



Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Escola Politécnica & Escola de Química  
Programa de Engenharia Ambiental

Lívia Mara Ribeiro Gaspar

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS DIRECIONADO À  
PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE ORGÂNICO: aplicação da gestão da qualidade e  
análise econômico-financeira.

Rio de Janeiro  
2019



**UFRJ**

Lívia Mara Ribeiro Gaspar

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS DIRECIONADO À PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE ORGÂNICO: aplicação da gestão da qualidade e análise econômico-financeira.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientadores: Caio de Teves Inácio

Bianca Ramalho Quintaes

**Rio de Janeiro  
2019**

G249g Gaspar, Livia Mara Ribeiro  
Gerenciamento de residuos agroindustriais  
direcionado à produção de fertilizante orgânico:  
aplicação da gestão da qualidade e análise econômico  
financeira. / Livia Mara Ribeiro Gaspar. -- Rio de  
Janeiro, 2019.  
104 f.

Orientador: Caio de Teves Inácio.  
Coorientadora: Bianca Ramalho Quintaes.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do  
Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Escola de  
Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Ambiental, 2019.

1. Ciclo PDCA. 2. Compostagem. 3. Diagrama de  
Ishikawa. 4. Resíduos Agroindustriais. 5.  
Viabilidade Econômico-Financeira. I. Inácio, Caio de  
Teves , orient. II. Quintaes, Bianca Ramalho ,  
coorient. III. Título.



**UFRJ**

Lívia Mara Ribeiro Gaspar

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS DIRECIONADO À PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE ORGÂNICO: aplicação da gestão da qualidade e análise econômico-financeira.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

**Aprovada pela Banca:**

---

Presidente, Prof. Caio de Teves Inácio, D.Sc., EMBRAPA

---

Prof<sup>a</sup>. Bianca Ramalho Quintaes, D.Sc., COMLURB

---

Prof<sup>a</sup>. Cristina Aparecida Gomes Nassar, D.Sc., UFRJ

---

Prof<sup>a</sup>. Monica Pertel, D.Sc., UFRJ

---

Prof. Afonso Aurélio de Carvalho Peres, D.Sc., UFF

**Rio de Janeiro  
2019**

Dedico este trabalho aos meus pais e toda minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pela minha vida e pela possibilidade de trilhar esse caminho evolutivo, por me propiciar tantas oportunidades de estudos e por colocar em meu caminho pessoas amigas.

Aos meus pais e familiares pelo incentivo, compreensão e amor.

Aos meus queridos professores que me incentivaram a fazer o mestrado, especialmente Jeovani Brandão, Rodrigo Melo, Warley Antunes, Hans Schmidt, Priscila Barros e Rogério Soares.

Ao Luan Fernandes e sua família, por ter permanecido ao meu lado, me incentivando a percorrer este caminho.

Aos meus amigos Luan Cabral, Michel Hotz, Mariana Ramos, Lays Santana, Linna Medeiros, Carolina Colares, Juliana Smiderle, Juli Lage, Graziela Leandro e Emily Augusto, obrigada pelo incentivo, colaboração e apoio.

Aos estagiários do laboratório da EMBRAPA Solos e aos funcionários Jéssica e Renato do Rancho SFP.

Ao orientador, Caio Teves, pela confiança e ensinamentos a respeito da Compostagem, e pelo apoio e estímulo durante toda a pesquisa.

A coorientadora, Bianca Quintaes, pelos ensinamentos de Gestão e Gerenciamento de Resíduos, e todo suporte fornecido durante este trabalho.

Aos membros da banca examinadora, que dedicaram seu tempo para avaliar meu trabalho e levantar críticas construtivas.

## RESUMO

GASPAR, Livia Mara Ribeiro. **Gerenciamento de resíduos agroindustriais direcionado à produção de fertilizante orgânico: aplicação da gestão da qualidade e análise econômico-financeira.** Rio de Janeiro, 2019. Dissertação (Mestrado) - Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

O processamento mínimo de hortaliças (PMH) é uma atividade agroindustrial que gera um volume expressivo de resíduos, resultando em custos para a agroindústria. Considerando isso, o presente trabalho apresenta um estudo de caso de uma agroindústria de PMH, localizada em Teresópolis, RJ. Durante suas atividades, cerca de 50% (2,5 t/dia) da matéria prima processada é descartada como resíduo, e através do processo de compostagem estes são transformados em composto orgânico. As técnicas de gestão da qualidade, ciclo PDCA (Planejar, Fazer, Checar, Agir) e diagrama de Ishikawa, foram utilizados visando melhorar o processo de compostagem. O diagrama de *Ishikawa* permitiu identificar cinco pontos que influenciam diretamente na qualidade final do fertilizante: (i) variação da qualidade do esterco; (ii) produto maturado em condições inadequadas; (iii) falta de métodos e procedimentos; (iv) ausência de análises físico-químicas rotineiras; e (v) volatilização de nitrogênio. As soluções de melhorias foram propostas no plano de ação do ciclo PDCA. Além disso, este estudo analisa o custo de produção e a viabilidade econômico-financeira de diferentes cenários como alternativas de gerenciamento dos resíduos agroindustriais gerados. Dentre os cenários abordados, a implantação de uma unidade de compostagem é a única alternativa capaz de gerar receitas para a agroindústria. O investimento inicial foi de R\$ 385.388,09 sendo viável financeiramente, apresentando uma rentabilidade financeira na ordem de 22,23% ao ano. O empreendimento é considerado de baixo risco, apresentando um tempo de recuperação do capital investido de quatro anos e dez meses.

**Palavras-chave:** Ciclo PDCA; Compostagem; Diagrama de *Ishikawa*; Resíduos Agroindustriais; Viabilidade Econômico-Financeira.

## ABSTRACT

GASPAR, Livia Mara Ribeiro. **Management of agro-industrial waste directed to the production of organic fertilizer: quality management application and economic-financial analysis.** Rio de Janeiro, 2019. Dissertation (master's degree) – Environmental Engineering Program Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

The minimal processing is an agro-industrial activity that generates an expressive volume of waste, resulting in costs for the agroindustry. This work presents a case study of a PMH agroindustry, located in Teresópolis, Rio de Janeiro, Brazil. During its activities, about 50% (2.5 t/day) of the raw material is discarded as waste, and through the composting process they are transformed into organic compounds. Quality management techniques, PDCA cycle (Plan, Do, Check, Act) and Ishikawa diagram, were used to improve the composting process. The Ishikawa diagram allowed to identify five points that directly influence the final quality of the fertilizer: (i) variation of manure quality; (ii) product matured under inadequate conditions; (iii) lack of methods and procedures; (iv) absence of routine physical-chemical analyzes and (v) nitrogen volatilization. The improvement solutions were proposed in the PDCA cycle action plan. In addition, this study analyzes the cost of production and the economic and financial feasibility of different scenarios as alternatives for the management of agro-industrial waste generated. Among the scenarios discussed, the implementation of a composting unit is the only alternative capable of generating significant revenues for the agroindustry. The initial investment was R\$ 385,388.09, being financially viable with a financial profitability of 22.23% per year. The venture is considered low risk, presenting a time of recovery of the invested capital of four years and ten months.

**Keyword:** Agro-industrial Waste; Composting; Economic and Financial Feasibility; Ishikawa Diagram; PDCA Cycle.



## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Responsabilidade pelo gerenciamento de cada tipo de resíduo. ....	28
Quadro 2 - Classificação e características de diferentes tipos de resíduos. ....	29
Quadro 3 - Proposta do Ciclo PDCA .....	72

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 - Percentual dos principais locais de comercialização de hortaliças, em 2012, no Brasil. ....	20
Figura 2 - Hierarquia das ações no manejo de resíduos sólidos, de acordo com Art. 9º da Lei nº 12.305 de 2010.....	26
Figura 3 - Rancho SFP. Ambiente climatizado, higienizado e sanitizado para o processamento mínimo de hortaliças.....	40
Figura 4 - Lavoura do Rancho SFP. Vista das estufas utilizadas para o cultivo das hortaliças.....	40
Figura 5 - Quantidade (t) de resíduos gerados no Rancho SFP no período de setembro de 2017 a abril de 2018.....	41
Figura 6 - Resíduos gerados durante o processamento mínimo do Rancho SFP.....	41
Figura 7 - Restos de hortaliças (A) e o esterco equino (B).....	42
Figura 8 - Preparação da mistura (Restos de hortaliças + Esterco equino). ....	42
Figura 9 - Vista área do Rancho SFP, mostrando as estufas e a área destinada a compostagem.....	43
Figura 10 - Pátio de compostagem. ....	43
Figura 11 - Composto na fase de maturação e o composto final (não peneirado). ...	44
Figura 12 - Esquema ilustrativo da metodologia aplicada. ....	61
Figura 13 - Diagrama de <i>Ishikawa</i> , os 6 M's no gerenciamento de restos de hortaliças, utilizando a compostagem. ....	63
Figura 14 - Distribuição das frequências acumuladas e os respectivos VPLs simulados, quando aplicadas taxas de desconto de 6, 12, 18 e 24% ao ano. ....	95

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa do Produto Interno Bruto da cadeia produtiva de hortaliças, no Brasil, em 2016 (US\$ milhões).....	21
Tabela 2 - Áreas, produtividade e produção de hortaliças, no Brasil em 2016. ....	21
Tabela 3 - Estados brasileiros que apresentam a maior produção e o maior consumo de hortaliças, no ano de 2015. ....	22
Tabela 4 - Faturamento da agroindústria processada de hortaliças no Brasil, no ano de 2016. ....	24
Tabela 5 - Histórico do faturamento da comercialização de hortaliças dos municípios da Região Serrana do Rio de Janeiro nos últimos anos (x 1000 R\$).....	37
Tabela 6 - Relatório do sistema ASPA referente à Teresópolis no ano de 2017. ....	38
Tabela 7 - Principais municípios do país na quantidade ofertada de alface para as Ceasas analisadas neste Boletim e suas respectivas microrregiões, em novembro de 2017. ....	39
Tabela 8 - Período de tempo e temperatura necessários para higienização dos resíduos sólidos orgânicos durante o processo de compostagem (Anexo I - CONAMA 481 de 2017). ....	68
Tabela 9 - Características físico-químicas da mistura de resíduos, do composto final e os valores de referência para os parâmetros analisados especificados, segundo a IN nº 25 de 2009. ....	69
Tabela 10 - Análise de metais pesados e patógenos no composto produzido.....	71
Tabela 11 - Custo total de produção para disposição final de resíduos agroindustriais no Aterro de Teresópolis, RJ, durante um horizonte temporal de 10 anos (Cenário I). ....	88
Tabela 12 - Custo total de produção para disposição final de resíduos agroindustriais no Aterro de Nova Friburgo, RJ, durante um horizonte temporal de 10 anos (Cenário II). ....	89
Tabela 13 - Custo total de produção de serviços terceirizados para destinação de resíduos agroindustriais, durante um horizonte temporal de 10 anos (cenário III). ....	90
Tabela 14 - Resultados dos VPLs obtidos, em Reais, sob diferentes taxas anuais de desconto, em um horizonte temporal de 10 anos.....	91

Tabela 15 - Análise da viabilidade econômico-financeira da implantação e operação de uma unidade de tratamento de resíduos sólidos orgânicos, por meio da técnica de compostagem, durante um horizonte temporal de 10 anos.....	91
Tabela 16 - Variação do VPL, em reais (R\$), decorrente de uma variação de 10% dos preços dos itens que compõem o sistema de produção, sempre no sentido desfavorável.....	93
Tabela 17 - Resultado do risco econômico-financeiro da unidade de tratamento de resíduos sólidos orgânicos, em %, para as diferentes taxas anuais de desconto.....	95

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.a.	ao ano
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMP	Alimentos Minimamente Processados
ASPA	Acompanhamento Sistemático da Produção Agrícola
C/N	Carbono/Nitrogênio
CEASAS	Centrais Estaduais de Abastecimento Sociedade Anônimas
CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
CO	Carbono Orgânico
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
EMATER	Empresa Assistência Técnica Extensão Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FGTS	Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
GEE	Gases do Efeito Estufa
HMP	Hortaliças Minimamente Processados
IGP-DI	Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna
IN	Instrução Normativa
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
INSS	Instituto Nacional do Seguro Social
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPVA	Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores
ISO	International Organization for Standardization
LEAP	Leira Estática com Aeração Passiva
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
N	Nitrogênio
O <sub>2</sub>	Oxigênio
PDCA	Plan, Do, Check, Act
PE	Ponto de Equilíbrio
pH	Potencial Hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto

PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SELIC	Taxa do Sistema de Liquidação e Custódia Brasileiro
SFP	São Francisco de Paula
SGQ	Sistemas de Gestão da Qualidade
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SUASA	Sistema Único de Atenção à Sanidade Agropecuária
T	Tonelada
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TMECC	Test Methods for the Examination of Composting and Compost
VPL	Valor Presente Líquido

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I</b> .....	16
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	16
1.1. Estrutura da dissertação .....	18
1.2. Objetivos .....	18
1.2.1. Objetivo Geral .....	18
1.2.2. Objetivos Específicos .....	19
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	20
2.1. Mercado das hortaliças no Brasil.....	20
2.1.1. Processamento Mínimo de Hortaliças.....	23
2.2. Resíduos Sólidos.....	25
2.2.1. Política Nacional de Resíduos Sólidos.....	26
2.2.1.1. Resíduos <i>versus</i> Rejeitos.....	27
2.2.1.2. Gestão <i>versus</i> Gerenciamento.....	27
2.2.2. Classificação.....	28
2.2.3. Resíduos Agrossilvopastoris .....	30
2.3. Resíduos Agroindustriais no Brasil.....	30
2.4. Alternativas de Gerenciamento para os Resíduos Agroindustriais.....	31
2.4.1. Aterro Sanitário .....	31
2.4.2. Biodigestão anaeróbia .....	32
2.4.3. Incineração .....	33
2.4.4. Compostagem.....	33
2.5. Legislações relacionadas à compostagem e ao composto orgânico....	34
<b>3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	37
3.1. Rancho São Francisco de Paula (Rancho SFP).....	39
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	44
<b>CAPÍTULO II</b> .....	54
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	55
1.1. Ferramentas de controle da qualidade e o ciclo PDCA .....	56
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	59
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	62
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	73
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	74

<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>79</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>80</b>
1.1. <b>Análise econômico-financeira</b> .....	<b>81</b>
<b>2. METODOLOGIA</b> .....	<b>83</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>88</b>
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	<b>96</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>97</b>
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>102</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>102</b>
<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>103</b>
<b>APÊNDICE A – INVESTIMENTO INICIAL DA IMPLANTAÇÃO DA UNIDADE DE COMPOSTAGEM</b> .....	<b>104</b>



## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUÇÃO GERAL

Um dos maiores problemas da sociedade moderna está relacionado à destinação dos resíduos sólidos gerados no seu dia a dia. Essa questão torna-se ainda mais complexa quando se trata de resíduos sólidos orgânicos provenientes de atividades agroindustriais, como estes setores geram um expressivo volume de resíduos são classificados como grandes geradores. E, esses resíduos, quando gerenciados de maneira incorreta, podem gerar vários impactos negativos tais como a contaminação da água e do solo, a atração de vetores, a proliferação de doenças e a contribuição com a emissão de gases do efeito estufa (COSTA; CARDOSO, 2011).

Segundo Pinto (2002), esta atividade gera grandes volumes de resíduos agroindustriais durante todo o seu processo produtivo, pois engloba operações sequenciais que alteram fisicamente o produto "*in natura*", descartando as partes não comestíveis e deixando o produto pronto para consumo (OLIVEIRA; SANTOS, 2015). As perdas podem chegar a até 75% da quantidade total processada (FERREIRA, 2010). No entanto, nos últimos anos, os produtos minimamente processados vêm conquistando o mercado mundial, devido a sua praticidade e higiene (ALMEIDA, 2013).

As empresas dos setores agroindustriais enfrentam o grande desafio de aumentar a produção e ao mesmo tempo gerenciar a quantidade de seus resíduos de maneira adequada e economicamente viável. Logo, precisam traçar estratégias de gerenciamento, adotando medidas e tecnologias de redução, aproveitamento e reciclagem. Os grandes geradores de resíduos orgânicos possuem a oportunidade de usar tais subprodutos como fonte de renda, reciclando a fração orgânica. Além disso, seria possível promover benefícios à sociedade e ao meio ambiente (LAUFENBERG et al., 2003; PELIZER et al., 2007).

A compostagem é entendida como uma das alternativas de destinação final ambientalmente adequada para os resíduos sólidos orgânicos, pois permite a reciclagem e o tratamento da fração orgânica (BRASIL, 2010). Segundo Sabki et al. (2018), esse tipo de tratamento apresenta um baixo custo quando comparado aos demais tipos de destinação final. No entanto, a rentabilidade desta alternativa é

sensível à escala de processo, qualidade do composto, seu preço de venda, o risco da presença de contaminantes de metais pesados, os custos de segregação e coleta de resíduos.

O tratamento e a reciclagem dos resíduos sólidos orgânicos podem se tornar um novo negócio para a agroindústria. A viabilidade econômica da compostagem está ligada à obtenção e à comercialização de fertilizante orgânico por meio de transformações físico-químicas dos resíduos orgânicos que seriam descartados (LEAL et al., 2007). O composto orgânico, produto gerado na compostagem, pode ser usado no cultivo de novas hortaliças e até mesmo comercializado como subproduto sob a classificação de fertilizante orgânico composto – Classe, conforme Instrução Normativa (IN) nº 25 do MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009). Além disso, a agroindústria, que utiliza este tipo de adubo sem aditivos químicos em seu cultivo, pode se adequar às normas do cultivo orgânico e comercializar suas hortaliças com selo de classificação para produto orgânico (DIAS et al., 2015), atribuindo, assim, maior valor em seu produto principal.

Partindo desse princípio, a gestão da qualidade aborda técnicas estratégicas que visam elevar o grau de eficiência em um determinado processo ou atividade. Como o processo de compostagem pode apresentar falhas que influenciam diretamente na qualidade do produto final, para implantar o sistema de gestão de qualidade nessa atividade, são necessários alguns instrumentos. Dentre esses, podem ser citados o diagrama de *Ishikawa* e o ciclo PDCA. Ambos têm sido utilizados frequentemente para solucionar diversos problemas em diferentes áreas, inclusive relacionadas ao meio ambiente, como no gerenciamento e na reciclagem de resíduos (FORNARI JUNIOR, 2010, ASKARIAN et al., 2010, SILVA; CAMELO, 2019). A aplicação desses instrumentos na gestão e no gerenciamento de resíduos tende a minimizar os riscos ambientais e a maximizar os recursos financeiros. Tais técnicas, quando aplicadas corretamente, são capazes de identificar problemas e solucioná-los de maneira eficaz, priorizando a organização dos processos, bem como aumentando o nível de qualidade do serviço e/ou produto que a empresa oferece, trazendo numerosos benefícios e progresso para as empresas.

O presente trabalho constitui-se em um estudo de caso aplicado a uma agroindústria de processamento mínimo de hortaliças localizada no município de Teresópolis/RJ. Objetivou-se aplicar técnicas de gestão da qualidade identificando

possíveis falhas no processo de compostagem que podem afetar a qualidade do composto orgânico, e realizar a análise de viabilidade econômico-financeira para diferentes cenários de destinação dos resíduos agroindustriais.

### **1.1. Estrutura da dissertação**

Visando uma melhor organização, essa dissertação está estruturada em capítulos. A seguir é apresentada a estrutura deste trabalho, descrevendo sucintamente o conteúdo de cada capítulo.

O Capítulo I apresenta uma introdução geral trazendo uma breve contextualização da problemática encontrada e expõe os objetivos do trabalho. Além disso, aborda uma revisão de literatura, discorrendo sobre assuntos importantes para a pesquisa, como o mercado de hortaliças no Brasil, o processamento mínimo de hortaliças, definição e classificação de resíduos sólidos, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, algumas alternativas de destinação final para os resíduos agroindustriais e as legislações vigentes relacionadas a compostagem e ao composto orgânico. Aborda também, uma caracterização da área de estudo, discorrendo sobre o cultivo de hortaliças na região de Teresópolis/RJ e caracterizando a agroindústria estudada.

O Capítulo II aborda a eficiência das técnicas da gestão da qualidade aplicadas ao gerenciamento de resíduos sólidos.

O Capítulo III apresenta um estudo de viabilidade econômico-financeira e custo de produção de quatro alternativas de gerenciamento dos resíduos agroindustriais gerados durante a atividade de processamento mínimo de hortaliças.

O Capítulo IV apresenta as considerações finais da dissertação, incluído propostas para trabalhos futuros.

### **1.2. Objetivos**

#### **1.2.1. Objetivo Geral**

Caracterizar as técnicas de gestão da qualidade e os aspectos econômico-financeiros no gerenciamento de resíduos do processamento mínimo de hortaliças direcionados para produção de fertilizante orgânico.

### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar possíveis falhas no processo de compostagem que afetam na qualidade final do fertilizante orgânico, por meio das técnicas de gestão de qualidade;
- Caracterizar o composto orgânico produzido quanto aos aspectos físico-químicos e microbiológicos, de acordo com a legislação vigente;
- Realizar e avaliar o levantamento dos custos de produção de diferentes cenários de gerenciamento para os resíduos agroindustriais;
- Analisar a viabilidade econômico-financeira da implantação de uma unidade de tratamento de resíduo sólido orgânico, via compostagem, com a determinação dos indicadores econômicos de rentabilidade: Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e *payback*;
- Identificar os itens de maior influência nos resultados dos indicadores econômicos de rentabilidade, por meio da análise de sensibilidade;
- Analisar o risco econômico-financeiro da implantação de uma unidade de compostagem;
- Identificar o ponto de equilíbrio do projeto de implantação da unidade de compostagem.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica está dividida em cinco subitens, que são: mercado de hortaliças no Brasil, resíduos sólidos, resíduos agroindustriais no Brasil, alternativas de destinação final para os resíduos agroindustriais e as legislações vigentes relacionadas a compostagem e ao composto orgânico.

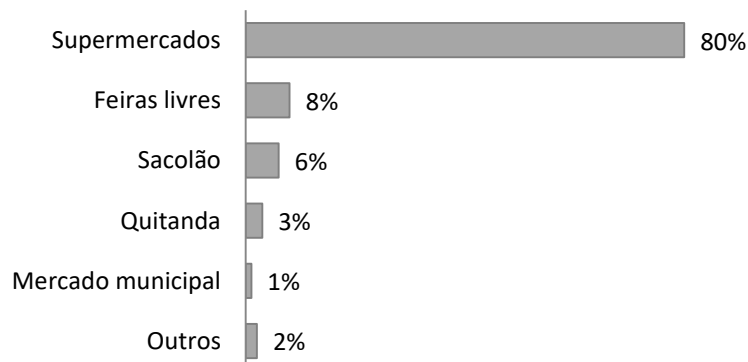
### 2.1. Mercado das hortaliças no Brasil

No Brasil, as hortaliças são popularmente conhecidas como verdura, legumes e raízes (LANA; TAVARES, 2010). As hortaliças são extremamente importantes na alimentação dos seres vivos, pois possuem alto valor nutricional, fornecendo vários tipos de vitaminas, fibras e minerais (CNA, 2017).

De acordo com estudo desenvolvido por Vilela e Henz (2000), o agronegócio de hortaliças destacou-se diante de outras culturas. Mesmo apresentando variações cíclicas e sazonais, apresentou lucros superiores às culturas de grãos. Além disso, o ramo da olericultura gera vários empregos diretos e indiretos, pois exige mão-de-obra desde a etapa de semeadura até a comercialização. Estima-se que a cada hectare cultivado, são gerados de três a seis empregos diretos e o mesmo número de empregos indiretos.

Geralmente, as hortaliças são comercializadas em feiras livres, sacolões, supermercados e quitandas (VILELA; HENZ, 2000). A Figura 1 mostra os principais locais de comercialização das hortaliças no Brasil. Observa-se que 80% do total de hortaliças são vendidas em supermercados.

Figura 1 - Percentual dos principais locais de comercialização de hortaliças, em 2012, no Brasil.



Fonte: CNA (2016) adaptado pela autora.

Segundo o Mapeamento e a Quantificação da Cadeia Produtiva das Hortaliças (CNA, 2017), em 2016, o PIB (Produto Interno Bruto) da cadeia produtiva das hortaliças registraram um montante de US\$ 5,3 bilhões, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Estimativa do Produto Interno Bruto da cadeia produtiva de hortaliças, no Brasil, em 2016 (US\$ milhões).

Tipo de Negócio	Mercado	Exportações	Importações	Total
Hortaliças <i>In Natura</i>	2.900,75	15,08	416,33	2.499,50
Produtos Minimamente Processados	300,75	1,72	18,82	283,64
Produtos Processados	2.943,94	6,60	379,16	2.571,77
<b>Total</b>	<b>6.145,44</b>	<b>23,43</b>	<b>814,32</b>	<b>5.354,52</b>

Fonte: CNA (2017).

De acordo com a Comissão Nacional de Hortaliças e Flores da Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), em 2016, o setor da horticultura brasileira obteve uma movimentação financeira em torno de R\$ 66 bilhões. Conforme o Mapeamento e a Quantificação da Cadeia Produtiva das Hortaliças (CNA, 2017), a Tabela 2 mostra as áreas e as produtividades consideradas para as estimativas da produção de hortaliças no Brasil em 2016. O estudo foi realizado com base em 13 horticulturas de importância econômica, a produção total chega a 16.710.024 toneladas.

Tabela 2 - Áreas, produtividade e produção de hortaliças, no Brasil em 2016.

Cultura	Área (ha)	Produtividade (t/ha)	Produção (t)
Abóbora Cabatiá	42.538,00	16,0	680.613,00
Abobrinha	20.904,00	18,0	376.268,00
Alface	91.172,00	18,6	1.701.872,00
Alho	11.334,00	11,3	133.217,00
Batata	134.243,00	34,6	3.934.288,00
Beterraba	10.938,00	20,0	218.765,00
Cebola	42.458,00	35,4	1.578.554,00
Cenoura	22.254,00	48,3	752.196,00
Coentro	73.938,00	15,0	1.109.063,00
Couve-flor	11.079,00	29,7	329.047,00
Pimentão	11.188,00	49,6	554.904,00
Tomate Mesa	46.448,00	81,8	3.803.167,00
Tomate Indústria	18.814,00	81,9	1.538.070,00
<b>Total</b>	<b>537.308,00</b>	<b>-</b>	<b>16.710.024,00</b>

Fonte: CNA (2017).

