 2014.

economia, assim como para qualidade de vida da população e proteção à natureza, o que garante, essencialmente, a sustentabilidade do Ecossistema global.

Segundo o relatório *The Global Management Waste Outlook*, a partir de 1960, os países mais desenvolvidos começaram a demonstrar progressos na gestão de resíduos. A princípio, os estudos se concentraram no resíduo após o descarte, enquanto que atualmente modificaram o foco do problema para as fontes de origem geradoras de lixo, pois assim, a atuação das políticas é direcionada de forma preventiva. Nesse sentido, leva-se em consideração a redução das quantidades de substâncias utilizadas e seus níveis de complexidade, além da separação do lixo final em suas devidas categorias para que mantenha as suas propriedades originais e melhor eficiência nos processos de reciclagem (Modak, Wilson e Velis, 2015).

As tecnologias necessárias para soluções de resíduos já estão em grande parte evoluídas e utilizadas por países desenvolvidos por conta das facilidades relacionadas aos investimentos para implantação e experiência em gestão de lixo. Enquanto que, os países em desenvolvimento, ainda enfrentam dificuldades na introdução da prática de gestão (Modak, Wilson e Velis, 2015).

Os autores sugerem a transformação do lixo em recursos como parte do ciclo econômico:

O objetivo é substituir a ideia de “eliminação de resíduos” para “gestão de resíduos” e de “resíduos” para “recursos” - daí a terminologia atualizada “gestão de recursos”, como parte da “economia circular” (The Global Management Waste Outlook, 2015, p. 7).

O Brasil demonstrou poucos progressos de políticas públicas de Gerenciamento de Resíduos desde a criação do projeto de Lei 203 em 1991, o qual sugere o acondicionamento, coleta, tratamento e destinação dos resíduos de serviço de saúde. Durante 19 anos o projeto foi debatido e modificado inúmeras vezes até ser aprovado, em 2010, pelo Presidente Lula.

A Lei nº 12.305/2010 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) na qual implica na prevenção e redução de geração de resíduos. Tem como proposta a consideração das práticas de consumo sustentável, e um conjunto de medidas para aumento de reciclagem, reutilização dos resíduos sólidos e destinação adequada dos rejeitos que não podem mais ser reciclados.

Segundo Art. 7º do capítulo II da Lei 12.305 sancionada em 2 de agosto de 2010, são princípios da PNRS:

I - proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;

- II - não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- III - estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;
- IV - adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;
- V - redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos;
- VI - incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;
- VII - gestão integrada de resíduos sólidos;
- VIII - articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos;
- IX - capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos;
- X - regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira, observada a Lei nº 11.445, de 2007;
- XI - prioridade, nas aquisições e contratações governamentais, para:
 - a) produtos reciclados e recicláveis;
 - b) bens, serviços e obras que considerem critérios compatíveis com padrões de consumo social e ambientalmente sustentáveis;
- XII - integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- XIII - estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto;
- XIV - incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético;
- XV - estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável.

Ainda, segundo Art. 8º do capítulo III, são instrumentos da PNRS:

- I - os planos de resíduos sólidos;
- II - os inventários e o sistema declaratório anual de resíduos sólidos;
- III - a coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- IV - o incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;
- V - o monitoramento e a fiscalização ambiental, sanitária e agropecuária;
- VI - a cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado para o desenvolvimento de pesquisas de novos produtos, métodos, processos e tecnologias de gestão, reciclagem, reutilização, tratamento de resíduos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos;
- VII - a pesquisa científica e tecnológica;
- VIII - a educação ambiental;
- IX - os incentivos fiscais, financeiros e creditícios;
- X - o Fundo Nacional do Meio Ambiente e o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico;
- XI - o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir);
- XII - o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (Sinisa);
- XIII - os conselhos de meio ambiente e, no que couber, os de saúde;

- XIV - os órgãos colegiados municipais destinados ao controle social dos serviços de resíduos sólidos urbanos;
- XV - o Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos;
- XVI - os acordos setoriais;
- XVII - no que couber, os instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente, entre eles: a) os padrões de qualidade ambiental;
- b) o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais;
- c) o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental;
- d) a avaliação de impactos ambientais;
- e) o Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (Sinima);
- f) o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras;
- XVIII - os termos de compromisso e os termos de ajustamento de conduta;
- XIX - o incentivo à adoção de consórcios ou de outras formas de cooperação entre os entes federados, com vistas à elevação das escalas de aproveitamento e à redução dos custos envolvidos.

Cabe aqui um parágrafo para comentários sobre os Arts. 18 e 55:

Art. 18. A elaboração de plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, nos termos previstos por esta Lei, é condição para o Distrito Federal e os Municípios terem acesso a recursos da União, ou por ela controlados, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade.

Art. 55. O disposto nos arts. 16 e 18 entra em vigor 2 (dois) anos após a data de publicação desta Lei.

A política determina que os governos municipais e estaduais têm prazo de dois anos a partir da data de publicação da Lei para elaboração de um plano de gestão dos resíduos sólidos, no qual deve apresentar um diagnóstico da situação do lixo e metas para redução e reciclagem, incluindo a eliminação completa dos lixões. Contudo, já se passaram mais de dois anos desde o sancionamento da lei e muitos municípios ainda não apresentaram um plano conciso e eficiente da gestão de resíduos sólidos.

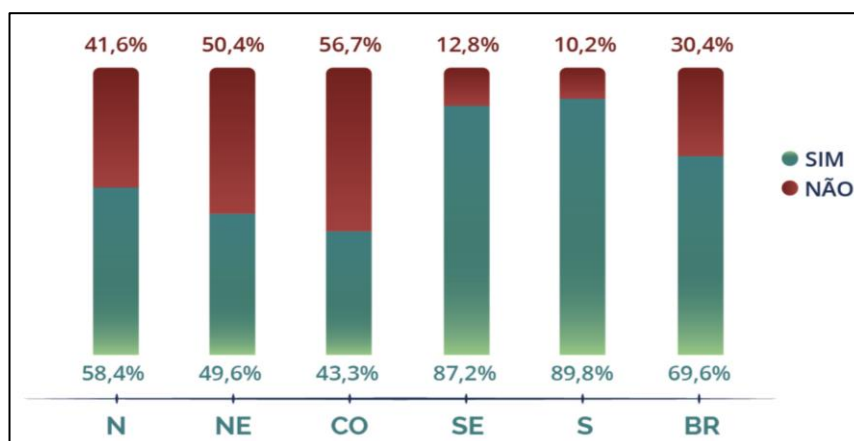


Gráfico 2 - Distribuição dos municípios com iniciativas de coleta seletiva no Brasil. Fonte: Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil, Abrelpe, 2016.

De acordo com o Gráfico 2 obtido no Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil de 2016, um índice considerável de municípios não possui iniciativas de coleta seletiva, uma das exigências da PNRS. A região Centro-Oeste registrou o pior índice, mais da metade dos municípios, 56,7%, não contam com esse serviço.

Ainda conforme o relatório, 1.559 municípios utilizam o lixão como disposição final dos resíduos sólidos urbanos, e 1.772 adotam o aterro controlado. Conforme demonstrado no Gráfico 3, menos de 50% dos municípios destinam os resíduos em aterros sanitários, apesar da proibição imposta desde 1981 e do prazo estabelecido pela PNRS ter-se encerrado em 2014 (Abrelpe, 2016). Os resíduos lançados a céu aberto desencadeiam uma série de problemas para a saúde pública:

- Proliferação de doenças;
- Insetos como moscas, mosquitos, baratas, ratos;
- Geração de maus odores;
- Poluição do solo;
- Comprometimento dos recursos hídricos (contaminação de águas superficiais e subterrâneas);
- Poluição visual.



Gráfico 3 – Quantidade de Municípios por tipo de disposição final adotada em 2016. Fonte: Elaboração própria a partir de dados obtidos no Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil de 2016, Abrelpe, 2016.

O sistema de reciclagem deve ser introduzido sob forma de inclusão social dos catadores de lixo, através da formalização do trabalho e organização de cooperativas. Os municípios são obrigados a contratar as cooperativas para coleta e reciclagem do lixo, trazendo assim, benefícios como geração de renda e avanços na qualidade dos materiais reciclados. Os trabalhadores devem ser submetidos a treinamentos e capacitação para constante melhoria e ampliação de produção.

No Gráfico 4, é possível observar que o Brasil apresentava um pequeno progresso em termos de reciclagem de PET no qual registrou um crescimento de 13% entre o período de 2010 a 2012. Entretanto, a partir de 2012 demonstrou queda, chegando a 274 mil toneladas em 2015. Apesar da implementação da lei, o país ainda enfrenta grandes desafios no setor de reciclagem, como a falta de investimento do poder público em tecnologias eficientes.

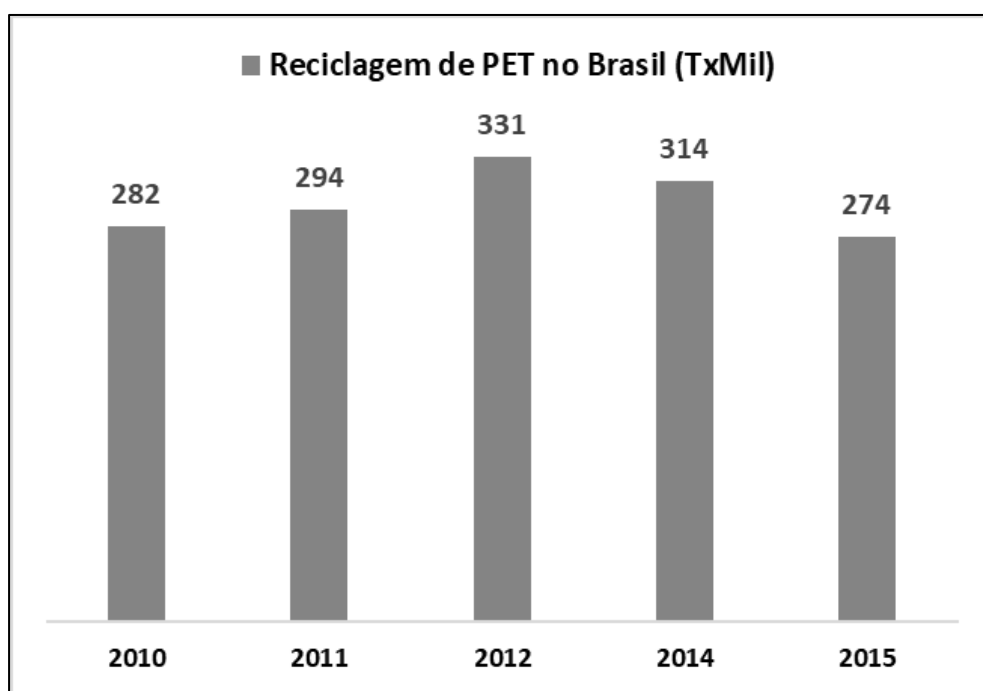


Gráfico 4 – Reciclagem de PET no Brasil (TxMil). Fonte: Elaboração própria a partir de dados obtidos no Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil de 2016, Abrelpe, 2016.

Em relação aos fabricantes, distribuidores e comerciantes, a Lei institui o conceito de Responsabilidade Compartilhada, no qual as empresas devem implementar, de forma progressiva, o sistema de logística reversa. Este sistema tem por objetivo recolher produtos eletrônicos e embalagens após o consumo com a finalidade de retornar a matéria prima à sua respectiva atividade industrial. Dessa

forma, o reaproveitamento da matéria prima na indústria incentiva a expansão dos investimentos em processos de reciclagem, tendo como resultado geração de renda e diminuição de recursos extraídos da natureza.

Por fim, os consumidores devem descartar adequadamente os resíduos gerados em residências ou ambiente de trabalho, de acordo com materiais recicláveis e não recicláveis. Assim, os serviços de coleta se tornam mais eficientes, e conseqüentemente, aumentam o volume de lixo recolhido para reciclagem ou tratamento apropriado.

De acordo com os dados apontados, verifica-se que o sancionamento da Lei 12.305/2010 não foi suficiente em proporcionar os avanços necessários para a gestão dos resíduos no Brasil. Embora o país tenha apresentado uma evolução em alguns setores, a crise econômica e política a partir de 2015 trouxe impactos negativos que atingiram o desenvolvimento das práticas de gestão dos resíduos.

3

Visconde de Mauá

3.1.

Introdução

Esta pesquisa propõe uma análise da atividade industrial de produção de laticínios de uma pequena fábrica em Visconde de Mauá, bem como os aspectos socioambientais envolvidos. O estudo para identificação dos resíduos absorvidos no processo de excreção foi baseado no conceito metabolismo social, e dessa forma, foi elaborado um plano de mitigação dos impactos. Para aplicação do estudo, foi necessário conhecer o percurso histórico de sua paisagem para a compreensão das relações socioeconômicas e a natureza, inclusive as características culturais da população e suas demandas que em conjunto constituem o perfil metabólico.

