



UNILASALLE
CENTRO UNIVERSITÁRIO LA SALLE



VALDECIR FERRARI

**AVALIAÇÃO QUÍMICA DE INSUMOS AGRÍCOLAS OBTIDOS A PARTIR DA
COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS DE UVA**

CANOAS, 2015

VALDECIR FERRARI

**AVALIAÇÃO QUÍMICA DE INSUMOS AGRÍCOLAS OBTIDOS A PARTIR DA
COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS DE UVA**

Dissertação de Mestrado apresentada à banca examinadora do Programa de Pós-graduação em Avaliação de Impactos Ambientais do Centro Universitário La Salle – UNILASALLE, para obtenção do título de Mestre em Avaliação de Impactos Ambientais.

Orientação: Prof. Dr. Silvio Roberto Taffarel

CANOAS, 2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F375a Ferrari, Valdecir.

Avaliação química de insumos agrícolas obtidos a partir da compostagem de resíduos de uva [manuscrito] / Valdecir Ferrari. – 2015.

112f.; 30 cm.

Dissertação (mestrado em Impactos Ambientais) – Centro Universitário La Salle, Canoas, 2015.

“Orientação: Prof. Dr. Silvio Roberto Taffarel”.

1. Meio ambiente. 2. Impactos ambientais. 3. Compostagem. 4. Insumos. 5. Vitivinicultura – subproduto. 6. Agricultura – subproduto. 7. Avicultura – subproduto. 8. Mineração – subproduto. 9. Turfas – subproduto. I. Taffarel, Silvio Roberto. II. Título.

CDU: 628.477

VALDECIR FERRARI

**AVALIAÇÃO QUÍMICA DE INSUMOS AGRÍCOLAS OBTIDOS A PARTIR DA
COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS DE UVA**

Dissertação de Mestrado apresentada à banca examinadora do Programa de Pós-graduação em Avaliação de Impactos Ambientais do Centro Universitário La Salle – UNILASALLE, para obtenção do título de Mestre em Avaliação de Impactos Ambientais.

Aprovado pela banca examinadora em 22 de dezembro de 2015.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Silvio Roberto Taffarel
Orientador - UNILASALLE

Prof. Dr. Delmar Bizani
UNILASALLE

Prof. Dr. Rubens Kautzmann
UNILASALLE

Prof. Dr. Paulo Roberto Grolli
UFPEL

Dedico esta Dissertação de Mestrado primeiramente a meus pais por sempre me apoiarem e não medirem esforços nos estudos primários e secundários e minha família que sempre me apoiou nos meus estudos. Aos meus sócios e colegas de trabalho pela torcida, incentivo e colaboração nos mais diversos aspectos.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela possibilidade da vida e das faculdades;

Ao Prof. Dr. Sívio Roberto Taffarel pelas orientações na realização deste trabalho;

Ao Prof. Giovani André Piva e ao biólogo Anderson Soares Pires pelo convite, incentivo e ajuda na elaboração deste mestrado;

A Beifiur[®] pela viabilidade econômica na realização das análises;

A minha esposa Andréia e os filhos Luigi e Lorenzo, pelo apoio e ajuda nos trabalhos;

A todos que de uma forma ou de outra contribuíram com esses estudos: professores, colegas, amigos e familiares.

RESUMO

A indústria da uva, mais especificamente a vitivinicultura, é geradora de subprodutos ricos em nutrientes, que são subutilizados e muitas vezes acabam sendo poluidores do meio ambiente. Estes subprodutos são o bagaço, o engaço e a semente da uva, na proporção de 20% da uva industrializada, ou seja, são mais de 100.000 toneladas/ano só na serra gaúcha. A utilização dos subprodutos da vitivinicultura na produção de insumos é uma atividade pioneira no Brasil, e possivelmente no mundo. Este estudo é uma caracterização dos produtos originados pela compostagem deste rico material, com o objetivo de caracterizar sua disponibilidade de nutrientes e possíveis contaminantes. Além do subproduto da vitivinicultura, neste projeto pioneiro na serra gaúcha foram usados e estudados subprodutos da avicultura (camas de aviário), subprodutos agrícolas (cascas de arroz queimadas e carbonizadas e cinza da queima da madeira do eucalipto), subproduto da mineração do basalto (pó de rocha retirado por ciclones) e turfas nacionais peneiradas em peneiras de malhas de 0 a 7 mm e de 3 a 7 mm. Foram analisadas as concentrações de nutrientes orgânicos, macro e micronutrientes, nutrientes importantes para a agricultura e contaminantes conforme CONAMA 420 e MAPA. As análises foram feitas nos subprodutos e matérias primas utilizados; nos produtos finais da linha Beifort[®], tanto o adubo orgânico normal e com certificação orgânica e o substrato, sólidos, e nos fertilizantes organominerais 867 e 645 AHF, líquidos. Concluiu-se que o subproduto da industrialização da uva possui ótimos níveis de cargas orgânicas e uma boa quantidade de elementos minerais importantes às plantas. No entanto, no decorrer da compostagem, ocorre a concentração nos compostos sólidos finais de Cu e Cr, fatores limitantes para a certificação orgânica. Já os extratos líquidos, apesar de não carregarem grandes concentrações de nutrientes, apresentam um mínimo de elementos considerados contaminantes. As camas de aviário foram as maiores fornecedoras de nutrientes, inclusive de micronutrientes, mas com alta concentração de Zn, Cu, Cr e As. O pó de rocha tem disponibilidade de nutrientes satisfatória, e apresenta a maioria dos elementos de interesse analisados em boas concentrações, porém com nível de As, relativamente alto. A casca de arroz não demonstrou representar fonte importante de nutrientes e em termos gerais, o Cr é único contaminante cuja concentração ultrapassa os limites da certificação orgânica. A cinza da queima da lenha de eucalipto é ótima fonte de

macro e micronutrientes, porém de uso limitado pelo pH alto e pela presença de Cr e As. As turfas não são fornecedoras significativas de nutrientes, no entanto seu pH baixo é interessante nas misturas com outros compostos orgânicos, normalmente de pH alto. Somente nas turfas mais finas o Cr apresenta níveis pouco acima dos limites. Nos produtos finais apenas o adubo orgânico não certificado apresentou concentrações de Zn, Cu e Cr acima dos níveis permitidos para a certificação orgânica, no entanto a seleção de misturas de insumos resolveu o problema. Nos demais produtos da linha Beifort[®], em especial os produtos líquidos, a presença de contaminantes é irrelevante e as cargas orgânicas e nutrientes medidas são satisfatórias. As comparações de contaminação foram em relação à concentração total, como estabelece a legislação existente. Quanto à solubilidade em água dos possíveis contaminantes, nas amostras que foi analisada a solubilidade dos contaminantes constatou-se que o Cr e o As apresentam solubilidade praticamente nula, já o Cu e o Zn em alguns casos a solubilidade chega próximo a quatro por cento.