No entanto, de acordo com o balanço do agronegócio de 2016, o Brasil produziu cerca de 63 milhões de toneladas de hortaliças e contempla uma área cultivada de aproximadamente 837 mil hectares. São mais de 100 espécies cultivadas por todo o país (CNA, 2016).

De acordo com o Ávila (2016), a crise econômica do país também refletiu na olericultura brasileira, registrando uma redução da área cultivada e no volume produzido. Tais consequências estão ligadas à instabilidade financeira e à política do país, além do elevado índice de desemprego e o menor poder aquisitivo da população.

A temperatura, a umidade e a luminosidade são três fatores climáticos que podem influenciar na qualidade, no ciclo e na produtividade das hortaliças (AMARO et al., 2007). Algumas hortaliças se desenvolvem melhor em regiões de clima quente, já outras espécies em clima mais ameno (SANTOS et al., 2010). A produção de alface, por exemplo, tem se destacado principalmente nas regiões Sul e Sudeste, onde o clima é mais ameno. Segundo Assmam (2016), a região Sudeste do Brasil lidera a produção e o consumo de hortaliças. Em 2015, os maiores produtores nacionais foram: São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, respectivamente. A Tabela 3 mostra o Ranking Estadual de produção de hortaliças no Brasil.

Tabela 3 - Estados brasileiros que apresentam a maior produção e o maior consumo de hortaliças, no ano de 2015.

Estados com maior Produção De Hortaliças (%)	
São Paulo	20,7
Minas Gerais	13,9
Rio de Janeiro	13,2
Paraná	8,5
Rio Grande do Sul	6,0
Demais Estados	37,7

Fonte: Assmam (2016).

No Brasil, grande parte da produção das hortaliças é encaminhada para as redes Centrais Estaduais de Abastecimento Sociedade Anônimas (CEASAS). Essas centrais de abastecimento auxiliam na comercialização de mais de 60% da produção de hortaliças (VILELA; HENZ, 2000). De fato, apenas 70% das hortaliças são comercializadas nas CEASAS, os 30% restantes são estimados como perdas (CNA, 2017).

### 2.1.1. Processamento Mínimo de Hortaliças

Atualmente, a sociedade globalizada tem dado preferência a alimentos rápidos e práticos, mas que também sejam saudáveis e seguros (SILVA et al., 2007; JACXSENS et al., 2010; NASCIMENTO et al., 2014). Tal tendência se mantém e alavanca o crescimento do mercado de alimentos minimamente processados (AMP) (ARVANITOYANNIS et al., 2009, MARTIN-BELLOSO; FORTUNY, 2010). De acordo com *International Fresh-cut Produce Association* (2001), os produtos minimamente processados são frutas ou vegetais que foram descascados, aparados e/ou cortados em produtos totalmente utilizáveis, posteriormente são embalados para oferecer aos consumidores alta nutrição, conveniência e sabor, enquanto mantêm o frescor.

As hortaliças minimamente processadas (HMP) são vegetais prontos para o consumo, ou seja, são produtos submetidos a alterações físicas que mantêm seu frescor (RAGAERT et al., 2004, GOMES et al., 2005, CRUZ et al., 2006, SANTOS; OLIVEIRA, 2012). Esses alimentos passam por várias etapas até chegar ao produto final, tais como seleção, lavagem, corte, enxágue, sanitização e acondicionamento em embalagens específicas (CENCI, 2011). No Brasil, as HMP mais comuns são: rúcula, agrião, couve, repolho, alface, cenoura, brócolis, beterraba e abóbora (OLIVEIRA; SANTOS, 2015).

A ideia principal deste processo é assegurar ao consumidor conveniência, praticidade e segurança alimentar sem perda de qualidade nutricional (REYES, 1996, MORETTI, 2007, JAMES et al., 2010, OLIVEIRA; SANTOS, 2015). Alimentos como esses apresentam uma série de vantagens para as redes alimentícias, como a redução de mão-de-obra para preparo de alimentos e menor necessidade de sistemas especiais para o manuseio de resíduos (WATADA et al., 1996). No entanto, as operações de descascamento e corte tornam os produtos processado mais perecíveis, uma vez que altera o sistema enzimático do produto (CENCI, 2011).

Conforme Moretti (2007), os Estados Unidos comercializam os alimentos minimamente processados desde 1930. Entretanto, o mercado só começou a alavancar na década de 50, com o início das redes de refeições rápidas (“fast food”), consagrando assim, os EUA como maior produtor desse ramo (FONSECA, 2009). Em 1980, a França começou a comercializar frutas e hortaliças minimamente processadas, e logo em 1985, sua produção registrou um montante de 35 mil toneladas (BASTOS, 2006).



O agronegócio de alimentos minimamente processados ou “*fresh-cut*” teve início no Brasil na década de 70, também com a chegada das redes de “*fast food*”. No entanto, apenas em meados da década de 90, a pesquisa e o desenvolvimento dessa tecnologia atuou de forma consistente e sistemática no país (MORETTI, 2007). As principais empresas que adotaram essa tendência foram: as redes de supermercados, os hotéis, os restaurantes e as lanchonetes (CHITARRA, 1998<sup>1</sup> apud DAMASCENO et al., 2005). Desde então, esse mercado vem se expandindo e se consolidando no Brasil (PINELLI; ARAÚJO, 2006, do NASCIMENTO et al., 2014). Em 2011, cerca de 90% dos hipermercados nacionais já comercializavam os produtos minimamente processados, e esses alimentos representavam de 10% a 13% da venda final dos grandes mercados brasileiros (OLIVEIRA et al., 2011).

Devido à grande dificuldade de acessar informações e dados sobre as indústrias de processados mínimos, torna-se difícil estimar a quantidade de empresas neste ramo. No Brasil, segundo levantamento realizado pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE, em 2008, foram identificadas pelo menos 23 empresas atuantes no setor de processamento mínimo de hortaliças (SEBRAE, 2008).

Em 2016, o faturamento total da agroindústria processadora de hortaliças alcançou quase US\$ 2 bilhões (Tabela 4), sendo que os produtos minimamente processados foram responsáveis por 11% deste valor (CNA, 2017). Devido à dificuldade de informações mais detalhadas dessas indústrias de processados, este estudo considerou as estimativas de vendas nos supermercados.

Tabela 4 - Faturamento da agroindústria processada de hortaliças no Brasil, no ano de 2016.

Tipo de produto	Faturamento (US\$ milhões)	Representatividade (%)
Minimamente Processados	214,82	11
Processados	1.713,64	89
Total	1.928,46	100

Fonte: CNA (2017).

O elevado montante de resíduos orgânicos gerados na agroindústria de processamento mínimo de hortaliças é preocupante. Durante as atividades desse

<sup>1</sup> CHITARRA, M.I.F. Processamento Mínimo de Frutos e Hortaliças. Viçosa: Centro de Produções Técnicas, 1998, 87 p.

processo são descartados como resíduos, as hortaliças ou parte delas que não passam no padrão de qualidade, assim como, as partes não comestíveis (JAMES et al., 2010). Todo esse desperdício representa um enorme custo para a empresa, que é responsável pela destinação ambientalmente correta de seus resíduos.

Algumas hortaliças podem apresentar perdas superiores a 50% (MACHADO et al., 2006). As hortaliças folhosas tendem a apresentar um grande desperdício, por se tratar de produtos mais sensíveis e menos resistentes a mudanças ambientais e, até mesmo, a pragas. Por isso, costumam ter uma perda elevada desde o cultivo até a última etapa do processamento mínimo (CNA, 2017). Alguns autores afirmam que, a quantidade de resíduos e subprodutos gerados pela atividade de processamento mínimo dificulta o desenvolvimento desse setor (MIGUEL et al., 2008). Segundo Laufenberg (2003), existem poucas alternativas de utilização e/ou reciclo desses resíduos, a maioria é encaminhada como matéria prima da compostagem ou servem de alimento para animais.

Os restos de frutas e vegetais quando descartados de qualquer maneira podem gerar vários problemas socioambientais, como a atração de vetores, a poluição da água, entre outros. Além disso, nos últimos anos, o desenvolvimento de políticas e métodos para o manejo dos resíduos orgânicos vem ganhando mais atenção uma vez que, o desperdício desse material representa uma perda de valor quanto à biomassa e nutrientes, bem como uma perda econômica (PLAZZOTTA et al., 2017). Afinal, resíduos como esses apresentam grande potencial de aproveitamento e reciclagem, podendo ser convertido em biofertilizante e/ou energia renovável. Dessa forma, é possível evitar que esses resíduos sejam enviados para os aterros sanitários ou até mesmo dispostos em locais inadequados (JAMES et al., 2010).

## **2.2. Resíduos Sólidos**

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 10.004 de 31 de maio de 2004 define resíduos sólidos como:

Resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, que resultam de atividades da comunidade, de origem: industrial, doméstica, de serviços de saúde, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Consideram-se também resíduos sólidos os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpo d'água, ou exijam para

isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004).

SILVA et al. (2017) realizaram um estudo da evolução histórica dos resíduos sólidos na legislação ambiental brasileira. Neste trabalho afirmaram que apenas com a Lei de Crimes Ambientais – Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998 (BRASIL, 1998) e a Política Nacional de Saneamento Básico - Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007) o manejo dos resíduos sólidos começaram a ganhar relevância legal. Contudo, somente em 2010, com a publicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos ganharam força e visibilidade.

### 2.2.1. Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Trata-se da Lei mais atual e completa sobre os resíduos sólidos, abordando vários conceitos e definições importantes. Essa Lei traz os princípios e diretrizes para à gestão integrada e o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos, além disso, enfatiza a importância da reciclagem e tratamento dos resíduos (BRASIL, 2010).

Um dos objetivos da PNRS é promover a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem, o tratamento e a disposição final adequada dos rejeitos, propondo essa ordem como hierarquia na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos. A Figura 2 demonstra a hierarquia das ações no manejo de resíduos sólidos abordada no art. 9º da PNRS.

Figura 2 - Hierarquia das ações no manejo de resíduos sólidos, de acordo com Art. 9º da Lei nº 12.305 de 2010.



Fonte: PNRS (2010) adaptado pela autora.

### **2.2.1.1. Resíduos *versus* Rejeitos**

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos o resíduo sólido é todo aquele material, substância, objeto ou bem que foi descartado, no entanto, ainda possui potencial de aproveitamento e, por isso, devem ser tratados e recuperados. Já o rejeito, é todo o resíduo sólido que não possui mais qualquer possibilidade de reciclagem ou reutilização por processos tecnológicos e economicamente viáveis, não apresentando outra possibilidade que não a disposição final. Dessa forma, de acordo com o art. 9º da PNRS apenas os rejeitos devem ser dispostos em aterros sanitários (BRASIL, 2010).

Longo, segundo esta Lei, todo resíduo sólido orgânico com potencial de transformação em adubos e fertilizantes, podem e devem ser reciclados, pois agregar valor a esses produtos é de interesse econômico e ambiental (BRASIL, 2010).

### **2.2.1.2. Gestão *versus* Gerenciamento**

Os termos gestão e gerenciamento são geralmente utilizados como sinônimos. No entanto, a PNRS - Lei nº 12.305 de 2010 diferencia esses termos, no art.3º, incisos X e XI.

Art. 3º. [...] X – gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei; XI – gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010).

Dessa forma, o gerenciamento possui o caráter executivo e privado, englobando as atividades como mineração, indústria, agropecuária, construção civil, serviços de saúde e comércio de grande porte com resíduos perigosos (PORTELLA; RIBEIRO, 2014).

Para Ferreira et al. (2013) a gestão integrada é vista como ações mais gerais e abrangentes, de planejamento, com diretrizes que consideram soluções apropriadas do ponto de vista ambiental. Incluindo também, questões econômicas,

sociais e culturais, visando à sustentabilidade e ao mesmo tempo o controle social. Além disso, os mesmos autores ressaltaram que a gestão cabe ao setor público.

### 2.2.2. Classificação

É importante entender a classificação dos resíduos, para assim, pensar na gestão e no gerenciamento desses.

Conforme a literatura, os resíduos sólidos podem ser classificados de várias maneiras, no entanto, as mais comuns são quanto a sua origem e aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente (periculosidade).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) classifica os resíduos sólidos quanto à origem da seguinte forma: a) resíduos domiciliares; b) resíduos de limpeza urbana; c) resíduos sólidos urbanos; d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico, f) resíduos industriais; g) resíduos de serviços de saúde; h) resíduos de construção civil; i) resíduos agrossilvopastoris; j) resíduos de serviços de transporte; k) resíduos de mineração. O Quadro 1, identifica os responsáveis pela gestão e gerenciamento dos resíduos segundo sua origem.

Quadro 1 - Responsabilidade pelo gerenciamento de cada tipo de resíduo.

Origem/Natureza	Responsável
Resíduos domiciliares	Prefeitura
Resíduos de limpeza urbana	Prefeitura
Resíduos sólidos urbanos	Prefeitura
Resíduos comerciais e prestadores de serviços	Prefeitura*
Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico	Gerador
Resíduos industriais	Gerador
Resíduos de serviços de saúde	Gerador
Resíduos de construção civil	Gerador
Resíduos agrossilvopastoris	Gerador
Resíduos de transporte	Gerador
Resíduos de mineração	Gerador

\*Dependendo do volume, deve seguir a legislação municipal vigente.

Fonte: Schalch et al. (2002) adaptado pela autora.

Segundo a PNRS os grandes geradores de resíduos são responsáveis pela: coleta, transporte, tratamento, destinação dos respectivos resíduos sólidos e disposição final dos rejeitos, ademais, estão sujeitos à elaboração de plano de

gerenciamento de resíduos sólidos se exigido pelo órgão competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e do Sistema Único de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA) (BRASIL, 2010), para reforçar essa responsabilidade, foi instituída a Lei nº 5.610 em 16 de fevereiro de 2016 (BRASIL, 2016). A mesma aborda as responsabilidades dos grandes geradores de resíduos sólidos e dá outras providências.

As atividades agroindustriais geram grande quantidade de resíduos, e, por isso, são bons exemplos de grandes geradores. Sendo assim, são responsáveis pelo gerenciamento de seus resíduos e devem apresentar caso solicitado, o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Logo, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), os resíduos agroindustriais gerados durante as atividades de processamento mínimo de hortaliças são classificados, quanto à sua origem, como resíduos agrossilvopastoris.

Já quanto à periculosidade, a classificação segue um documento especial, a NBR 10.004 de 2004. Conforme esta, os resíduos sólidos podem ser classificados em duas classes, perigosos e não perigosos. Este, por sua vez, pode ser subdividido em inertes e não inertes (Quadro 2).

Quadro 2 - Classificação e características de diferentes tipos de resíduos.

Tipo de Resíduos	Classificação	Características
Resíduos Classe I	Perigosos	Aqueles que apresentam algum tipo de periculosidade, ou algum tipo de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, ou constem nos anexos A ou B da NBR 10004:2004.
Resíduos Classe II A	Não Perigosos – Não inertes	Aqueles que não se encaixa nas classificações dos resíduos classe I ou resíduos classe II B. Os resíduos de classe II A costumam apresentar propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
Resíduos Classe II B	Não Perigosos – Inertes	Aqueles que em contato com água desionizada ou destilada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, apresentando aspecto de cor, turbidez, dureza e sabor, de acordo com o anexo G da NBR 10004:2004.

Fonte: NBR 10004:2004 (ABNT, 2004).

Diante dessas informações, os resíduos orgânicos oriundos da atividade de processamento mínimo são considerados não perigosos e não inertes, enquadrados como Resíduos Classe II - A.

### **2.2.3. Resíduos Agrossilvopastoris**

De acordo com a Lei 12.305 de 2010, em seu art. 13º, os resíduos agrossilvopastoris compreendem todos os resíduos das atividades silviculturais e agropecuárias, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades (BRASIL, 2010). Dessa maneira, os resíduos provenientes das atividades agrossilvopastoris englobam vários tipos de resíduos, os quais podem ser classificados em orgânicos e/ou inorgânicos. Os orgânicos são oriundos das atividades dos setores agrícolas e pecuários. Já os resíduos inorgânicos englobam as embalagens de agrotóxicos, fertilizantes e outros insumos (RODRIGUES et al., 2013).

Ao longo desse trabalho o termo utilizado será “resíduos agroindustriais”, pois é assim reconhecido internacionalmente (CRAVO et al., 2014, YUSUF et al., 2017, SADH et al., 2018), e, além disso, é mais específico que o termo “resíduos agrossilvopastoris”. Segundo Viana e Cruz (2016), os resíduos agroindustriais são aqueles gerados nas atividades de processamento de materiais, tais como alimentos, madeira, couro e fibra. Esses podem ser oriundos de abatedouros, usinas de sucroalcooleiras, indústrias de processamento de grãos, fruta, hortaliças, entre outras. Os resíduos agroindustriais podem ser tanto de origem animal (laticínios, avicultura de corte, aquicultura, etc.) como de origem vegetal (frutas, oleaginosas, fibras, madeiras, etc.) (ROSA et al., 2011).

### **2.3. Resíduos Agroindustriais no Brasil**

A agroindústria contribui de forma significativa com a economia do Brasil, com participação de aproximadamente 5,9% no PIB brasileiro (EMBRAPA, 2019). Este setor engloba atividades de beneficiamento, transformação e processamento de matérias-primas provenientes da agropecuária, integrando o meio rural com a economia de mercado (EMBRAPA, 2019). O crescimento desse setor implica diretamente no aumento da geração de resíduos agroindustriais.

A etapa mais preocupante do manejo de resíduos orgânicos é a destinação final ambientalmente adequada e segura. Segundo dados da FAO (2011), por ano, são desperdiçados aproximadamente 1,3 bilhão de toneladas de alimentos, ou seja, praticamente 1/3 da produção alimentícia anual. Esse tipo de resíduo tende a causar impactos socioambientais negativos, pois a disposição inadequada pode provocar poluição, contaminação do solo e água, além de atrair vetores de doenças (SEABRA et al., 2016). Dessa forma, esses resíduos quando não aproveitados se tornam um passivo ambiental devido à geração de lixiviado e gases nos aterros sanitários.

Nos últimos anos, com a modernização da agricultura, os sistemas agrícolas se intensificaram e a produção de alimentos cresceu. Segundo diagnóstico realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (2012), as atividades agroindustriais associadas à agricultura geram mais de 291 milhões de toneladas de resíduos orgânicos por ano. Vale ressaltar que esse estudo abordou apenas 15 principais culturas brasileiras, e foi realizado com base na produção do ano de 2009. Já o setor pecuário gerou em torno de 1,7 bilhões de t/ano de dejetos.

De acordo com a versão preliminar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos de 2011, são gerados anualmente 800 milhões de toneladas de resíduos orgânicos, somando as quantidades provenientes das atividades industriais e agrossilvopastoris (MMA, 2017).

Devido a essa enorme geração de resíduos, as agroindústrias são responsáveis por traçar metas e estratégias de gerenciamento para seus resíduos, visando sempre que possível o aproveitamento, reciclagem e o tratamento dos mesmos, evitando ao máximo o desperdício e os riscos socioambientais.

## **2.4. Alternativas de Gerenciamento para os Resíduos Agroindustriais**

Existem várias formas de destinação ambientalmente adequada para os resíduos orgânicos provenientes das atividades agroindustriais, podendo destacar: o aterro sanitário, a biodigestão anaeróbia, a incineração e a compostagem.

### **2.4.1. Aterro Sanitário**

Os aterros sanitários são locais selecionados, construídos e dimensionados conforme critérios ambientais. Apresentam mecanismos para proteção da saúde pública e do meio ambiente, como impermeabilização do solo, drenagem



e tratamento do lixiviado e do gás (PORTELLA; RIBEIRO, 2014, MMA, 2017). Costa e Ribeiro (2013) asseguram que os aterros sanitários adotam medidas que minimizam os impactos ambientais, e por isso são considerados lugares seguros e eficientes para disposição final de resíduos sólidos urbanos (RSU) (FIORILLO, 2011). Quando a fração orgânica é encaminhada para os aterros sanitários ocorre a decomposição anaeróbia dos resíduos, gerando o lixiviado (o qual pode contaminar o solo e as águas superficiais ou subterrâneas), e a formação de gases tóxicos (que são lançados na atmosfera ou se acumulam no subsolo) (EL-FADEL et al., 1997, GOUVEIA; PRADO, 2010).

Segundo a PNRS, Lei nº 12.305 de 2010, os aterros sanitários só devem ser uma alternativa caso o reuso e/ou reciclagem se torne uma prática economicamente inviável. Diante deste fato, fica evidente que o aterro sanitário não é a melhor alternativa de destinação final para os resíduos orgânicos, pois resíduos como esses podem ser reciclados e aproveitados, aumentando a vida útil dos aterros sanitários. Além disso, segundo Narayana (2009), os custos para disposição final em aterros estão se tornando cada vez mais caros, por causa do aumento dos gastos de construção e operação. No entanto, de modo geral, esse ainda é o método mais utilizado para dispor os resíduos (ERSES et al., 2005, RENOUE et al., 2008, BEYLOT et al., 2013).

#### **2.4.2. Biodigestão anaeróbia**

A tecnologia de biodigestão anaeróbia, ou metanização, baseia-se na degradação e estabilização da fração orgânica através de microrganismos anaeróbios, gerando gases e uma nova biomassa (CHERNICHARO, 1997; KELLEHER et al., 2002). Dessa forma, os subprodutos formados, biogás e biofertilizantes, podem ser aproveitados (MMA, 2017). Rizzoni et al. (2012) acreditam que é uma prática atraente, pois além de tratar os resíduos, possibilita o controle da poluição e a recuperação de energia.

Apesar de também reciclar a fração orgânica, essa tecnologia quando comparada com a compostagem, demanda uma tecnologia mais complexa e mão de obra especializada. Além disso, a infraestrutura deve ser projetada para o aproveitamento do biogás (MMA, 2017).

O processo biológico de tratamento da matéria orgânica via metanização valoriza os subprodutos gerados (biogás e biossólidos). No entanto, o aproveitamento energético dependerá da qualidade e pureza do biogás gerado, pois durante o processo de biodegradação anaeróbia vários gases são produzidos (GALANTE et al., 2012), e muitos desses subprodutos são indesejáveis, como dióxido de carbono, sulfeto de hidrogênio, siloxanos, partículas sólidas e água. Por isso, o afluente a ser tratado influenciará diretamente na eficiência do processo (CONVERTI et al., 1999, DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2008).

### **2.4.3. Incineração**

Esse processo baseia-se na combustão do material, reduzindo grande parte do volume e eliminando a periculosidade dos resíduos sólidos, restando basicamente cinzas. Durante o processo de queima, o calor gerado pode ser aproveitado fornecendo energia elétrica e vapor (SEABRA et al., 2016). Por ser um sistema complexo e gerar gases extremamente perigosos durante todo o processo, a incineração demanda alto investimento em tecnologia e mão de obra especializada (MMA, 2017).

Aziz e Ramaswamy (1992) afirmam que essa técnica vem sendo muito utilizada para tratar os resíduos municipais, principalmente em cidades de grande porte, pois não demanda grandes áreas quando comparada com os aterros sanitários. Apesar de essa técnica reduzir o volume e peso dos resíduos até uma ordem de 80%, as cinzas restantes no incinerador devem ser encaminhadas para os aterros sanitários, visto que podem conter materiais perigosos, incluindo metais pesados e compostos orgânicos, como dioxinas, etc (NARAYANA, 2009).

Entretanto, esse tratamento não é indicado para tratar os resíduos orgânicos úmidos, pois apresentam baixo potencial calorífico e demandam uma maior quantidade de energia para a incineração, o que pode inviabilizar economicamente o processo. Logo, esse tratamento é mais recomendado para tratar os resíduos sólidos secos (LENGLET; TOULY, 2006).

### **2.4.4. Compostagem**

Segundo Teixeira et al. (2004), a compostagem é uma ferramenta que possibilita tratar e aproveitar os resíduos sólidos de origem orgânica seja de animal

ou vegetal, dando destino útil a fração orgânica. A biomassa final é denominada como composto orgânico, sendo um produto estável e rico em nutrientes (KIEHL, 2004, SUNDBERG, 2005, WESTERMAN; BICUDO, 2005, ALVAREZ et al., 2006, FIALHO, 2007, MASSUKADO, 2008, KIEHL, 2008), além disso, livre de agentes fitotóxicos e patógenos (WICHUK; MCCARTNEY, 2007). Hobson et al. (2005) afirmam que a compostagem pode ser aplicada em larga escala no formato de leiras ou pilhas, ou em pequena escala com uma composteira caseira (ANDERSEN et al., 2011). Esse processo visa tratar estrumes, resíduos verdes no geral ou frações orgânicas dos resíduos sólidos urbanos (GOYAL et al., 2005).

A técnica de compostagem é definida por diversos autores como um processo aeróbio controlado, onde os microrganismos degradam a fração orgânica biodegradável, liberando vapor de água, gás carbônico e calor (SUNDBERG, 2005). Durante o processo de compostagem há a sucessão de comunidades microbianas (INSAM; de BERTOLI, 2007, MEHTA et al., 2014), elas variam de acordo com a temperatura da pilha. Tal prática permite a transformação de resíduos sólidos orgânicos em insumos para o solo, agregando valor ao resíduo. Yu et al. (2016) afirmam que a compostagem é um tratamento barato, eficiente e sustentável. Assim como Narayana (2009) e Nagarajan et al. (2014) acreditam que essa técnica é a opção mais econômica e sustentável para a gestão de resíduos orgânicos, pois trata-se de um processo natural. Apesar de ser uma técnica relativamente simples, segura e barata, requer condições ideais (temperatura, pH, oxigênio, microrganismos, umidade, relação C/N e granulometria) para evitar a geração de odores, proliferação de vetores e doenças (KIEHL, 2004, INÁCIO; MILLER, 2009).