Atualmente a produção de laticínios do distrito é representada por uma pequena indústria e fazendeiros locais. Os micros produtores produzem leite, queijo minas e doce de leite direcionados ao comércio local e ao o consumo próprio.

A indústria foi criada inicialmente com propósito de processar pequenas quantidades de leite do rebanhado do fundador. Ao longo dos anos, o fazendeiro realizou parcerias com o intuito de elevar seus níveis de produtividade para atingir qualidade reconhecida entre os consumidores. Hoje a fábrica recebe aproximadamente 15 mil litros de leite in natura de produtores de Visconde de Mauá e, em maior parcela, de Resende.

A produção de laticínios possui grande representatividade econômica na região, embora apresente impactos relevantes no ecossistema. Segundo estudo da qualidade da água feito em 2012, o córrego próximo à fábrica apresentou grande impacto antrópico devido a produção de laticínios (Carreño, 2012). Durante o processamento e transformação do leite, ocorre a eliminação de diversos efluentes líquidos, resíduos sólidos e emissões atmosféricas que, quando descartados indevidamente, podem comprometer a capacidade de absorção do meio ambiente, provocando graves danos no meio ambiente podendo ainda refletir na população local.

Sendo assim, com o intuito de minimizar os efeitos da atividade no meio ambiente, bem como garantir o bem-estar da população, foi proposto um plano de mitigação dos riscos inerentes ao processo industrial.

3.2.

Contexto geopolítico e socioeconômico

3.2.1.

Localização, vegetação e hidrologia local

O distrito de Visconde de Mauá, localizado próximo à tríplice fronteira dos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais (próximo ao município Bocaina de Minas) e São Paulo, pertence ao município fluminense de Resende, localizado a 220 km da cidade do Rio de Janeiro e 300 km da cidade de São Paulo.

Compõe-se das vilas Mauá, Maringá e Maromba e dos vales de Cruzes, Alcantilado, Grama e Pavão que distam 40 km da sede do município, em Resende. A região é englobada pelo bioma da Mata Atlântica, é drenada pela microbacia hidrográfica do Alto Rio Preto e pertence à área de preservação ambiental da Serra da Mantiqueira, a 1.200 m de altitude (Figura 3).

Os dois acessos disponíveis, RJ-163 e RJ-151 (16 km entre Vila Maromba e Parque dos Cachorros - Resende), estão categorizados como estradas-parque. O conceito é derivado de exigências para conservação do ecossistema através de cuidados para que impactos causados por aterros e drenagens, por exemplo, sejam diminuídos ao máximo. Contemplam redutores de velocidade, vias para pedestres e zoopassagens aéreas e subterrâneas, que garantem os deslocamentos de animais sem riscos para os mesmos.

O vale, tipificação do relevo, abriga uma população fixa estimada em oito mil habitantes e uma grande concentração de turistas, atraídos por belíssimas cachoeiras, ambiência rústica, gastronomia variada e pelo clima, tropical de altitude, ameno e ensolarado no inverno. A temperatura média anual é de 25°C, com variação de -3° a 5°, sem chuvas, no mês de julho, e máxima de 27° em janeiro, com chuvas vespertinas.



Figura 3 - Microbacia do Alto do Rio Preto – Visconde de Mauá (RJ/MG). Fonte: <www.crescentefertil.org.br> Acessado em: 10/01/2017.

As principais atividades econômicas são o turismo, o comércio de produtos artesanais e a indústria de laticínios. Os visitantes são atraídos especialmente pela beleza natural, pelos passeios ecológicos e pela requintada gastronomia.

3.2.2. Percurso histórico: índios, imigrantes, pecuaristas e ambientalistas

A região alta do vale do Rio Preto, berço do distrito de Visconde de Mauá, originalmente reduto de densas florestas, foi inicialmente ocupada por índios da tribo Puri. Esses índios migraram da baixada do vale, localização do atual município de Resende. A migração começou a ocorrer a partir da segunda metade do século XVIII, devido à ocupação das margens do Rio Paraíba pelo homem branco, para a exploração do plantio de café (Costa, 2001).

O fim do período escravagista determinou a queda nos negócios cafeeiros na região. Surge então, em 1870, a figura do Visconde de Mauá – Irineu Evangelista de Souza –, agraciado pelo Governo com a concessão de exploração de carvão vegetal na Serra da Mantiqueira (Rocha, 1984).

A especulação financeira no início da República favoreceu a criação de núcleos coloniais. Esta atividade, fomentada por créditos facilitados e abundância de títulos permitiram ao Comendador Henrique Irineu de Souza, filho do Visconde, a instalar dois núcleos coloniais em sua propriedade: Itatiaia e Visconde de Mauá. Caberia ao governo providenciar o deslocamento dos colonos, criação de estradas, custeio de estalagem e indenização ao proprietário pelas despesas com o sustento inicial dos imigrantes (Figura 4) (Costa, 2001).



Figura 4 - Núcleo Mauá - Instalação da Colônia. Fonte: Rocha, 1984, disponível em <http://www2.uol.com.br/guiamaua/historia/>. Acesso em 02/01/2017.

A experiência fracassou. Tratou-se de uma iniciativa política com o intuito de favorecer alguns proprietários somente. A dificuldade de criação de estradas na região foi o principal empecilho para que o projeto avançasse. Apenas cerca de 150 famílias de colonos, formadas por austríacos e italianos, superaram as dificuldades e permaneceram nas terras, iniciando uma pequena agricultura e possibilitando o início das primeiras atividades leiteiras a partir da fabricação de queijos tipo suíço.

Apenas no início do século XX, quando o Governo Federal retomou a ideia dos núcleos coloniais, o processo finalmente tomou corpo e forma, a partir de providências mais bem orientadas e estruturadas pelo Ministério de Agricultura, Indústria e Comércio. Grandes cidades passaram por um processo de saneamento e urbanização. Foi promovida a “Exposição Nacional de 1908” com objetivo de atrair capital e mão de obra estrangeira. Os suíços, alemães e austríacos, ocuparam-se, então, do distrito de Mauá, onde foram beneficiados pela distribuição de

instrumentos e sementes, demarcação de lotes, construção e manutenção das estradas vizinhas (Costa, 2001).

A nova fase da política de colonização favoreceu Visconde de Mauá e Itatiaia, encampados pelo Estado, que enxergou a oportunidade de fomentar a região do município de Resende. Dentre os muitos alemães e austríacos, as famílias Bühler, Büttner, Frech destacaram-se como principais influências para o crescimento da região (Figura 5) (Rocha, 1984).



Figura 5 - Núcleo Mauá – Primeiros colonos, em Museu Bühler, Maringá – MG. Fonte: Rocha, 1984, disponível em <http://www2.uol.com.br/guiamaua/historia/>. Acesso em 02/01/2017.

Apesar de todos os esforços do governo para tornar a região produtora e abastecedora de alimentos, especialmente frutas, para o Rio de Janeiro, muitos problemas com as famílias de imigrantes não permitiram que o crescimento ocorresse por essa via (Costa, 2001).

O casamento de descendentes dos imigrantes com fazendeiros mineiros, assim como o interesse de alguns na compra de terras no núcleo colonial de Mauá, repartiu a maior parte dos lotes coloniais e permitiu que famílias tradicionais mineiras como os Moreira, os Diniz, os Ferreira e os Nogueira, introduzissem a pecuária leiteira extensiva no vale (Figura 6). Surgem, então, novas atividades de

trabalho como retirantes, vaqueiros, roçadores e tropeiros, encarregados de transportar a produção para Resende. Desta forma as atividades associadas à produção de leite foram incorporadas definitivamente a toda região até os dias de hoje (Costa, 2001).



Figura 6 - Os Moreira da Silva. Fonte: Região Turística de Mauá – Nossa História, 2001, p.20.

No entanto é importante destacar que, sob o ponto de vista da sustentabilidade da paisagem, a entrada da pecuária gerou extensa transformação na mesma. Uma das características mais marcantes ligadas à utilização direta da biomassa de florestas tropicais é o fato de ela mesma ser muito pouco palatável, tanto pelo ser humano quanto pela fauna, que não evoluiu com o ecossistema como os bovídeos e equídeos (trazidos pelo colonizador). Ou seja, as florestas não podem suportar qualquer criação de bovinos. Para tanto é necessária a derrubada das mesmas e a implantação de pastagens, feita com espécies de gramíneas exóticas (OLIVEIRA e SOLÓRZANO, 2014).

De acordo com o Projeto Mauá-Sustentável (ERTM, 2002), no período que se segue até 1960, o crescimento da economia é preponderante com a agropecuária e o turismo:

“É dessa forma que Visconde de Mauá chega à década de 60: produção agrícola diversificada, pecuária não restrita à produção de leite *in natura*, produção de queijo distribuída em várias fabriquetas, suinocultura e, na outra ponta, um lento crescimento do turismo. Consistia-se em atividades que cresciam convivendo e compensando uma a outra.” (Livro Região Turística de Visconde de Mauá, Costa, 2001, p. 188)

Na medida em que Resende, focada na produção de leite *in natura*, se consolidava como fornecedor de mais de um terço do leite produzido no estado do Rio de Janeiro, foi instalado no núcleo de Visconde de Mauá um resfriador de leite da Cooperativa Agropecuária de Resende. Segundo Projeto Mauá-Sustentável, foi editada pelo governo uma lei que priorizava a produção do leite em detrimento dos laticínios, que só poderiam ser produzidos com o excedente da produção do leite (Quinteiro, 2008).

Esta medida foi devastadora para os produtores de queijo e laticínios locais. A produção de queijos artesanais chancelados com a cultura dos imigrantes europeus teve forte impacto pela medida e várias pequenas fábricas foram fechadas. Da mesma forma, foi impactada a produção de linguiças, uma vez que os suínos, alimentados pelo soro do leite escoado na fabricação dos queijos, tiveram sua cadeia de vigor alimentar esgotada (Costa, 2001). Esse conjunto de medidas centralizadoras teve um impacto intenso e negativo na produção artesanal e diferenciada dos produtores locais.

A paisagem da microbacia teve suas características completamente alteradas com o incentivo da produção de leite. A necessidade de terras para o pasto e o desenvolvimento da cultura extensiva, desalojou famílias e provocou desemprego. No início dos anos 70, o resfriador da Cooperativa abrigava 13.000 litros diários e o que se sucedeu foi o excesso de produção e consequente queda do preço. Não houve como reagir à concorrência com produtores nas baixadas em torno de Resende, além da falta de atualização técnica da Cooperativa. Enfim, o esgotamento dos pastos consolidou a queda da produção de leite como principal atividade econômica (Quinteiro, 2008)

As primeiras atividades turísticas têm registro na primeira metade do século XX, quando as famílias dos colonos alemães e austríacos começaram a receber em suas próprias casas hóspedes para que desfrutassem das belezas naturais que a região oferecia. A natureza pujante atraía especialmente naturalistas europeus e pesquisadores. Na década dos anos 30, com a consolidação da autossuficiência na produção de alimentos, iniciou-se o escoamento da produção excedente de queijos para Resende e para o Rio de Janeiro (Quinteiro, 2008).

Os registros sobre as iniciativas para criação de infraestrutura como a eletricidade e a estrada para Resende dão conta de que foram totalmente arcadas

pela população local, sem qualquer ajuda da administração pública. As atitudes independentes reforçam as características de autonomia e determinação da sua população.

Durante a Ditadura Militar, final da década de 60 e os anos de 70, os que buscavam por uma qualidade de vida alternativa, longe da “sociedade de consumo” como os *hippies*, assim como os que não eram alinhados com a política instalada, migraram para Visconde de Mauá que, e aos poucos, começa a mudar sua paisagem para adaptar-se às necessidades impostas pela exploração da atividade turística. Foi na década de 80 que o turismo surgiu de forma avassaladora, tendo como contribuição o charme da arquitetura europeia que as famílias de imigrantes remanescentes mantiveram e o desenvolvimento da gastronomia e hotelaria. Os proprietários rurais, aos poucos, lotearam e venderam suas terras para estabelecimentos comerciais e pousadas para atendimento às demandas do crescente turismo na região. (Costa, 2001)

É interessante observar, a partir de todo o histórico acima, o comportamento e a forma como a população permeou todas as transformações ocorridas na região. Primeiramente ocupada por índios, seguida por colonos europeus, fazendeiros, hippies, até a chegada de proprietários com foco na prestação de serviços para turistas e o desenvolvimento do comércio. Durante todas estas etapas, o apelo ambiental, considerando a natureza exuberante e a existência de uma população sensível a ela, sempre esteve presente.