Palavras-chave: insumos agrícolas orgânicos e organominerais; caracterização química de subprodutos da vinificação, da avicultura e do arroz; caracterização química de pó de rocha basáltica e da turfa; insumos Beifort[®].

ABSTRACT

The grape industry, specifically the wine industry, is generating by-products rich in nutrients, which are underutilized and often end up being pollutants of the environment. These byproducts are the bagasse, the stem and the grape seed in the proportion of 20% of the grape industrialized, that is, more than 100,000 tons / year in the Serra Gaucha. The use of winemaking by-products in the production of raw materials is a pioneering activity in Brazil and possibly in the world. This study is a characterization of products generated by the composting of this rich material, in order to characterize their nutrient availability and possible contaminants. Besides the by-product of wine production in this pioneering project in Serra Gaucha were used and studied poultry by-products (poultry litter), agricultural products (burned rice husks and charred and ashes of the burnt wood of eucalyptus), byproduct of mining basalt (rock dust removed by cyclones) and national peat sifted through mesh sieves from 0 to 7 mm and 3 to 7 mm. concentrations of organic nutrients, macro and micronutrients, important nutrients for agriculture and contaminants as CONAMA 420 and MAPA were analyzed. The analyzes were done in by-products and used raw materials; the final products of Beifort® line, both normal organic fertilizer and organic certification and the substrate, solid, and organo-mineral fertilizers 867 645 and HFA fluids. It was concluded that the byproduct grape industrialization has optimal levels of organic loads and a good amount of important mineral elements to plants. However, during the composting takes place in the final solid concentration of Cu and Cr limiting factors for certified organic. Since the liquid extracts, although not carry large concentrations of nutrients present at least elements considered contaminants. The poultry litter were the largest suppliers of nutrients, including micronutrients, but with high concentrations of Zn, Cu, Cr and As. The rock dust has availability of satisfactory nutrients, and has most of the elements of interest analyzed in good concentrations but with level the relatively high. The rice husk showed no represent an important source of nutrients and in general terms, the Cr is unique contaminant whose concentration exceeds the limits of organic certification. The ash eucalyptus wood burning is great source of macro and micronutrients, but of limited use at high pH and the presence of Cr and As. The peat is not supplying significant nutrient, however its low pH is interesting in mixtures with other organic compounds typically of high pH. Only the finest peatlands Cr present levels slightly above the limits. The

final products only organic fertilizer certificate not presented Zn concentrations, Cu and Cr above the permitted levels for organic certification, however the selection of inputs mixtures solved the problem. In other Beifort® line of products, in particular liquid products, the presence of contaminants is irrelevant and organic fillers and nutrients measures are satisfactory. The contamination comparisons were relative to the total concentration, as established by the existing laws. The water solubility of possible contaminants in the samples was analyzed solubility of the contaminants it was found that the Cr and As exhibit virtually no solubility, since Cu and Zn in some cases the solubility gets close to four percent.

Keywords: organic and organo agricultural inputs; chemical characterization of by-products of winemaking, the poultry and rice; chemical characterization of basalt powder and peat; Beifort® inputs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aspectos da viticultura, da uva pronta para ser colhida ao resíduo (bagaço e engaço) descartado no meio ambiente, Garibaldi, 2014.....	46
Figura 2 – Vista geral da unidade de compostagem Beifort® com a localização de 4 leiras da extração de líquidos e 3 leiras de compostos sólidos úmidos e os tanques dos extratos líquidos, Garibaldi, 2014.....	47
Figura 3 – Etapas do processo Beifort®: (a) Recebimento do resíduo da uva; (b) Montagem das leiras; (c) sistema de drenagem; (d) Tanque de armazenagem dos extratos líquidos coletados pelo sistema de drenagem, Garibaldi, 2014.....	49
Figura 4 – Representação esquemática do processo de compostagem Beifort®, Garibaldi, 2015.....	50
Figura 5 – Material sólido resultante do processamento no sistema Beifort®, Garibaldi, 2014.....	51
Figura 6 – Produtos sólidos da linha Beifort® obtidos a partir do produto da compostagem de subprodutos da indústria vitivinífera na empresa Beifiur®: (a) Fertilizante Orgânico Composto Classe A Sólido Orgânico A100; (b) Substrato para plantas S10.....	52
Figura 7 – Produtos líquidos da linha Beifort® obtidos a partir da compostagem de subprodutos da indústria vitivinífera na empresa Beifiur®: Fertilizantes organominerais líquidos (a) 8-6-7; (b) 6-4-5 AHF; (c) 3-2-3; (c) 3-2-3 AHF.....	53
Figura 8 – Aplicação de produtos da linha Beifort® em ensaios na empresa Beifiur® em Garibaldi: (a) Muda crescendo no Substrato para plantas S10; (b) Colaborador da Beifiur® e plantas cultivadas com Fertilizante Orgânico Composto Classe A Sólido Orgânico A100; (c) Cultivos com adubação via irrigação hidropônica ou foliar com fertilizantes organominerais líquidos, com o autor do trabalho, à direita. 2014.....	53
Figura 9 – Mapa geomorfológico/geológico do RS, adaptado de FEPAM, 2013.....	55
Figura 10 – Pontos de coleta nas pilhas de matérias primas, na empresa Beifiur®, 2014.....	60
Figura 11 – Pontos de coleta nas pilhas de material em compostagem e já	