## **2.5. Legislações relacionadas à compostagem e ao composto orgânico**

Neste tópico são citadas todas as legislações relacionadas ao processo de compostagem e ao composto orgânico produzido ao final desse tratamento. Ao longo do trabalho, apenas serão referenciadas algumas dessas legislações, como a PNRS, CONAMA 481, IN n°25 e IN SDA n°27. As demais são de caráter informativo para as agroindústrias que almejam realizar esse tipo de tratamento.

De acordo com o art. 3º, inciso XIV, da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), os processos, como a compostagem, que promovem a transformação dos resíduos orgânicos em fertilizantes e adubos podem ser denominados como

processos de reciclagem. Assim, a fração orgânica não deve ser considerada rejeito, e as estratégias de gestão e gerenciamento desses resíduos (em qualquer escala) devem promover a sua reciclagem (BRASIL, 2010).

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 481 de 2017 estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem dos resíduos orgânicos. Logo, todas as unidades de compostagem devem atender aos requisitos desta resolução. Algumas das medidas são: proteção do solo por meio de impermeabilização; adoção de medidas para tentar minimizar a emissão de odores e lixiviado; controle termofílico, entre outros (BRASIL, 2017).

Já a Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), atribui especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura (BRASIL, 2009).

A Lei nº 6.894 de 16 de dezembro de 1980, alterada pela Lei 12.890 de 2013, dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura, e dá outras providências (BRASIL, 1980).

O Decreto nº 4.954 de 14 de janeiro de 2004, com algumas alterações pelo Decreto nº 8.384 de 2014, aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências (BRASIL, 2004).

A Instrução Normativa SDA nº 27, 5 de junho de 2006, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), alterada pela Instrução Normativa SDA nº 7 de 12 de abril de 2016, estabelece os limites de concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas para produzir, importar ou comercializar fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes (BRASIL, 2006).

A Instrução Normativa GM nº 53, 23 de outubro de 2013, com as alterações da IN nº 6 de 10 março de 2016. Estabelece as disposições e critérios para as

definições, a classificação, o registro e renovação de registro de estabelecimento, o registro de produto, a autorização de comercialização e uso de materiais secundários, o cadastro e renovação de cadastro de prestadores de serviços de armazenamento, de acondicionamento, de análises laboratoriais, de empresas geradoras de materiais secundários e de fornecedores de minérios, a embalagem, rotulagem e propaganda de produtos, as alterações ou os cancelamentos de registro de estabelecimento, produto e cadastro e os procedimentos a serem adotados na inspeção e fiscalização da produção, importação, exportação e comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores, substrato para plantas e materiais secundários; o credenciamento de instituições privadas de pesquisa; e os requisitos mínimos para avaliação da viabilidade e eficiência agrônômica e elaboração do relatório técnico-científico para fins de registro de fertilizante, corretivo, biofertilizante, remineralizador e substrato para plantas na condição de produto novo (BRASIL, 2013).

### 3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Rancho São Francisco de Paula (Rancho SFP) é uma empresa de beneficiamento, comercialização e distribuição de hortaliças minimamente processadas, ativa desde o ano de 2000. O Rancho está localizado nas coordenadas 22° 18' 11" S e 42° 52' 33" W da região serrana do Estado do Rio de Janeiro, mais precisamente no município de Teresópolis.

Nos últimos anos, Teresópolis liderou o faturamento de hortaliças da região serrana do Rio de Janeiro, apresentando também, o maior número de produtores e produção (Tabela 5). Em 2017, 38,29% do faturamento total correspondia a Teresópolis, e 24,25% ao município de Nova Friburgo; os 37,46% restante corresponde ao somatório dos dez demais municípios da região serrana.

Tabela 5 - Histórico do faturamento da comercialização de hortaliças dos municípios da Região Serrana do Rio de Janeiro nos últimos anos (x 1000 R\$).

Municípios	2013	2014	2015	2016	2017
Bom Jardim	32.837,249	40.125,908	51.373,380	68.005,860	64.903,570
Cantagalo	603,138	1.017,809	801,345	623,836	487,690
Carmo	3.205,550	2.932,590	1.261,983	1.902,845	2.245,115
Cordeiro	6.740,650	4.139,480	6.319,600	7.571,550	4.901,500
Duas Barras	49.902,273	49.919,204	39.001,575	34.842,317	30.832,440
Macuco	530,560	434,986	463,815	238,542	285,050
Nova Friburgo	129.152,257	127.477,287	114.270,476	157.345,566	124.800,752
Santa Maria Madalena	4.849,062	1.844,312	1.763,193	1.817,980	2.307,004
São Sebastião do Alto	34.034,300	29.156,392	32.858,396	35.009,068	24.983,622
Sumidouro	53.768,456	36.299,372	65.664,031	69.128,049	45.586,190
Teresópolis	228.052,121	239.233,530	266.521,383	249.499,487	197.059,870
Trajano de Moraes	38.714,085	31.871,208	28.083,983	36.562,960	16.240,965
<b>Total</b>	<b>582.389,702</b>	<b>564.452,081</b>	<b>608.383,162</b>	<b>662.548,061</b>	<b>514.633,768</b>

Fonte: Emater-Rio (2017).

Segundo o Acompanhamento Sistemático da Produção Agrícola (ASPA) realizado pela Emater-Rio, em 2017, Teresópolis registrou 5.618 produtores

agrícolas, movimentando cerca de 197 milhões de reais na região serrana (Tabela 6).

A produção de alface, por exemplo, é uma das que mais se destaca na região serrana do Estado do Rio de Janeiro, favorecida pelo clima mais ameno, e movimenta mais que 95 milhões de reais por ano.

Tabela 6 - Relatório do sistema ASPA referente à Teresópolis no ano de 2017.

Culturas	Número de Produtores	Produção (t)	Área (Ha)	Faturamento (x1000 R\$)
Alface	1.600	102.885,50	4.000,00	95.004,52
Couve	500	17.885,00	350	33.899,60
Rúcula	302	2.929,00	150	10.015,10
Salsa	250	4.078,00	122,5	7.910,30
Tangerina poncã	123	8.717,00	435	6.861,00
Brócolos	448	6.200,50	270	6.774,50
Cebolinha	400	2.555,50	159,3	5.472,55
Espinafre	300	4.185,00	120	4.800,75
Chicória	500	5.647,00	190,1	4.682,15
Coentro	300	1.313,20	84,6	4.494,80
Couve flor	80	2.670,00	70	3.503,62
Agrião	90	2.346,00	95,1	3.318,00
Repolho	200	4.655,50	108	2.975,62
Chuchu	59	3.369,00	47,9	1.964,45
Tomate	65	1.409,00	21	1.629,77
Jiló	130	878	39	896,1
Pimentão	70	688	17,3	817
Abobrinha	79	821,6	48,02	799,5
Beterraba	80	833,5	32	775,2
Cenoura	22	328	13,98	381,15
Ervilha	20	14,2	1,85	84,2
<b>Total</b>	<b>5.618</b>	<b>174.408,50</b>	<b>6.375,65</b>	<b>197.059,87</b>

Fonte: Emater-Rio (2017).

As principais microrregiões fornecedoras de hortaliças para as Centrais de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro (CEASA-RJ) são Teresópolis e Nova Friburgo. Em dezembro de 2016, o estado do Rio de Janeiro comercializou 521,5 toneladas de alface, sendo o município de Teresópolis o principal fornecedor, contribuindo com 362,96 toneladas, o que correspondeu a 69,6% do total ofertado no Estado (CEASA/RJ, 2016).

Em novembro de 2017 o município de Teresópolis (Tabela 7) continuou sendo a principal microrregião fornecedora de alface para a CEASA/RJ, contribuindo com aproximadamente 210,5 toneladas (CONAB, 2017).

Tabela 7 - Principais municípios do país na quantidade ofertada de alface para as Ceasas analisadas neste Boletim e suas respectivas microrregiões, em novembro de 2017.

Município	Microrregião	Quantidade (Kg)
Piedade – SP	Piedade – SP	1.885.915
Ibiúna – SP	Piedade – SP	1.022.920
São José dos Pinhais – PR	Curitiba – SP	304.380
Tianguá – CE	Ibiapaba – CE	296.550
Colombo – PR	Curitiba – SP	292.244
Teresópolis – RJ	Serrana – RJ	210.480
Vitória de Santo Antão – PE	Vitória de Santo Antão – PE	208.884
Mogi das Cruzes – SP	Mogi das Cruzes – SP	191.596
Aratuba – CE	Baturité – CE	191.300
Cotia – SP	Itapacerica da Serra – SP	189.059
Embu-Guaçu – SP	Itapacerica da Serra – SP	154.181
Brasília – DF	Brasília – DF	113.771
Santa Maria de Jetibá – ES	Santa Teresa – ES	98.089
São Paulo – SP	São Paulo – SP	91.560
Itapecerica da Serra – SP	Itapecerica da Serra – SP	85.305
Santa Isabel – SP	Guarulhos – SP	70.374
Nova Friburgo – RJ	Nova Friburgo – RJ	39.584
Campina Grande do Sul – PR	Curitiba – PR	30.310
Atibaia – SP	Bragança Paulista – SP	28.680
Tuiuti – SP	Bragança Paulista – SP	25.794

Fonte: CONAB (2017).

### 3.1. Rancho São Francisco de Paula (Rancho SFP)

Em meado do ano 2000, a empresa começou sua história plantando e comercializando hortaliças *“in natura”*, e, em 2004, começou a distribuição de hortaliças minimamente processadas. O crescimento contínuo da demanda fez a empresa buscar capital investidor e parcerias para alavancar a infraestrutura.

Dessa forma, nos dias de hoje, o Rancho SFP processa seus produtos em um ambiente climatizado, higienizado e sanitizado (Figura 3).



Figura 3 – Rancho SFP. Ambiente climatizado, higienizado e sanitizado para o processamento mínimo de hortaliças.



Fonte: Autora (2019).

Visando assegurar a qualidade de seus produtos, o Rancho SFP possui 35 estufas para cultivo e germinação das hortaliças e todas são controladas pelo Engenheiro Agrônomo do estabelecimento (Figura 4).

Figura 4 - Lavoura do Rancho SFP. Vista das estufas utilizadas para o cultivo das hortaliças.

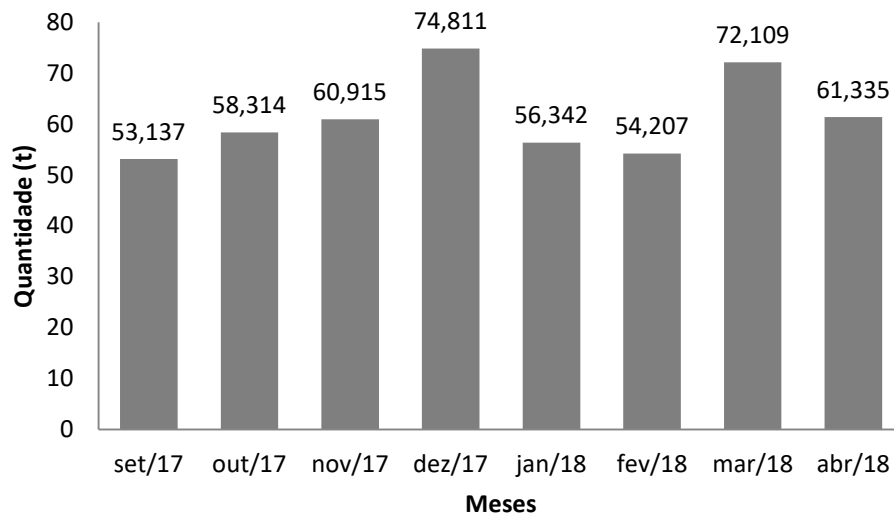


Fonte: Autora (2019).

Atualmente, o Rancho São Francisco de Paula é um dos maiores fornecedores de hortaliças processadas para os estabelecimentos da cidade do Rio de Janeiro, atendendo a grandes redes alimentícias. Entre os meses de setembro de 2017 e abril de 2018, a quantidade média de resíduos gerados diariamente durante o processamento mínimo das hortaliças no Rancho SFP foi em torno de 2,5 toneladas.

Segundo dados internos do Rancho SFP, a quantidade de resíduos gerados (t) entre os meses de setembro de 2017 a abril de 2018 variou de 53 a 75 toneladas (Figura 5).

Figura 5 – Quantidade (t) de resíduos gerados no Rancho SFP no período de setembro de 2017 a abril de 2018.



Fonte: Autora (2019).

Os resíduos gerados durante o processamento mínimo das hortaliças no Rancho SFP devem ser tratados para atender a PNRS (Figura 6).

Figura 6 - Resíduos gerados durante o processamento mínimo do Rancho SFP.



Fonte: Autora (2019).

A compostagem é feita com restos de hortaliças (Figura 7A) e adiciona-se esterco de equinos (Figura 7B). Como não é possível ter compostagem apenas com

restos de vegetais, o esterco é essencial para este processo, pois funciona como material estruturante e, fonte de nitrogênio e carbono. O Rancho compra os dejetos de equinos, que são mais baratos quando comparado com outros esterco de animais, por exemplo, esterco de galinhas poedeiras. Além disso, são facilmente encontrados na região.

Figura 7 - Restos de hortaliças (A) e o esterco equino (B).



Fonte: Autora (2019).

A mistura do esterco equino com os restos de hortaliças é feita com auxílio de um mini trator (Figura 8A), proporcionando uma mistura mais homogênea e com uma granulometria menor que a inicial (Figura 8B).

Figura 8 - Preparação da mistura (Restos de hortaliças + Esterco equino).



Fonte: Autora (2019).

O Rancho SFP destina seus resíduos agroindustriais para o processo de compostagem. No rancho há uma área de aproximadamente 3.000 m<sup>2</sup> reservada para o tratamento dos resíduos gerados no processamento mínimo de hortaliças via compostagem (Figura 9).

Figura 9 - Vista área do Rancho SFP, mostrando as estufas e a área destinada a compostagem.



Fonte: Google Maps (2018).

Atualmente, o pátio de compostagem (Figura 10) do Rancho dispõe de seis leiras aeradas naturalmente. Cada leira mede em média (altura x largura x comprimento) 1,2m x 1,5m x 20m com uma cobertura de 30 cm de palha. Um metro cúbico corresponde a 500 kg de composto, logo são produzidas 18 toneladas de composto por leira (36 m<sup>3</sup> x 500 Kg). No final de um ano tem-se o montante de 324 toneladas, considerando que cada leira fica montada por aproximadamente quatro meses.

Figura 10 - Pátio de compostagem.



Fonte: Autora (2019).

O rancho não possui uma área coberta para a maturação do composto e, após sair da leira, o material é empilhado a céu aberto (Figura 11A). Durante essa fase nenhum parâmetro físico, químico ou biológico é analisado, além disso, não há nenhuma separação desse material por lote. Já a Figura 11B mostra O composto final não peneirado.

Figura 11 - Composto na fase de maturação e o composto final (não peneirado).



Fonte: Autora (2019).

## REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004. Resíduos sólidos – Classificação**. 2004.
- ALVAREZ, R.; VILLICA, R.; LIDEN, G. Biogas production from llama and cow manure at high altitude. **Biomass Bioenergy**, v. 30, n. 1, p. 66-75, 2006.
- AMARO, G.B.; da SILVA, D.M.; MARINHO, A.G.; NASCIMENTO, W.M. Recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar. **Circular Técnica**, 47, INFOTECA-E. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2007. 16 p.
- ANDERSEN, J.K.; BOLDRIN, A.; CHRISTENSEN, T.H.; SCHEUTZ, C. Mass balances and life cycle inventory of home composting of organic waste. **Waste Management**, v. 31, n. 9, p. 1934-1942, 2011.
- ARVANITOYANNIS, I.S.; STRATAKOS, A.C.; TSAROUHAS, P. Irradiation applications in vegetables and fruits: a review. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 49, n. 5, p. 427-462, 2009.
- ASKARIAN, M.; HEIDARPOOR, P.; ASSADIAN, O. A total quality management approach to healthcare waste management in Namazi Hospital, Iran. **Waste Management**, v. 30, n. 11, p. 2321-2326, 2010.

ASSMAM, I.A. **Anuário brasileiro de hortaliças 2017**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta. Santa Cruz, 2016.

ÁVILA, S. **Anuário brasileiro de hortaliças 2017**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta. Santa Cruz, 2016.

AZIZ, M.A.; RAMASWAMY, S.D. Incinerator Residue for Roads. **Geotechnical Testing Journal**, v. 15, n. 3, p. 300-304.1992.

BASTOS, M.S.R. Frutas Minimamente Processadas: Aspectos de Qualidade e Segurança. **Embrapa Agroindústria Tropical**. Fortaleza, 2006.

BEYLOT, A.; VILLENEUVE, J.; BELLENFANT, G. Life Cycle Assessment of landfill biogas management: Sensitivity to diffuse and combustion air emissions. **Waste Management**, v. 33, n. 2, p. 401-411, 2013.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 481, de 03 de outubro de 2017. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 04 out. 2017. Seção 1, p. 51.

BRASIL. Decreto nº. 4.954, de 14 de Janeiro de 2004. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 jan. 2004. Seção 1, p. 2.

BRASIL. Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 jul. 2009. Seção 1, p. 20.

BRASIL. Instrução Normativa SDA nº 27, de 05 de junho de 2006. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 jun. 2006.

BRASIL. Instrução Normativa SDA nº 53, de 05 de outubro de 2013. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 jun. 2006.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Seção 2, p. 2.

BRASIL. Lei nº 6.894, de 16 de Dezembro de 1980. **Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura, e dá outras providências.** (Redação dada pela Lei nº 12890, de 2013). Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/1980-1988/L6894.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/1980-1988/L6894.htm)>. Acesso em: Nov. 2018.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de Fevereiro de 1998. **Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.** Disponível em:<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L8171.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8171.htm)>. Acesso em: Nov. 2018.

BRASIL. Lei nº 5.610, de 16 de Fevereiro de 2016. Dispõe sobre a responsabilidade dos grandes geradores de resíduos sólidos e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2016.

BRASIL. Lei nº. 11.445, de 5 de Janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2007/lei-11445-5-janeiro-2007-549031-norma-actualizada-pl.pdf>>. Acesso em: Nov. 2018.

CEASA/RJ – Centrais de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro. **Informativo de Mercado-Dezembro 2016**. 2016. Disponível em: <[http://www.ceasa.rj.gov.br/ceasa\\_portal/view/InformativoDezembro2016.pdf](http://www.ceasa.rj.gov.br/ceasa_portal/view/InformativoDezembro2016.pdf)> Acesso em: Out. 2018.

CEASAS/RJ - Centrais de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro. **Conjuntura de Mercado Maio/2013**. Disponível em: <[http://www.ceasa.rj.gov.br/ceasa\\_portal/view/ConjunturaMaio2013.pdf](http://www.ceasa.rj.gov.br/ceasa_portal/view/ConjunturaMaio2013.pdf)>. Acesso em: Jun. 2018.

CENCI, S.A. Processamento mínimo de frutas e hortaliças: Tecnologia, qualidade e sistema de embalagem. **Embrapa Agroindústria de Alimentos - Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2011. 144 p.

CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores Anaeróbios**. Belo Horizonte: DESA-UFMG. 1997. 245 p.

CNA - Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **Mapeamento e quantificação da cadeia produtiva das hortaliças do Brasil**. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Brasília: CNA, 2017. 80p. Disponível em: <<https://www.cnabrasil.org.br/cartilhas/mapeamento-e-quantificacao-da-cadeia-produtiva-das-hortaliças>>. Acesso em: Jan. 2018.

CNA - Confederação da Agricultura Pecuária do Brasil. **Hortaliças: Balanço 2016 | Perspectivas 2017**. 2016. Disponível em: <[http://www.cnabrasil.org.br/sites/default/files/sites/default/files/uploads/11\\_hortaliças.pdf](http://www.cnabrasil.org.br/sites/default/files/sites/default/files/uploads/11_hortaliças.pdf)>. Acesso em: Jun. 2018.

CNA - Confederação da Agricultura Pecuária do Brasil. **Setor de hortaliças movimentou agronegócio e gera emprego e renda, afirma presidente da CNA**. Disponível em: <<https://www.cnabrasil.org.br/noticias/setor-de-hortaliças-movimentou-agronegócio-e-gera-emprego-e-renda-afirma-presidente-da-cna>>. Acesso em: Jun. 2018.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim Hortigranjeiro**, v.3, n.12. Brasília, Dezembro 2017. Disponível em: <[http://www.ceasa.gov.br/dados/publicacao/Boletim\\_Hortigranjeiro\\_Dezembro\\_2017.pdf](http://www.ceasa.gov.br/dados/publicacao/Boletim_Hortigranjeiro_Dezembro_2017.pdf)>. Acesso em: Dez. 2017.

CONVERTI, A.; DEL BORGHI, A.; ZILLI, M.; ARNI, S.; DEL BORGHI, M. Anaerobic digestion of the vegetable fraction of municipal refuses: mesophilic versus thermophilic conditions. **Bioprocess Eng.**, v. 21, n. 4, p. 371-376, 1999.

COSTA, B.S.; RIBEIRO, J.C.J. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos: direitos e deveres**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2013.

CRAVO, J.C.M.; SARTORI, D. de L.; NAKANISHI, E.Y.; FIORELLI, J.; BALEIRO, J.C. de C.; dos SANTOS, W.N. Forro ecológico de resíduos agroindustriais para galpões avícolas. **Ciência Rural**, v. 44, n. 8, p. 1466-1471, 2014.

CRUZ, A.G.; CENCI, S.A.; MAIA, M.C.A. Quality assurance requirements in produce processing. **Trends in Food Science and Technology**, v. 17, n. 8, p. 406-411, 2006.

DAMASCENO, K.S.F. da S.C.; ALVES, M.A.; de MENDONÇAS, S.C.; GUERRA, N.B.; STAMFORD, T.L.M. Melão minimamente processado: um controle de qualidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, 2005.

DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. **Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction**. 2. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2008, 443 p.

DIAS, V.V.; SCHULTZ, G.; SCHUSTER, M.S.; TALAMINI, E.; RÉVILLION, J.P. O mercado de alimentos orgânicos: um panorama quantitativo e qualitativo das publicações internacionais. **Ambiente & Sociedade**, v. 18, n. 1, p. 161-182, 2015.

do NASCIMENTO, K.D.O., AUGUSTA, I.M., RODRIGUES, N. da R., PIRES, T., BATISTA, E., JÚNIOR, J.L.B.; BARBOSA, M.I.M.J. Alimentos minimamente processados: uma tendência de mercado. **Acta Tecnológica**, v. 9, n. 1, p. 48-61, 2014.

EL-FADEL, M.; FINFIKAKIS, A.N.; LECKIE, J.O. Environmental Impacts of Solid Waste Landfilling. **Journal of Environmental Management**, v. 50, n. 1, p. 1-25, 1997.

EMATER – Empresa de Assistência Técnica Extensão Rural. **Acompanhamento Sistemático da Produção Agrícola (ASPA)**. Disponível em: <<http://www.emater.rj.gov.br/images/munic2017.htm>>. Acesso em: Dez. 2018.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/grandes-contribuicoes-para-a-agricultura-brasileira/agroindustria>>. Acesso em: Jan. 2019.

ERSES, A.S.; FAZAL, M.A., ONAYA, T.T., CRAIG, W.H. Determination of solid waste sorption capacity for selected heavy metals in landfills. **Journal of Hazardous Materials**, v. 121, n. 1-3, p. 223-232, 2005.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Global food losses and food waste - extent, causes and prevention**. Rome, 2011.



FERREIRA, A.B. de B.; COSTA, B.S.; de OLIVEIRA; AMARAL, C.H.C.; NETO BALEEIRO, D.; FERREIRA, E. de J.; REZENDE, E.N.; FREITAS, F.A.S.; RIBEIRO, J.C.J.; VASCONCELOS, L.A. de A.; GALANTE, M.B.B.; VALENTE, P.A.F.; VIEIRA, P.E.; PINTO, P.P.A. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos: direitos e deveres**. 1. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2013. 253 p.

FERREIRA, N.A. **Aproveitamento de resíduos do processamento mínimo de beterraba**: elaboração de produtos tecnológicos, avaliação sensorial, físico-química e de compostos funcionais. Brasília, 2010. 150 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana), Universidade de Brasília, 2010.

FIALHO, L.L. **Caracterização da matéria orgânica em processo de compostagem por métodos convencionais e espectroscópicos**. São Carlos, 2007. 170 f. Tese (Doutorado em Ciências – Química Analítica) – Universidade de São Paulo, 2007.

FIORILLO, C.A.P. **Curso de Direito Ambiental brasileiro**. São Paulo: Saraiva, 2011.

FONSECA, F.G. **Perfil da contaminação de hortaliças minimamente processadas comercializadas no distrito federal**. Brasília, 2009. 37 f. Monografia (Especialização em Qualidade em Alimentos) – Universidade de Brasília, 2009.

FORNARI JUNIOR, C.C.M. Aplicação da ferramenta da qualidade (diagrama de *Ishikawa*) e do PDCA no desenvolvimento de pesquisa para a reutilização dos resíduos sólidos de coco verde. **Revista INGEPRO**, v. 2, n. 9, p. 104-112, 2010.

GALANTE, C.G.; PEZZOLA, L.; PRIANO, N.; SCARAMELLINI, S.; STTOCORNOLA, A. **Methane from biogas: the process, cleaning and projects**. Trondheim: Norewegian University of Science and Technology, 2012, 52 p.

GOMES, C.A.O.; ALVARENGA, A.L.B.; FREIRE JUNIOR, M.; CENCI, S.A. Hortaliças minimamente processadas. **Informação Tecnológica**, INFOTECA-E. Brasília, DF: Embrapa, 2005. 38 p.

GOUVEIA, N.; PRADO, R.R. Health risks in areas close to urban solid waste landfills sites. **Revista de Saúde Pública**, v. 44, n. 5, p. 859-866, 2010.

GOYAL, S.; DHULL, S.K.; KAPOOR, K.K. Chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assessment of compost maturity. **Bioresource Technology**, v. 96, n. 14, p. 1584-1591, 2005.