Em 1982, foi constituída a Associação de Moradores de Mauá e Lote 10 – AMAMAUA. Lote 10 é o bairro de residência da maioria dos empregados dos restaurantes e pousadas de Visconde de Mauá. Em seguida, em 1983, foi fundada a Associação de Moradores e Amigos de Visconde de Mauá – AMARMAUÁ, que representa os interesses das populações de Maringá, Maromba e dos Vales de Pavão e das Cruzes. Em 1984, amigos se mobilizaram e organizaram a TV Maringá, cujo principal interesse era documentar e divulgar os eventos socioambientais da região. As iniciativas transcorreram também na esfera religiosa. O Centro Eclético da Fluente Luz Universal Rita Gregório – CEFLURG, organizado por adeptos da Doutrina do Santo Daime, cujos ideais são de trabalhar na terra e viver em comunidade, contribuíram fortemente na prestação de serviços, que deveriam ser do Estado, como os ligados à educação, mutirões para construção de casas e hortas comunitárias (Maia, 2013).

Em 1985, é criada a Unidade de Conservação: Área de Proteção Ambiental da Serra da Mantiqueira e, em 1988, moradores e ambientalistas, desejosos de uma regulamentação do plano diretor que norteasse as ações ambientais para a região, criaram a Frente em Defesa da APA da Mantiqueira – FEDAPAM. A Frente defendeu e apoiou diversas iniciativas como o Salão Artecologia em Maringá, Itatiaia e na Fazenda Boa Vista – Vale das Flores (Maia, 2013).

Tabela 2 - Entidades e ações de relevância socioambientais. Fonte: Elaboração própria adaptado de Governança Ambiental e Instituições no desenvolvimento sustentável: o caso de Visconde de Mauá, 2013.

Entidades	Ações
AMARMAUA - PREFEITURA DE RESENDE	Decreto 102, de 25/06/1990 - declara que toda a extensão da margem direita do Rio Preto, em uma faixa de 40 metros de largura, se tornaria integrante do Patrimônio Paisagístico e Histórico do Município.
AMARMAUA - FEEMA	Evento "Balanço das Ações de Saneamento Básico da Região de Visconde de Mauá" - intensificação de fiscalização das águas dos rios e cursos para civis sobre construção de fossas sépticas e sumidouros.
FEDAPAM - IBAMA	A partir do "Relatório da Mantiqueira" - aparelhamento dos efetivos da Polícia Florestal e criação de novos postos da Polícia Federal.
ONG Crescente Fertil	Projetos Ambientais, Culturais e de Comunicação
ONG IDEAS	Instituto para o Desenvolvimento Ambiental e Social - participou ativamente no projeto de três estações de tratamento de esgoto: Maringa, Maromba e Lote 10.
ONG CEMARP	Centro de Estudo da Microbacia do Alto do Rio Preto - Estruturou a Brigada de Defesa Socioambiental e mantém o Centro Cultural Buhler.
ETRM	Escola Técnica Rural da Mantiqueira - autora do "Projeto Mauá Sustentável" - 2002.

Com o amadurecimento e as conquistas socioambientais da sociedade local, a aproximação com ONGs e com o próprio Estado foi o caminho natural (Maia, 2013). A Tabela 2 demonstra as parceiras desenvolvidas e as ações decorrentes.

As atividades culturais também tiveram seu espaço de organização neste cenário. Em 1987, a sociedade civil articulada e interessada em manter a cultura

local, fundou o Centro de Atividades Culturais Galpão Maringá (CACGM). Foi construído um galpão na vila de Maringá que, além de sede da TV Maringá, servia de centro de divulgação dos filmes por ela produzidos. Vários projetos foram levados adiante, tais como, teatro, música, dança e artes plásticas. Um dos principais foi a organização do I Artecologia de Visconde de Mauá, em 1988. O tema do evento era “Preservação da integridade ecológica do Rio Preto e suas margens” (Maia, 2013).

3.2.3. Transições socioecológicas do percurso histórico de Visconde de Mauá

As transições socioecológicas desde a ocupação dos índios Puri até os dias de hoje revelam diferentes características em seus processos biofísicos. Cada estágio do percurso histórico é representado por um perfil metabólico específico, no qual corresponde ao conjunto de impactos sobre o ecossistema local. A transição das atividades na região proporcionou o desenvolvimento e crescimento econômico, entretanto, alterou significativamente os padrões do metabolismo.

Fugidos de confrontos com colonos no século XVIII o distrito de Visconde de Mauá foi inicialmente ocupado pelos índios Puri, como visto. Eles viviam próximos aos córregos d'água em época de densa vegetação, onde praticavam a caça, a pesca, e pequena agricultura para produção de alimentos, armas, facas, arco e flechas, redes, através de lenhas e fogo. As atividades indígenas são caracterizadas por baixo impacto no ciclo natural local, uma vez que possuem a cultura de preservação de recursos, constituindo assim um perfil metabólico que pouco intervém no ecossistema.

Na segunda metade do século XIX, o empresário Irineu Evangelista de Sousa, o ‘Barão de Mauá’, chega à região para a fabricação de carvão vegetal destinado principalmente para locomotivas de suas ferrovias. Essa atividade provocou diversos efeitos ambientais, como o desmatamento, redução da biodiversidade, poluição atmosférica com contribuições para efeito estufa (CO₂). A mata que antes encontrava-se pouco alterada, foi consideravelmente devastada. Sendo assim, o perfil metabólico desse regime é caracterizado por grandes impactos nos ciclos naturais da região, sendo responsável por transformações na paisagem. Estas se deram basicamente pela perda da diversidade e pela geração de fluxos erosivos.

O governo autorizou em 1889 a criação de um núcleo colonial na região a partir da indenização do Barão de Mauá pelo uso de terras. A ideia era atrair os imigrantes europeus através de um contrato de concessão no qual estipulava que o governo se comprometeria em construir estrada e financiar os gastos de instalação e sustento provisórios. Porém, no ano seguinte, diante do descumprimento do acordo por parte do governo, o núcleo foi praticamente abandonado pelos europeus. Dessa forma, as terras permaneceram em ‘repouso’, sem intervenção humana, para o solo recuperar sua fertilidade.

Em 1907 o governo retoma a alternativa de colonização com a criação do plano Serviço de Povoamento do Solo Nacional, desenvolvido pelos ministérios da Agricultura, Indústria e Comércio. O plano consistia no investimento da produção agrícola local para abastecimento das demandas alimentícias de cidades próximas. As atividades agrícolas incluem práticas de desmatamento para retirada da cobertura vegetal provocando redução da biodiversidade, erosão do solo, redução de nutrientes, desertificação, entre outros danos. Outro agravante é a utilização de fertilizantes químicos e inseticidas que contribuíram para contaminação do solo, lençol freático e rios. Embora esses impactos constituam um perfil metabólico menos agressivo se comparada à extração de vegetal do estágio anterior, ainda interferem nas dinâmicas do ecossistema.

Diante da dificuldade de circulação de mercadorias para as outras cidades em face de precariedade das estradas, o plano foi à falência em 1916. Assim, as terras foram loteadas e adquiridas como fazendas por famílias principalmente de descendentes de portugueses. Essas famílias deram início à pecuária leiteira que rapidamente se tornou a principal atividade em Visconde de Mauá.

A forma tradicional de manejo de gado leiteiro da região é através do fogo devido ao seu baixo custo e pela crença - em parte justificada - de que aumenta a fertilidade do solo. Além disso, a substituição da cobertura vegetal para pastagens, bem como a compactação do solo gerado pelo deslocamento de rebanhos dificulta a infiltração da água e aumenta o escoamento superficial gerando erosões no solo. A criação de gado próximo a beira dos rios também interfere na qualidade da água devido aos resíduos (fezes) dos animais que através da chuva escorrem para os córregos. Esse sistema produtivo possui um perfil metabólico com grandes influências na transformação da paisagem e ciclos naturais, degradando a fauna e flora.

A partir da década de 1980, a pecuária leiteira começou a ser abandonada completamente pelos pequenos produtores devido à baixa produtividade e exaustão da fertilidade dos solos. Apenas poucos produtores resistiram, um deles foi o fundador de uma pequena indústria. Atualmente é a única fábrica que se encontra ativa em Visconde de Mauá, objeto de estudo desta pesquisa. Ela possui grande representatividade econômica na região, é considerada uma indústria de pequeno porte, que processa entre 25 a 30 mil litros de leite diariamente para produção de vários tipos de queijos, que são escoados principalmente para Resende, Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo, conforme a demanda.

O declínio da atividade pecuária somado desenvolvimento do turismo em Visconde de Mauá na década de 1970 promoveu a urbanização da região e, conseqüentemente, elevou seu contingente populacional. Muitos fazendeiros dividiram parcelas do terreno em pequenos lotes para venda, intensificando assim a especulação imobiliária.

O desenvolvimento do turismo ocorreu de forma desgovernada, com falta de planejamento, infraestrutura e organização para ocupação da região. A atividade envolve a retirada da vegetação para construção de imóveis, abertura de trilhas e expansão de áreas de lazer e estacionamento. A maioria das casas, hotéis, pousadas, restaurantes não possuem fossa séptica e joga o esgoto *in natura* diretamente nos rios, inclusive os estabelecimentos comerciais lançam dutos no Rio Preto. Como consequência da ausência de um plano de desenvolvimento, essas práticas provocam impactos ambientais que refletem diretamente na sociedade local, como erosão dos solos, deslizamento de encostas, assoreamento, degradação e contaminação de rios e lençol freático, poluição dos córregos d'água tornando-as turvas, gordurosas e escuras. A população residente fica exposta a doenças e determinados trechos do Rio Preto ficaram impróprios para banhos segundo análises da Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (RJ) em 1991 (Quinteiro, 2008).

Outra questão agravante do turismo é o aumento no volume dos resíduos sólidos, uma vez que a população quase dobra em altas temporadas e a região não possui estrutura para coleta regular de lixo. Além disso, os locais de destino do lixo são desprotegidos, muitas vezes na beira de rios, podendo ser carregado por animais ou água da chuva que leva aos córregos e na beira de ruas, uma vez que ficam de dois a três dias a espera da coleta.

Em termos do perfil metabólico, as demandas turísticas provocam vários impactos no meio ambiente, muitas vezes irreversíveis, os quais exigem atenção das autoridades públicas para planejamento da atividade em Visconde de Mauá. Os efeitos não se limitam apenas ao sistema natural, mas também interferem no bem-estar e qualidade de vida da população residente em termos da degradação dos recursos naturais disponíveis, como água potável e solo nutritivo para produção de alimentos, por exemplo, além da beleza natural que é um fator atrativo para turistas.

Em suma, Visconde de Mauá passou por diversas mudanças em termos de atividade econômica e transformação da paisagem. As relações entre sociedade e natureza local tiveram características específicas ao longo da história, tornando fundamental a observação dos principais padrões e tendências que constituem o cenário atual. Hoje, as principais atividades da região são o turismo, e em segundo lugar a produção de laticínios. O queijo da serra ainda é muito valorizado tanto pelos turistas quanto pela população local, que muitos o consideram substituto da carne, visto a facilidade de conservação em períodos de chuva e o difícil acesso a carne bovina.

O estudo do perfil metabólico de cada estágio do percurso histórico leva a uma recuperação da memória social com a natureza e uma ferramenta para dimensionamento de alternativas. A análise oferece elementos para compreensão do desenvolvimento das atividades humanas na região, e seus efeitos e principais impactos no meio ambiente. Embora as atividades de turismo e produção de laticínios proporcionem o desenvolvimento econômico e empregabilidade dos moradores locais, observam-se falhas na gestão socioambiental. A atuação dos órgãos públicos é deficiente em termos de carência de infraestrutura e gestão da água, esgoto, lixo, especulação imobiliária, postos de saúde, mobilidade, entre outros.

Atualmente a questão dos resíduos em Visconde de Mauá é complexa por diversos aspectos, principalmente pelo fato da região pertencer a uma área de proteção ambiental no alto da Serra da Mantiqueira e divisa com o Parque Nacional de Itatiaia, conforme lei municipal de Resende Nº 2.326 (2001) (Carreño, 2012). A ausência de sistema adequado de gerenciamento dos resíduos sólidos é um dos fatores que coloca em risco a conservação da mata atlântica nessa APA, bem como a saúde dos residentes e visitantes. No capítulo seguinte foi realizada uma análise da produção de resíduos, conforme as atividades humanas e seus impactos

ambientais, a partir da perspectiva do processo de excreção do metabolismo da região.