compostado, na empresa Beifiur®, 2014.....	62
Figura 12 – Metodologia de quarteamento, conforme a ABNT NBR 10007, de 2004.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição do bagaço de uva, em diversas condições de prensagem, segundo Muentz e Degrully (1984).....	24
Tabela 2 – Composição química da casca de arroz, obtida por análise elementar e imediata, segundo Diniz (2005).....	26
Tabela 3 – Caracterização Química (Nutrientes) da cinza de biomassa vegetal, segundo Stappe e Balloni (1988).....	27
Tabela 4 – Contaminantes encontrados no lixiviado da cinza de biomassa vegetal segundo Borszowskei e Anhaia (2012).....	27
Tabela 5 – Contaminantes na massa bruta da cinza de biomassa vegetal, segundo Borszowskei e Anhaia (2012).....	28
Tabela 6 – Concentrações de elementos traço em subprodutos de esterco e ração para aves, modificado de Bolan et al. (2010).....	29
Tabela 7 – Composição da cama de aviário, adaptado de Tessaro (2011).....	30
Tabela 8 – Composição da Turfa da Região do Vale do Paraíba–SP, segundo Franchi et al. (2003).....	32
Tabela 9 – Alguns agrotóxicos e seus coeficientes de partição no solo, segundo Rao et al. (1983).....	44
Tabela 10 – Valores de Referência de Qualidade dos solos estabelecidos na Portaria FEPAM 85/2014.....	56
Tabela 11 – Especificações e garantias mínimas para fertilizantes orgânicos simples, conforme a Instrução Normativa SDA nº 25/2009.....	58
Tabela 12 – Especificações e garantias mínimas para fertilizantes orgânicos mistos e compostos, conforme a Instrução Normativa SDA nº 25/2009.....	58
Tabela 13 – Resultados das análises do bagaço, engaço e sementes da uva.....	69
Tabela 14 – Insumos para uso na agricultura orgânica: valores de referência utilizados como limites máximos de contaminantes admitidos em compostos orgânicos, adaptado de Instrução Normativa nº 27/2006, Instrução Normativa nº 46/2011, e Portaria FEPAM nº 85/2014.....	71
Tabela 15 – Resultados das análises dos extratos líquidos extraídos do processo de compostagem.....	72

Tabela 16 – Resultados das análises das camas de aviários.....	75
Tabela 17 – Resultados das análises da casca de arroz carbonizada, cinza da queima da casca de arroz e cinza da queima de eucaliptos.....	77
Tabela 18 – Resultados das turfas e subprodutos de origem mineral.....	80

LISTA DE ABREVIATURAS E FORMULAS

ABNT NBR – Norma Brasileira de Referência da Associação Brasileira de Normas Técnicas

BHC – hexabenzeno de cloro

CCA – arseniato de cobre cromatado

Cmolc/Kg – Centimol de carga (unidade de capacidade de troca) por quilograma

CE – Condutividade elétrica

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

C.org – Carbono Orgânico (BRASIL, 2009)

CP ou Kd – coeficiente de sorção ou partição

CRA – Capacidade de retenção de água

CSIC – Conselho Superior de Investigações Científicas – Barcelona

CTC – Capacidade de Troca Catiônica

°C – graus Celsius

$C_6H_8O_7$ – ácido 2-hidroxi-1,2,3-propanotricarboxílico ou ácido cítrico

CH_4N_2O ou $(NH_2)_2CO$ – ureia

CO_2 – dióxido de carbono

DDT – dicloro-difenil-tricloroetano

DNPM – Departamento Nacional da Produção Mineral

DTPA – ácido dietilenotriamina penta acético

EHU/UPV – Departamento de Química Analítica da Universidade do País Basco

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

EUA – Estados Unidos da América

FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (*Food and Agriculture Organization*)

FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler/RS

HF – ácido fluorídrico

H_3BO_3 – ácido bórico

H_3PO_4 – ácido fosfórico

HNO_3 – ácido nítrico

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICP-OES – espectrometria de emissão óptica por plasma acoplado indutivamente

ICP-MS – espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente
IDEA – Instituto de Diagnóstico Ambiental e Estudos da Água – Barcelona
INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial
IPS – *International Peat Society*
KOH – hidróxido de potássio
LAPROM – Laboratório de Processamento Mineral
LEADN – Laboratório de Estudos Ambientais de Desenvolvimento Nanotecnológico
LESA – Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental
MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
mEq/110g – miliequivalente por 100 gramas
MgSO₄ – sulfato de magnésio
N – Nitrogênio Total (BRASIL, 2009)
NO₂⁻ – íon nitroso
NO₃⁻ – íon nitrato
PEA – Pilhas Estáticas Arejadas
pH – potencial de íons hidrogênio
PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente
PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos
RSU – resíduos sólidos urbanos
SDA – Secretaria do Desenvolvimento Agrário
SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente
SiF₃ – fluoreto de silício
SO₄⁻ – íon sulfato
U – Umidade Máxima (BRASIL, 2009)
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
USEPA – *United States Environmental Protection Agency*
VRQ – Valores de Referência de Qualidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	Objetivos	21
1.1.1	<i>Objetivo geral</i>	21
1.1.2	<i>Objetivos específicos</i>	21
2	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1	Conceito de resíduo	23
2.1.1	<i>Resíduos sólidos da uva</i>	23
2.1.2	<i>Resíduos sólidos do arroz</i>	25
2.1.3	<i>Resíduos em pó da mineração do basalto</i>	26
2.1.4	<i>Resíduos da queima da lenha de origem florestal</i>	27
2.1.5	<i>Resíduos da criação de aves – cama de aviários</i>	28
2.2	Turfa	30
2.3	Conceito e propriedades da compostagem	32
2.3.1	<i>Sistemas de compostagem</i>	36
2.3.2	<i>Uso do Composto</i>	38
2.3.3	<i>Contaminantes químicos e biológicos</i>	41
2.3.4	<i>Xenobióticos e compostagem</i>	42
2.3.5	<i>Degradação dos xenobióticos</i>	45
2.4	Sistema de Compostagem Beifort®	45
2.4.1	<i>Subprodutos da uva</i>	45
2.4.2	<i>A Beifiur® e a marca Beifort®</i>	45
2.4.3	<i>O processo Beifort®</i>	47
2.4.4	<i>Misturas finais do processo Beifort®</i>	50
2.4.4.1	<i>Misturas finais sólidas</i>	51
2.4.4.2	<i>Misturas finais líquidas</i>	52
2.5	Legislação brasileira acerca da compostagem e fertilizantes ...	54
2.5.1	<i>Legislação ambiental</i>	54
2.5.2	<i>Legislação sobre insumos agrícolas</i>	56
2.5.2.1	<i>Fertilizantes</i>	56
2.5.2.2	<i>Biofertilizantes ou estimulantes</i>	59
2.5.2.3	<i>Contaminantes em insumos agrícolas</i>	59