HOBSON, A.M.; FREDERICKSON, J.; DISE, N.B. CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O from mechanically turned windrow and vermicomposting systems following in-vessel pre-treatment. **Waste Management**, v. 25, n. 4, p. 345-352, 2005.

IFPA – INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION. **Food safety guidelines for the fresh-cut produce industry**. 4. ed. Washington, DC, EUA, 2001.

INSAM, H.; de BERTOLI, M. Microbiology of the composting process. **Waste Management Series**, v. 8, s.n., p. 25-48, 2007.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica aplicada. **Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas**. Brasília, 2012.

JACXSENS, L.; LUNING, P.A; VAN DER VORSR, J.G.A.J.; DEVLIEGHERE, F.; LEEMANS, R.; UYTENDAELE, M. Simulation modelling and risk assessment as tools to identify the impact of climate change on microbiological food safety and case study of fresh produce supply chain. **Food Research International**, v. 43, n. 7, p. 1925-1935, 2010.

JAMES, J.B.; NGARMSAK, T.; ROLLE, R.S. Processing of fresh-cut tropical fruits and vegetables: A technical guide. **RAP Publication (FAO) eng n. 2010/16**, 2010.

KELLEHER, B.P.; LEAHY, J.J.; HENIHAN, A.M.; O'DWYER, T.F.; SUTTON, D.; LEAHY, M.J. Advances in poultry litter disposal technology – a review. **Bioresour. Technol.**, v. 83, n. 1, p. 27-36, 2002.

KIEHL, E.J. **500 perguntas e respostas**. 1. ed . Piracicaba. Agronômica Ceres Ltda, 2008, 227 p.

KIEHL, E.J. **Manual da Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto**. 4. ed. Piracicaba. 2004. 173 p.

LANA, M. M.; TAVARES, S. A. **50 Hortaliças: como comprar, conservar e consumir**. Embrapa: 2010. 209 p.

LAUFENBERG, G.; KUNZ, B.; NYSTROEM, M. Transformation of vegetable waste into value added products: (A) the upgrading concept; (B) practical implementations. **Bioresource Technology**, v. 87, n. 2, p. 167-198, 2003.

LEAL, M.A.A.; GUERRA, J.G.M.; PEIXOTO, R.T.G.; ALMEIDA, D.L. Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 392-395, 2007.

LENGLET, R.; TOULY, J. **L'eau des multinationales: les vérités inavouables**. Paris: Fayard, 2006.

MACHADO, C.M.M.; MORETTI, C.L.; SOUSA, RM de D. Aproveitamento das raspas geradas na produção de minicenouras. **Comunicado Técnico**, n. 33, p. 8. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2006.

MARTIN-BELLOSO, O.; FORTUNY, R.S. **Advances in fresh-cut fruits and vegetables processing**. CRC press, 2010.

MASSUKADO, L.M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares**. São Carlos, 2008. 204 f. Tese

(Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, 2008.

MEHTA, C.M.; PALNI, U.; FRANKE-WHITTLE, I.H.; SHARMA, A.K. Compost: its role, mechanism and impact on reducing soil-borne plant diseases. **Waste Management**, v. 34, n. 3, p. 607-622, 2014.

MIGUEL, A.C.A.; ALBERTINI, S.; BEGIATO, G.B.; DIAS, J.R.P.S.; SPOTO, M.H.F. Aproveitamento agroindustrial de resíduos sólidos provenientes do melão minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 733-737. Campinas, 2008.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Compostagem doméstica, comunitária e institucional de resíduos orgânicos**: manual de orientação. Brasília, 2017.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Inauguração Aterro Teresópolis**. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/informma/item/5619-minc-participa-da-inauguracao-de-aterro-sanitario-em-teresopolis-rj>>. Acesso em: Dez. 2017.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Resíduos Orgânicos e Legislações**. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/gest%C3%A3o-de-res%C3%ADduos-org%C3%A2nicos#legislacao>>. Acesso em: Dez., 2017.

MORETTI, C.L. **Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2007. 531 p.

NAGARAJAN, G.; RAJAKUMAR, S.; AYYASAMY, P.M. Vegetable wastes: An alternative resource for biogas and bio compost production through lab scale process. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 3, n. 10, p. 379-387, 2014.

NARAYANA, T. Municipal solid waste management in India: From waste disposal to recovery of resources?. **Waste management**, v. 29, n. 3, p. 1163-1166, 2009.

OLIVEIRA, E.N.A.; SANTOS, D.C. **Tecnologia e Processamento de Frutos e Hortaliças**. Natal: IFRN, 2015. 234 p.

OLIVEIRA, M.A.; SOUZA, V.M.; BERGAMINI, A.M.M. Microbiological quality of ready-to-eat minimally processed vegetables consumed in Brazil. **Food Control**, v. 22, n. 8, p. 1400-1403, 2011.

PELIZER, L.H.; PONTIERI, M.H.; MORAES, I.O.J. Utilização de resíduos agroindustriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 2, n. 1, p. 118-122, 2007.

PINELLI, L.L.O.; ARAÚJO, W.M.C. Produção, qualidade e segurança sanitária de vegetais minimamente processados. **Hig. Alim.**, s.v., s.n., p. 55-60, 2006.

- PINTO, S.A.A. **Processamento mínimo de melão tipo Orange Flesh e de melancia 'Crimson Sweet'**. Jaboticabal, 2002. 120 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho", 2002.
- PLAZZOTTA, S.; MANZOCCO, L.; NICOLI, M.C. Fruit and vegetable waste management and the challenge of fresh-cut salad. **Trends in food science & technology**, v. 63, s.n., p. 51-59, 2017.
- PNRS - **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. 2011. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/253/\\_publicacao/253\\_publicacao02022012041757.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf)>. Acesso em: Ago. 2018.
- PORTELLA, M.O.; RIBEIRO, J.C.J. Aterros sanitários: aspectos gerais e destino final dos resíduos. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, v. 4, n. 1, p. 115-134, 2014.
- RAGAERT, P.; VERBEKE, W.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J. Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits. **Food Quality and Preference**, v. 15, n. 3, p. 259–270, 2004.
- RENOU, S.; GIVAUDAN, J.G.; POULAIN, S.; DIRASSOUYAN, F.; MAULIN, P. Landfill leachate treatment: Review and opportunity. **Journal of Hazardous Materials**, v. 150, n. 3, p. 468-493, 2008.
- REYES, V.G. Improved preservation systems for minimally processed vegetables. **Food Australia**, v. 48, n. 2, p. 87-90, 1996.
- RIZZONI, L.B.; TOBIAS, A.C.T.; BIANCHI, M.D.; GARCIA, J.A.D. Biodigestão anaeróbia no tratamento de dejetos de suínos. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 9, n. 18, p. 1-20 2012.
- RODRIGUES, L. dos S.; da SILVA, I.J.; LOPES, B.C.; SPELTA, A.C.F. Gerenciamento de resíduos sólidos agrossilvopastoris e agroindustriais. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, n. 68, p. 47-62, 2013.
- ROSA, M.F.; SOUZA FILHO, M.S.M.; FIGUEIREDO, M.C.B.; MORAIS, J.P.S.; SANTAELLA, S.T.; LEITÃO, R.C. Valorização de resíduos da agroindústria. In: Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais, 2., 2011, Paraná. **Anais...** Foz do Iguaçu: SIGERA, 2011.
- SABKI, M.H.; LEE, C.T.; BONG, C.P.C.; KLEMES J.J. A Review on the Economic Feasibility of Composting for Organic Waste Management in Asian Countries, **Chemical Engineering Transactions**, v. 70, s.n., p. 49-54, 2018.
- SADH, P.K.; DUHAN, S.; DUHAN, J.S. Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review. **Bioresources and Bioprocessing**, v. 5, n. 1, p. 1-15, 2018.
- SANTOS, J.S.; OLIVEIRA, M.B.P.P. Revisão: Alimentos frescos minimamente processados embalados em atmosfera modificada. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 1, p. 1-14, 2012.

SANTOS, L.L.; JUNIOR SEABRA, S.; NUNES, M.C.M. Luminosidade, Temperatura do Ar e do Solo em Ambientes de Cultivo Protegido. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 8, n. 1, p. 83-93, 2010.

SCHALCH, V.; LEITE, W. D. A.; FERNANDES JÚNIOR, J. L.; CASTRO, M. C. A. A. Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. **São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos–Universidade de São Paulo**, 2002.

SEABRA, L.H.; GALLEG, R.; GONÇALVES, D.B. Alternativas para Coleta e Disposição Final de Resíduos Sólidos em Municípios de Pequeno e Médio Porte. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 14, n. 2, p. 614-626, 2016.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Hortaliças minimamente processadas**. Estudo de mercado SEBRAE, ESPM. Relatório completo. 2008.

SILVA, H.L.; CAMELO, G.L.P. **Aplicabilidade de ferramentas da qualidade no processo das hortifruticulturas orgânicas no Gramorezinho, Natal/RN**. In: Giovanni Seabra. (Org.). A Conferência da Terra: Terra? Habitats Urbanos e Rurais. 1. ed. Ituiutaba-MG: Barlavento, v. 3, s.n., p. 44-57, 2019.

SILVA, L.R. de M.; de MATOS, E.T.A.R.; FISCILETTI, R.M. de S. Resíduos Sólidos Ontem e Hoje: evolução histórica dos resíduos sólidos na legislação ambiental brasileira. **AREL FAAR**, Ariquemes, RO, v. 5, n. 2, p. 126-142. 2017.

SILVA, S.R.P.; VERDIN, S.E.F.; PEREIRA, D.C.; SCHATKOSKI, A.M.; ROTT, M.B.; CORÇÃO, G. Microbiological quality of minimally processed vegetables sold in Porto Alegre, Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 38, n. 4, p. 594-598, 2007.

SUNDBERG, C. **Improving compost process efficiency by controlling aeration, temperature and pH**. Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences Department of Biometry and . Uppsala, v. 2005, n. 103, 2005.

TEIXEIRA, L.B.; GERMANO, V.L.C.; OLIVEIRA, R.F. de; FURLAN JÚNIOR, J. Processo de compostagem, a partir de lixo orgânico urbano, em leira estática com ventilação natural. **Circular Técnica**, 33. Belém: Embrapa, 2004.

VIANA, L.G.; CRUZ, P.S. Reaproveitamento de resíduos agroindustriais. In: Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 4., 2016, Bahia., 2016. **Anais...** Cruz das Almas: COBESA, 2016.

VILELA, N.J.; HENZ, G.P. Situação atual da participação das hortaliças no agronegócio brasileiro e perspectivas futuras. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 17, n. 1, p. 71-89, 2000.

WATADA, A.E.; KO, N.P.; MINOTT, D.A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, n. 2, p. 115-125, 1996.

WESTERMAN, P.W.; BICUDO, J.R. Management considerations for organic waste use in agriculture. **Bioresour Technol**, v. 96, n. 2, p. 215-221, 2005.

WICHUK, K.M.; MCCARTNEY, D. A review of the effectiveness of current time–temperature regulations on pathogen inactivation during composting. **Journal of Environmental Engineering and Science**, v. 6, n. 5, p. 573-586, 2007.

YU, G.; RAN, W.; SHEN, Q. Compost Process and Organic Fertilizers Application in China. In: **Organic Fertilizers-From Basic Concepts to Applied Outcomes**. IntechOpen, 2016. 24 p.

YUSUF, M. Agro-Industrial Waste Materials and their Recycled Value-Added Applications. **Handbook of Ecomaterials**, p. 1-11, 2017.

## CAPÍTULO II

### APLICAÇÃO DO CICLO PDCA E DO DIAGRAMA DE *ISHIKAWA* NO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Application of the PDCA cycle and the Ishikawa diagram in the management of agro-industrial waste

#### RESUMO:

As agroindústrias são consideradas grandes geradoras de resíduos orgânicos. Assim, as mesmas são obrigadas por lei a gerenciar seus resíduos, com planos e ações de acompanhamento. Este trabalho é um estudo de caso aplicado a uma agroindústria, localizada na cidade de Teresópolis, Rio de Janeiro, Brasil, que gera cerca de 2,5 t/dia de resíduos orgânicos durante o processamento mínimo de hortaliças. Os resíduos agroindustriais são usados como matéria-prima para a produção de fertilizantes orgânicos via compostagem. Com o objetivo de identificar pontos de melhoria no processo de compostagem e na qualidade final do composto orgânico, foram aplicadas técnicas de gestão da qualidade. O Diagrama de Ishikawa permitiu identificar cinco pontos que influenciam diretamente na qualidade final do fertilizante: (i) variação na qualidade do esterco de cavalo (cama), matéria-prima complementar para compostagem; (ii) condições inadequadas para maturação do composto; (iii) falta de métodos e procedimentos; (iv) ausência de análises físico-químicas padronizadas e (v) volatilização de nitrogênio durante a compostagem. As seguintes melhorias foram propostas no plano de ação PDCA (Planejar, Fazer, Verificar, Agir): (i) adoção de um procedimento expedito para verificar a qualidade da matéria-prima (esterco de cavalo); (ii) processo de maturação do lote sob um ambiente coberto, (iii) métodos e procedimentos de adoção para identificar o início e o fim da fase de maturação do produto antes da embalagem; (iv) análises físico-químicas diárias e (v) técnicas que reduzem a volatilização de amônia.

**Palavras-chave:** Diagrama de *Ishikawa*; Ciclo PDCA; Gerenciamento; Resíduos Agroindustriais; Compostagem.

#### ABSTRACT:

Agro-industries are considered as large generators of organic waste. Thus, they are required by law to manage their waste, with plans and follow up actions. This work is a case study applied to an agro-industry, located in the city of Teresópolis, Rio de Janeiro, Brazil, which generates about 2.5 t/day of organic waste during the minimum processing of vegetables. Agro-industrial waste is used as raw material for the production of organic fertilizer via composting. In order to identify points of improvement in the composting process and in the final quality of the organic compost, quality management techniques were applied. The Ishikawa Diagram allowed to identify four points that directly influence the final quality of the fertilizer: (i) variation in the quality of horse manure (bed), complementary raw material for composting; (ii) unsuitable conditions for compost maturation; (iii) lack of methods and procedures; (iv) absence of standard physical-chemical analyses, and (iv) nitrogen volatilization during composting. The following improvement were proposed in the PDCA (Plan, Do, Check, Act) action plan: (i) adoption of an expeditious

procedure to check the quality of the raw material (horse manure); (ii) batch maturation process under a covered environment, (iii) adoption methods and procedures to identify the beginning and end of the maturation phase of the product prior to packing; (iv) daily physical-chemical analyses, and (v) techniques that reduce ammonia volatilization.

**Keywords:** Agro-industrial Waste; Composting; Ishikawa diagram; Management; PDCA cycle.

## 1. INTRODUÇÃO

Empresas do ramo agropecuário são classificadas como grandes geradores de resíduos e, por isso, possuem a responsabilidade sobre os mesmos, desde a geração até a destinação final ambientalmente adequada. Logo, um dos desafios das agroindústrias de processamento mínimo de hortaliças é a busca pelo desenvolvimento econômico atrelado ao gerenciamento dos resíduos gerados. O manejo ambientalmente adequado dos resíduos sólidos é visto como uma questão problemática do ponto de vista mundial. Dessa forma, instrumentos que possam auxiliar na organização e sucesso dessa atividade são extremamente importantes.

Com o avanço tecnológico e a competitividade entre as empresas, várias técnicas de gestão da qualidade foram desenvolvidas, buscando melhorias das instituições (ANJOS et al., 2012). Atualmente, há vários métodos, técnicas e ferramentas que ajudam solucionar e mapear as dificuldades presentes em um processo e/ou atividade. Dessa forma, podem auxiliar os gestores na tomada de decisão (FORNARI JÚNIOR, 2010, MAICZUK; ANDRADE JUNIOR, 2013, CESAR, 2013, SILVA; CAMELO, 2019). No entanto, pode haver a necessidade de integrar mais de uma ferramenta ou método, pois às vezes uma única ferramenta pode não ser capaz de identificar os problemas e ao mesmo tempo apresentar soluções para tais (OLIVEIRA et al., 2010, FERREIRA et al., 2014). Dessa forma, nota-se que é conveniente encontrar ferramentas, métodos e/ou técnicas que possam ser aplicados em conjunto visando o mapeamento e tratamento de falhas. Nesse contexto, essa interação de ferramentas e técnicas pode ser utilizada na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, mitigando os riscos socioambientais.

As principais ferramentas de controle da qualidade são: Diagrama de Pareto, Diagrama de *Ishikawa* (ou causa-efeito), Histograma, Fluxograma, Folha de Verificação, Diagrama de Dispersão e Cartas de Controle (CORRÊA; CORRÊA, 2008; CARPINETTI, 2012). No entanto, há metodologias mais completas, que



auxiliam no planejamento de um processo e/ou atividade. O ciclo PDCA (PLAN-DO-CHECK-ACT), por exemplo, é um método clássico e universal aplicado para atingir metas e melhorias contínuas nas organizações (XENOS, 2014). Este método é mais completo, pois além de identificar os problemas que interferem no desempenho das empresas, almeja solucioná-los. Enquanto as ferramentas de controle são mais utilizadas para identificar, mensurar e analisar esses possíveis problemas.

Diante disso, visando o planejamento e o acompanhamento das ações de gerenciamento dos resíduos agroindustriais, objetivou-se neste capítulo desenvolver a primeira fase do ciclo PDCA e propor sugestões para as demais fases. Além disso, visa-se aplicar o diagrama de *Ishikawa* como ferramenta de identificação de falhas e análise das causas fundamentais recorrentes no processo de compostagem que, conseqüentemente, afetam na qualidade final do fertilizante orgânico.

### **1.1. Ferramentas de controle da qualidade e o ciclo PDCA**

Para gerenciar processos e tomar decisões mais precisas são necessários fatos e dados concretos. Somente assim é possível trabalhar com as informações disponíveis, eliminando qualquer tipo de empirismo. As ferramentas de qualidade são capazes de coletar dados e informações, assim como processá-las e dispô-las claramente (MARIANI, 2005). Janjusic et al. (2012) afirmaram que essas ferramentas são instrumentos simples e de baixo custo, que auxiliam no gerenciamento organizacional.

As técnicas de gestão da qualidade possibilitam uma visão geral do processo. Facilitando, assim, as tomadas de decisão e soluções dos problemas (PADDOCK et al., 2001, CORRÊA; CORRÊA, 2008). As organizações podem utilizar as ferramentas de controle da qualidade atreladas ao método PDCA, visando aprimorar seus processos de maneira contínua (SALVADORI, 2013).

Seguem as definições sucintas sobre as sete ferramentas básicas de controle da qualidade, segundo Corrêa e Corrêa (2008):

- 1) **FOLHA DE VERIFICAÇÃO:** trata-se de formulários prontos, os quais facilitam a coleta de dados, de forma simples e concisa. Registram os dados a serem analisados, facilitando a análise e interpretação da atual situação, mitigando erros e confusões.

- 2) **DIAGRAMA OU GRÁFICO DE PARETO:** permite visualizar diversos problemas e classificá-los, ordenando os mesmos de acordo com sua relevância. Por isso, trata-se de um diagrama representando os problemas por barras dispostas, geralmente, em ordem decrescente. Este princípio afirma que 80% dos problemas são ocasionados por 20% das causas. Logo, agindo em cima das causas, é possível mitigar os problemas.
- 3) **HISTOGRAMA:** representação gráfica (em barras) que ilustra a variação sobre uma faixa específica de um conjunto de dados, por isso, também é conhecida como distribuição de frequência. Em resumo, retrata a distribuição de uma determinada amostra ou população.
- 4) **DIAGRAMA DE DISPERSÃO:** também é uma representação gráfica, que objetiva verificar a existência de correlação entre duas variáveis de natureza quantitativa, mostrando a intensidade que um dado reflete em outro.
- 5) **GRÁFICO DE CONTROLE:** permite visualizar se o processo está nos conformes, ou seja, dentro das condições ideais. O processo é acompanhado graficamente sendo estabelecida uma amplitude superior e inferior como limites, e uma faixa média, como limite central. Os pontos dispostos fora do limite inferior e superior indicam que o processo está fora do controle.
- 6) **FLUXOGRAMA:** representa por meio de símbolos gráficos uma sequência e interação das atividades de um processo. Esta ferramenta dá uma visão geral do processo, mostrando a hierarquia entre as ações e atividades.
- 7) **DIAGRAMA DE *ISHIKAWA*:** também conhecido como diagrama de causa e efeito ou espinha de peixe. Foi desenvolvido em 1943, por *Ishikawa*, objetivando explicar como vários fatores poderiam estar relacionados. O diagrama Espinha de Peixe é uma ferramenta que permite indicar e explorar as causas/motivos de um determinado problema, interligando os efeitos (consequências) com as causas (fatores). Essa ferramenta deve ser utilizada caso haja a necessidade de investigação de um efeito (negativo ou positivo) em um processo, o esquema gráfico facilita a visualização entre causas-efeitos (MARTINI JUNIOR, 1999). Esse diagrama classifica as causas em seis categorias, por isso, também ficou conhecido como diagrama 6 M's (Mão de obra, Medição, Matéria Prima, Método, Meio Ambiente e Máquinas).

Como o objetivo desse trabalho foi apresentar as possíveis causas/falhas do processo de compostagem e da redução da qualidade do composto final, o diagrama de *Ishikawa* foi escolhido como a ferramenta de controle da qualidade mais adequada. Visto que, esta ferramenta permite identificar as causas raízes de um problema.

Já o ciclo PDCA, é um instrumento importante para o planejamento e o controle das atividades. Foi criado na década de 30 por Walter Shewhart, no entanto, apenas na década de 50 foi desenvolvido e disseminado por Deming, e por isso, também ficou conhecido como Ciclo de Deming (TAJRA et al., 2012; de SOUZA, 2016). Bernardi et al. (2010) afirmaram que o PDCA é um método gerencial utilizado na tomada de decisão, e almeja alcançar metas e obter crescimento das organizações. Esta metodologia deve ser aplicada quando o objetivo é propor ações corretivas (atuando nas causas raízes), e ao mesmo tempo acompanhar o desenvolvimento das mesmas.

A ISO 9001 é uma das normas internacionais desenvolvidas pela *International Organization for Standardization*. Esta norma certifica o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) e define os requisitos básicos para a implantação desse sistema, adaptando todos os processos da organização de uma maneira global a uma abordagem do ciclo PDCA (MAEKAWA et al., 2013).

Para Xenos (2014), através do giro estratégico proposto por esta metodologia, é possível atingir metas promovendo melhorias contínuas. No entanto, para atingir os objetivos almejados há a necessidade de seguir rigorosamente as quatro fases:

- Plan (Planejar): etapa na qual são identificados as causas e os problemas, em seguida, os mesmos são observados e analisados, criando então um plano de ação.
- Do (Fazer/Executar): execução do plano de ação, proposto na etapa anterior.
- Check (Checar/Verificar): após a execução das tarefas, deve-se checar se a meta foi alcançada.
- Act (Agir): busca a padronização, a fim de eliminar todas as causas e problemas. No entanto, podem ser detectadas novas falhas, as mesmas devem ser apontadas visando ação corretiva. Sokovic et al. (2010) afirmaram que esta é a fase

mais importante do ciclo, pois após concluir um projeto, o ciclo começa novamente visando uma melhoria adicional e contínua.

## **2. METODOLOGIA**

Este capítulo é um estudo de caso aplicado, segundo Yin (2010) trata-se de um estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que possa permitir o amplo e detalhado conhecimento, auxiliando no desenvolvimento de habilidades e competências. A agroindústria estudada situa-se na cidade de Teresópolis-RJ, e realiza o beneficiamento, a comercialização e a distribuição de hortaliças minimamente processados (ver descrição no item 3.1, pág. 38). Durante essa atividade, parte da matéria prima processada é descartada como resíduo, em média a quantidade corresponde a 2,5 t/dia.

A unidade de compostagem foi implantada visando atender às responsabilidades legais de gerenciamento de resíduos gerados pela agroindústria, pois como grande gerador de resíduos, a empresa necessita destinar seus resíduos de maneira ambientalmente correta e segura. A compostagem pode ser uma opção viável para gerenciar os resíduos de forma sustentável, transformando os resíduos em um produto com valor agregado (SABKI et al., 2018). Afinal, esse processo permite reciclar os nutrientes presentes nos resíduos orgânicos, gerando fertilizante orgânico. Caso o mesmo atenda às premissas da Instrução Normativa (IN) nº 25 de 2009 pode ser comercializado, somando receitas para a agroindústria. No entanto, para que esta oportunidade gere lucro ou ao menos atinja seu ponto de equilíbrio, é necessário investir em tecnologia, infraestrutura e especialização, buscando um produto final de qualidade.

Durante o período de dez meses (Novembro/2017 a Agosto/2018), foram realizadas cinco visitas de campo para coletar e analisar dados/informações do cenário estudado. Através de conversas informais com os trabalhadores que estão diretamente em contato com o setor de compostagem da agroindústria foi possível caracterizar o ambiente e identificar as falhas no processo. Neste estudo, utilizou-se a abordagem qualitativa, ou seja, uma leitura das coletas e análises de informações não numéricas.

A unidade de compostagem possui uma extensão total de 3.000 m<sup>2</sup>, e é composta por seis leiras estáticas com aeração passiva e um galpão de 405 m<sup>2</sup>. Em

média, cada leira apresenta 1,2 m de altura, 1,5 m de largura e 20 m de comprimento (com o formato retangular). O galpão apresenta condições precárias, o telhado, por exemplo, apresenta várias goteiras. Como essa é a única área coberta, nela ocorre o peneiramento e o envase do composto. Além disso, armazena algumas ferramentas e equipamentos. Atualmente, a agroindústria não possui uma área destinada para a maturação do material, o composto é maturado a céu aberto em contato direto com o solo.

A mistura que alimenta as leiras é composta por hortaliças (descartadas como resíduos durante as atividades de processamento mínimo) e esterco equino. A agroindústria compra o esterco equino como material complementar a compostagem, pois o mesmo proporciona excelente porosidade à mistura, além de ajustar a umidade. A mistura é feita em um pátio concretado de 42 m<sup>2</sup>, com o auxílio de um mini trator. Atualmente, utiliza-se o seguinte padrão de medida na mistura destinada ao processo de compostagem, sendo para cada 2,5 m<sup>3</sup> de hortaliças adiciona-se 2,0 m<sup>3</sup> de cama de equino.