3.3. Processo de Excreção em Visconde de Mauá

Ao longo dos anos, o processo de excreção tem se tornado incontrolável, danoso e prejudicial devido ao aceleramento do crescimento populacional, especialmente nos centros urbanos. Ele passou a ser o fator que mais influência no desequilíbrio dos ecossistemas atualmente (Toledo e Molina, 2014). Os resíduos que eram orgânicos e biodegradáveis, agora são mais tóxicos com potenciais de impactos irreversíveis na natureza, como por exemplo, a poluição e contaminação de rios intensificando a degradação de bacias hidrográficas.

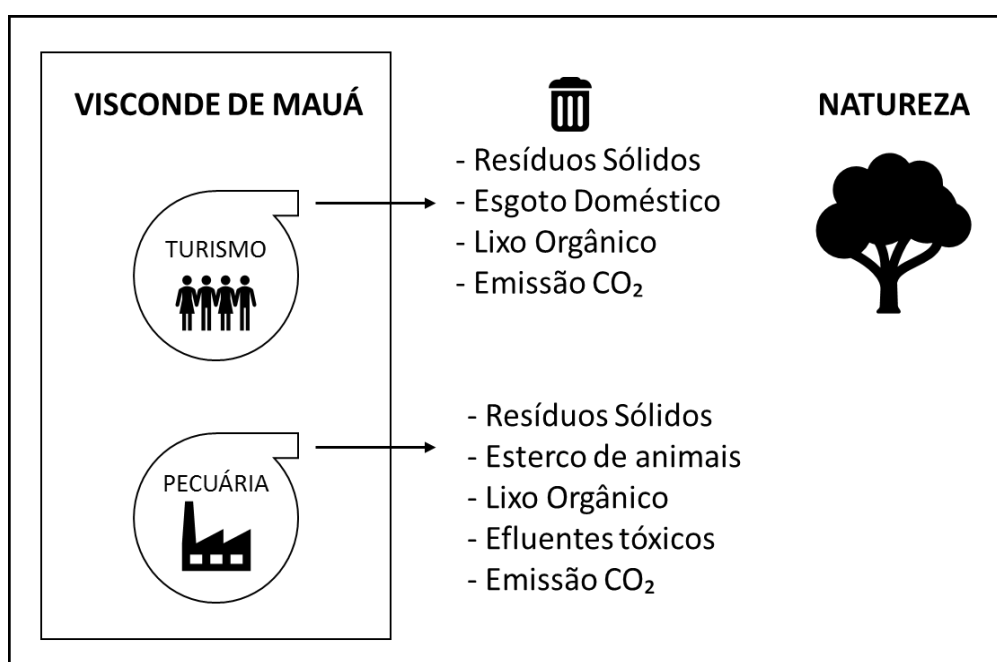


Figura 7 - Processo de Excreção Visconde de Mauá. Fonte: Elaboração própria.

O processo de excreção no metabolismo de Visconde de Mauá pode ser representado pelos principais resíduos gerados na região, sólidos, líquidos e emissões gasosas conforme figura 7. O fluxo *output* de energia e matéria é derivado das atividades econômicas e domésticas, que são destinados até o aterro Bulhões de Resende (Quinteiro, 2008).

A partir das análises do perfil metabólico atual, observa-se que a demanda turística influência de forma significativa nos impactos ambientais, especificamente em termos do volume de resíduos gerados em serviços hoteleiros, restaurante, comércio de rua. Durante os feriados, a população chega por vezes a dobrar, e percebe-se grande quantidade de lixo exposto nas ruas durante dias até o dia da coleta. Além disso, o esgoto é despejado nos rios sem nenhum tipo de tratamento devido à ausência de infraestrutura adequada de saneamento básico.

O sistema de produção da indústria de laticínios, ainda que de pequeno porte, também influencia na questão de resíduos. Ela iniciou suas atividades em 1986, quando processava poucas quantidades de leite do rebanho do seu fundador, e hoje processa de 25 a 30 mil litros de leite diariamente. Durante o processo de transformação do leite *in natura*, ocorre a eliminação de diversos efluentes químicos, que quando descartados indevidamente, provocam danos no meio ambiente. Os impactos podem ser ainda mais graves pelo fato da base industrial ser localizada em área de proteção ambiental (APA), às margens do córrego que passa o rio Preto.

De acordo com as pesquisas feitas em 2012, o processo de degradação da bacia hidrográfica do rio Preto vem se intensificando nos últimos anos. A qualidade da água da região vem sofrendo danos negativos em consequência da ausência de fiscalização dos órgãos públicos sobre as atividades. A gestão socioambiental da região apresenta algumas falhas devido a pouca participação e interesse do poder público, bem como da população que não intervém nos processos decisórios. A poluição das águas do rio Preto tem inúmeros impactos negativos para a comunidade residente, e também para a sociedade como um todo (Carreño, 2012).

O rio Preto é de suma importância para a região, uma vez que é o maior corpo hídrico, cujos principais vilarejos se encontram às margens dos córregos. Além disso, representam hoje o principal atrativo turístico de Visconde de Mauá. O rio dispõe de diversas cachoeiras, poços, áreas de pesca, áreas para esportes radicais, entre outras características exclusivas do local.

Em 2012, Paloma Carreño realizou análises quantitativas e qualitativas da qualidade da água em 12 pontos de coleta do trecho do rio Preto pertencentes a região Visconde de Mauá. Os resultados permitiram perceber que a poluição das águas está relacionada com agentes poluidores específicos, sendo eles: o esgoto doméstico (intensificado com o turismo) e as atividades de pecuária (pastos e

laticínios). Entretanto, o grau de degradação da bacia mostrou-se mediano, o que torna mais fácil a aplicação de ações públicas a fim de recuperá-la (Carreño, 2012).

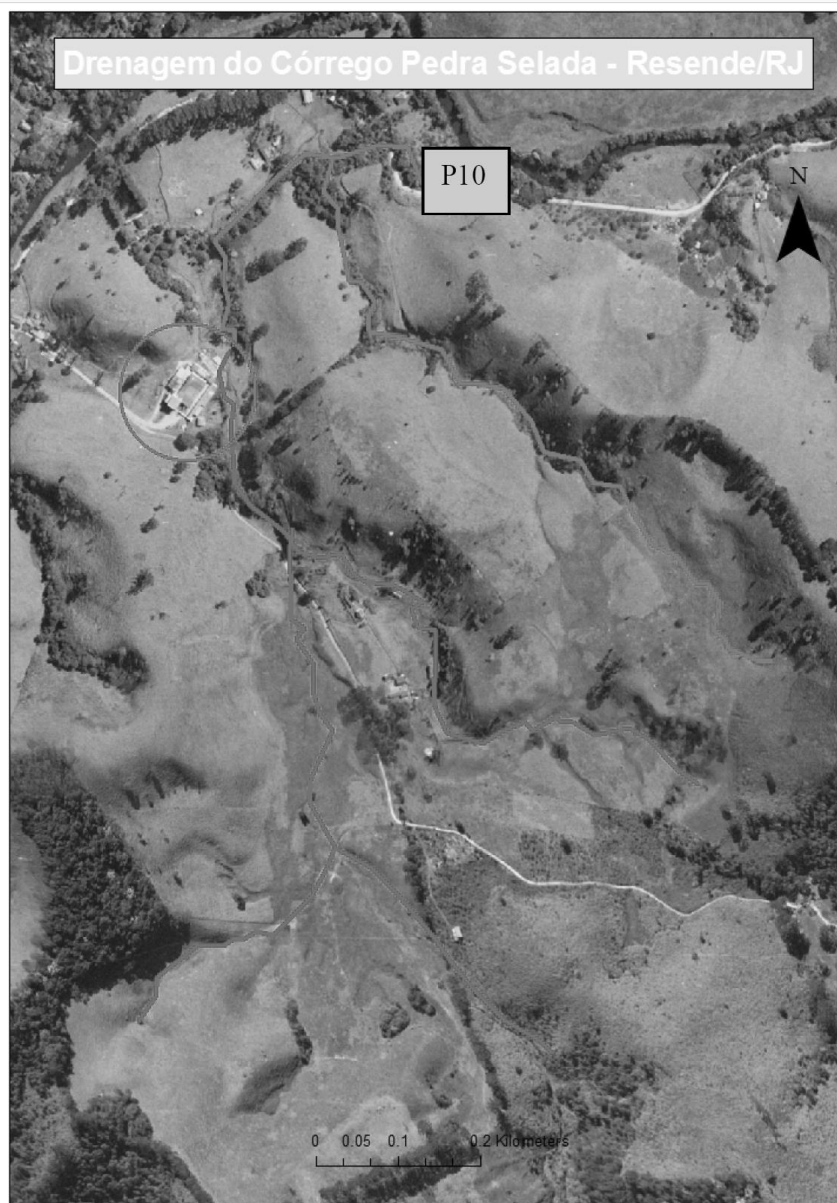


Figura 8 - Ponto 10 ao final da bacia de drenagem do córrego Pedra Selada. Fonte: Avaliação quali-quantitativa das águas da bacia do alto do rio Preto – Região de Visconde de Mauá (RJ/MG), 2012 p. 74.

Dentre os 12 pontos de coleta, foi notado um grande impacto no córrego Pedra Selada, causado, principalmente, pela ocupação da pequena indústria de laticínios e presença de grandes pastos. Foi o único ponto onde observou-se elevada concentração do metal manganês, que está diretamente ligada às atividades da fábrica. Além disso, obteve o pior resultado da análise microbiológica a partir do parâmetro Coliformes Termotolerantes indicando 5.400 NMP/mL, valor

significativamente superior do orientado pelo CONAMA (2005) <200 NMP/mL (Carreño, 2012). A figura 8 demonstra o ponto 10, onde foi realizada a coleta, e a pequena indústria.

A preservação da qualidade da água do rio Preto é um tema fundamental entre os debates de gestão dos recursos hídricos, pois localiza-se em um expressivo remanescente florestal, o Mosaico Mantiqueira decretado em 11 de dezembro 2005 pela portaria nº 351. Diante desses aspectos, torna-se fundamental a adoção de novas medidas para manutenção e melhoria da qualidade da água.

Este trabalho teve como objetivo, como visto, analisar o processo de excreção da atividade de uma pequena indústria de laticínios, sob a perspectiva do metabolismo da região. O intuito desse estudo foi diagnosticar os impactos derivados dos processamentos de laticínios, para a elaboração de plano de gestão de resíduos. Esse plano tem como meta o controle e tratamento dos resíduos, de forma que reduza os efeitos no meio ambiente em busca de um metabolismo mais equilibrado com o ecossistema.

3.4.

Atividade industrial de laticínios: caso para análise sob o foco do metabolismo social

3.4.1.

Ciclo Produtivo de Laticínios

3.4.1.1.

Matéria-prima: Leite

O leite é um líquido produzido pelas glândulas mamárias dos mamíferos e sua composição diferencia-se de acordo com a espécie. O leite utilizado nas atividades da pequena indústria é o de vaca, e pode variar segundo a raça, peso, idade, alimentação, dentre outros aspectos de seus fornecedores. Em média, o leite da vaca é composto de 87,5% de água, 4,7% de teor de lactose, 3,5% de proteínas, 3,5% de gorduras e 0,8% de sais minerais (FEAM, 2014).

A qualidade do leite está relacionada à saúde do animal e às condições higiênicas de toda cadeia produtiva. O cuidado com o estado de saúde do animal durante a extração do leite é essencial para manter a qualidade nutritiva, pois

qualquer contaminação pode atingir a saúde dos consumidores e causar doenças como tuberculose e leptospirose (FEAM, 2014).

Uma vez extraído, o leite é transportado até o setor industrial para produção de queijos, manteiga, requeijão, doce de leite, entre outros. O resfriamento imediato do leite é necessário devido à sua perecibilidade e, portanto, o tempo e a distância entre os fornecedores e a indústria têm influência direta sobre a qualidade do leite. O transporte é feito através de grandes latões fixados em caminhões que conduzem do habitat dos rebanhos até o local de produção. A higienização dos tanques deve ser feita a cada transporte, a fim de evitar possíveis contaminações e garantir a qualidade do leite.

3.4.1.2. Processo Industrial do Leite

Atualmente a pequena indústria dispõe de um conjunto de 70 fornecedores de leite *in natura*. O transporte é feito através dos caminhões com tanques isolados termicamente, conforme Figura 9.

Ao chegar ao setor industrial localizado na Serra da Mantiqueira, o leite é imediatamente transferido para tanques primários, onde serão encaminhados a um novo processo de resfriamento a 2° C, para conservação dos nutrientes durante o armazenamento.