3	MATERIAL E MÉTODOS.....	60
3.1	Coleta e preparo de amostras.....	60
3.1.1	<i>Coleta de matérias primas.....</i>	60
3.1.2	<i>Coleta de material proveniente de compostagem.....</i>	61
3.1.3	<i>Coleta de amostras líquidas.....</i>	62
3.1.4	<i>Coleta de amostras de produtos comerciais já embalados.....</i>	62
3.1.4.1	Produtos sólidos.....	62
3.1.4.2	Produtos líquidos.....	63
3.1.5	<i>Preparação das amostras sólidas.....</i>	63
3.1.5.1	Quarteamento.....	63
3.1.5.2	Secagem e moagem.....	64
3.2	Metodologia Analítica para Análise Química.....	64
3.2.1	<i>Ensaio de Lixiviação.....</i>	64
3.2.1.1	Preparo dos Frascos e Vidrarias.....	65
3.2.1.2	Procedimento de Lixiviação.....	65
3.2.2	Ensaio de digestão.....	66
3.2.3	<i>Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES).....</i>	66
3.2.4	<i>Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-MS).....</i>	67
3.2.5	<i>Análise Elementar de Carbono, Enxofre, Nitrogênio e Hidrogênio.</i>	67
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	68
4.1	Avaliação dos resultados analíticos dos Resíduos da Uva.....	68
4.2	Subprodutos de Origem Agrícola e Mineral e Turfa.....	73
4.2.1	<i>Avaliação dos resultados analíticos das matérias primas.....</i>	73
4.2.1.1	Cama de aviários.....	73
4.2.1.2	Casca de arroz.....	76
4.2.1.3	Cinza da queima de lenha de eucaliptos.....	78
4.2.1.4	Turfa.....	79
4.2.1.5	Pó de Rocha Basáltica.....	79
4.3	Produtos finais Beifort®.....	81
4.3.1	<i>Avaliação dos resultados analíticos dos produtos finais.....</i>	81
5	CONCLUSÕES.....	86

6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
6.1	Sugestões para estudos futuros.....	89
	REFERÊNCIAS.....	90
	ANEXO A – Limites máximos de metais pesados tóxicos admitidos em fertilizantes minerais que contenham o nutriente fósforo, micronutrientes ou com fósforo e micronutrientes em mistura com os demais nutrientes.....	96
	ANEXO B – Limites máximos de metais pesados tóxicos admitidos para os fertilizantes minerais com nitrogênio, potássio, macronutrientes secundários, para os com até 5 % de p205 e para os demais não especificados no anexo.....	97
	ANEXO C – Limites máximos de metais pesados tóxicos admitidos em corretivos de acidez, de alcalinidade, de sodicidade e parasilicato de cálcio, silicato de magnésio, carbonato de cálcio e magnésio e escória silicatada.....	98
	ANEXO D – Limites máximos de contaminantes admitidos em substrato para plantas.....	99
	ANEXO E – Limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos.....	100
	ANEXO F – Insumos para uso na agricultura orgânica valores de referência utilizados como limites máximos de contaminantes admitidos em compostos orgânicos, resíduos de biodigestor, resíduos de lagoa de decantação e fermentação, e excrementos oriundos de sistema de criação com o uso intenso de alimentos e produtos obtidos de sistemas não orgânicos.....	101
	APÊNDICE A – Resultados das análises do bagaço, engaço e sementes da uva e seus extratos líquidos.....	102
	APÊNDICE B – Resultados das análises de subprodutos de origem agrícola, turfas e subprodutos de origem mineral.....	106
	APÊNDICE C – Resultados das análises dos Produtos finais Beifort®.....	110

1 INTRODUÇÃO

A população mundial tem apresentado um crescimento bastante significativo nos últimos anos. Segundos dados do Relatório sobre a Situação da População Mundial 2011, da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO (*Food and Agriculture Organization*), no final da década de 60, eram mais de 3,3 bilhões de pessoas no planeta. No início deste milênio, a população atingiu 6,2 bilhões, sendo que as estimativas apontam ainda para 2015 uma população de 7,2 bilhões, para 2030, 8,1 bilhões, chegando a 8,9 bilhões em 2050. A preocupação passa a ser com respeito à produção de alimentos e fibras para atender a essa demanda. Segundo as estatísticas, a produção mundial de cereais, em 2005, foi cerca de 2,22 bilhões de toneladas. A demanda estimada para 2025 é de 3,14 bilhões de toneladas, o que significa uma produção adicional necessária de 920 milhões de toneladas (SCOLARI, 2006).

Dentre os principais fatores da produção agrícola, os fertilizantes apresentam desempenho rápido no aumento de produtividade, porém contribuindo para reduzir o desmatamento, a erosão, a poluição da água, emissão de gases do efeito estufa, o que afetaria a humanidade e o meio ambiente. Os fertilizantes são fontes de nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas e podem ser minerais, orgânicos ou organominerais. Os nutrientes são divididos em orgânicos (Carbono, Hidrogênio e Oxigênio), que são provenientes do ar e da água, e nutrientes minerais (Macronutrientes Primários: Nitrogênio, Fósforo e Potássio, Macronutrientes Secundários: Cálcio, Magnésio e Enxofre, Micronutrientes: Boro, Cobalto, Cobre, Cloro, Ferro, Níquel, Manganês, Molibdênio, Selênio e Zinco) os quais devem ser fornecidos por meio da adubação quando os teores não estão suficientes no solo (CAMARGO, 2012).