Cada leira é preparada em cima de uma área impermeabilizada, e todas as seis leiras possuem sistema de drenagem de águas pluviais e efluentes. Inicialmente, forma-se uma parede com capim (com 40 cm de altura e 40 cm de largura). Em seguida, a mesma é preenchida com uma camada uniforme de esterco equino (cama de cavalo) e uma camada de composto como agentes inoculantes. Dessa maneira, a leira já está pronta para receber a mistura. A cada quatro dias, as leiras recebem uma camada de 40 cm de altura da mistura, esse procedimento continua até atingirem uma altura de 1,20 m, esse processo dura em média dois meses. Depois de completa, a leira é revolvida e transferida para um local, onde ocorrerá o resfriamento do material.

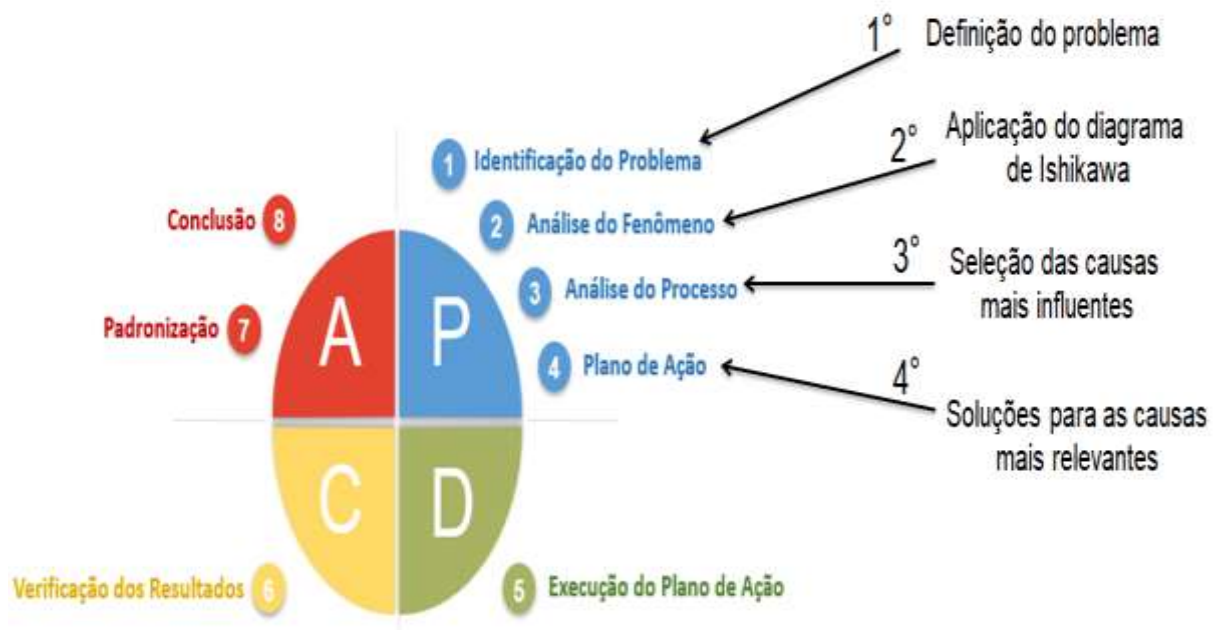
Com intuito de identificar as não conformidades e propor soluções para tais, aplicou-se a ferramenta diagrama de *Ishikawa* em conjunto com o ciclo PDCA. Ambas as técnicas foram aplicadas buscando elevar o nível de qualidade dos processos, propondo melhorias e adequações relevantes.

Na primeira fase do ciclo PDCA (Planejar), foram apontadas as possíveis falhas no processo da compostagem utilizando os 6M's do digrama de *Ishikawa* e, posteriormente, foram destacados cinco itens como as principais causas que podem afetar diretamente a qualidade do produto composto final. Os itens foram

selecionados baseados nas condições apresentadas pelo Rancho (ao decorrer das discussões dos 6M's) e nos resultados das amostras de caracterização do composto, que apresentam dados físicos, químicos e biológicos. Ainda na fase planejar, foram apresentadas as soluções de melhorias do plano de ação, buscando aumentar a qualidade do processo (Figura 12). A agroindústria deverá indicar o responsável por cada solução de melhoria, assim como, estipular prazos para as mesmas. Para as demais etapas do processo (fase de Execução, Verificação e Ação) foram apontados os objetivos e as soluções. Sendo responsabilidade dos gestores darem continuidade a essas fases do ciclo PDCA.

A metodologia adotada para análise das amostras foi a amostragem composta, ou seja, para cada lote de composto foram coletadas vinte amostras simples (retiradas ao acaso do lote em questão). Posteriormente, essas amostras foram homogeneizadas em um recipiente (devidamente higienizado), deste novo montante foi retirado aproximadamente 400 g para enviar aos laboratórios. Ao todo, foram analisados três lotes diferentes de composto, porém apenas o último lote apresentou análises físico-químicas e biológicas, os demais tiveram apenas análises físico-químicas.

Figura 12 - Esquema ilustrativo da metodologia aplicada.



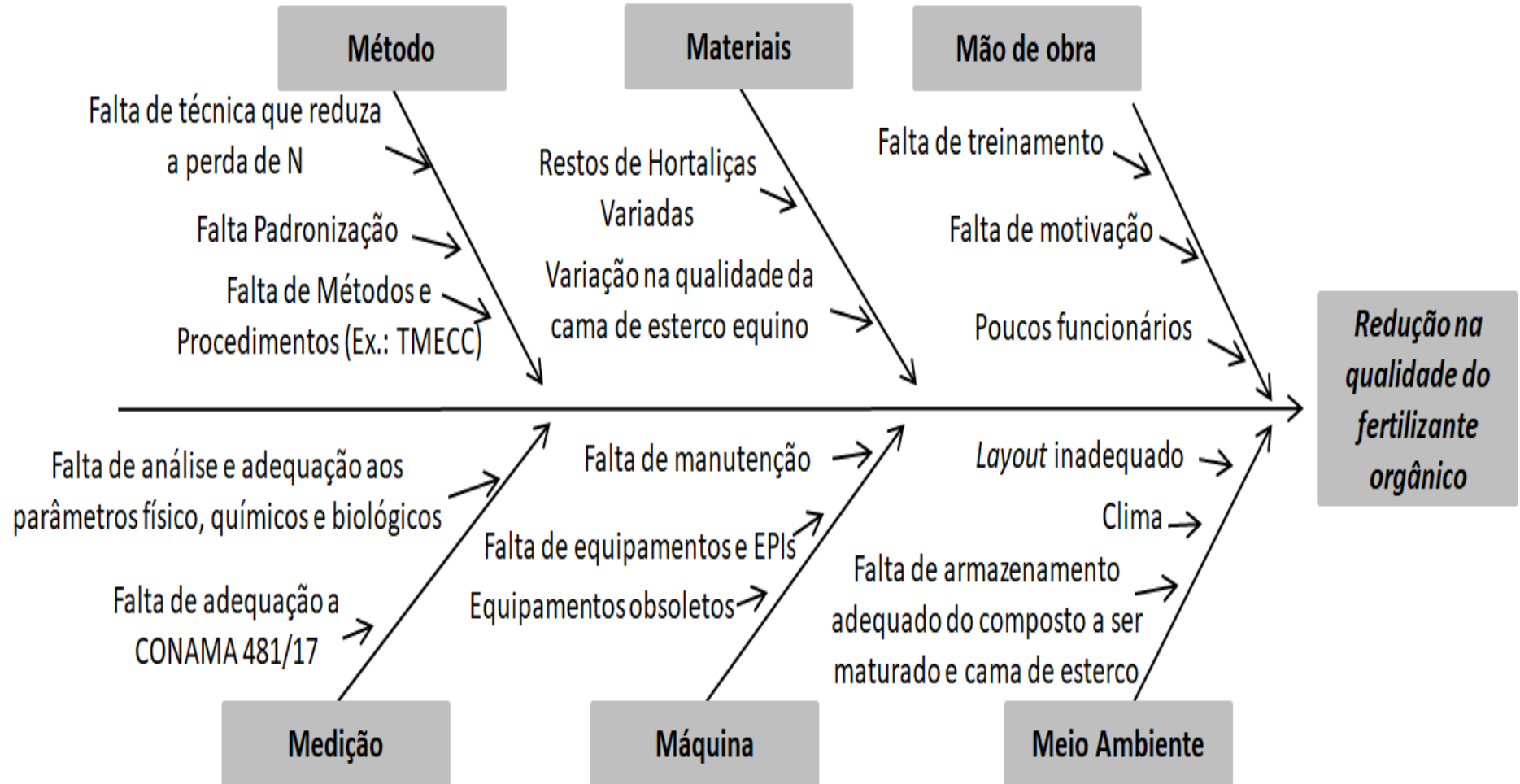
Fonte: Autora (2019).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira fase da metodologia PDCA o problema identificado foi a redução na qualidade do composto final, que podem ser reflexo das falhas no processo de compostagem. As possíveis causas raízes desse problema foram apontadas utilizando o diagrama de *Ishikawa*.

As técnicas de gestão da qualidade vêm sendo aplicada para auxiliar a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos por diversos autores como Fornari Junior (2010), Rodrigues et al. (2015), Pacheco et al. (2017) e Forgiarini et al. (2018). No entanto, não há muitos trabalhos relacionados à aplicação dessas técnicas no gerenciamento de resíduos agroindustriais via compostagem, o trabalho mais similar a este, foi desenvolvido por Houtran e Camelo (2019). Estes autores também aplicaram o diagrama *Ishikawa* na primeira fase do ciclo PDCA, visando identificarem as causas/falhas no processo de compostagem desenvolvida por agricultores familiares. Dentre as causas secundárias levantadas por Houtran e Camelo (2019), pelo menos uma de cada categoria dos 6 M's foram semelhantes a este trabalho, por exemplo, clima, análise de parâmetros físicos, químicos e biológicos, variação de matéria prima, equipamentos obsoletos, falta de mão de obra qualificada, falta de procedimentos e métodos. De acordo com a Figura 13, foi possível identificar 16 causas secundárias que podem comprometer o processo de compostagem.

Figura 13 - Diagrama de *Ishikawa*, os 6 M's no gerenciamento de restos de hortaliças, utilizando a compostagem.



FONTE: Ishikawa (1993) adaptado pela autora.



Ao aplicar o diagrama *de Ishikawa* foi possível pontuar as seguintes causas:

**Materiais:** A mistura a ser biodegradada é composta por restos de hortaliças e cama de esterco equino (maravalha, serragem e dejetos equinos), dois insumos variáveis, uma vez que os parâmetros físico-químicos dessas duas matérias-primas não são constantes. Os restos de hortaliças sofrem rápida degradação, porém, são materiais com elevado teor de água (>90%) e necessitam de outro insumo com característica estruturante que ajuste a umidade da mistura. Por esse motivo, a agroindústria compra a cama de cavalo como insumo complementar para a compostagem, resultando em uma mistura mais porosa. A cama de cavalo é um excelente agente estruturante, no entanto, geralmente apresenta menor concentração de nutriente, principalmente de nitrogênio, quando comparado com os dejetos de suínos e de aves (ALVES; PINHEIRO, 2007). De acordo com Inácio e Miller (2009), a composição química do esterco pode variar, às vezes o esterco pode estar mais úmido, com baixo teor de nitrogênio, muita maravalha e assim por diante. Alguns fatores que podem influenciar nessa instabilidade são: o tipo de alimentação (herbívoro ou onívoro), o tipo de animal (ruminante ou monogástrico), o tipo de produção (gado de corte ou de leite; aves poedeiras ou frango de corte) e o manejo dos dejetos (número de lotes por carga de cama sobreposta).

**Meio Ambiente:** A área da unidade de compostagem possui 3.000 m<sup>2</sup>. No entanto, em seu *layout* falta infraestrutura para armazenar corretamente a cama de esterco equino e o produto final que sai da leira<sup>2</sup> que ainda precisa passar pela fase de maturação. A maturação do composto deve ocorrer em locais protegidos de chuva, sendo indicado um ambiente coberto e seco. Segundo Novais (2011), o pátio de compostagem também deve ter uma área de estocagem para o composto orgânico final, o local necessita ser coberto e com piso impermeável, protegido de intempéries. A agroindústria estudada está localizada em uma região chuvosa, com a média anual de 143,42 mm (os meses mais chuvosos são de outubro a abril; dezembro chega a registrar uma média de 304 mm) (CLIMATE-DATA.ORG, 2019). A ausência de um local para armazenar a cama de esterco e produto final a ser maturado, tende a influenciar na qualidade final do fertilizante orgânico, pois os dois materiais podem absorver a água da chuva. Quando a fase de maturação ocorre em

---

<sup>2</sup> Local onde ocorre a biodecomposição da matéria prima, geralmente possui o formato retangular e são formadas por materiais como grama e capim (INÁCIO; MILLER, 2009).

local coberto, fica mais fácil controlar a umidade na faixa de 40 a 45% (TEIXEIRA et al., 2004). Nas últimas três coletas de amostras de composto a umidade foi 62,3% (coletada em março de 2018), 55,7% (coletada em julho de 2018) e 43,1% (coletada em agosto de 2018).

**Mão de obra:** A mão de obra qualificada é essencial para obter sucesso no processo de compostagem, há a necessidade de investir em treinamentos e capacitação dos profissionais, buscando desenvolver habilidades e conhecimento dos trabalhadores a respeito da tecnologia de tratamento. Como forma de motivação e progresso dos funcionários é importante proporcionar condições de trabalho favoráveis. Na região não há oferta de cursos de treinamento, capacitação e profissionalização para os operadores da unidade de compostagem. A agroindústria possui dois funcionários efetivos e dois funcionários temporários, a capacitação e o treinamento dos mesmos foram possíveis graças à parceria com a EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. E, por isso, possuem profissionais capacitados e treinados. Os funcionários são responsáveis pela segregação dos insumos do processo de compostagem e homogeneização da mistura, além disso, recarregam as leiras, peneiram o composto, e zelam pelo pátio de compostagem de maneira geral.

**Máquinas:** A mecanização ajuda a otimizar os serviços e reduz o esforço físico dos funcionários, por isso, é essencial investir em equipamentos e máquinas, além da manutenção dos mesmos. A agroindústria optou pelo pátio de compostagem semi-mecanizado, ou seja, ainda se trabalha de forma artesanal, porém alguns maquinários já foram introduzidos nas atividades do dia-a-dia (Ex.: a pá-carregadeira leve, a peneira rotativa, entre outros). A peneira utilizada é rotativa motorizada com uma granulometria de 8 mm. Os maquinários apresentam adequada manutenção e os funcionários recebem os EPI's necessários. No entanto, falta um misturador e triturador para realizar a mistura inicial. Atualmente, a mistura é feita com o auxílio de um mini trator, tendo gasto com mão de obra e combustível.

**Métodos:** Em relação ao método, a agroindústria estudada optou pelas Leiras Estáticas com Aeração Passiva (LEAP)<sup>3</sup> (INÁCIO; MILLER, 2009) de carga contínua (recebem cargas periodicamente de acordo com a necessidade operacional). Essa metodologia demanda um estudo de dimensionamento, pois a altura, o comprimento

---

<sup>3</sup> Leiras que não são revolvidas frequentemente e sem aeração forçada;

e a largura podem influenciar no fluxo de ar e na atividade microbiológica do processo de compostagem. Leiras muito largas (>2 m) dificultam o fornecimento de oxigênio via aeração passiva nas partes mais internas (centro), inibindo a degradação microbiana aeróbia e favorecendo microrganismos anaeróbios, gerando líquido percolado (lixiviado), atração de vetores e produção de odores. Na agroindústria tem-se seis leiras bem estruturadas e dimensionadas (1,2 m de altura x 1,5 m de largura x 20 m de comprimento, com uma cobertura de 30 cm de palha).

Outro fator que afeta no processo é a padronização das dosagens utilizadas, a proporção de hortaliças e esterco equino deve ser seguida, buscando uma uniformização. A proporção em massa seca é 10% de hortaliças para 90% de esterco equino, o que em massa fresca corresponde a 37,26% de restos de hortaliças para 62,74% para esterco equino.

As LEAP's também devem seguir uma padronização no tempo das fases mesofílica<sup>4</sup>, termofílica<sup>5</sup> e maturação<sup>6</sup>, criando procedimentos e relatórios. As leiras projetadas associadas ao sistema de aeração possibilitam temperaturas termofílicas por um período de aproximadamente 120 dias (BUTTENBENDER, 2004<sup>7</sup> apud INÁCIO; MILLER, 2009). Na fase de maturação ou humificação, ocorre o final da degradação da matéria orgânica, permitindo que o composto atinja o auge de suas propriedades benéficas ao solo e às plantas. Essa fase pode variar de um a três meses (KIEHL, 2004). Há diversos parâmetros (físicos, químicos e biológicos) que avaliam a maturação do fertilizante orgânico, sendo difícil e até mesmo impreciso, utilizar apenas um desses parâmetros para determinar o final da fase de maturação. Segundo Silva (2005) o pH, a relação C/N, a capacidade de troca (CTC), os teores de amônio e nitrato, e a condutividade elétrica são parâmetros químicos que permitem medir o grau de maturação do composto. Enquanto isso, a umidade, a cor, a temperatura e o odor do composto, são classificados como parâmetros físicos. Já, os testes de germinação se enquadram como testes biológicos (SILVA, 2005). Portanto, é essencial o monitoramento de pelo menos alguns parâmetros mais

---

<sup>4</sup> Fase mesofílica: etapa que degrada substâncias orgânicas mais resistentes;

<sup>5</sup> Termofílica: fase onde atinge as temperaturas mais elevadas durante todo o processo, com intensa atividade microbiana;

<sup>6</sup> Maturação: estado final da degradação, onde composto adquire bastantes substâncias húmicas (INÁCIO; MILLER, 2009).

<sup>7</sup> BUTTENBENDER, S.E. Avaliação da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos provenientes da coleta seletiva realizada no município de Angelina/SC. 2004. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, UFSC, Florianópolis, 2004.

simples, como temperatura, pH e umidade, para ter a certeza do início e fim do processo de maturação do composto, criando assim procedimentos e relatórios de qualidade. Recomenda-se também a criação de lotes nessa fase, a fim de manter a organização e qualidade dessa etapa. Infelizmente, a agroindústria não realiza a fase de maturação do produto de forma controlada. De forma geral, o Rancho não segue nenhum tipo de procedimento ou método para avaliar o início e fim dessa fase.

Segundo Chalk et al. (2013), o produto final da compostagem apresenta, relativamente, baixos teores de nitrogênio (variando em torno de 1 a 3%). Ainda de acordo com esse autor, os baixos teores de N podem estar ligados à volatilização de amônia ( $\text{NH}_3$ ). Inácio (2015) afirma que as perdas podem representar 80% do total de N inicial da mistura, reduzindo a qualidade do composto. Os principais fatores que influenciam a volatilização de amônia são: elevado pH da mistura inicial e/ou elevação durante o processo ( $>7$ ); temperaturas termofílicas ( $>40^\circ \text{C}$ ), baixa relação C/N e/ou falta de carbono de fácil aproveitamento pela microbiota (STEINER et al., 2009; JIANG et al., 2013; RICHART et al., 2014). O pH dos esterco são acima de 7,0 (neutro), tal fator potencializa a volatilização de amônia. Por isso, é essencial controlar os parâmetros que potencializam esse processo de volatilização e estudar a viabilidade de ações/medidas que consigam minimizar esse tipo de perda. Há algumas técnicas que conseguem reduzir as perdas de nitrogênio durante a compostagem, a formação de estruvita, por exemplo, é uma dessas técnicas que vem sendo estudada por vários autores, como Lee et al. (2009), Ren et al. (2010), Rahman et al. (2013), entre outros. Já outros autores acreditam que a incorporação de materiais com elevada relação C/N reduz as perdas de N por volatilização de amônia (FUKUMOTO et al., 2011). No processo de compostagem acompanhado não é aplicada nenhuma técnica para reduzir as perdas de nitrogênio.

**Medição:** O processo de compostagem, a qualidade e a maturação do composto dependem de vários parâmetros que implicam na atividade microbiana desse processo. Os principais fatores que influenciam o processo de compostagem são: pH, relação C/N das matérias-primas, tamanho das partículas, umidade e aeração (BERNAL et al. 2009, ONWOSI et al. 2017). A temperatura, umidade e pH são parâmetros que devem ser analisados e registrados diariamente para garantir as fases desejadas durante o processo e um produto final de qualidade, porém a

agroindústria não realiza essas análises com rotina. O uso de sensores de medição contínua e automática é altamente recomendável, pela sua praticidade e eficiência.

De acordo com, a Resolução CONAMA 481 de 2017, a temperatura deve ser medida e registrada ao menos uma vez por dia durante o período mínimo de higienização, conforme anexo I dessa resolução (Tabela 8). A agroindústria monitora a temperatura de apenas uma das leiras através de sondas automáticas. A mesma registra temperaturas acima de 55°C por mais de 15 dias, atendendo assim o anexo I da CONAMA 481 de 2017. Como a unidade de compostagem possui seis leiras, a agroindústria precisa ampliar o monitoramento de temperatura para as demais leiras. Por verificação *in loco* foram identificados outros parâmetros de qualidade do processo de compostagem, como a ausência de odor e vetores, e pouca geração de lixiviado na unidade de compostagem.

Embora Inácio e Miller (2009) afirmem que a umidade ideal para a compostagem seja em torno de 40% a 65%, a mistura inicial apresentou umidade de 70% a 72%. E em 24h, as leiras iniciaram a fase termofílica, registrando temperaturas acima de 60°C, devido a excelente porosidade da mistura. Como a granulometria também influencia no processo, há necessidade de padronizar o tamanho das partículas, buscando obter uma massa mais homogênea e com maior porosidade (TEIXEIRA et al., 2004).

Tabela 8 - Período de tempo e temperatura necessários para higienização dos resíduos sólidos orgânicos durante o processo de compostagem (Anexo I - CONAMA 481 de 2017).

Sistema de Compostagem	Temperatura (°C)	Tempo (dias)
Sistemas abertos	> 55	14
	> 65	3
Sistemas fechados	> 60	3

Fonte: Brasil (2017).

A agroindústria não possui um procedimento de controle sob o composto final. O material que sai de uma leira tende a ser misturado com um material mais recente, pois não há divisão por lotes. Além disso, o material fica exposto a céu aberto por meses, sem nenhum tipo de análise físico-química. As análises físico-químicas e biológicas do composto orgânico podem ser feitas com mais frequência, pois atualmente são realizadas apenas de quatro em quatro meses. Já alguns parâmetros, como pH, umidade e temperatura são análises simples e rápidas, que deveriam ser analisadas diariamente, principalmente para acompanhar as fases

termofílicas e de maturação. Inclusive já existe equipamento digital que faz a aferição desses três parâmetros de uma única vez.

### Caracterização do composto

O composto orgânico (produto final da compostagem) só pode ser comercializado como fertilizante orgânico composto se atender aos parâmetros estabelecidos pela Instrução Normativa (IN) n° 25 e 27 do MAPA, desta forma são indispensáveis às análises físico-químicas e de patógenos do produto final.

De acordo com as análises realizadas nos meses de março de 2018 (Amostra I), julho de 2018 (Amostra II) e agosto de 2018 (Amostra III), o composto produzido está em desacordo com a IN n° 25 de 2009 (Tabela 9).

Tabela 9 - Características físico-químicas da mistura de resíduos, do composto final e os valores de referência para os parâmetros analisados especificados, segundo a IN n° 25 de 2009.

Parâmetro	Mistura	Amostra I	Amostra II	Amostra III	Referência* - Composto Classe A
N (%)	1,22	0,91	0,52	0,79	≥ 0,5
Umidade (%)	70	62,25	55,74	43,09	≤ 50
Relação C/N	30	30	27	21	≤ 20
pH	7,69	8,71	8,52	8,67	≥ 6,0
CO (%)	36,78	27,65	13,82	16,36	≥ 15
CTC (mmolc/kg)	-	275	560	630	Conforme declarado
Relação CTC/C	-	9,95	40,52	38,51	Conforme declarado

\* IN n° 25 de 2009

Apesar de ser registrada uma evolução na qualidade do composto, nenhuma análise apresentou todos os parâmetros dentro dos padrões de referência. O composto III apresentou o percentual de nitrogênio, umidade, pH e Carbono orgânico dentro do padrão estabelecido para comercialização pela IN n° 25 de 2009 do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Apenas a relação C/N não atendeu às especificações da norma, apresentando valor superior a 20. Com base nesta amostra, o produto resultante da compostagem, pode ter seu registro negado impedindo sua comercialização como fertilizante orgânico composto.

Os funcionários relataram a ausência de controle na fase de maturação, as amostras do composto analisadas foram coletadas aleatoriamente de uma pilha de composto disposta a céu aberto. Não há nenhum tipo de relatório e registro do

tempo de maturação, muito menos das temperaturas, umidade e pH encontradas nessa fase. As amostras coletas provavelmente ainda estavam em processo de humificação/cura.

O composto precisa estar estável para ser maduro. Um composto instável exige nitrogênio quando aplicado ao solo, podendo ser prejudicial à planta; e quando armazenado pode formar “bolsas” anaeróbicas gerando odor e até mesmo calor (indicando que ainda há material a ser degradado). Já o composto imaturo pode conter um ou mais compostos que inibem o crescimento da planta. Portanto, o composto maduro é importante porque não afetará negativamente o desenvolvimento da planta devido à redução da disponibilidade de oxigênio ou nitrogênio e/ou à presença de compostos fitotóxicos.

O *Test Methods for the Examination of Composting and Compost* (do inglês, TMECC) é um documento, criado pelo Departamento de Agricultura dos EUA, que aborda vários métodos e parâmetros para avaliar a maturidade e a estabilidade do composto. Esse método avalia o composto através de pelo menos três testes, fornecendo um resultado de maior garantia ao produtor e ao usuário final (THOMPSON et al., 2002).