Os funcionários responsáveis pelo controle de qualidade realizam a coleta de amostras do leite para análise e, uma vez aprovados, são descarregados para tanques secundários. Em seguida, é medida a quantidade de litros de leite com uma régua padronizada, que será mantido em estoque. A indústria armazena em média 15 a 20 mil litros por dia que serão utilizados sempre nas atividades do dia seguinte, ou seja, toda produção de seus derivados inicia-se com leite *in natura* do dia anterior.



Figura 9 - Transporte de leite em tanques. Fonte: Elaboração própria.

A limpeza e higienização dos tanques e caminhões são realizadas diariamente com utilização de água misturada com cloro, sódio, soda cáustica e ácido. O saneamento dos reservatórios garante a qualidade dos nutrientes do leite mantido em estoque, além de evitar contaminações.

No dia seguinte, o leite é encaminhado para o processo de pasteurização que possui a função básica de eliminar bactérias patogênicas. O processo é realizado através de um aparelho pasteurizador com seu dimensionamento padronizado para o aquecimento do leite de 15 em 15 segundos a uma temperatura de 75°C. Tanto a dimensão quanto a temperatura são estipulados pela legislação, de forma que certificam a eliminação total das bactérias patogênicas. Em seguida, o leite é resfriado novamente, agora para 25° C e descarregado por meio de tubulações até a produção de queijos.

3.4.1.3.

Produção de Queijos: Minas, Parmesão, Prato e Mozzarella

Os vasilhames utilizados durante a produção dos queijos são de plástico e passam por um intenso sistema de limpeza ao fim de cada utilização. Em primeiro lugar as formas são banhadas em água quente misturada com sódio, logo é enxaguada novamente em água clorificada.

O leite pasteurizado é recebido por tubulações em grandes reservatórios, onde são adicionados água e ingredientes: coalho, cloreto de cálcio e fermento. A mistura é mantida em repouso de 40 a 50 minutos, e então é feito o corte da coalhada lentamente até que fiquem em pequenos formatos de grãos arredondados.

Para produção de queijo minas, a coalhada é transferida aos vasilhames perfurados para uma primeira secagem do soro. O vasilhame é prensado duas vezes, sendo uma vez por 30 minutos e a outra por 60 minutos para a segunda fase de dessoragem. O soro é descartado em grandes tanques, pois serão reutilizados na produção da ricota.

Em seguida, o queijo é salgado em solução de salmoura por 24 horas e, no dia seguinte, estarão prontos para fase de embalagem e encaminhado aos setores de estoque.

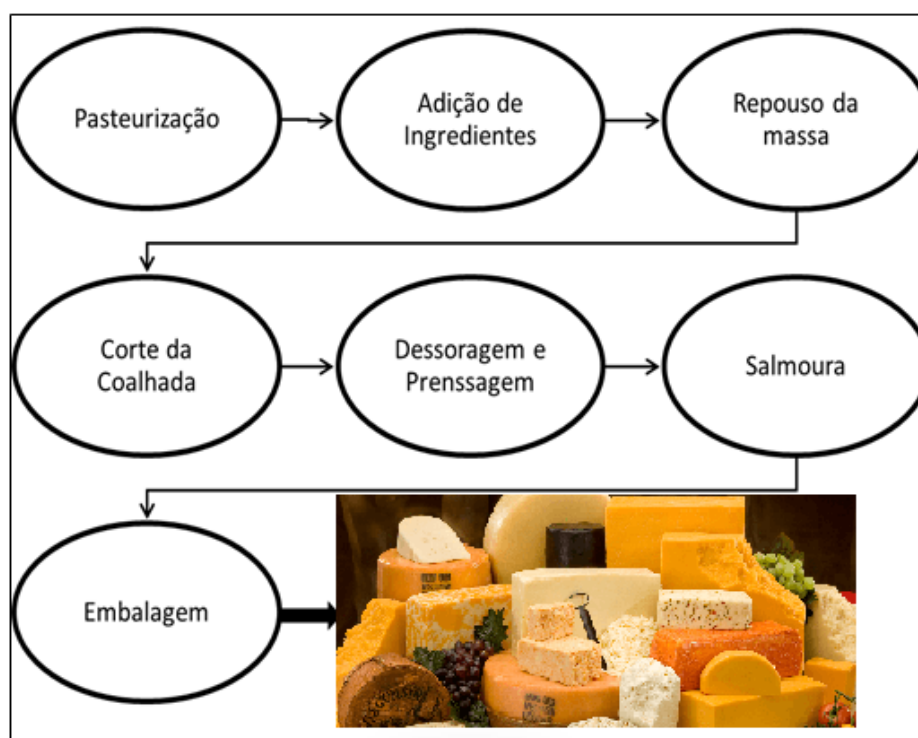


Figura 10 - Processo de Produção de Laticínios. Fonte: Elaboração própria.

A Figura 10 apresenta o processo geral da produção de laticínios da fábrica. Os processos de produção do parmesão, mozzarella e prato se diferem no que diz respeito ao tempo de maturação e nos condimentos utilizados para o sabor.

O queijo parmesão é conservado em salmoura de três a cinco dias, e depois é encaminhado para as câmaras de maturação, onde permanece em repouso para curação de três a seis meses.

3.4.1.4. Requeijão e Ricota

Para produção o requeijão, inicialmente o leite pasteurizado é aquecido a uma temperatura de 45°C e misturado com fermento lácteo, de onde é obtida a massa. Em seguida, é mantida em reposto por 12 horas para fermentação e dessorização. À massa é acrescentado o sal e substâncias para controlar a acidez e, então, novamente submetido a um aquecimento de 90° C. Por fim, é despejado direto nas embalagens através de tubulações e encaminhadas para os estoques.

A ricota pode ser considerada um subproduto da produção do queijo minas, pois é produzida a partir do seu soro excedente, descartado durante a dessorização. O soro é aquecido a 80°C e adicionado cloreto de cálcio para separação da coalhada. Então, o corte é feito em formato de pequenos cubos arredondados e prensados para dessoragem. Após a secagem do soro, o sal é adicionado e está pronto para ser embalado.

Dessa maneira, a produção de ricota auxilia, sendo uma solução para o reaproveitamento do soro e, assim, reduzir os efluentes gerados nas atividades.

3.5. Aderência ao modelo do Metabolismo

Uma vez conhecido em linhas gerais o processo de produção de laticínios da indústria, esta seção tem como objetivo propor um modelo descritivo padrão do Metabolismo Social da produção de laticínios em Visconde de Mauá, a fim de observar os efeitos e riscos ambientais da atividade na região. Os estudos dos processos metabólicos permitem descrever os fluxos de entrada e saída de energia e matéria entre o processo produtivo e o meio ambiente. Dessa forma, o método fornece elementos para identificação e análises dos riscos de contaminações provocados pelos resíduos gerados durante a produção e, portanto, auxilia no direcionamento de medidas minimizadoras desses impactos.

A cadeia de produção foi distribuída entre os cinco processos metabólicos Apropriação, Circulação, Transformação, Consumo e Excreção, conforme a Figura 11. A Apropriação do leite é realizada pela parcela rural da população, especificamente por famílias que se sustentam da criação de gado. A pequena indústria assume os processos de Circulação e Transformação do leite, uma vez que

possui maior representatividade no comércio da região. O produto final é consumido pela população local, inclusive tem sua demanda expandida em outras cidades. Ao final de cada processo, ocorre a eliminação de resíduos que são atribuídos à etapa de Excreção, marcando o fim do ciclo metabólico da atividade de produção de laticínios.

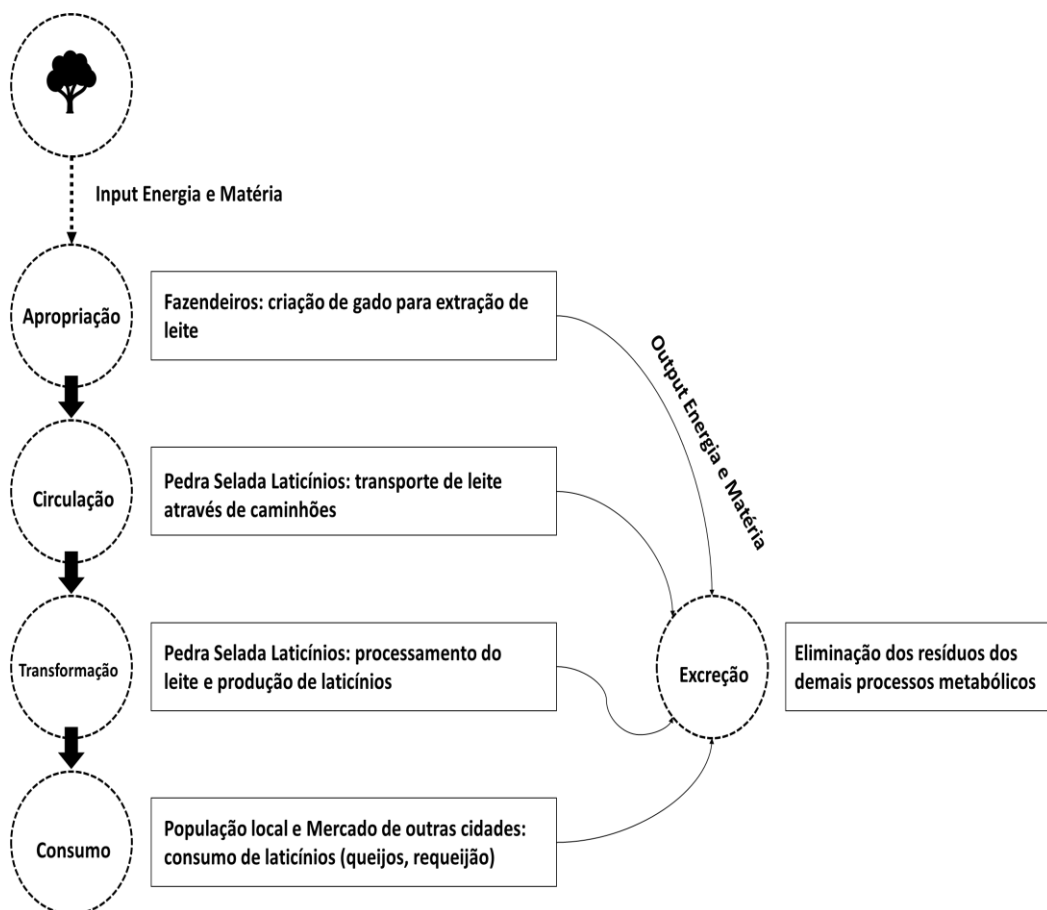


Figura 11 - Cadeia Metabólica da produção de laticínios. Fonte: Elaboração própria.

3.5.1. Apropriação

O processo de apropriação é caracterizado pela extração de recursos fornecidos pela natureza através da ação humana. No metabolismo descrito, a matéria prima utilizada pela pequena indústria é o leite da vaca e seus fornecedores são representados por um total de 70 fazendeiros de Visconde de Mauá e Resende. O processo inclui a demanda de áreas verdes para criação de gado, além de água, ração e cuidados necessários com a saúde dos animais. Assim, a qualidade e a produtividade deste insumo estão diretamente ligadas às pastagens. O relevo

alcantilado de Visconde de Mauá de certa forma restringe a sua produtividade. O pasto, por si só, constitui uma fonte de sedimentos para os rios, uma vez que a sua susceptibilidade à erosão é muito superior à da floresta que o precedeu (Fearnside, 1980). Por outro lado, além do pasto propriamente dito, há ainda outros insumos, como o uso da ração e do sal mineral para o gado.

De acordo com os conceitos de Toledo e Molina (2014), o intercâmbio dos fluxos de energia e matéria da Apropriação ocorre nos quatro ambientes (transformado, utilizado, conservado e social) através da unidade P. Fazendo uma analogia ao processo de apropriação do leite, define-se o fazendeiro como a unidade P nos ambientes localizados em Visconde de Mauá, conforme Figura 12. Diante da escassez de dados qualitativos relacionados ao número preciso de fazendeiros e respectivos fluxos de extração de recursos, foi elaborado uma representação das formas de apropriação em cada ambiente, que por sua vez, compõem o processo como um todo.