O emprego de resíduos agropecuários na produção agrícola brasileira é crescente, mas o seu uso ainda é muito limitado por causa da viabilidade de aplicação em grande escala. Para atender as necessidades nutricionais das culturas, os produtores precisariam injetar toneladas de matéria-orgânica inviabilizando o processo.

A destinação correta dos resíduos dos processos de industrialização sempre foi um problema, a grande maioria é descartada ainda sem seguir padrões adequados em termos ambientais. Nos últimos anos com o aumento da

industrialização houve um acréscimo significativo de resíduos. Quando bem trabalhados, os resíduos da industrialização podem se tornar matérias primas para outros segmentos industriais.

O bagaço, a semente e o engaço da uva são materiais ricos em componentes orgânicos, portanto com condições de bioatividade alta. Essa bioatividade pode ser útil para o aproveitamento de outros subprodutos com menor carga bioativa, porém com maior diversidade de nutrientes, como cinzas da queima de madeiras florestais, pó de rochas basálticas, casca de arroz e seus derivados da queima ou carbonização e camas de aviários.

Na Serra Gaúcha, aonde foi centrado o presente trabalho, existe desde 1996, em escala de estudo, e efetivamente implantado em 2001 pela empresa Beifiur[®] na cidade de Garibaldi, um projeto de compostagem de bagaço, engaço e semente de uva, resultando um composto sólido e outro líquido, ambos utilizados em outros processos de compostagem ou misturas finais, com turfas, pó de rocha, camas de aviários, cinzas da queima de lenha ou de queima da casca de arroz e outros, dando origem a produtos como fertilizantes e substratos.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Estudar a composição química dos insumos agrícolas produzidos na unidade da Beifiur[®], localizada na Serra Gaúcha. Neste estudo serão avaliadas as concentrações de nutrientes, contaminantes e outros elementos químicos dos subprodutos, bem como as matérias primas utilizadas na produção dos insumos.

1.1.2 Objetivos específicos

As atividades de pesquisa compreendem:

- Realizar a caracterização química das matérias primas utilizadas na produção dos insumos agrícolas como casca de arroz queimada e carbonizada, cinza da queima da lenha de eucalipto, camas de aviário, pó de rocha basáltica e turfa;

- Caracterizar quimicamente os produtos gerados a partir da compostagem do resíduo da uva;
- Avaliar a possibilidade de contaminação ambiental pela presença de possíveis contaminantes nos produtos;
- Avaliar a potencialidade das matérias primas e produtos gerados, como fontes de macro e micronutrientes às plantas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conceito de resíduo

A Lei Federal Nº 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e suas complementações, conceituam resíduos como

toda substância ou mistura de substâncias remanescentes ou existentes em alimentos ou no meio ambiente, decorrente do uso ou não de agrotóxicos e afins, inclusive qualquer derivado específico, tais como produtos de conversão e de degradação, metabólitos, produtos de reação e impurezas, considerados toxicológica e ambientalmente importantes (BRASIL, 1981).

2.1.1 Resíduos sólidos da uva

Os resíduos sólidos da uva processada industrialmente e que são objeto principal deste trabalho são o engaço e o bagaço.

O engaço é formado pela armação do cacho da uva que suporta o fruto. Contém grande concentração de tanino, que se mastigado possui um sabor áspero e adstringente. É conveniente que o tanino não se incorpore ao vinho, devendo então a uva ser desengaçada, antes de ser bombeada às tinas de fermentação. “O engaço representa de 3% a 7% do peso total do cacho” (CATALUÑA, 1991, p.40).

Em geral sobre 100 partes de engaço se encontram (GOBBATO, 1942, p. 50):

- de 50 a 80 partes de água;
- de 15 a 41 partes de substâncias lenhosas;
- de 0,8 a 2,5 partes de tanino;
- de 0,9 a 1,6 partes de flobafena ou anidrido do tanino;
- de 0,5 a 1,2 partes de ácidos livres expressos em ácido tartárico;
- de 0,7 a 1,6 partes de cremor de tártaro; e
- de 0,8 a 3,4 partes de substâncias minerais.

O bagaço é constituído pela película, as sementes e os restos da polpa da uva, sendo o resultado do esmagamento do grão através de um processo de separação do suco ou mosto. Em condições normais, o bagaço equivale a 15% do peso do grão. “A composição química do bagaço de uva, dependendo da intensidade da prensagem sofrida no processo industrial”, é mostrada na Tabela 1 (MUEENTZ; DEGRULLY, 1984 apud CATALUÑA, 1991, p. 40).

Tabela 1 – Composição do bagaço de uva, em diversas condições de prensagem, segundo Muentz e Degrully (1984)

Componentes	Segundo Muentz		Segundo Degrully	
	Prensagem natural	Prensagem total	Prensada	Não Prensada
Água e vinho	57,20%	63,70%	70,00%	70,00%
Matéria nitrogenada	4,28%	4,16%	3,35%	2,92%
Matéria graxa	1,01%	1,00%	2,36%	3,28%
Matéria extrativa	19,06%	17,86%	17,45%	16,30%
Celulose (lenhosa)	8,13%	8,13%	4,06	4,65%
Cinzas	-	-	2,93%	2,76%
Álcool	6,50%	Traços	-	-

Fonte: Adaptado de Cataluña, 1991.