O Índice de Maturidade do TMECC usa a relação C/N de uma amostra como uma triagem inicial de aprovação ou reprovação. Uma amostra de composto deve ter uma relação C/N igual ou inferior a 25/1 para ser considerada madura o suficiente para testes adicionais. Se uma amostra de composto passar nessa triagem inicial, ela será submetida a mais dois testes.

Caso o composto apresente uma relação  $C/N \leq 25/1$ , a próxima etapa é avaliar pelo menos um dos parâmetros listados no Grupo A (indicador de estabilidade) e um do grupo B (indicador de maturidade). Todos os possíveis resultados são apresentados nesse documento, e o cruzamento dos resultados de cada grupo que classifica o produto final em imaturo, maduro ou muito maduro (THOMPSON et al., 2002).

Os indicadores do Grupo A avaliam a atividade biológica no composto através de testes respirométricos (medindo a liberação de  $CO_2$  - dióxido de carbono ou o consumo de  $O_2$  - oxigênio), ou seja, analisam se a decomposição adequada ocorreu de fato. Altas taxas de liberação de dióxido de carbono ou consumo de oxigênio indicam que o composto é instável. Já os indicadores do Grupo B avaliam o

potencial de fitotoxicidade do composto. Os compostos imaturos podem conter altas quantidades de amônia livre, certos ácidos orgânicos ou outros compostos solúveis em água que podem limitar a germinação das sementes e o desenvolvimento das raízes. Por isso, recomenda-se a realização de ao menos um teste de cada grupo e, de acordo com o resultado das análises, é possível classificar o composto final.

Diante as análises do composto, fica evidente a necessidade da implantação de controle e qualidade do processo de compostagem. A fim de aumentar as receitas e viabilidade econômica da compostagem, é importante melhorar a qualidade do composto, para que o preço do composto possa ser aumentado (SABKI et al., 2018) e até mesmo comercializado.

No entanto, o fertilizante produzido (coletado em agosto de 2018) não apresenta contaminação por patógenos e por metais pesados, ou seja, os valores obtidos na análise não ultrapassaram o valor máximo permitido pela IN SDA n° 27 do MAPA (Tabela 10). Isso evidencia que a própria matéria prima não é contaminada com metais, e que o processo (termofílico) é eficaz na redução ou eliminação dos patógenos analisados.

Tabela 10 - Análise de metais pesados e patógenos no composto produzido.

Parâmetro	Resultado	Unidade	Valor Máximo Permitido**
Cádmio	<0,09	mg/kg	3 mg/kg
Chumbo	<0,38	mg/kg	150 mg/kg
Níquel	3,14	mg/kg	70 mg/kg
Mercúrio	<0,02	mg/kg	1 mg/kg
Arsênio	4,56	mg/kg	20 mg/kg
Selênio	<1	mg/kg	80 mg/kg
Cromo VI	<0,4	mg/kg	2 mg/kg
<i>Salmonella sp.</i>	Ausência	-	Ausência
Ovos viáveis de <i>Helminthos</i>	< 1	ovo/4g de ST	1 ovo/4g de ST
Coliformes Termotolerantes	4	NMP/100g	1000 NMP/g de MS

\*\*Anexo V IN SDA n° 27 de 2006

Na primeira fase (Planejar), após aplicar o digrama de *Ishikawa*, foram analisados as possíveis falhas apresentadas, e em seguida, destacadas cinco como as principais causas que poderiam afetar diretamente a qualidade do composto. Ainda na fase planejar, foram apresentadas soluções buscando aumentar a qualidade do processo. Nessa primeira fase, ficou claro que a agroindústria precisa investir em padrões de controle e qualidade, como adoção de procedimento expedito de controle da qualidade da matéria prima (esterco equino); realização do processo



de maturação por lotes, sob condições adequadas (ambiente coberto); adoção de métodos e procedimento para identificação do início e fim da fase de maturação (segundo os procedimentos previstos por Thompson et al. (2002) no TMECC); e a introdução de técnicas que reduzam a volatilização de amônia (Quadro 3).

Quadro 3 - Proposta do Ciclo PDCA

PDCA	FLUXO	ETAPAS	OBJETIVOS	SOLUÇÕES
P	1	Identificação do Problema	Definir o problema e as possíveis causas.	Identificar possíveis falhas no processo de compostagem que, conseqüentemente, reduzem a qualidade final do fertilizante orgânico.
	2	Observação	Investigar e descobrir a fundo as causa/falhas fundamentais que podem influenciar no processo de compostagem e na qualidade do composto final.	Aplicar a ferramenta de controle de qualidade, Diagrama de <i>Ishikawa</i> . Classificando as falhas/causas encontradas dentro das causas primárias (6 M's).
	3	Análise	Analisar todas as possíveis falhas e definir as causas mais influentes.	Baseado nas condições do rancho e nas análises de caracterização do composto, as causas classificadas como mais influentes são: (i) variação da qualidade da cama de cavalo, (ii) condições inadequadas para maturação do composto; (iii) falta de métodos e procedimentos, (iv) ausência de análises físico-químicas rotineiras e (v) volatilização de nitrogênio. O Diagrama de <i>Ishikawa</i> permite uma visão ampla do processo, permitindo comparar as causas levantadas.
	4	Plano de Ação	Melhorar a qualidade do composto final, enquadrando o mesmo na IN n° 25/2009 do MAPA.	As soluções de melhorias são: (i) Adoção de procedimento expedito de verificação da qualidade da matéria prima (cama de equino); (ii) Realização do processo de maturação por lotes, sob condições adequadas (ambiente seco e coberto), (iii) Adoção de métodos e procedimentos para identificação do início e fim da fase de maturação, de acordo com o TMECC (THOMPSON et al., 2002), e (iv) Análise diária de alguns parâmetros físico-químicos e (v) Introdução de técnicas que reduza a volatilização amônia. Nessa fase, cabe aos gestores da agroindústria procurar parcerias com instituições que ajudem a solucionar essas causas (Ex. EMPRAPA e universidades). Além disso, terá que definir quem ficará responsáveis por cada atividade, qual será o prazo e como de fato serão realizadas.
D	5	Execução	Execução das metas definidas na etapa anterior.	Antes de iniciar a fase de execução é preciso capacitar e treinar todos os envolvidos no processo. Assim, o plano de ação pode ser colocado em prática segundo o que foi planejado.
C	6	Verificação	Verificar se as metas apresentam resultados favoráveis.	Essa fase deve começar juntamente com a fase anterior. Afinal, cada atividade do plano de ação deve ser monitorada sistematicamente de perto, registrando se os resultados serão atingidos ou não. Nessa fase poderão ser encontrados erros ou falhas no processo.
A	7	Padronização	Verificar se as ações executadas foram validadas, se sim, deve-se padronizar cada etapa do processo de compostagem, criando padrões de controle de qualidade do processo e composto final.	Criar relatórios, métodos e procedimentos para que os mesmos problemas não retornem e o desempenho futuro decorrente não reduza.
	8	Conclusão	Identificar causas/falhas novas e/ou persistentes.	Agir de maneira corretiva, aplicando novamente o ciclo.

Fonte: Autora (2019).

O presente trabalho desenvolveu apenas a primeira fase da metodologia PDCA. As demais fases são de responsabilidade da agroindústria, pois os gestores precisam capacitar à equipe para por em prática as soluções do plano de ação proposto (fase de execução) e acompanhar sistematicamente cada atividade planejada (fase de verificação). Assim como, padronizar as atividades que serão alcançadas e identificar falhas novas e/ou persistentes (fase de ação).

Este trabalho já foi apresentado para agroindústria estudada, e a mesma ficou de analisar o estudo e dar continuidade ao ciclo PDCA assim que possível.

#### **4. CONCLUSÃO**

Aplicou-se o diagrama de *Ishikawa* logo na primeira etapa do ciclo PDCA, sendo possível pontuar 16 causas secundárias dentro das seis causas primárias (Materiais, Método, Mão de Obra, Máquina, Meio Ambiente e Medida). A variação da qualidade do esterco, as condições inadequadas na etapa de maturação do composto; a falta de procedimentos e métodos; e a volatilização de nitrogênio são os principais problemas identificados, que podem afetar diretamente na qualidade do composto.

A elaboração do plano de ação busca eliminar essas principais causas expostas. A adoção de procedimento expedito de verificação da qualidade da matéria prima (esterco equino); a realização do processo de maturação por lotes sob condições adequadas; seguindo métodos e procedimentos para identificação do início e fim da fase de maturação; a análise diária de alguns parâmetros físico-químicos e a introdução de técnicas que reduza a volatilização de amônia são medidas essenciais que visam aumentar a qualidade do composto orgânico, e conseqüentemente, do processo de compostagem.

O produto final da compostagem só pode ser comercializado, como fertilizante orgânico composto – Classe A, caso apresente os parâmetros físico-químicos e biológicos em conformidade com as legislações brasileiras, IN n° 25 e IN SDA n° 27 do MAPA. Os valores obtidos nas análises do composto produzido pela agroindústria estudada ficaram abaixo das concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos e patogênicos (IN SDA n° 27), porém alguns parâmetros ficaram acima do padrão estabelecido pela IN n° 25, desta forma, o registro do fertilizante pode ser negado.

Diante disso, fica evidente, que o processo de compostagem precisa de melhorias, por exemplo, a agroindústria precisa seguir os procedimentos para determinar o índice de maturidade, realizando o teste de germinação e o de consumo de O<sub>2</sub>, conforme o TMECC recomenda e padroniza. Assim como, padronizar o processo de compostagem, criando procedimentos, métodos e relatórios, buscando elevar os padrões de controle da qualidade do processo e do fertilizante orgânico.

## REFERÊNCIAS

ALVES, F.S.F.; PINHEIRO, R.R. O Esterco Caprino e Ovino como Fonte de Renda. **Jornal Agro**. 2007.

ANJOS, M.C.; SOUZA, C.C.; CEZAR, I.M.; ARIAS, E.R.A.; REIS NETO, J.F. O uso do método PDCA e de ferramentas da qualidade na gestão da agroindústria no Estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Agrarian**. v. 5, n. 15, p. 75-83, 2012.

BERNAL, M.P.; ALBURQUERQUE, J.A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5444-5453, 2009.

BERNARDI, A.C. de C.; RODRIGUES, A. de A.; MENDONÇA, F.C.; TUPY, O.; JUNIOR BARIONI, W.; PRIMAVESI, O. Análise e melhoria do processo de avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais de tecnologias da Embrapa Pecuária Sudeste. **Gest. Prod.**, v. 17, n. 2, 2010.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 481, de 03 de outubro de 2017. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 04 out. 2017. Seção 1, p. 51.

BRASIL. Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 jul. 2009. Seção 1, p. 20.

BRASIL. Instrução Normativa SDA nº 27, de 05 de junho de 2006. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 jun. 2006.

BRASIL. Instrução Normativa SDA nº 7, de 12 de abril de 2016. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 abr. 2016.

CARPINETTI, L.C.R. **Gestão da Qualidade – Conceitos e Técnicas**. São Paulo: Atlas. 2. ed. 2012.

CESAR, F.I.G. **Ferramentas Gerenciais da Qualidade**. 1. ed. São Paulo: Biblioteca24horas, Seven System International Ltda., 2013.

CHALK, P.M.; MAGALHÃES, A.M.T.; INÁCIO, C.T. Towards an understanding of the dynamics of compost N in the soil-plant-atmosphere system using  $^{15}\text{N}$  tracer. **Plant Soil**, v. 362, n. 1-2, p. 373-388, 2013.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima Teresópolis**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-de-janeiro/teresopolis-4578/>>. Acesso em: Jan. 2019.

CORRÊA, H.L; CORRÊA, C.A. **Administração de Produção e Operações: uma abordagem estratégica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 690 p.

de SOUZA, J.M. PDCA e Lean Manufacturing: Estudo de caso de aplicação de processos de qualidade na Gráfica Alfa. **Revista de Ciências Jurídicas**, v. 17, n. 1, p. 11-17, 2016.

DIAS, V.V.; SCHULTZ, G.; SCHUSTER, M.S.; TALAMINI, E.; RÉVILLION, J.P. O mercado de alimentos orgânicos: um panorama quantitativo e qualitativo das publicações internacionais. **Ambiente & Sociedade**, v. 18, n. 1, p. 161-182, 2015.

FERREIRA, M. de A.; de OLIVEIRA, U.R.; GARCIA, P.A. de A. Quatro ferramentas administrativas integradas para o mapeamento de falhas: estudo de caso. **Revista UNIABEU**, v.7, n. 16, p. 300-315, 2014.

FORGIARINI, A.L.; CASANOVA, J.G.; LEONARDI, T.C.; ZARELI, P.R. Ferramentas de qualidade no gerenciamento de resíduos em oficinas mecânicas: estudo de caso no município de Pato Branco - PR. In: Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, 9., 2018, Rio Grande do Sul. **Anais...** Porto Alegre: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2018.

FORNARI JUNIOR, C.C.M. Aplicação da ferramenta da qualidade (diagrama de *Ishikawa*) e do PDCA no desenvolvimento de pesquisa para a reutilização dos resíduos sólidos de coco verde. **Revista INGEPRO**, v. 2, n. 9, p. 104-112, 2010.

FUKUMOTO, Y.; SUZUKI, K.; KURODA, K.; WAKI, M; YASUDA, T. Effects of struvite formation and nitrification promotion on nitrogenous emissions such as  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  and NO during swine manure composting. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 2, p. 1468-1474, 2011.

INÁCIO, C. de T. **Uso da Abundância Natural de  $^{15}\text{N}$  em Estudos com Fertilizantes Orgânicos**. Rio de Janeiro, 2015. 118 f. Tese (Doutorado em Agronomia - Ciências do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2015.

INÁCIO, C.T.; MILLER, P.R.M. **Compostagem: Ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156 p.

ISHIKAWA, K. **Total Quality Control in Japanese Manner**. 1. ed. Rio de Janeiro, 1993.

JANJUSIC, D.S.; PSODOROV, D.D.; GAGIC, S.M. The use of traditional management tools in approach of the food waste problems in food industry. In:

International Scientific Conference Management, 2012, Serbia. **Anais...** Mladenovac: International Scientific Conference Management, 2012.

JIANG, T.; SCHUCHARDT, F.; LI, G.X.; GUO, R.; LUO, Y.M. Gaseous emission during the composting of pig feces from Chinese Ganqinfen system. **Chemosphere**, v. 90, n. 4, p. 1545-1551, 2013.

KIEHL, E.J. **Manual da Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto**. 4. ed. Piracicaba. 2004. 173 p.

LEE, J.E.; RAHMAN, M.M.; RA, C.S. Dose effects of Mg and PO<sub>4</sub> sources on the composting of swine manure. **Journal of Hazardous Materials**, v. 169, n. 1-3, p. 801-807, 2009.

MAEKAWA, R.; de CARVALHO, M.M.; de OLIVEIRA, O.J. Um estudo sobre a certificação ISO 9001 no Brasil: mapeamento de motivações, benefícios e dificuldades. **Gest. Prod.**, v. 20, n. 4, p. 763-779, 2013.

MAICZUK, J.; ANDRADE JÚNIOR, P.P. Aplicação de ferramentas de melhoria de qualidade e produtividade nos processos produtivos: um estudo de caso. **Qualitas Revista Eletrônica**, v. 14, n. 1, p. 1-14. 2013.

MARIANI, C.A.; PIZZINATO, N.K.; FARAH, O.E. Método PDCA e Ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de Caso. In: Simpósio Engenharia de Produção, 7., 2005, São Paulo. **Anais...** Bauru: SIMPEP, 2005.

MARTINI JUNIOR, L.C. Use armas na defesa do meio ambiente. **Revista BQ-Qualidade**, s.v., s.n., p. 78-81. 1999.

NOVAIS, T. de M.F. **Execução de um pátio de compostagem em solo-cimento: análises de suas propriedades e influência no processo de compostagem**. Minas Gerais, 2011. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Viçosa, 2011.

OLIVEIRA, U.R.; MARINS F.A.; ALMEIDA, D.A. Integrando técnicas e procedimentos de gestão de operações: uma aplicação em um banco comercial brasileiro de grande porte. **Produção**, v. 20, n. 2, p. 237-250, 2010.

ONWOSI, C.O.; IGBOKWE, V.C.; ODIMBA, J.N.; EKE, I.E.; NWANKWOALA, M.O.; IROH, I.N.; EZEUGU, L.I. Composting technology in waste stabilization: on the methods, challenges and future prospects. **Journal of Environmental Management**, v. 190, s.n., p. 140-157, 2017.

PACHECO, E.G.; FERNANDES, M.A.; MAURÃO, V.O. Aplicação de ferramentas da qualidade para o descarte de resíduos sólidos no aeroporto de Guarulhos. **Jornal of Engineering, Architecture and Technology Innovation**, v. 5, n. 1, 2017.

PADDOCK, L.E.; PHILLIPS, AL.; CHODOFF, P. Quality Improvement tools in disease management. **Disease Management**, v. 4, n. 2, p. 75-83, 2001.

RAHMAN, Md M.; AMRAN, M.; SALLEH, M.; RASHID, U.; AHSAN, A.; HOSSAIN, M. d M.; SIXRA, C. Production of slow release crystal fertilizer from wastewaters through struvite crystallization – A review. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 7, n. 1, p. 139-155, 2013.

REN, L.; SCHUCHARDT, F.; SHEN, Y.; LI, G., LI, C. Impact of struvite crystallization on nitrogen losses during composting of pig manure and cornstalk. **Waste Management**, v. 30, n. 5, p. 885-892, 2010.

RICHART, A.; GIBBERT, R.M.; MULLER, E.J. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia da cama de frango em função do manejo de aplicação em argissolo vermelho. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 9, n.1, 2014.

RODRIGUES, G. da C.; de OLIVEIRA, T.A.A.; NERY, I.C.; JUCÁ, H.L. de A. Utilização de ferramentas da qualidade em um plano de gerenciamento de resíduos da construção civil. In: Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade, 5., São Paulo. **Anais...** São Paulo: SINGEP, 2015.

SABKI, M.H.; LEE, C.T.; BONG, C.P.C.; KLEMES J.J. A Review on the Economic Feasibility of Composting for Organic Waste Management in Asian Countries. **Chemical Engineering Transactions**, v. 70, s.n., p. 49-54, 2018.

SALVADORI, L.A.R. **Aplicação de técnicas da qualidade para a melhoria contínua em um projeto de produção enxuta**. São Carlos, 2013. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2013.

SILVA, H.L.; CAMELO, G.L.P. **Aplicabilidade de ferramentas da qualidade no processo das hortifruticulturas orgânicas no Gramorezinho, Natal/RN**. In: Giovanni Seabra. (Org.). A Conferência da Terra: Terra? Habitats Urbanos e Rurais. 1. ed. Ituiutaba-MG: Barlavento, v. 3, s.n., p. 44-57, 2019.

SOKOVIC, M.; PAVLETIC, D.; PIPAN, K.K. Quality Improvement Methodologies PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS. **Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering**, v. 43, n. 1, 2010.

STEINER, C.; DAS K. C.; MELEAR, N.; LAKLY, D. Reducing Nitrogen Loss during Poultry Litter Composting Using Biochar. **Journal Environ. Qual.**, v. 39, n. 4, p. 1236-1242, 2009.

TAJRA,F.S.; LIRA, G.V; RODRIGUES, Â.B.; TAJRA, R.S.; GUIRÃO JUNIOR, L. PDCA as associated methodological Audit Health: report of Sobral-Ceará. **Mag. Tempus Actas Collect**. v. 8, s.n., p. 202-215, 2012.

TEIXEIRA, L.B.; GERMANO, V.L.C.; OLIVEIRA, R.F. de; FURLAN JÚNIOR, J. Processo de compostagem, a partir de lixo orgânico urbano, em leira estática com ventilação natural. **Circular Técnica**, 33. Belém: Embrapa, 2004.

THOMPSON, W.H.; LEEGE, P.; MILLNER, P.; WATSON, M. **TMECC - Test methods for the examination of composting and compost.** Washington, DC: US Composting Council Research and Education Foundation and the United States Department of Agriculture, 2002. Disponível em: <<http://tmecc.org/tmecc/index.html>>. Acesso em: Fev. 2019.

XENOS, H.G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: O Caminho para Eliminar Falhas nos Equipamentos e Aumentar a Produtividade.** 2. ed. Nova Lima: Falconi, 2014. 312 p.

YIN, R.K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

## CAPÍTULO III

### ANÁLISE ECONÔMICO-FINANCEIRA DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Economic and financial analysis of agro-industrial residues management

#### RESUMO:

O processamento mínimo de hortaliças é uma atividade crescente no Brasil, e, como qualquer atividade agroindustrial, gera muitos resíduos sólidos orgânicos como subproduto. Por essa razão, as agroindústrias desse setor são responsáveis por estabelecer metas e estratégias de gerenciamento de seus resíduos, visando, sempre que possível, a reutilização, a reciclagem e o tratamento. A compostagem provou ser uma técnica promissora quando se trata de resíduos orgânicos, pois não só reduz os impactos ambientais e o volume de resíduos, mas também recicla os nutrientes em substâncias húmicas estáveis que podem ser comercializadas. Dessa forma, o composto orgânico (produto final da compostagem) pode gerar renda para as agroindústrias. Este trabalho é um estudo de caso que avalia a viabilidade econômico-financeira de diferentes cenários para o gerenciamento de resíduos agroindustriais gerados pelo processamento mínimo de hortaliças, localizado em Teresópolis, Rio de Janeiro, Brasil. Entre os cenários avaliados, a compostagem é a única alternativa que pode gerar receitas para a agroindústria. Embora exija um investimento inicial de R\$ 385.388,09, o retorno é de quatro anos e dez meses. Além disso, este estudo mostra que a compostagem é um negócio viável e atraente financeiramente, por apresentar uma rentabilidade financeira de 19,28% ao ano.

**Palavras-Chave:** Compostagem; Gerenciamento; Resíduos Agroindustriais; Taxa Interna de Retorno, Valor presente Líquido.

#### ABSTRACT:

Minimal processing of vegetables is a growing activity in Brazil and, like any agro-industrial activity, generates much organic solid waste as a by-product. For this reason, the agro-industries in this business are responsible for setting goals and management strategies for their waste, aiming, whenever possible, at reuse, recycling and treatment. Composting has proven to be a promising technique when it comes to organic waste, as it not only reduces environmental impacts and the volume of waste, but it also recycles nutrients into stable humic substances that can be commercialized. In this way, the organic compost (the final product of composting) can generate income for the agro-industries. This work is a case study that evaluates the economic and financial feasibility of different scenarios for the management of agro-industrial waste generated by minimum processing of vegetables, located in Teresópolis, Rio de Janeiro, Brazil. Among the scenarios evaluated, composting is the only alternative that may produce revenues for the agroindustry. Although it requires an initial investment of R\$ 385,388.09, the payback is four years and ten months. In addition, this study shows that composting is a viable and financially attractive business, with a net profitability of 19.28% per year.



**Keywords:** Agro-industrial waste; Composting; Internal rate of return; Management; Net present value.

## 1. INTRODUÇÃO

Devido à crescente industrialização, as quantidades de resíduos gerados estão aumentando significativamente, e com isso a gestão e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos tem sido um problema em nível mundial. No entanto, existem órgãos e empresas que vêm se preocupando com o meio ambiente e, por isso, buscam medidas que minimizam os impactos socioambientais (DIAS, 2009; SENNA; LHAMBY, 2010). Visando promover práticas sustentáveis, como a reciclagem e compostagem, vários estudos abordam a viabilidade do aproveitamento dos resíduos agroindustriais (BORGES et al., 2004; FRENCH; LAFORGE, 2006; LEAL et al., 2007; EYERKAUFER; BRITO, 2012).

A fim de diminuir custos com gerenciamento de resíduos orgânicos, a reciclagem e o tratamento desse tipo de resíduo podem promover a entrada de receitas para as agroindústrias, através da comercialização de um novo produto. No entanto, como as empresas enfrentam numerosos desafios em seus processos produtivos diante das incertezas do mercado, é extremamente importante avaliar a viabilidade e atratividade do investimento.

Antes de realizar um investimento em qualquer atividade, o investidor deve conhecer, por meio de uma análise de mercado, se a sua proposta é viável ou não, tecnicamente e financeiramente. Para isto, é preciso caracterizar as propostas, conhecer os valores reais envolvidos no empreendimento, os coeficientes técnicos e econômicos que devem ser atingidos e, a partir daí, comparar a sua proposta com outras oportunidades de negócios disponíveis no mercado. Dessa forma, as análises de custo de produção e a viabilidade econômico-financeira são ferramentas importantes e extremamente relevantes para tomada de decisão de um negócio e/ou empreendimento (BIERMAN JÚNIOR; SMIDT, 2012, SEBASTIÃO, 2014).

Na análise de custo de produção o empreendedor considera todos os gastos com mão de obra, combustível, manutenção, seguros e impostos, entre outros fatores. Em seguida, confronta esses gastos com as entradas da atividade, objetivando verificar como os recursos empregados estão sendo remunerados (BESERRA, 2016).

A análise de viabilidade econômico-financeira compara os custos e investimentos demandados com os benefícios esperados, avaliando a viabilidade e atratividade do projeto (VERAS, 2001, COYLE et al., 2003, OCNEANU; BUCSA, 2014), por isso é algo fundamental para o sucesso de qualquer empreendimento. Recomenda-se que no estudo de análise de investimentos, a proposta seja submetida às diferentes taxas de descontos, taxas estas definidas a partir daquelas obtidas em opções de investimentos disponíveis no mercado. Ou seja, a escolha das taxas de desconto é definida em cima da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) determinada pelo investidor. E, a partir do fluxo de caixa planejado para o empreendimento pode-se então calcular os indicadores econômicos de rentabilidade: Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR).