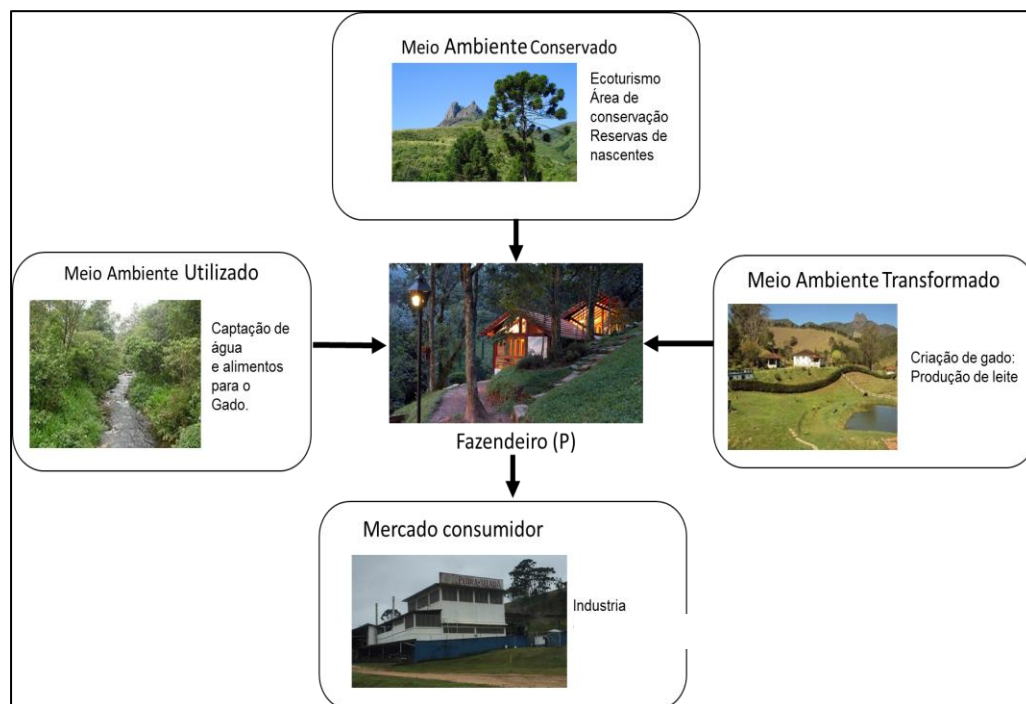


Figura 12 - Três formas de Apropriação. Fonte: Elaboração própria.

O meio ambiente Conservado (MAC) é compreendido como espaço para preservação ambiental (Toledo e Molina, 2014). Dessa forma, o fazendeiro (P) se beneficia do ambiente através do equilíbrio do clima local, reserva de águas limpas e ecoturismo.

O meio ambiente Utilizado (MAU) é caracterizado pelas atividades humanas cujo impacto na natureza é pouco nocivo (Toledo e Molina, 2014). Sendo assim, o fazendeiro (P) se apropria de água limpa para criação e manutenção do gado, do qual será extraído o leite. Esta atividade possui baixo impacto, uma vez que, no objeto de estudo Visconde de Mauá, trata-se de fazendeiros com pequenos rebanhos.

Já no meio ambiente Transformado (MAT), são indicadas as atividades humanas que de alguma forma desarticulam os ecossistemas locais (Toledo e Molina, 2014). Neste caso, o fazendeiro (P) se beneficia do meio ambiente através da criação de gado para extração do leite *in natura*. A criação de gado pode impactar o equilíbrio do ecossistema devido à demanda de extensas áreas verdes para pastagens.

Os fluxos rural-urbanos (como o caso em tela, o da produção de laticínios para a cidade) têm uma expressão física que é muitas vezes caracterizado pela abertura de novas áreas e abandono de outras. A implantação da indústria no local representou um reordenamento de atividades tradicionais e o estabelecimento de outros ciclos metabólicos. Por outro lado, na fase Apropriação, há que se considerar o chamado custo territorial – a quantidade de terra gasta para uma determinada atividade (CASADO e MOLINA, 2007).

A conversão dos nutrientes do pasto em leite via o processo fotossintético das pastagens implica no uso de uma área territorial necessária à produção de um litro de leite. Pela Segunda Lei da Termodinâmica, a conversão da energia solar em leite pressupõe uma perda de energia que apresenta por conseguinte um custo territorial. Além da produção do volumoso (o capim), há que se considerar ainda o custo territorial necessário aos demais insumos, como a produção da ração, por exemplo. No caso particular de Visconde de Mauá, com um relevo acentuado, a produtividade das pastagens é comprometida por basicamente dois processos: a perda de fertilidade do solo por erosão e pelo gasto energético do animal no seu deslocamento pelas encostas. Todos esses fatores em conjunto formam o custo territorial da fase de apropriação da indústria de laticínios em estudo.

3.5.2. Circulação e Transformação

O transporte da matéria prima até a plataforma industrial é definido como o processo de Circulação. O leite é encaminhado para a indústria na Serra da Mantiqueira através de caminhões em tanques. Os caminhões são movidos à gasolina e, dessa maneira, durante o processo de transporte são emitidos gases que contribuem para o efeito estufa do planeta.

É interessante se considerar a transformação socioecológica no sistema de conversão de energia: enquanto que até pelo menos a década de 60 do século passado a circulação era toda feita por tração animal, o sistema de conversão de energia era solar: o animal conseguia a energia para realizar o transporte via a alimentação de pastagem. Com a entrada em cena de caminhões o uso da energia fóssil reconfigurou o distrito de Visconde de Mauá com um novo desenho de exploração do território. Esse fato é particularmente significativo em se tratando de uma matéria prima altamente perecível, como é o leite. Com um transporte mais rápido, o território de exploração se amplia significativamente.

A Transformação é caracterizada pelo processo de modificação da matéria prima em produto pronto para consumo. Conforme descrito na seção anterior, a fábrica recebe cerca de 20 mil litros de leite diariamente que será transformado em variados tipos de laticínios (queijos, requeijão, ricota, doce de leite). A indústria processa em média 30 mil litros em laticínios, contudo tem seus níveis de produção determinados de acordo com a sazonalidade da produtividade de pasto e demandas do consumidor final de laticínios.

Ao final das etapas de Transformação, são eliminados efluentes líquidos decorrentes dos processos de pasteurização e produção de queijos, inclusive resíduos sólidos provenientes de embalagens, e emissões gasosas da queima de lenha. Durante as análises, foi composto um fluxograma o qual descreve os fluxos de saída de energia e matéria de todas as atividades desempenhadas pela indústria.

A Figura 13 permite identificar os tipos de resíduos descartados em cada etapa e serve de auxílio para implantação de medidas mitigadoras dos riscos ambientais envolvidos.

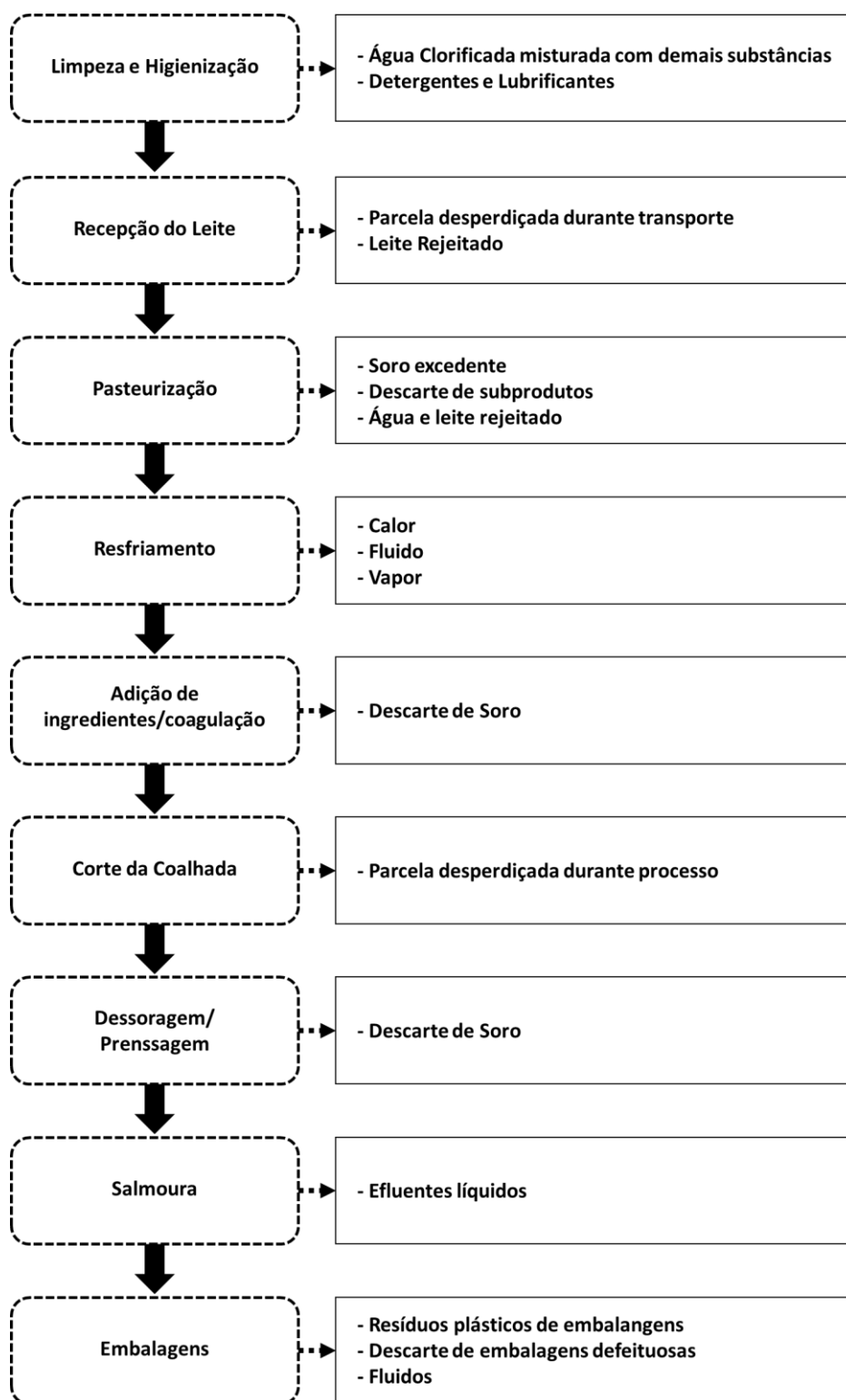


Figura 13 - Tipos de Resíduos descartados em cada etapa produtiva. Fonte: Elaboração própria.

3.5.3. Consumo

O Consumo é o processo em que a população se beneficia de bens e serviços transformados para satisfação de necessidades e desejos. Atualmente, a demanda

de produtos laticínios em Visconde de Mauá é abastecida em maior parcela pela pequena indústria, que inclui famílias, pousadas e restaurantes. A fábrica atende também a demanda de determinados mercados do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais.

No final do processo, o agente consumidor realiza o descarte de lixos plásticos derivados de embalagens de queijo, requeijão, doce de leite, etc. Dessa forma, o indivíduo assume a responsabilidade de destinar corretamente os resíduos para os setores de coleta e reciclagem.

O conjunto de resíduos descartados durante cada etapa do metabolismo é atribuído ao processo de Excreção. O excesso de despejo do lixo pode comprometer a capacidade de absorção do ecossistema e, conseqüentemente, a poluição do meio ambiente. A gestão dos resíduos interfere nesses aspectos, na medida em que minimiza o volume de rejeitos, diminuindo a carga orgânica lançada na natureza. Diante disso, a eficiência do processo de Excreção implica na redução dos fluxos de saída de matéria do ciclo metabólico em busca do equilíbrio.

3.5.4. Excreção

O processo de excreção foi utilizado como ferramenta de análises dos riscos ambientais envolvidos nas atividades produtoras de laticínios de Visconde de Mauá. O estudo identificou os resíduos poluentes apresentando possíveis medidas para prevenção dos impactos ambientais.

O lançamento inadequado de efluentes nos rios é um dos fatores preocupantes, visto que afeta a qualidade da água, tornando-a imprópria para consumo. No caso particular de Visconde de Mauá, a perda da qualidade da água influi na economia como um todo, uma vez que o turismo tem no Rio Preto um de seus atributos de paisagem mais destacados.

3.5.4.1. Análise do Processo de Excreção e Plano de Risco

A análise foi realizada de acordo com as etapas de descarte em cada processo metabólico, conforme apresentado na Tabela 3, e respectivas ameaças de impacto na natureza e reflexos na população da região.

Tabela 3 - Plano de Risco. Fonte: Elaboração própria.