A produção de uva no Brasil ocupa área cultivável em torno de 83.700 hectares. O Rio Grande do Sul é o maior produtor nacional de uva, sendo responsável por cerca de 53% da produção nacional (MELLO, 2011). No ano de 2012 o setor agrícola brasileiro produziu 1.455.560 toneladas de uva. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2012) o estado do Rio Grande do Sul desponta nesse cenário como detentor de 90% da produção nacional de vinho, destacando-se como o maior produtor nesse segmento industrial. A produção de uva tem dois destinos, um para consumo *in natura*, este não apresenta problemas de resíduos de bagaço e engaço, pois o consumo da uva é de forma espalhada, portanto não acumula tais resíduos, já a industrialização para a produção de sucos e vinhos concentra a geração de bagaço e engaço de uva no Rio Grande do Sul, especialmente a Serra Gaúcha, concentra praticamente a totalidade de vinícolas e concentradoras de suco do estado. A industrialização nacional de vinhos e derivados em 2012 foi de 696.934 toneladas de uva. O Rio Grande do Sul industrializa 90% da uva, portanto 627.241 toneladas foram industrializadas em 2012 no estado (IBGE, 2012). Deste total em condições normais, o bagaço equivale a 15% do peso do grão e o engaço de 3 a 7% do peso do cacho (CATALUÑA, 1984, p.40), portanto entre 18 a 22% da uva industrializada vira resíduo de bagaço e engaço. Calculando com o percentual menor de geração de resíduos, podemos

determinar que em 2012, foi gerado no Estado entorno de 112.903 toneladas de bagaço e engaço de uva.

2.1.2 Resíduos sólidos do arroz

Dos resíduos gerados na agroindústria de beneficiamento de arroz, os principais que podem reduzir os impactos socioambientais e produzidos em grande escala são a casca de arroz e a cinza, proveniente da queima da casca do arroz. Para cada tonelada de arroz, 23% corresponde a casca. Se esta for queimada com eficiência, para geração de energia, sobram 4% como cinzas do peso total do arroz com casca (DELLA et al, 2005). Isso evidencia o problema ambiental causado pelo excesso da casca de arroz que precisa ser destinada.

O cultivo de arroz no estado do Rio Grande do Sul em 2012 representava 65,3% da produção nacional de arroz, de um total estimado na safra de 2012 de 11,7 milhões de toneladas de arroz em casca (IBGE, 2012), portanto deste total 7,64 milhões de toneladas produzidas no RS. Calculando 23% de casca, temos um total de resíduos de 1,76 milhões de toneladas de casca de arroz somente no Rio Grande do Sul.

Diniz (2005) afirma que a composição química da casca de arroz pode ter diferenças significativas, causadas por níveis desiguais de fertilidade dos solos produtores, bem como variedades diferentes de arroz. A Tabela 2 mostra uma análise elementar de casca de arroz obtida logo após a colheita, onde se observa o alto teor de cinzas (cerca de 20%). A autora também coloca que no processo de pirólise, 90% da cinza obtida é composta de sílica, o que reduz a possibilidade de uso siderúrgico deste material, entretanto esta característica torna este resíduo valioso na produção de argamassas (BEZERRA et al, 2011). Este teor elevado de sílica, em conjunto com o alto teor fenólico derivado da lignina, encontrado neste resíduo, dificulta sua biodegradação e contribui para a formação de solos arenosos de baixa fertilidade. Destaca, entretanto, os subprodutos da pirólise da biomassa da casca de arroz na forma de um bioóleo de alto teor fenólico, com elevado potencial econômico.

Tabela 2 – Composição química da casca de arroz, obtida por análise elementar e imediata, segundo Diniz (2005)

Análise Imediata % (m/m)	Williams Nugranad	Análise Elementar % (m/m)	Williams Nugranad	Componentes % (m/m)	Williams Nugranad	Zanzi
Voláteis	59,5	Carbono	44,6	Celulose	34,4	31,3
Umidade	7,9	Hidrogênio	5,6	Hemicelulose	29,3	24,3
Minerais	17,1	Oxigênio	49,3	Lignina	19,2	14,3
C fixo	15,5			Cinza	17,1	21,7

Fonte: Adaptada de Diniz, 2005.

2.1.3 Resíduos em pó da mineração do basalto

Os basaltos são rochas provenientes de derramamentos vulcânicos e bem abundantes no planeta, são as chamadas rochas ígneas, formadas pelo resfriamento do magma. A composição química aproximada do basalto é de 43 – 47% de SiO₂, 11 – 13% de Al₂O₃, 10 – 12% de CaO e 8 – 10% de MgO, além de outros óxidos em concentrações inferiores (KAUTZMANN, et al., 2007). Eventualmente pode ser encontrada ampla variação de teor arsênio em rochas basálticas, principalmente em rochas ricas em ferro, tendo sido reportadas concentrações de até 113 mg/kg (CANTONI, 2010).

Na extração e industrialização do basalto são gerados resíduos de pó de rocha, neste caso, as frações são inferiores a 1 mm e normalmente são descartadas na natureza, acarretando perdas de energia e contaminando o ambiente de trabalho e a natureza. Este é o único rejeito que é um problema ambiental e que dificilmente poderá ser aproveitado na construção civil, pela sua granulometria fina, não servindo como areia de britagem e nem como material para uso na mistura de concreto. O pó de rocha é gerado principalmente na britagem e no corte das pedras, este pó possui granulometria imprópria para a construção civil e deve ser coletado através de exaustores de sucção nas esteiras, na moagem e corte das pedras, ou ainda através de umidificação no corte. Não sendo coletado o vento o distribuirá ao redor da mineradora contaminando o ar, podendo causar problemas respiratórios aos trabalhadores e a população próxima a mineradora ou beneficiadora. Além do ar, pode também contaminar a água e causar desequilíbrio ambiental (LODI, 2006).

2.1.4 Resíduos da queima da lenha de origem florestal

As cinzas de origem florestal, sem a adição de produtos químicos, normalmente apresentam níveis de contaminantes baixos e uma boa presença de nutrientes. Na Tabela 3, temos o percentual de nutrientes encontrados no resíduo de cinza de biomassa vegetal. Na Tabela 4, pode-se observar a presença de contaminantes no lixiviado, segundo Borszowskei e Anhaia (2012). Na Tabela 5, pode-se observar a presença de contaminantes na massa Bruta, segundo Borszowskei e Anhaia (2012).