O tratamento dos resíduos orgânicos, por meio da técnica da compostagem visa solucionar o problema do gerenciamento de resíduos agroindustriais. A fim de valorizar a matéria orgânica, Legaspe (2006) afirmou que a compostagem tem sido a alternativa mais atrativa do ponto de vista econômico. Os países europeus se tornaram referência quando se trata de gestão adequada dos resíduos sólidos. De acordo com a Eurostat (2011), a Alemanha reciclou 63% de todos os resíduos gerados no país (46% por reciclagem e 17% por compostagem). No Brasil, temos alguns estudos que demonstram que o tratamento de resíduos vem ganhando destaque. Melo et al. (2009) estudaram seis cenários para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos produzidos na cidade de Curitiba, PR. Nos cenários 5 e 6, os autores consideraram que os resíduos orgânicos gerados pela sociedade poderiam ser tratados, via compostagem, sendo esta uma alternativa que ajudaria a aumentar a vida útil dos aterros sanitários, devido a economia do espaço, bem como promoveria a redução nas emissões de gases do efeito estufa (GEE), gases estes considerados poluentes, sob o ponto de vista ambiental.

Neste capítulo, objetivou-se analisar os custos envolvidos em diferentes cenários de gerenciamento dos resíduos agroindustriais, provenientes das atividades de processamento mínimo de hortaliças.

### **1.1. Análise econômico-financeira**

De acordo com Peres (2006) há vários métodos de avaliação econômico-financeira, no entanto, recomenda-se a metodologia que emprega a técnica do

desconto, pois a mesma atualiza o fluxo de caixa, monetariamente. Diante dessa consideração, o VPL e a TIR são os indicadores mais recomendados para a tomada de decisões em investimento (MAGNI, 2011).

A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) é uma taxa de juros, que demonstra o mínimo que o investidor se propõe a ganhar quando faz um investimento, ou seja, é a taxa mínima que o investidor espera receber como retorno do seu capital investido. Em caso de o investimento gerar uma TIR menor que a TMA, o projeto não é atrativo (PIRES, 2011).

Já o VPL é um instrumento fundamental da análise econômico-financeira, pois permite concluir sobre a viabilidade do projeto, através do desconto das receitas e despesas, trazidas ao valor presente (SILVA; FONTES, 2005). Segundo Dantas (1996) o projeto que apresenta VPL superior a zero é economicamente viável, pois traz retorno para o investidor. Já o VPL igual a zero significará que o projeto atingiu seu ponto de equilíbrio, ou seja, não gera lucro e nem prejuízo. Em contrapartida, o projeto que apresenta VPL inferior a zero deve ser negado, uma vez que, tende a gerar prejuízo.

A TIR é um indicador econômico que demonstra a atratividade do projeto, sendo a taxa de desconto que iguala o VPL a zero. A TIR representa a rentabilidade média do dinheiro durante todo o horizonte temporal aplicado, ou seja, relaciona o capital investido com o capital resgatado no final do projeto (ROSS et al., 2010, OLIVEIRA, 1979<sup>8</sup> apud BESERRA, 2016).

O projeto é considerado atrativo para investimento quando a rentabilidade obtida supera as expectativas definidas para a TMA escolhida. Desta forma, se a  $TIR > TMA$ , o projeto gera lucro, sendo atrativo para investimento. Para a  $TIR = TMA$ , o investidor está no ponto de equilíbrio, recomendando-se uma revisão da proposta de investimento. E, se a  $TIR < TMA$ , deve-se rejeitar o projeto, pois não é considerado atrativo para investimento, tendo prejuízo (STALLA, 2000, ROSS et al., 2010).

O *payback* descontado é um indicador que define o tempo necessário para o investidor recuperar o capital investido (ROSS et al., 2010, BIERMAN JÚNIOR; SMIDT, 2012, WILLIAMS et al., 2012, ASSAF NETO, 1992<sup>9</sup> apud BESERRA, 2016).

---

<sup>8</sup> OLIVEIRA, A. Método da taxa interna de retorno: caso de taxas múltiplas. Revista de Administração de Empresas, v. 19, n. 2, p. 87-90, 1979.

<sup>9</sup> ASSAF NETO, A. Os métodos quantitativos de análise de investimentos. Caderno de estudos, Campinas, v. s., n. 6, p. 01-16, 1992.

A partir dos resultados obtidos é possível concluir se o investimento realizado será recuperado no curto, médio ou longo prazo.

A análise de sensibilidade permite conhecer qual o item do fluxo de caixa possui maior influência sobre o investimento (RÊGO, 2010). Para isso, aplica-se uma desvalorização individual, sempre desfavorável ao investidor, buscando pontuar os itens de maior impacto econômico na implantação de um negócio. Os itens de produção são classificados e considerados críticos, quando apresentarem maior variação nos resultados dos indicadores econômicos, o VPL ou a TIR. Ou seja, através da análise de sensibilidade é possível conhecer como cada item da receita e da despesa pode influenciar os indicadores econômicos, caso sofra alterações futuras nos preços e/ou nas quantidades.

Já a análise de risco tem o intuito de estudar a possibilidade de perda financeira. O estudo do risco é desenvolvido em cima dos itens mais críticos classificados pela análise de sensibilidade. O método mais recomendado para realizar a análise de risco é o de Monte Carlo, onde o mesmo utiliza o preço mínimo, médio e máximo da ocorrência dos preços, a partir da distribuição triangular realizada para cada item de produção, e simultaneamente, promove variações nesses preços, gerando diferentes fluxos de caixa (NORONHA, 1987). Indica-se que seja realizado um grande número de combinações entre os preços definidos pela distribuição triangular, até que a probabilidade do risco se estabilize, diante das oscilações simuladas. Makhani et al. (2010) afirmam que, no cenário do mundo real é muito comum que o projeto apresente vários riscos, sendo necessário tempo para investigar todos eles. Por isso, é necessário realizar a análise de riscos e priorizá-los.

O ponto de equilíbrio (PE), ou *breakeven point*, é quando o projeto não apresenta lucro, no entanto, as receitas (produtos vendidos) pagam todos os custos fixos e variáveis do empreendimento (BLANK; TARQUIN, 2008). Dessa forma, a empresa não terá o retorno do capital investido, porém as receitas sustentarão os custos totais (ASSAF NETO, 2014).

## **2. METODOLOGIA**

Esse trabalho foi desenvolvido junto a uma agroindústria de processamento mínimo de hortaliças, localizada na cidade de Teresópolis, estado do Rio de Janeiro.

Na agroindústria estudada, os resíduos agroindustriais gerados são matéria prima para a produção de fertilizante orgânico, via compostagem. Os resíduos são provenientes do processamento mínimo de hortaliças de produção própria e terceirizada. Nesse estudo de caso analisaram-se quatro diferentes cenários para o gerenciamento dos resíduos agroindustriais. Em cada cenário, levantaram-se todos os investimentos, custos e receitas. Nos cenários I, II e III avaliaram-se as formas de destinação e de disposição final para os resíduos na região onde a empresa estava instalada, ao passo que, no cenário IV, foi proposto o tratamento e o beneficiamento para os resíduos na própria empresa, gerando assim uma oportunidade de novo negócio com a comercialização do composto orgânico.

No Cenário I, consideraram-se os custos de produção envolvidos na disposição final dos resíduos em aterro sanitário localizado na cidade de Teresópolis, RJ, considerando a aquisição de um caminhão compactador para transporte e custos operacionais. Embora seja o aterro sanitário mais próximo da agroindústria estudada, em 06 de março de 2018, por não atender as premissas impostas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) houve a interdição do aterro pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), tornando o local impossibilitado de receber os resíduos, até que sua adequação atenda a legislação ambiental vigente.

O Cenário II, considera o envio dos resíduos sólidos orgânicos ao aterro sanitário da cidade de Nova Friburgo, RJ. Trata-se de um aterro sanitário privado, que está de acordo com a legislação ambiental vigente descrita pela PNRS.

No Cenário III foi realizado o levantamento de todos os custos de produção para realização da coleta terceirizada, bem como o correto tratamento dos resíduos sólidos orgânicos gerados, por uma empresa privada, enquadrada neste ramo de atividade.

O Cenário IV considerou o levantamento de todos os itens de implantação e operação da unidade de compostagem na própria agroindústria, bem como a comercialização do fertilizante orgânico composto – Classe A ou condicionador do solo, de acordo com a IN nº 25, de 23 de julho de 2009, publicada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Através de visitas periódicas realizadas na agroindústria, realizou-se a caracterização do sistema de compostagem. Todas as informações foram registradas, considerado o inventário da

instalação, as máquinas e equipamentos necessários para funcionamento, além de dados técnicos e econômicos de produção da unidade. Desta forma, foi possível fazer a quantificação e a precificação de toda a unidade de compostagem, construindo o cenário e, posteriormente a realização da análise de investimento.

Os cenários analisados foram definidos a partir das diferentes possibilidades prontamente existentes de gerenciamento para os resíduos sólidos orgânicos produzidos pela agroindústria, considerando apenas os cenários mais próximos da realidade da agroindústria. Desta forma, o estudo de viabilidade técnica e econômico-financeira da biodigestão anaeróbia (metanização) extrapola o objetivo desse estudo.

Na caracterização dos cenários, foram considerados para um ano de exploração da atividade, 313 dias úteis no funcionamento da agroindústria, descontando-se 52 domingos e uma geração diária de 2,5 toneladas de resíduos agroindustriais provenientes do beneficiamento de hortaliças. Para todos os cenários, considerou-se um horizonte temporal de dez anos de exploração da atividade.

A análise dos custos de produção aplicada para os cenários I, II e III foi realizada seguindo a metodologia proposta por Matsunaga et al. (1976). E todos os preços foram cotados no mês de abril do ano de 2018.

Para o cenário IV, foi realizada a análise de investimentos, neste caso a metodologia proposta é aquela recomendada por Blank e Tarquin (2008). Para este cenário os preços praticados na região foram cotados junto aos estabelecimentos comerciais e profissionais que atuam neste segmento de mercado, entre os meses de janeiro e abril do ano de 2018. Em seguida, os preços foram tabulados e corrigidos monetariamente, aplicando o Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI) sobre o período de cotação, segundo a Fundação Getúlio Vargas (FGV, 2018). No entanto, a atualização monetária dos preços praticados no mercado foi realizada para o mês de abril do ano 2018, mês este considerado de referência. A cotação média do dólar para o mês de abril de 2018 foi de R\$ 3,40 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018). Após a correção monetária, com todos os preços atualizados, aplicou-se a distribuição triangular (PONCIANO et al., 2004), resultando nos preços mínimo, médio e máximo de cada item listado durante o período de precificação. A partir das informações coletadas, da caracterização e da

quantificação da unidade de compostagem instalada na agroindústria, foram construídas as planilhas eletrônicas, utilizando a ferramenta Microsoft-Excel®.

No cenário IV, o fluxo de caixa mensal foi montado utilizando o preço médio atualizado e a quantificação de cada item durante um horizonte temporal 10 (dez) anos. O fluxo de caixa registrou todas as receitas (entradas) e despesas (saídas), mensalmente. Posteriormente, o fluxo de caixa foi submetido às diferentes taxas de desconto, sendo utilizadas 6%, 12%, 18% e 24% ao ano, definidas a partir da taxa mínima de atratividade (TMA). Como referência, utilizou-se a TMA obtida pela Taxa do Sistema de Liquidação e Custódia Brasileiro (SELIC), que no ano de 2017, foi na ordem de 9,53% (RFB, 2018).

De posse do fluxo de caixa foi possível realizar análise da viabilidade econômico-financeira com a determinação dos indicadores econômicos de rentabilidade, o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), conforme metodologia descrita por Blank e Tarquin (2008). Também foi possível identificar o tempo de recuperação do capital investido por meio da análise do *payback* descontado, proposto por Assaf Neto (1992).

A expressão utilizada para cálculo do VPL foi à seguinte:

$$VPL = \sum_{t=0}^n VF/(1+r)^t$$

em que:

VPL = valor presente líquido;

VF = valor do fluxo líquido (diferença entre entradas e saídas);

N = números de fluxos;

r = taxa de desconto;

t = período de análise (i = 1, 2, 3...)

Como a TIR é a taxa de desconto que iguala o VPL a zero, a mesma pode ser determinada utilizando a seguinte expressão:

$$VPL = VF_0 + \frac{VF_1}{(1+r)^1} + \frac{VF_2}{(1+r)^2} + \frac{VF_3}{(1+r)^3} + \dots + \frac{VF_n}{(1+r)^n}$$

em que:

F = fluxo de caixa líquido (0, 1, 2, 3,..., n);

r = taxa de desconto.

A fim de identificar os itens de maior influência sobre os resultados dos indicadores na análise do investimento, procedeu-se a realização da análise de sensibilidade, avaliando os itens que compõem o fluxo de caixa de cada sistema de produção individualmente (RÊGO, 2010). Para a classificação dos itens de produção que mais influenciaram nos resultados dos indicadores econômicos, promoveu-se uma desvalorização, ou seja, uma mudança nos valores de cada item, sempre no sentido desfavorável ao investidor, na ordem de 10%, resultando no aumento do custo do item de produção ou na redução do valor da receita obtida.

A análise de risco econômico-financeira da unidade da compostagem foi realizada utilizando o método de Monte Carlo, proposto por Noronha (1987). Neste método, consideram-se as oscilações de preços ocorridas no mercado e, a partir da distribuição triangular (PONCIANO et al., 2004), encontra-se as probabilidades de insucesso do empreendimento. Mediante a geração de números aleatórios entre a distribuição triangular dos dez itens mais sensíveis do projeto, valores são obtidos para cada item e, através de “*n*” combinações, são propostos vários fluxos de caixa (LOPES, 1992). A repetição desse procedimento um número significativo de vezes, gera uma distribuição de frequência mais estabilizada, permitindo avaliar a probabilidade de sucesso ou insucesso da atividade. Por este motivo, esta operação foi repetida 5.000 vezes, simulando 5.000 possibilidades de fluxo de caixa, como recomendado nos trabalhos de Peres (2006) e Beserra (2016).

Visando descobrir o faturamento mensal mínimo a ser alcançado pela agroindústria para cobrir todos os custos variáveis e fixos, realizou-se o cálculo do Ponto de Equilíbrio (PE) ou *breakeven point*, baseado na metodologia proposta por Blank e Tarquin (2008). Para essa análise, considerou-se a mão de obra efetiva e a depreciação dos bens como custos fixos. Os demais itens (mão de obra temporária e técnica, análise de composto, frete, entre outros) foram classificados como custos variáveis. Para determinar a quantidade mínima de composto a ser comercializada mensalmente foi utilizada a seguinte expressão matemática:

$$PE = \frac{CF}{R - CV}$$

em que:

PE = ponto de equilíbrio (unidade/mês);

CF = custo fixos (R\$/mês);

R = receitas (R\$/unidade);



CV = custos variáveis (R\$/unidade).

Neste caso, 1 unidade é equivalente a 1 kg. Logo, o PE será em kg/mês.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cenário I que considerou a disposição final dos resíduos no Aterro Municipal de Teresópolis, RJ, está localizado a 24 km da agroindústria. Dessa forma, à distância a ser percorrida são 48 km para um percurso de ida e volta. Esse aterro não realiza a cobrança para receber os resíduos de grandes geradores. Sendo assim, neste cenário, a agroindústria teria os custos com o investimento realizado na compra do caminhão compactador, despesas com o transporte, depreciação do caminhão, pagamento da mão de obra e os encargos trabalhistas a ela relacionados, o que totalizaram um valor de R\$ 1.142.446,00, durante um período de dez anos (Tabela 11). Considerando como receita a venda do caminhão (a preço de sucata) o total gasto em 10 anos, seria equivalente a R\$ 1.072.546,00.

Tabela 11 - Custo total de produção para disposição final de resíduos agroindustriais no Aterro de Teresópolis, RJ, durante um horizonte temporal de 10 anos (Cenário I).

Itens avaliados	Valor (10 anos)
(-) Investimento	
Aquisição de caminhão compactador	R\$ 349.500,00
(-) Custo Operacional	
Pagamento com impostos: IPVA	R\$ 34.950,00
Manutenção e outros gastos	R\$ 84.000,00
Pagamento com seguro	R\$ 174.750,00
Gastos com combustível: óleo diesel	R\$ 110.176,00
Pagamento de mão de obra: salário	R\$ 156.000,00
Pagamento de mão de obra: 13º salário	R\$ 13.910,00
Pagamento de encargos trabalhistas: INSS	R\$ 10.920,00
Pagamento de encargos trabalhistas: FGTS	R\$ 21.840,00
Depreciação do caminhão	R\$ 186.400,00
Custo Total	R\$ 1.142.446,00
(+) Receita	
Venda do caminhão (a preço de sucata)	R\$ 69.900,00
Saldo	R\$ 1.072.546,00

US\$ 1.00 = R\$ 3,40 – Mês e ano de referência: abril/2018 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018)

Por não atingir os requisitos da legislação ambiental vigente, o local que foi interditado pelo INEA no dia 06 de março de 2018, inviabilizou essa proposta. Apesar da interdição, este cenário foi mantido já que era a prática corrente de outras agroindústrias de processamento mínimo da região.

Na disposição final dos resíduos no Aterro privado de Nova Friburgo (Cenário II), considerou-se uma distância de 57,4 km da agroindústria analisada. Logo, a distância percorrida por viagem (percurso de ida e volta) seria de 114,8 km. Neste aterro realiza-se a cobrança de R\$ 89,29/t para a disposição final de resíduo sólido orgânico. Durante o período analisado (10 anos), a empresa geradora teria um custo total de R\$ 2.162.468,52, considerando a aquisição de um caminhão compactador, o pagamento do salário de motorista, custos com transporte, pagamento do valor previsto para a disposição final no aterro sanitário e a depreciação do caminhão (Tabela 12). Considerando a venda do caminhão no final do período de 10 anos, o valor de R\$ 69.900,00 (preço de sucata) entraria como receita para a empresa, reduzindo o custo para R\$ 2.092.568,52.

Tabela 12 - Custo total de produção para disposição final de resíduos agroindustriais no Aterro de Nova Friburgo, RJ, durante um horizonte temporal de 10 anos (Cenário II).

Itens avaliados	Valor (10 anos)
(-) Investimento	
Aquisição de caminhão compactador	R\$ 349.500,00
(-) Custo Operacional	
Pagamento com impostos: IPVA	R\$ 34.950,00
Manutenção e outros gastos	R\$ 252.000,00
Pagamento com seguro	R\$ 174.750,00
Gastos com combustível: óleo diesel	R\$ 263.504,27
Pagamento de mão de obra: salário	R\$ 156.000,00
Pagamento de mão de obra: 13º salário	R\$ 13.910,00
Pagamento de encargos trabalhistas: INSS	R\$ 10.920,00
Pagamento de encargos trabalhistas: FGTS	R\$ 21.840,00
Custo da disposição no aterro sanitário	R\$ 698.694,25
Depreciação do caminhão	R\$ 186.400,00
Custo Total	R\$ 2.162.468,52
(+) Receita	
Venda do caminhão (a preço de sucata)	R\$ 69.900,00
Saldo	R\$ 2.092.568,52

US\$ 1.00 = R\$ 3,40 – Mês e ano de referência: abril/2018 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018)

No Cenário III, foi proposto o levantamento dos custos de produção envolvidos na contratação de uma empresa terceirizada, especializada na coleta, tratamento, destinação e disposição final do resíduo gerado. Nesse, o levantamento demonstrou ser a opção mais onerosa, visto que o custo foi acima dos seis milhões de reais (Tabela 13) durante o período de 10 anos. As empresas têm um elevado custo para dispor seus resíduos de forma adequada em aterros sanitários, atendendo a legislação ambiental vigente. Quando a empresa terceiriza o gerenciamento desses resíduos, esse custo tende a aumentar. No caso da agroindústria, localizada na cidade de Teresópolis, RJ, o custo na contratação de uma empresa especializada é altíssimo, pois não foi encontrado empresas que realizem este tipo de serviço na cidade. Logo, a agroindústria teria que recorrer às empresas localizadas na cidade do Rio de Janeiro, RJ, ao custo médio de R\$ 800,00/t de resíduos sólidos orgânicos retirados e destinados conforme a legislação ambiental.

Tabela 13 - Custo total de produção de serviços terceirizados para destinação de resíduos agroindustriais, durante um horizonte temporal de 10 anos (cenário III).

	Custo
Contratação de serviços de coleta e tratamento dos resíduos	R\$ 6.260.000,00
Total	R\$ 6.260.000,00

US\$ 1.00 = R\$ 3,40 – Mês e ano de referência: abril/2018 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018)

As análises dos diferentes cenários para determinação do custo total de produção da destinação e disposição final dos resíduos sólidos orgânicos produzidos pela agroindústria de processamento mínimo de hortaliças, durante um período de dez anos, mostraram-se elevados e promovem um grande impacto financeiro na atividade. Uma atividade é viável quando as receitas superam os custos e o grande desafio de um gestor administrativo é a capacidade de promover a redução dos custos operacionais em seu sistema produtivo ou em sua atividade, de um modo geral. Considerando que os resíduos sólidos orgânicos podem ser matéria prima para produção de fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo (BRASIL, 2009), a adoção de tecnologias e técnicas com essa finalidade permite uma redução nos custos totais de gerenciamento dos resíduos agroindustriais.

No cenário IV, o investimento inicial necessário para atender a agroindústria foi de R\$ 385.388,09 (Apêndice A). A unidade de compostagem tem uma

capacidade de produção de 324 t. de composto orgânico/ano, a ser comercializado por um preço médio de R\$ 0,88/kg. Ressalta-se que o valor do fertilizante orgânico comercializado pode variar de acordo com a qualidade final do produto, por exemplo, no que tange aos teores de nutrientes disponíveis. A análise econômico-financeira do Cenário IV mostrou-se viável financeiramente (Tabela 14), quando o fluxo de caixa da proposta foi submetido a uma taxa de desconto de 18% a.a., apresentando um VPL na ordem de R\$ 69.423,60, sendo essa uma taxa de desconto considerada elevada para análises econômicas.

Tabela 14 - Resultados dos VPLs obtidos, em Reais, sob diferentes taxas anuais de desconto, em um horizonte temporal de 10 anos.

Taxa de desconto	6%	12%	18%	24%
VPL	R\$ 420.507,84	R\$ 207.683,09	R\$ 69.423,60	- R\$ 24.069,92

US\$ 1.00 = R\$ 3,40 – Mês e ano de referência: abril/2018 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018)

Como se trata de uma agroindústria, a taxa mínima de atratividade (TMA) mais recomendada para investidores é baseada na rentabilidade equivalente para a taxa SELIC, que no ano de 2017 correspondeu a 9,53% a.a. (RFB, 2018). Observou-se, na Tabela 15, que a avaliação econômico-financeira indicou uma rentabilidade financeira para o empreendimento na ordem de 22,23% a.a., valor este superior a TMA escolhida, tornando o cenário IV atrativo para investimento.

O tempo de recuperação do capital financeiro investido neste cenário foi determinado por meio do *payback* descontado, no qual se observou que seriam necessários quatro anos e dez meses para que o investimento fosse recuperado, período este considerado por Marion (2014) como curto prazo (Tabela 15).

Tabela 15 - Análise da viabilidade econômico-financeira da implantação e operação de uma unidade de tratamento de resíduos sólidos orgânicos, por meio da técnica de compostagem, durante um horizonte temporal de 10 anos.

Investimento inicial	R\$ 385.388,09
Taxa Mínima de Atratividade (TMA) - Ref. SELIC Ano 2017	9,53%
Taxa Interna de Retorno (TIR)	22,23%
Inflação acumulada - Ref. Ano 2017	2,95%
Taxa Interna de Retorno real (TIR real)	19,28%
<i>Payback</i> descontado	4 anos e 10 meses

US\$ 1.00 = R\$ 3,40 – Mês e ano de referência: abril/2018 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018)

Conforme Eyerkauffer e Brito (2012), o investimento no tratamento de dejetos suínos, por meio da compostagem também é recuperado no curto prazo, pois o tempo de recuperação do capital investido foi de dois anos, para um investimento inicial de R\$ 107.937,35. Esse estudo considerou um horizonte temporal de cinco anos, e ao final desse período apresentou uma taxa interna de retorno (TIR) foi de 40% a.a.

Infelizmente há poucos trabalhos que abordam sobre a viabilidade econômico-financeira da compostagem aplicada ao tratamento de resíduos agroindustriais. Diversos autores afirmaram que esse tratamento é viável do ponto de vista técnico e ambiental, porém não avaliam indicadores econômicos, como o VPL, a TIR e o *payback*. Alguns desses autores são: Costa et al. (2009), Guse et al. (2012), Parcell et al. (2015), Zaparoli e Barros (2015), Chen (2016), Zulkepli et al. (2017) entre outros.

Já outros autores que discutiram esses indicadores econômicos, avaliaram a viabilidade da compostagem no tratamento de resíduos sólidos urbanos (RSU). Pires (2011), por exemplo, analisou a viabilidade econômica da implantação de um sistema de compostagem acelerada para tratar os RSU da cidade de Vacaria/RS, e obteve uma TIR de 24,29%, sendo, aproximadamente, quatro vezes maior que a TMA (6%), evidenciando assim a atratividade do empreendimento. A TMA adotada nesse estudo foi baseada na rentabilidade anual da caderneta de poupança, e em dez anos, o valor presente líquido (VPL) obtido foi equivalente a R\$ 1.216.357,00 e o *payback* foi de aproximadamente quatro anos e dez meses. Borsato (2015) também afirma que a compostagem foi um empreendimento viável para tratar os RSU da cidade de Ponta Grossa/PR, e o *payback* encontrado foi menor que quatro anos. Já Pandyaswargo e Premakumara (2014) avaliaram a viabilidade da compostagem dos resíduos municipais em países asiáticos. Os resultados revelaram que a compostagem em pequena e média escala apresentaram uma melhor oportunidade de sucesso financeiro quando comparada com a grande escala, apresentando um *payback* entre três e seis anos.