Processo Metabólico	Resíduos	Riscos Ambientais	Consequências ambientais
Apropriação	• Esterco de Vaca	▪ Eutrofização dos rios	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perda de água própria para consumo ▪ Perda de biodiversidade
Circulação	• Uso de combustível fóssil	▪ Emissão de gases poluentes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Doenças respiratórias ▪ Contribuição para aquecimento global
Transformação	Efluentes industriais: <ul style="list-style-type: none"> • Soro excedente • Creme de leite excedente • Derrame e descarte de requeijão, queijo minas e ricota • Limpeza: desinfetantes e detergentes neutros, alcalinos e ácidos. • Esgostos sanitários e lavanderia. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eutrofização dos rios ▪ Contaminação do solo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proliferação de doenças ▪ Perda de biodiversidade ▪ Perda de água própria para consumo ▪ Perda de solo nutritivo
	Resíduos sólidos: <ul style="list-style-type: none"> • Embalagens plásticas defeituosas • Resíduos de material de escritório gerado na sede administrativa • Embalagens dos insumos (papelões, detergentes) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mais de 400 anos para degradação. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Superlotação no aterro "controlado" ▪ Morte de animais através de ingestão de embalagens
	Emissão de gases: <ul style="list-style-type: none"> • Emissão CO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desmatamento para extração da lenha utilizada nos processos industriais ▪ Contaminação do ar e solo 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Doenças respiratórias ▪ Contribuição para aquecimento global ▪ Perda de biodiversidade
Consumo	• Embalagens plásticas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mais de 400 anos para decomposição de embalagens 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Superlotação no aterro "controlado"

Em seguida, a Tabela 4 foi resultado da elaboração de um plano de controle e tratamento de resíduos para o processo de Excreção com propósito de manter um metabolismo mais equilibrado e alinhado com as condições de resiliência do meio ambiente.

Tabela 4 - Plano de controle e tratamento de resíduos. Fonte: Elaboração própria.

Processo Metabólico	Resíduo	Medidas Mitigadoras
Apropriação	• Esterco de Vaca	■ Processo de biodigestão anaeróbica
Circulação	• Uso de combustível fóssil (gasolina)	■ Alternativas mais limpas de combustível (gás etanol)
Transformação	• Soro excedente da secagem dos queijos.	■ Reaproveitamento do soro na alimentação do gado de leite dos fazendeiros da região; ■ Reutilização do soro na produção de ricota;
	• Creme de leite excedente da produção de manteiga.	■ Comercialização de subprodutos excedente entre os pequenos produtores de laticínios da região.
	• Derrames e descartes de subprodutos (requeijão, queijo, ricota) • Limpeza: desinfetantes e detergentes neutros, alcalinos e ácidos.	■ Descarte adequado de rejeitos direcionados aos setores de tratamento de efluentes.
	• Embalagens plásticas defeituosas • Resíduos gerados na sede administrativas (papel, plástico, embalagens diversas) • Embalagens de insumos (papelões, detergentes, lubrificantes)	■ Descarte adequado de rejeitos direcionados aos setores de coleta de lixo e reciclagem.
	Geração a vapor	■ Lenha autorizada pela IEF; ■ Destinar de forma adequada as cinzas geradas em caldeiras; ■ Filtro dos gases formados durante a queima.
Consumo	• Descarte de embalagens utilizadas	■ Descarte adequado de embalagens direcionados aos setores de coleta de lixo e reciclagem

Os resíduos gerados na pecuária leiteira causam grandes impactos ao meio ambiente tornando o sistema de produção questionável em termos de sustentabilidade. Uma solução bastante utilizada atualmente para o esterco de vaca, é o processo de biodigestão anaeróbica. Este fenômeno produz o biogás (composto pelo metano e dióxido de carbono) e um líquido efluente que contém minerais e

nutrientes fundamentais para o solo e a planta que são benéficos para agricultura (Embrapa, 2015).

Segundo estudo da Embrapa, o sistema de produção torna-se mais sustentável uma vez que reduz o uso de energias convencionais e fornece uma alternativa eficiente para a reciclagem dos dejetos bovinos. A produção de biogás a partir de esterco bovino é uma tecnologia viável que contém uma fração de 60 a 80% de metano que proporciona a inflamabilidade ao gás (Embrapa, 2015, FEAM, 2014). Além disso, o uso do produto final como biofertilizante pode substituir fertilizantes químicos que são prejudiciais à saúde dos indivíduos, impactam negativamente o solo e economicamente são insustentáveis para pequenos agricultores.

O processo de Circulação tanto do leite (matéria-prima) quanto dos produtos finais é realizado através de caminhões movidos a combustíveis fósseis (petróleo, diesel). Esse tipo de combustível é derivado de recursos naturais não renováveis que, conforme a intensificação do uso, favorece o esgotamento de fontes de energia. Além disso, durante o transporte são emitidos gases provenientes da queima dos combustíveis (monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio). São gases altamente tóxicos que contribuem para a deterioração do ar, inclusive para o efeito estufa do planeta.

Já existem diversas ciências desenvolvendo alternativas energéticas mais sustentáveis para veículos. Uma delas é o biocombustível, o qual é fabricado a partir de vegetais (milho, cana-de-açúcar e soja) tendo como principal vantagem a fonte energética renovável, além de reduzir a emissão de gases poluentes. Os mais conhecidos e disponíveis no mercado são o etanol, produzido através da cana-de-açúcar e milho; e o biogás, gerado a partir de biomassa.

Diante desses aspectos, os combustíveis utilizados para os transportes da pequena fábrica poderiam ser substituídos pelos biocombustíveis. Assim, reduziriam parcela considerável dos impactos no processo de circulação, ainda que apresente mudanças na logística e custos operacionais.

Os resíduos gerados no processo de Transformação são derivados dos métodos de produção de laticínios. Foi realizado um estudo segregado desses resíduos em três categorias: efluentes líquidos industriais, resíduos sólidos e emissões gasosas. Para cada categoria foi proposto alternativas que amenizem os impactos gerados no meio ambiente, principalmente na intensificação de degradação do rio Preto.

O soro é considerado um dos efluentes mais agravantes em virtude do potencial poluidor e do excesso de volume de descarte durante a produção de queijos. O soro possui uma alta Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), necessária para a oxidação do mesmo. O lançamento de soro no rio desencadeia na depleção do oxigênio que, conseqüentemente, pode provocar a mortandade de peixes. Dessa forma, devem ser conduzidos separadamente aos demais efluentes de modo que viabilize o seu aproveitamento na fabricação da ricota, por exemplo, ou na alimentação de animais (Silva, 2011).

Os demais efluentes devem ser direcionados ao setor de tratamento de resíduos constituído basicamente de três subsistemas. O primeiro refere-se ao tratamento preliminar, onde ocorre a separação das substâncias sólidas grosseiras. Em seguida, é destinado ao tratamento primário, no qual são separadas as gorduras e sólidos em suspensão reduzindo a concentração de DBO nos efluentes. Por fim, o tratamento secundário é responsável pela remoção biológica dos poluentes e dessa forma possibilita produzir um efluente em conformidade com os padrões definidos pela Resolução CONAMA 430/2011, em que dispõe sobre as condições para lançamentos (FEAM, 2014).

Os resíduos sólidos, por sua vez, devem ser segregados entre materiais recicláveis e não recicláveis, conforme a Lei 12.305, pois assim a quantidade de resíduos encaminhada até os aterros sanitários é reduzida, e conseqüentemente aumenta sua vida útil. Além disso, a operação de resíduos recicláveis gera novos empregos sobre a forma de comércio de bens e serviços de materiais reaproveitados. Os resíduos não recicláveis devem ser direcionados ao setor público de tratamento (FEAM, 2014).

A redução de geração de resíduos deve ser priorizada, mesmo que todos os cuidados de armazenamento, transporte, tratamento e destinação final sejam de responsabilidade da indústria. Segundo o guia da FEAM, os depósitos de armazenamento devem ser em baias ou boxes mensurados de acordo com a logística de disposição final. Dessa forma, torna-se possível formar lotes que serão transportados preferencialmente ao setor de reciclagem, conforme cumprimento da Lei 12.305/2010.

Dentre as alternativas dos métodos escolhidos para as etapas de aquecimento durante a produção dos laticínios, a queima de lenha é a menos agressiva ao meio ambiente. Contudo, seus resíduos podem apresentar concentrações de

contaminantes, portanto, é necessário o acompanhamento de um especialista para medidas preventivas, uma vez que pode ultrapassar os limites impostos pela COPAM 187/2013. As cinzas e fuligem provenientes das caldeiras ainda podem ser utilizadas em áreas agrícolas como fonte de potássio (FEAM, 2014).

O sistema de logística reversa foi um dos instrumentos apresentados na Política Nacional de Resíduos Sólidos destinados a viabilizar a coleta e restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial para reaproveitamento e destinação ambiental adequada. Nesse sentido, a pequena indústria poderia criar centros de coletas para embalagens descartadas nos locais onde os produtos são distribuídos, pois assim oferece uma alternativa de descarte para o consumidor. Além disso, poderia criar incentivos para os consumidores que descartarem adequadamente suas embalagens.

A partir da aplicação dessas medidas, espera-se que o processo de excreção da fábrica seja menos intensivo, diminuindo a carga de *output* de energia e matéria na natureza. Diante de uma gestão de resíduos mais eficiente, os impactos no meio ambiente são reduzidos, tornando o metabolismo mais equilibrado.

A adoção de medidas mitigares de riscos ambientais trazem benefícios em diversos aspectos, desde o âmbito social, econômico como ambiental visto que seus resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões gasosas serão destinados adequadamente. Atualmente, as boas práticas têm bastante influencia sobre a imagem corporativa sendo atrativa para os consumidores que estão cada vez mais envolvidos na preservação da natureza. Do ponto de vista econômico, na medida que reduz o volume de resíduos, os custos para transporte e tratamento consequentemente diminuem gerando aumento na rentabilidade do negócio.

4 Conclusão

A partir da exploração do conceito Metabolismo Social e as etapas envolvidas foi possível aplicar o modelo qualitativo na escala de uma pequena indústria localizada em Visconde de Mauá (RJ). Para tanto, foi realizado um estudo do percurso histórico da região que permitiu ordenar de forma coerente as diferentes atividades que proporcionaram o desenvolvimento econômico e seus efeitos na transformação da paisagem local compreendendo assim as inter-relações entre a sociedade e a natureza. Em seguida, foram observados especificamente os resíduos gerados no processo de excreção do processamento de laticínios, que provocam impactos na qualidade da água do córrego próximo a fábrica.

O estudo dos processos metabólicos proporciona uma compreensão integrada das relações de troca de energia e matéria derivadas das atividades humanas. O modelo permite ainda identificar seus efeitos na sociedade de forma dinâmica e abrangente em diversos aspectos. Em vista disso, possibilita a realização de uma análise acoplada dos fatores econômicos, ambientais e sociais do objeto de estudo em questão. A própria questão do uso da paisagem aparece de forma integrada, sob a forma de paisagem cultural.

Toda e qualquer sociedade, de certa forma se apropria, circula, transforma, consome e excreta fluxos de energia e matéria oriundos da natureza. Sendo assim, este enfoque pode ser aplicado em diferentes setores: industriais, agrícola, inclusive, em sistemas de saúde, infraestruturas urbanas e rurais, através das relações entre sociedade e o meio ambiente que compõem os processos metabólicos. Além disso, é possível utilizar o modelo sob a perspectiva do conjunto das atividades de uma sociedade, assim como de uma determinada ação específica.

O estudo do percurso histórico de Visconde de Mauá permitiu identificar as principais características sociais, culturais, ambientais e econômicas que proporcionaram o seu desenvolvimento. Diante da aplicação dos conceitos do metabolismo social, foi possível realizar uma análise qualitativa dos perfis

metabólicos específicos das principais atividades e comparar seus efeitos ambientais no sistema natural.

Dessa maneira, a análise identificou que o ecoturismo e produção industrial de laticínios são as principais fontes de renda, ou seja, empregabilidade dos moradores da região. No entanto, essas atividades indicaram uma série de impactos ambientais gerados por diversos fatores, dentre eles, a falta de uma gestão eficiente de resíduos. Para esta pesquisa, foi explorado especificamente o processo de excreção no processamento de laticínios da fábrica.

A análise foi realizada através de pesquisas e visita a região e na indústria onde foi observado todo seu ciclo de produção. A partir das informações obtidas, foi elaborado um modelo descritivo padrão do Metabolismo Social do processamento de laticínios, sendo distribuído entre as cinco etapas metabólicas Apropriação, Circulação, Transformação, Consumo e Excreção, que permitiu identificar qualitativamente os fluxos de entrada e saída de energia e matéria.

Com base na pesquisa, foi elaborado um plano de controle e mitigação para os efluentes líquidos, resíduos sólidos e emissões gasosas gerado nas etapas metabólicas de circulação e transformação, de forma que o processo de excreção se torne menos intensivo, e assim proporcionando um metabolismo mais equilibrado com as condições da natureza. O soro excedente foi identificado como efluente de maior potencial de contaminações quando descartados inadequadamente, em função de sua elevada carga de DBO. Portanto, foi sugerido a reutilização na produção da ricota, ou alimentação do gado leiteiro, bem como devido tratamento da parcela rejeitada para que não afete o meio ambiente.