Tabela 3 – Caracterização Química (Nutrientes) da cinza de biomassa vegetal, segundo Stappe e Balloni (1988)

Componentes	Resultado
pH (CaCl ₂ a 0,01 M)	10,30
Umidade	27,57%
Matéria Orgânica	46,43%
Resíduo Mineral	26%
Nitrogênio (N)	0,26%
Fósforo (P ₂ O ₅)	0,71%
Potássio (K ₂ O)	1,73%
Cálcio (Ca)	4,82%
Magnésio (Mg)	0,73%
Enxofre (S)	0,13%

Fonte: Adaptada de Stappe; Balloni, 1988.

Tabela 4 – contaminantes encontrados no lixiviado da cinza de biomassa vegetal segundo Borszowskei e Anhaia (2012)

Parâmetros	Unidades	Resultados
Arsênio	mg/L As	0,028
Bário	mg/L Ba	< 0,01
Cádmio	mg/L Cd	< 0,005
Chumbo	mg/L Pb	< 0,05
Cromo Hexavalente	mg/L Cr	< 0,01
Fluoretos	mg/L F	1,0
Mercúrio	mg/L Hg	< 0,003
Prata	mg/L Ag	< 0,01
Parâmetros	Unidades	Resultados
Selênio	mg/L Se	< 0,003

Fonte: Adaptada de Borszowskei; Anhaia, 2012.

Tabela 5 – contaminantes na massa bruta da cinza de biomassa vegetal, segundo Borszowskei e Anhaia (2012)

Parâmetros	Unidades	Resultados
Arsênio	mg/Kg As	1,7
Berílio	mg/Kg Be	< 0,2
Chumbo	mg/Kg Pb	5,0
Cianetos	mg/Kg CN	< 0,2
Cromo Hexavalente	mg/Kg Cr	< 0,10
Fenol	mg/Kg	< 3,9
Mercúrio	mg/Kg Hg	0,15
Selênio	mg/Kg Se	< 0,15
Vanádio	mg/Kg V	88,0

Fonte: Adaptada de Borszowskei; Anhaia, 2012.

2.1.5 Resíduos da criação de aves - cama de aviários

A cama de aviário é usada na criação de aves, com a finalidade de amaciar e dar conforto as mesmas. Esta cama normalmente é composta de serragem ou maravalha e ainda em alguns casos é usado casca de arroz. Durante a criação as aves defecam na cama e são feitas diversas criações até a mesma ser descartada. Atualmente boa parte da cama é usada diretamente na adubação de lavouras. As diferentes criações de aves e o tempo de permanência, além da formulação de rações diversas e o uso de medicamentos variados, podem fazer com que uma cama seja melhor ou pior do ponto de vista de insumo para fertilizante, no aspecto de nutrientes e contaminantes. O grande interesse na produção de fertilizantes com o uso da cama é a boa quantidade de nutrientes que esta normalmente possui, no entanto, apresenta alguns metais em concentrações acima do ideal. Bolan et al (2010) observa que os oligoelementos tais como o As, Co, Cu, Fe, I, Mn, Se, e Zn, encontrados na cama de frango são principalmente oriundos da dieta das aves, adicionados à ração como nutrientes essenciais ou suplementos, para evitar deficiências e doenças, melhorar o ganho de peso e conversão alimentar, e aumentar a produção de ovos. A Tabela 6 demonstra as diferentes concentrações de metais pesados encontrados na criação de aves.

Tabela 6 – Concentrações de elementos traço em subprodutos de esterco e ração para aves, modificado de Bolan et al. (2010)

Nº	Concentração (mg kg ⁻¹)											
	As	B	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
1						400	1800					2300
2						313	246					327
3				313			246					327
4	34,6		4,93		9,9	6,1	501		2,46	0	1,23	743
5	0,57		-	2,0	6	30,7	166	5,0		-	0,38	158
6	9,01		0,42		17,1	96,8			5,4	3,62		378
7	0,46		1,06		4,57	64,8			7,1	8,37		459
8	43	51	3	6	-	748	956	6	15	11		718
9		19	2	8	6	19	271		14	13		252
10			0,48		7,3	54,3	465	7,69	7,0	2,3		550
11		390										
12	<1,0		0,39		0,76	23			2,6			153
13	1,27		1,66		1,81	887			4,4	10,5		6980

Fonte: Bolan et al, 2010.

Legenda: 1. esterco fresco de frango de corte; 2 e 3. cama de frango de corte; 4. cama de aviário; 5. cama de frango de corte; 6. esterco puro seco de aviário; 7. cama de frango/peru; 8. camada de esterco; 9. cama de frango de aves de capoeira; 10. camada profunda da cama de aviário; 11. esterco de frango; 12. camada próxima aos comedouros; 13. ração de frangos.

Conforme Tessaro (2011), trabalhos realizados no Brasil mostram valores elevados de cobre e zinco na cama de aviário (115 e 283 mg kg⁻¹, respectivamente) e dados mostram que nos Estados Unidos também foram observadas concentrações importantes de nutrientes na cama de aviário, porém altas em cobre e zinco, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 – composição da cama de aviário, adaptado de Tessaro (2011)

Nutriente(MS)	NCSU(2003) ₂	NCSU (2003) ₃	Bellaver e Palhares	Fialho, Albino e
			(2003)	Thiré (1984) ₄
Umidade (%)	-	21,9	30	19,1
Nitrogênio (%)	3,3	4,46	3,2	3,38
Fósforo (%)	3,5	2,1	3,5	1,9
Potássio (%)	2,0	3,0	2,5	-
Cálcio (%)	1,86	3,0	-	2,8
Cobre (ppm)	200	557	-	115
Zinco (ppm)	290	484	-	283
Ferro (ppm)	590	2.377	-	510

Notas: 1: Fósforo na forma P₂O₅; 2: North Carolina State University (2003) - Amostra 1; 3: North Carolina State University (2003) - Amostra 2; 4: Citado por Bellaver e Palhares (2003). Valores obtidos de 192 amostras.

Fonte: Tessaro, 2011.