A análise de sensibilidade deste estudo foi realizada considerando o fluxo de caixa submetida a uma taxa de desconto de 6% a.a. A Tabela 16 mostra que o valor de comercialização do produto final da compostagem foi o item de maior influência nos resultados econômicos dos indicadores no Cenário IV. Na condição em que o

produto for vendido abaixo do preço médio atualizado (R\$ 0,88/kg), o empreendimento pode ser inviabilizado ao longo do tempo. Vale ressaltar que, o preço de venda do composto estabelecido por instalações de compostagem podem variar muito, dependendo das estratégias de marketing e da qualidade do composto (PANDYASWARGO; PREMAKUMARA, 2014; SABKI et al. 2018). Peres (2006) e Beserra (2016) também afirmaram que o item mais sensível a variações de preços foi a comercialização de seu produto final, o que é totalmente justificável, pois esse é o item responsável pela receita da atividade.

Tabela 16 - Variação do VPL, em reais (R\$), decorrente de uma variação de 10% dos preços dos itens que compõem o sistema de produção, sempre no sentido desfavorável.

Item	VPL
Preço de comercialização do composto orgânico	- R\$ 198.675,93
Pagamento de mão de obra efetiva	- R\$ 23.309,47
Pagamento de mão de obra técnica (consultoria)	- R\$ 19.974,16
Pagamento do imposto - simples nacional	- R\$ 17.616,34
Pagamento de mão de obra temporária	- R\$ 14.554,18
Preço de compra do esterco de equino	- R\$ 13.895,83
Gastos com frete para comercialização	- R\$ 12.768,96
Aquisição do trator pá carregadeira	- R\$ 10.705,06
Valor de compra do terreno	- R\$ 5.457,00
Gastos com óleo diesel	- R\$ 4.613,60

US\$ 1.00 = R\$ 3,40 – Mês e ano de referência: abril/2018 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2018)

A mão de obra, quer seja ela efetiva ou temporária, apresentou-se como um item de extrema importância na atividade e exerceu grande influência nos resultados econômicos. Por ser considerada essencial para o funcionamento da unidade de tratamento de resíduos tornou-se imprescindível que o investidor promovesse a capacitação e qualificação dos funcionários, visando assim maximizar a eficiência no processo produtivo. A compostagem, em grande escala, demanda profissionais qualificados, que entendam a fundo da técnica de compostagem, e possam gerenciar esse processo de forma eficiente e eficaz. Promover incentivos aos funcionários, bonificação pela produção e controlar a produção diária de cada trabalhador podem ser ações que minimizem o risco da atividade. A mão de obra técnica também foi considerada um item sensível, pois trata-se de uma consultoria específica e mais qualificada. O pagamento de mão de obra (efetiva e/ou temporária), e o gasto com frete também foram relatados por Beserra (2016) como uns dos itens que mais

influenciaram na viabilidade econômico-financeira do sistema de tratamento de resíduos sólidos provenientes da bovinocultura leiteira. Segundo Peres (2006), a mão de obra temporária também foi um dos itens com peso sob os resultados de um empreendimento, devendo ter seu uso maximizado. Estes resultados corroboram com aqueles observados no presente estudo, quando se analisa o pagamento da mão de obra efetiva, técnica e até mesmo temporária.

Como o Brasil apresenta elevadas taxas de impostos para as empresas, o empresário sofre para quitar todas essas taxas e ainda manter um produto com valor atrativo no mercado. Dessa maneira, o pagamento de imposto – simples nacional também é um dos dez itens de maior influencia nos resultados do projeto.

Outro item identificado que pode inviabilizar a compostagem foi o preço de compra do esterco equino (cama de cavalo). Como insumo complementar a compostagem, a quantidade adquirida é elevada, dessa forma, uma elevação de preço neste item pode prejudicar a viabilidade econômica da compostagem. O esterco equino costuma apresentar menos nutrientes que os demais tipos de estercos (INÁCIO; MILLER, 2009), por isso, tendem a ser mais baratos.

Embora a agroindústria estudada possua uma área extensa que pode ser implantada a unidade de compostagem, o valor da compra do terreno foi considerada nesse estudo para servir de base para outros estudos e investimentos similares.

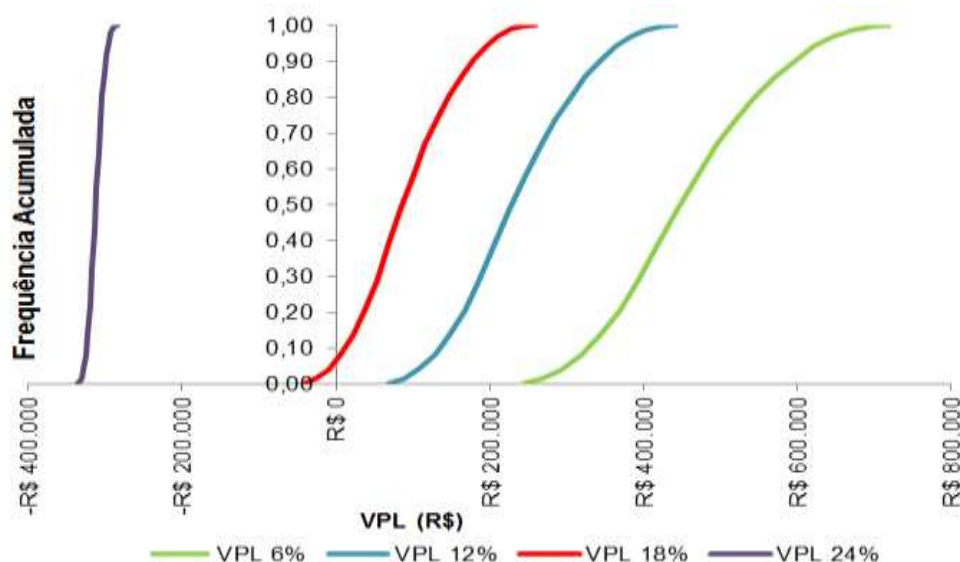
Ao submeter o fluxo de caixa as diferentes taxas de desconto 6%, 12%, 18% e 24% a.a., promoveu-se a análise de risco. Com a análise foi possível classificar o risco econômico-financeiro do empreendimento como baixo, uma vez que a probabilidade de insucesso da atividade foi insignificante, para as taxas de desconto de 6 e 12% a.a. Quando o fluxo de caixa foi submetido a uma taxa de desconto de 18% a.a., a probabilidade de insucesso da atividade ficou em 5,72%, o que é considerado um baixo risco de investimento. Por considerar a TMA de 9,53% a.a., o mais recomendado dentre as taxas de desconto utilizadas é comparar com o resultado obtido para a taxa de desconto de 12% a.a., que apresentou um risco econômico-financeiro de 0,08% (Tabela 17).

Tabela 17 - Resultado do risco econômico-financeiro da unidade de tratamento de resíduos sólidos orgânicos, em %, para as diferentes taxas anuais de desconto.

Taxa de desconto	6%	12%	18%	24%
Probabilidade de insucesso	0,00%	0,08%	5,72%	100,00%

Para uma análise de risco, recomenda-se a simulação de no mínimo 5.000 VPLs, pois de acordo com alguns autores como Hertz (1964) e Peres (2006), o risco tende a se estabilizar, uma vez que, essa quantidade engloba diversas probabilidades entre os preços da distribuição triangular, evitando assim, informações tendenciosas. A Figura 14 mostra a distribuição da frequência acumulada para os resultados obtidos segundo o indicador econômico VPL, quando submetido a 5.000 combinações. Nesta análise, ao considerar as oscilações de preços simuladas no mercado para os 10 principais itens identificados por meio da análise de sensibilidade pode-se observar que, quando submetidos a uma taxa de desconto de 18% a.a. o ponto de intersecção no eixo y foi de 5,72%, o que representou para a atividade um baixo risco de investimento, quando comparada com a TMA de 9,53% a.a., considerada neste estudo.

Figura 14 - Distribuição das frequências acumuladas e os respectivos VPLs simulados, quando aplicadas taxas de desconto de 6, 12, 18 e 24% ao ano.



A implantação da unidade de compostagem para tratar os resíduos orgânicos permitiu um retorno financeiro para a agroindústria analisada, pois a comercialização do produto final (composto orgânico) é uma oportunidade de novo negócio para a empresa. No entanto, este cenário demanda investimentos em tecnologia e



especialização da técnica de compostagem. Para que a agroindústria atinja o ponto de equilíbrio (PE) da atividade de compostagem, a mesma necessita comercializar em média 12.300 kg/mês de composto orgânico, a R\$ 0,88/kg, isso corresponde a 45,55% da capacidade de produção mensal.

Desta forma, embora fique claro que a implantação de uma unidade de compostagem seja um empreendimento viável e atrativo, a agroindústria precisa realizar um estudo para conhecer o potencial de mercado e se o produto será aceito pelos consumidores locais e regionais, o que permite escoar a produção do composto. Além disso, o fertilizante orgânico composto pode ser aproveitado no cultivo das lavouras da própria agroindústria, assim como, nas lavouras das empresas que fornecem as hortaliças para a fábrica de processamento mínimo de hortaliças. Com adoção desta proposta, pode-se promover a redução no custo de produção das hortaliças, com a diminuição na compra de fertilizantes químicos, melhoria na qualidade do solo e ainda, beneficiar o escoamento do composto produzido. Outra solução, caso a agroindústria tenha excesso de composto, é buscar parceria com agricultores familiares da região e/ou até mesmo com a prefeitura, afinal esse produto pode ser utilizado em áreas de reflorestamento, hortas comunitárias ou em outros projetos afins.

#### **4. CONCLUSÃO**

Dentre as alternativas avaliadas de gerenciamento dos resíduos sólidos orgânicos, o cenário que considerou o tratamento dos resíduos agroindustriais via compostagem, tende a minimizar os impactos socioambientais e os custos da agroindústria com o gerenciamento de seus resíduos. Além disso, este cenário permite que a agroindústria tenha uma nova fonte de renda, através da produção e comercialização do composto orgânico, o que torna o empreendimento mais atrativo e viável. No entanto, para viabilizar o empreendimento é importante a disponibilidade de capital financeiro, para investir em infraestrutura e especialização tecnológica.

O investimento em uma unidade de compostagem, em escala agroindustrial, é viável financeiramente e torna o empreendimento atrativo para investidores com responsabilidade ambiental, pois a TIR real (19,28% a.a.) foi superior a TMA adotada (9,53% a.a.). Já o tempo de recuperação do capital investido no

empreendimento ocorre no período de quatro anos e dez meses, período esse considerado como curto prazo.

O preço de venda do composto produzido é o item que exerce maior impacto nos resultados econômicos da atividade. Em seguida, o pagamento de mão de obra (efetiva e técnica) é um dos itens de maior relevância da atividade.

O risco econômico-financeiro de a atividade ser inviável financeiramente é nulo, quando considerada uma taxa de desconto de 12% a.a.

Para atingir o ponto de equilíbrio da atividade, a agroindústria precisa comercializar 12.300 kg de composto orgânico, mensalmente, a um preço de venda de R\$ 0,88/kg.

## REFERÊNCIAS

ASSAF NETO, A. **Finanças corporativas e valor**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2014. 824 p.

ASSAF NETO, A. Os métodos quantitativos de análise de investimentos. **Caderno de estudos**, v. s., n. 6, p. 1-16, 1992.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Cotações e Boletins. Disponível em: <<https://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpesq.asp>>. Acesso em: out. 2018.

BESERRA, V.A. **Análise econômica e da viabilidade financeira do uso de resíduo sólido proveniente da bovinocultura leiteira na produção de volumosos**. Volta Redonda, 2016. 82 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Universidade Federal Fluminense, 2016.

BIERMAN JÚNIOR, H; SMIDT, S. **The capital budgeting decision: economic analysis of investment projects**. Routledge, 2012, 404 p.

BLANK, L.; TARQUIN, A. **Engenharia econômica**. 6. ed. São Paulo: Ed. McGraw-Hill, 2008, 756 p.

BORGES, C.D.; CHIM, J.F.; LEITÃO, A.M.; PEREIRA, E; LUVIELMO, M.M. Produção de suco de abacaxi obtido a partir dos resíduos da indústria conserveira. **Boletim CEPPA**, v. 22, n. 1, p. 23-34, 2004.

BORSATO, V.M. **Análise de viabilidade técnica-econômica-financeira da implantação de um empreendimento de compostagem de resíduos orgânicos a ser instalado na cidade de Ponta Grossa**. Ponta Grossa, 2015. 121 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 03 ago. Seção 2, p. 2. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução Normativa nº 25, de 23 de julho de 2009. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 jul. Seção 1, p. 20. 2009.

CHEN, Y.T. A cost analysis of food waste composting in Taiwan. **Sustainability**, v. 8, n. 11, p. 1210-1223, 2016.

COSTA M.S.S. de M.; COSTA, L.A. de M.; DECARLI, L.D.; PELÁ, A.; da SILVA, C.J.; MATTER, U.F.; OLIBONE, D. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 100-107, 2009.

COYLE, D.; BUXTON, M.; O'BRIEN, B.J. Measures of importance for economic analysis based on decision modeling. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 56, p. 989–997, 2003.

DANTAS, A. **Análise de investimentos e projetos aplicada à pequena empresa**. 8. Ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília- UnB, 1996. 162 p.

DIAS, R. **Marketing Ambiental: ética, responsabilidade social e competitividade nos negócios**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 204 p.

EUROSTAT – Estatísticas europeias. **Eurostat Yearbook 2011** (Relatório Ambiental Anual da Comissão Europeia, Eurostat (2011). Disponível: <<http://bit.ly/1ITovx6>>. Acesso em: jun. 2018.

EYERKAUFER, M.L.; BRITO, A.O. Análise de viabilidade econômica da compostagem de dejetos suínos. **Revista Eletrônica do Alto Vale do Itajaí**, v. 1, n. 2, p. 41-52, 2012.

FRENCH, M.L.; LAFORGE, R.L. Closed-loop supply chains in process industries: an empirical study of producer re-use issues. **Journal of Operations Management**, v. 24, n. 3, p. 271-286, 2006.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS - FGV. **Índice geral de preços**: Disponibilidade interna (IGP-DI). Disponível em: <<http://www.antigofgvdados.fgv.br/>>. Acesso em: jun. 2018.

GUSE, J.C.; ZULUAN, A.; ÁVILA, de V.S.; DORR, A.C.; ROSSATO, M.V. Usina de compostagem: uma opção econômica e sustentável. **Rev. Elet. Em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 7, n.7, p. 1326-1334, 2012.

HERTZ, D.B. Risk analysis in capital investment. **Harvard Business Review**, New York, v. 42, n.1, p. 95-106, 1964.

INÁCIO, C.T.; MILLER, P.R.M. **Compostagem: Ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009, 156 p.

LEAL, M.A.A.; GUERRA, J.G.M.; PEIXOTO, R.T.G.; ALMEIDA, D.L. Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 3, p. 392-395, 2007.

LEGASPE, L.R. **Gestão de resíduos na agricultura e agroindústria**. Resíduo orgânico urbano e seu (re)aproveitamento com o fonte de alimentação humana, animal, com postagem e energia térmica. Embrapa. Batucatu: FEPAF, 2006.

LOPES, J.E.P. **Análise econômica de contratos de integração usados no complexo agroindustrial avícola brasileiro**. Viçosa, 1992. 105 f. Tese (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, 1992.

MAGNI, C.A. Avarage internal rate of return and investment decisions: a new perspective. **The Engineering Economist**, v. 55, n. 2, p. 150-180, 2010.

MAKHANI, S.; KHAN, A.H.; SOOMRO, S. Project management risk sensitivity analysis. **Journal of Information & Communication Technology**. v. 4, n. 1, p. 38-48, 2010.

MARION, J.C. **Contabilidade rural**. 14. ed. São Paulo: Atlas, 2014. 274 p.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P.F.; TOLEDO, P.D.; DULLEY, R.D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I.A. Metodologia de custo de produção utilizado pelo IEA. **Agricultura em São Paulo**, v. 23, n. 1, p. 123-139, 1976.

MELO, L.A.; SAUTTER, K. D; JANISSEK, P.R. Estudo de cenários para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos de Curitiba. **Revista de Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 14, n. 4, p. 51-58, 2009.

NORONHA, J.F. **Projetos Agropecuários: administração financeira, orçamento e viabilidade econômica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1987. 269 p.

OCNEANU, L.; BUCSA, R.C. The importance of economic analysis in investment projects. **Economy Transdisciplinarity Cognition**, v. 17, n. 2, p. 84-92, 2014.

PANDYASWARGO, A.H.; PREMAKUMARA, D.G.J. Financial sustainability of modern composting: the economically optimal scale for municipal waste composting plant in developing Asia. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 3, n. 3, p. 4, 2014.

PARCELL, J.L.; HORNER, J.; MILHOLLIN, R.; FRANKEN, J. The economical feasibility of large animal composting. **Journal of Agricultural Science**, v. 7, n. 5, 2015.

PERES, A.A.C. **Viabilidade técnica e econômica de sistemas de produção a pasto para vacas em lactação sob manejo rotacionado**. Campos dos

Goytacazes, 2006. 211 f. Tese (Doutorado em Produção Animal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2006.

PIRES, A.B. **Análise de viabilidade econômica de um sistema de compostagem acelerada para resíduos sólidos urbanos.** Passo Fundo, 2011. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade de Passo Fundo Faculdade de Engenharia e Arquitetura, 2011.

PONCIANO, N.J.; SOUZA, P.M.; MATA, H.T.C.; VIEIRA, J.R.; MORGADO, I.F. Análise de viabilidade econômica e de risco da fruticultura na região Norte Fluminense. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 42, n. 4, p. 615-635, 2004.

RÊGO, I.D. **Análise de investimento em uma empresa de pequeno porte fabricante de placas de veículos.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção). Natal, 2010. 88 f. Universidade Federal Escola de Engenharia de Natal, 2010.

RFB - Receita Federal do Brasil. Disponível em: <<http://idg.receita.fazenda.gov.br/orientacao/tributaria/pagamentos-e-parcelamentos/taxa-de-juros-selic>>. Acesso em: jun. 2018.

ROSS, S.; WESTERFIELD, R.; JORDAN, B. **Fundamentals of corporate finance standard.** McGraw Hill, 2010. 806 p.

SABKI, M.H.; LEE, C.T.; BONG, C.P.C.; KLEMES J.J. A Review on the Economic Feasibility of Composting for Organic Waste Management in Asian Countries, **Chemical Engineering Transactions**, v. 70, p. 49-54, 2018.

SEBASTIÃO, J. **Análise das demonstrações financeiras como fator determinante na tomada de decisão:** estudo de caso de entidades angolanas. Setúbal, 2014. 73 f. Dissertação (Mestrado em Contabilidade e Finanças) - Instituto Politécnico de Setúbal, 2014.

SENNA, A.J.T.; LHAMBY, A.R. Marketing ambiental em agronegócios: um estudo de caso sobre o selo ambiental da lavoura do arroz. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 1., 2010, São Paulo. **Anais...** Bauru: IBEAS, 2010.

SILVA, M.D.; FONTES, A.A. Discussão sobre os critérios de avaliação econômica: valor presente líquido (VPL), valor anual equivalente (VAE) e valor esperado da terra (VET). **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 931-936, 2005.

STALLA, R. **Fixed-income securities & equity analysis:** comprehensive study guide for the CFA exam, v. 1, 3. ed. Westlake/Ohio: Argentum Inc., 2000.

VERAS, L.L. **Matemática financeira:** uso de calculadoras financeiras, aplicações ao mercado financeiro, introdução à engenharia econômica, 300 exercícios resolvidos e propostos com respostas. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001, 260 p.

WILLIAMS, J.R.; HAKA, S.F.; BETTNER, M.S. **Financial and managerial accounting**. McGraw Hill, 2012, 1117 p.

ZAPAROLI, M.R.; BARROS, R.T. de V. Viabilidade do uso de resíduos orgânicos na agricultura como composto para melhoria de sua gestão mediante agregação de valor. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 7., 2015, Paraíba. **Anais...** Campina Grande: ConGeA, 2015.

ZULKEPLI, N.E.; MUIS, Z.A.; MAHMOOD, N.A.N.; HASHIM, H.; HO, W.S. Cost benefit analysis of composting and anaerobic digestion in a community: a review. **Chemical Engineering Transactions**, v. 56, p. 1777-1782, 2017.

## CAPÍTULO IV

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, torna-se evidente, que ao aplicar o diagrama de *Ishikawa* em conjunto com o ciclo PDCA, foi possível identificar possíveis falhas no gerenciamento dos resíduos orgânicos da agroindústria. Os cinco itens que influenciam diretamente na qualidade do fertilizante final são: (i) a variação da qualidade do esterco de cavalo (matéria prima complementar para a compostagem), (ii) as condições inadequadas para maturação do composto, (iii) a falta de métodos e procedimentos para identificar o início e fim da maturação do composto, (iv) a ausência de análises físico-químicas rotineiras e (v) a volatilização de nitrogênio durante a compostagem. Estes itens podem comprometer a comercialização do produto final como fertilizante orgânico composto - Classe A, pois alguns parâmetros físico-químicos não atenderam as exigências estabelecidas pela IN nº 25 de 2009 do MAPA. O plano de ação do ciclo PDCA permitiu propor melhorias para essas possíveis falhas, e caso essas melhorias sejam atendidas proporcionarão um produto final de maior qualidade.

Ademais, este trabalho demonstrou que dentre os cenários abordados para atender o gerenciamento dos resíduos orgânicos provenientes do processamento mínimo de hortaliças de uma agroindústria, o tratamento via compostagem provou ser uma técnica promissora, pois não só reduz os impactos ambientais e o volume de resíduos, mas também recicla os nutrientes em substâncias húmicas estáveis que podem ser comercializadas. O estudo realizado permitiu oferecer a oportunidade de um novo negócio para a agroindústria através do tratamento do resíduo e a comercialização do composto orgânico, o que coloca a agroindústria entre as empresas consideradas amigas do meio ambiente. A implantação de uma unidade de compostagem, em escala agroindustrial, demonstrou ser um investimento viável financeiramente e atrativo, com recuperação do capital investido no curto prazo, sendo considerado de baixo risco econômico. No entanto, para garantir um faturamento positivo ou até mesmo que atinja o ponto de equilíbrio desse projeto é necessário investimento em tecnologia e infraestrutura, sendo determinado um montante de 385.388,09.

Dessa forma, visando obter um composto orgânico de qualidade que se enquadre na IN nº 25, viabilizando a comercialização do mesmo e aumentando o valor agregado do produto, a agroindústria precisa sanar as principais falhas no processo de compostagem, que conseqüentemente, estão reduzindo a qualidade do fertilizante orgânico.

Estudos como estes são importantes, pois ajudam a incentivar que as agroindústrias adotem práticas sustentáveis, demonstrando que medidas como a reciclagem têm como objetivo a redução de custos de produção e a agregação de valor aos resíduos, e que estratégias de gerenciamento como esta vieram para ficar, e, por isso, serão cada vez mais inserida no setor agroindustrial.

### **SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Estudar a viabilidade econômico-financeira da adoção da tecnologia de biodigestão anaeróbia com aproveitamento de metano e co-geração de energia para atender as demandas da fábrica de processamento. Este cenário não fez parte do escopo do trabalho por tratar-se de um estudo de caso que considerou duas coisas: (i) a empresa já realiza a compostagem e (ii) foram considerados os cenários mais prováveis de adoção imediata dentro da atual realidade da agroindústria.

Verificar a viabilidade de técnicas que minimizem a volatilização de amônia para a mistura específica da agroindústria, avaliando também a viabilidade econômica de aplicação.



## APÊNDICE A – INVESTIMENTO INICIAL DA IMPLANTAÇÃO DA UNIDADE DE COMPOSTAGEM

	Quantidade	Unidade de medida	Valor
<b>1. Terreno</b>			
Compra da área	3.000	m <sup>2</sup>	R\$ 54.570,00
<b>2. Benfeitorias</b>			
Escritório com banheiro	11	m <sup>2</sup>	R\$ 8.945,64
Galpão de máquinas/beneficiamento do produto	405	m <sup>2</sup>	R\$ 83.075,53
Galpão de armazenamento (cura do composto)	144	m <sup>2</sup>	R\$ 14.894,67
Pátio de concreto (mistura da compostagem)	42	m <sup>2</sup>	R\$ 11.288,78
<b>3. Máquinas</b>			
Trator pá carregadeira	1	unid.	R\$ 108.095,25
Mini trator	1	unid.	R\$ 28.542,93
Carreta agrícola basculante	1	unid.	R\$ 5.807,15
<b>4. Equipamentos</b>			
Triturador industrial	1	unid.	R\$ 18.945,12
Peneira rotativa	1	unid.	R\$ 18.945,12
Gerador a diesel	1	unid.	R\$ 5.884,02
Caixa de retenção do lixiviado	1	unid.	R\$ 2.348,07
Caixa coletora - Resíduo Líquido	6	unid.	R\$ 445,44
<b>5. Materiais para Escritório</b>			
Notebook	1	unid.	R\$ 1.793,75
Impressora	1	unid.	R\$ 285,30
Mesa	1	unid.	R\$ 201,24
Cadeira	2	unid.	R\$ 376,84
<b>6. Ferramentas</b>			
Termômetro em vara	5	unid.	R\$ 511,40
Balança de pesagem	3	unid.	R\$ 284,88
Medidor de pH e umidade	4	unid.	R\$ 268,80
Seladora	2	unid.	R\$ 280,30
Pá	3	unid.	R\$ 93,18
Enxada	3	unid.	R\$ 93,18
Ancinho	3	unid.	R\$ 66,66
Carrinho de mão	2	unid.	R\$ 210,60
Bombonas	20	unid.	R\$ 1.918,80
<b>7. Impermeabilização do solo</b>			
Areia	2	m <sup>3</sup>	R\$ 216,70
Pedra	0,5	m <sup>3</sup>	R\$ 72,73
Plástico transparente	40	m	R\$ 1.696,80
Lona Preta	200	m	R\$ 778,00

## Apêndice A, Cont.

Tela galvanizada	4	m	R\$ 42,72
Cano de PVC 50 mm	30	m	R\$ 1.286,40
<b>9. Mão de obra</b>			
Fixa com encargos trabalhistas	3	Mensal	R\$ 3.899,10
Técnico	18	Hora	R\$ 1.113,66
Contador	3	Mensal	R\$ 1.454,64
<b>10. Outros Gastos</b>			
Demais custos			R\$ 6.654,69
<b>Total</b>			<b>R\$ 385.388,09</b>