A preservação da qualidade da água do rio Preto se tornou um tema fundamental entre os debates de gestão dos recursos hídricos, devido sua localização em um expressivo remanescente florestal, o Mosaico Mantiqueira. Adicionalmente, o rio assume grande importância no abastecimento de água para os moradores e visitantes da região, além de ser o principal atrativo turístico hoje em dia.

Uma das vantagens nos mercados competitivos tem sido a preocupação com a responsabilidade socioambiental das empresas. Cada vez mais os consumidores estão atentos e sensíveis as boas práticas de responsabilidade socioambiental. O plano de controle e mitigação contribui significativamente para as questões econômicas e socioambientais que muitas indústrias enfrentam atualmente. Dessa

forma, o plano elaborado nesta pesquisa pode servir de suporte para indústrias de pequeno porte de laticínios na implementação de práticas em busca da sustentabilidade econômica. No caso particular da situação geográfica da pequena fábrica – uma área turística, onde um de seus maiores atributos são os recursos hídricos – essa dimensão ganha outros contornos. Um determinado empreendimento industrial não pode comprometer a situação de toda uma região.

Além das vantagens em relação ao mercado consumidor, as boas práticas ambientais revelam um aumento na produtividade e rentabilidade do negócio, melhoram a qualidade dos produtos e relações com a comunidade local e órgãos públicos, e ainda, reduzem os riscos de acidentes ambientais, uso de substâncias tóxicas, custos de produção e queda no desperdício de água, energia e outros insumos.

4.1. Sugestões

Durante a pesquisa, consideramos o aprofundamento em futuras pesquisas e trabalhos, as seguintes situações e questionamentos:

1. Um estudo quantitativo do intercâmbio dos fluxos de energia e matéria entre a natureza e as atividades que compõe a sociedade na região de Visconde de Mauá.
2. Uma pesquisa mais atual sobre a qualidade da água do Rio Preto nos locais onde ocorrem atividades industriais.
3. Uma análise quantitativa e qualitativa da geração de resíduos e a participação da gestão pública de coleta e tratamento em Visconde de Mauá.
4. Uma análise econômica comparativa do antes e depois da aplicação do plano de gestão de resíduos proposto.

5

Referências bibliográficas

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresa de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016**, Brasil, 2016. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/noticiasabertura/Panorama%202016%20%20CAPA.jpg>>. Acessado em: 21 Set. 2017.

ARTAXO, P. **Uma nova era geológica em nosso planeta: o Antropoceno?** São Paulo: Revista USP, n. 103, p. 13-24, 2014.

AYRES R. U.; SIMONIS, U. E. **Industrial metabolism: restructuring for sustainable development**. Nova York: UNU Press, 1994.

AYRES, R. U. **Industrial metabolism: work in progress**. França: INSEAD, 1997.

BALLÉ, W.; ERICKSON, C. **Time and Complexity in Historical Ecology: Studies in the Neotropical Lowlands**. Nova York: Columbia University Press, 2006.

BARBOSA, L. **Sociedade de consumo**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2004.

BAUDRILLARD, J. **Sociedade de Consumo**. São Paulo: Elfors, 1995.

BENZING, B.; HERMANN, B. **Exploitation and over exploitation in societies past and present**. Monique: Lit Verlag, 2003.

BOCOCK, R. **Consumption**. Londres: Routledge, 1993.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Brasília, 2010.

CARREÑO, P. **Avaliação quali-quantitativa das águas da bacia do alto rio Preto** – região de Visconde de Mauá (RJ/MG). Rio de Janeiro, 2012. Monografia (Especialização em Análise Ambiental e Gestão do Território) – Escola Nacional de Ciências Estatísticas.

CASADO, G.; MOLINA, M. **Agricultura tradicional versus agricultura ecológica. El coste territorial de la sustentabilidad**. Espanha: Agroecología, v.2, p. 7-19, 2007.

CASTRO, J. **Water governance in the 21st century**. Campinas: Revista Ambiente e Sociedade. v. X, n.2, p. 97-118, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1414-753X2007000200007>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

COSTA, A. **Região Turística de Mauá – Nossa História**. Rio de Janeiro: Shallon Adonai, 2001.

CRUMLEY, C. **Historical ecology: cultural knowledge and changing landscapes**. Santa Fé: School of American Research Press, 1994.

DALY, H. **Steady-State Economics**. San Francisco, Freeman & Co.; 2nd. eds, Washington, D.C.: Island Press, 1991.

FEARNSIDE, P. **A previsão de perdas de terra através de erosão do solo sob vários usos de terra na área de colonização da Rodovia Transamazônica**. Brasil: Acta Amazônica, v. 10, n.3, p. 505-511, 1980.

FERRÃO P.; FERNÁNDEZ, J. **Sustainable urban metabolism**. Massachusetts: MIT Press, 2013.

FISCHER-KOWALSKI, M. **Society's metabolism: the intellectual history of materials flow analysis, part I, 1860 - 1970**. Estados Unidos: Journal of Industrial Ecology, v. 2, p. 61 - 77. 1998.

FISCHER-KOWALSKI, M.; HABERL, H. **Sustainable development: socio-economic metabolism and colonization of nature**. Blackwell Publishers Ltda., 1998. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/1468-2451.00169>>. Acesso em 26 jan. 2017.

FISCHER-KOWALSKI, M.; HABERL, H. **Socioecological transitions and global changes**. Londres: Edward Elgar, 2007.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Guia técnico ambiental da indústria de laticínios**. Belo Horizonte: 2014. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/producao_sustentavel/GUIAS_TECNICOS_AMBIENTAIS/guia_laticinios.pdf>. Acesso em 14 jan. 2017.

GEORGESCU-ROEGEN, N. **The entropy law and the economic process**. Cambridge: Harvard University Press, 1971.

HAYWARD, T. **Ecological thought: an introduction**. Cambridge: Cambridge Polity Press, 1994.

KOOIMAN J. **Modern Governance. New Government-Society Interactions**. Londres: Sage, 1993.

KOTHA, S.; ORNE, D. **Generic manufacturing strategies: A conceptual synthesis**. Strategic Management Journal, 10(3), p. 211-231.

John Wiley & Sons, Ltda., 1989. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/smj.4250100303>>. Acessado em 15 jan. 2017.

KRAUSMANN F.; et tal. **The global socio-metabolic transition: past and present metabolic profiles and their future trajectories**. Blackwell Publishing Inc, Journal of Industrial Ecology, v.12. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1530-9290.2008.00065.x>>. Acesso em 26 mar. 2017.

MARTÍNEZ-ALIER, J. **Marxism, Social Metabolism, and Ecologically Unequal Exchange**. Suécia: Lund University, 2004.

MARTÍNEZ-ALIER, J. **Marxism, Social Metabolism, and Internacional Trade**. Lanhan: Polity Press, 2007.

McNEILL, J. R. **Something new under the sun: an environmental history of the twentieth century world**. Londres: Penguin Books, 2000.

MODAK, P.; WILSON, D. C., VELIS, C. **Global Waste Management Outlook**. United Nations Environment Programme, 2015.

OLIVEIRA, R. R.; FRAGA, J. S. **Metabolismo social de uma floresta e de uma cidade: paisagem, carvoeiros e invisibilidade social no Rio de Janeiro dos séculos XIX e XX**. Rio de Janeiro: Geo Puc, v. 4, p. 1-18, 2012

OLIVEIRA, R. R.; FRAGA, J. S.; BERCK, D.E. **Uma floresta de vestígios: metabolismo social e a atividade de carvoeiros nos séculos XIX e XX**. Rio de Janeiro: INTERthesis (Florianópolis), 2011.

OLIVEIRA, R. R.; SOLÓRZANO, A. **Três hipóteses ligadas à dimensão humana da biodiversidade da Mata Atlântica**. Fronteiras: journal of social, technological and environmental science, v. 3, p. 80-95, 2014.

ORDWAY, S. H. **Possible limits of raw material consumption**. Chicago: University of Chicago Press, 1956.

PADOVAN, D. **The concept of social metabolism in classical sociology**. Buenos Aires: Theomai, 2000.

QUINTEIRO, J. **Proteção ambiental na gestão de áreas turísticas em unidades de conservação: o caso da região de Visconde de Mauá (RJ, MG)**. Rio de Janeiro, 2008. Dissertação (Especialização em Engenharia Ambiental - Área de Concentração: Saúde do Meio Ambiente) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

RESENDE, J. A. de; DINIZ, C. G.; SILVA, V. L. da; CARNEIRO, J. da C.; RIBEIRO, M. T.; LIMA, J. C. F.; OTENIO, M. H. **Dejetos bovinos para produção de biogás e biofertilizante por biodigestão anaeróbica**. Juiz de Fora, MG: Embrapa Gado de leite, 2015

RHODES R. **Understanding Governance: Policy Networks, Governance, Reflexivity and Accountability**. Buckingham: Open University Press, 1997.

ROCHA, A. M. **Imigrantes em Resende – Visconde de Mauá**. Bocaina de Minas: Hotel Bühler, 1984.

ROZZO, J. D. R. **Metabolismo Social: Hacia la sustentabilidad de las transiciones socioecológicas urbanas**. Bogotá: Universidad Nacional de Colômbia, 2013.

SANTOS, H. R.; DOMINQUINI E. D. **A insustentabilidade da obsolescência programada: uma violação ao meio ambiente e aos direitos do consumidor**, 2013. Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=ea2af5ea4aabdca1>> Acesso em: 20 Setembro 2017.

SARKIS, J. **Manufacturing strategy and environmental consciousness**. Texas: Technovation 15, n. 2: P. 79–97, 1995.

SHRIVASTAVA, P. **Environmental Technologies and Competitive Advantage**. Strategic Management Journal: John Wiley & Sons, Ltd, 1995. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/smj.4250160923>>. Acessado em 22 fev. 2017.

SILVA FILHO, E. V. et tal. **Mercury deposition through litterfall in an Atlantic Forest at Ilha Grande, Southeast Brazil**. Oxford: Chemosphere v. 65, p. 2477-2484, 2006.

SILVA, D. J P. **Resíduos na indústria de laticínios**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Tecnologia de Alimentos Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2011.

SILVA, M. G. **Questão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável: um desafio éticopolítico ao Serviço Social**. São Paulo: Cortez, 2010

SIMMONS, I. G. **Cahanging the face of the Earth**. Londres: Blackwell, 1996.

SMITH, A. **El concepto de naturaleza en Marx**. Espanha: Siglo XXI de España Editores S.A., 1976.

TOLEDO, V. e MOLINA, M. **El metabolismo social: las relaciones entre la sociedad y la naturaleza**. Espanha: Icaria, 2007.

TOLEDO, V. e MOLINA, M. **The Social Metabolism, A Socio-Ecological Theory of Historical Change**. Suíça: Springer International Publishing, 2014.

TOLEDO, V. **Metabolismos rurales**: hacia una teoría económico-ecológica de la apropiación de la naturaleza. México: Redibec, 2008.

TOLEDO, V.; BARRERA-BASSOLS, N. **La Memoria Biocultural. La importancia agroecológica de las sabidurías tradicionales**. Barcelona: Icaria, 2008.

VAN ESSEN, H. **International Road and Rail Freight Transport: Environmental Impacts of Increased Activity Levels**". Paris, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/9789264072916-10-en>>. Acessado em: 21 abr. 2017.

WACKERNAGEL, M.; REES J., **Our ecological footprint**. Philadelphia: New Society Publishers, 1996.

WOLMAN. **The metabolism of cities**. Estados Unidos: Scientific American, 1965.

Apêndice

A.1 Questionário Respondido

1. Quantos litros de leite a fábrica processa diariamente?

R: Cerca de 15 a 20 mil litros de leite por dia. Porém é feito sempre o estoque do leite no dia que chega, para ser utilizado no dia seguinte.

2. Quais são os produtos produzidos na fábrica?

R: Alguns tipos de queijos, como ricota, minas, mozzarella, prato, parmesão, além do requeijão.

3. Qual o tipo de leite que a fábrica utiliza?

R: Leite de vaca.

4. Quem são os fornecedores de leite da fábrica?

R: A maioria são fazendeiros de Resende, e poucos aqui da região (Visconde de Mauá).

5. Como é feita a captação de água?

R: Aqui nós temos nossa própria nascente.

6. Como é efetuado o transporte do fornecedor de leite até a base da fábrica?

R: O leite é transportado por caminhões a gasolina.

7. Como é efetuado o processo de limpeza e higienização de instrumentos, ferramentas, equipamentos da fábrica?

R: Utilizamos cloro, sódio, soda caustica, ácido para limpeza dos tanques, e na parte interna da fábrica.

8. Como é feita a distribuição dos produtos finais? Quais são os mercados que a fábrica distribui seus produtos?

R: Os produtos são distribuídos por caminhões para mercado do Rio de Janeiro, São Paulo e Minas Gerais.