2.2 Turfa

A turfa é um depósito sedimentar produzido a partir de processos biológicos da decomposição de restos vegetais, transformando-se numa substância fóssil, orgânica e mineral. A ocorrência dela se dá em áreas alagadiças como várzeas de rios, planícies costeiras e regiões lacustres. Sua utilização é bem variada, dependendo de suas características e eventuais tratamentos. A partir de turfas, pode-se produzir gases combustíveis, coque, alcatrão, ceras, açúcares, carvão ativado, asfalto, álcool, parafinas, óleos, gasolina, querosene, lubrificantes, fertilizantes organominerais de solubilidade controlada. Num grau maior de decomposição a turfa pode se transformar em linhito, carvão e antracito (FRANCHI et al., 2003).

As turfas são normalmente classificadas segundo seu grau de decomposição, sendo mais frequentemente utilizado o modelo desenvolvido por von Post e Granlund (1926 apud FRANCHI et al., 2003, p. 6), onde a turfa é classificada numa escala visual de 10 pontos, vão de H1, mais incipientemente decomposta até H10, totalmente decompostas, conforme um rápido teste feito a campo, onde se observa o aspecto do material que flui entre os dedos e do que fica retido após espremer-se à mão uma amostra fresca e molhada de turfa, com valores. Normalmente se aceita um teor de 25% ou menos de massa inorgânica em base seca, embora muitos

pesquisadores elevem este limite a 35% e padrões comerciais considerem até 55% (FRANCHI et al., 2003).

Segundo a *International Peat Society* – IPS (1997 apud FRANCHI et al., 2003), mais de 90% das turfeiras no mundo situam-se nos cinturões frios e temperados do Hemisfério Norte; o remanescente concentra-se em latitudes tropicais e subtropicais, em sua maioria em ambientes de florestas densas ou pantanosas. Shotykh (1988 apud FRANCHI et al., 2003) estima em 422 milhões de hectares a área do planeta coberta por turfeiras, o que representa cerca de 4% da superfície emersa. Segundo o mesmo autor, da área total da Finlândia, cerca de 30% são cobertos por turfas, assim como 17% da Irlanda e Suécia, 15% do Canadá e 10% da Escócia. A Rússia detém cerca de 60% das reservas mundiais conhecidas deste bem mineral (FRANCHI et al., 2003).

No Brasil a turfa foi estudada mais profundamente pelo Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM no período específico das décadas de 70 e 80, em função da crise mundial do petróleo. Este estudo culminou com a descoberta de inúmeras turfeiras no território nacional, especialmente nas faixas litorâneas das Regiões Sul, Sudeste, Centro Oeste e Nordeste. Com o fim da crise do petróleo o projeto de aproveitamento energético ficou inviável economicamente (FRANCHI et al., 2003).

Na Alemanha e Holanda, a utilização das turfas é apenas permitida para uso agrícola. EUA e Canadá são os países que mais extensivamente a utilizam na agricultura como condicionador de solos. Estudos microscópicos revelam que litotipos de turfa menos decompostos (fibrosos) apresentam porosidade próxima a 95% e superfície específica de até $200 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$. Do ponto de vista físico-químico, as substâncias húmicas presentes na turfa são as responsáveis pela elevada capacidade de adsorção para metais de transição e moléculas orgânicas polares. Esta é um material quimicamente complexo, constituído por 4 grupos principais: betumes (ácidos graxos, ceras e esteroides), substâncias húmicas (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas), carboidratos (principalmente celulose e proteínas) e ligninas (substâncias polifenólicas, a exemplo dos ácidos húmicos). A Capacidade de Troca Catiônica (CTC) das substâncias húmicas encontra-se entre os maiores valores já obtidos para materiais naturais: pode variar entre 500 a $1200 \text{ cmolc Kg}^{-1}$ para os ácidos húmicos (cmolc Kg^{-1} = centimol de cátions por quilograma de solo seco, equivalente a $\text{mEq}/100\text{g}$). Com estas características a turfa é bastante

desejável como um agente quelante e agregador de partículas do solo, permitindo infiltração de fluídos, penetração de raízes e retenção de nutrientes. A Tabela 8 mostra uma avaliação química analítica da turfa da região do Vale do Paraíba em SP (FRANCHI et al., 2003).

Tabela 8 – Composição da Turfa da Região do Vale do Paraíba–SP, segundo Franchi et al. (2003)

Descrição	Resultado
Grau de decomposição (Von Post)	H4 a H5
Umidade (base seca a 70°C)	58,91%
pH (CaCl ₂)	3,00
CTC	76 cmolc/Kg
Densidade Aparente	0,27g/cm ³
Matéria Orgânica Total Por Combustão/ Base Seca	93,4%
Cinza (100- M.O)	6,6%
Carbono Total	51,9%
Carbono Orgânico	41,77%
N (total)	1,47%
P ₂ O ₅ (total)	0,15%
K ₂ O	0,03%
Ca	0,37%
Mg	0,03%
S	0,15%
Relação C/N	29/1

Fonte: Franchi et al., 2003.

2.3 Conceito e propriedades da compostagem

A compostagem não tem uma definição universal. Segundo Haug (1980), compostagem é uma decomposição e estabilização biológica de matéria orgânica sob condições que permitam o desenvolvimento de temperaturas adequadas a atividade termofílica, originadas pelo calor produzido na atividade biológica.

O produto final é suficientemente estável para armazenamento e aplicação no solo sem quaisquer efeitos ambientais adversos. Portanto, para o autor, a compostagem é uma forma de estabilização de resíduos, mas que exige condições especiais de composição e arejamento para permitir o desenvolvimento de ambiente

termofílico. Segundo o mesmo autor, compostagem aeróbia é a decomposição de substratos orgânicos na presença de oxigênio (ar), obtendo como subprodutos resultantes principalmente dióxido de carbono, água e calor.

Já Pereira Neto (1987) define compostagem como um processo aeróbio controlado, onde se desenvolvem sucessivas populações de microrganismos, combinando etapas de atividade mesofílicas e termofílicas, compreendendo duas fases: uma primeira de intensas reações bioquímicas de degradação onde a taxa de arejamento é muito importante (fase ativa) seguida de outra onde os processos de humificação ocorrem (fase de maturação), permitindo assim a obtenção de um produto final seguro. Os processos de compostagem têm sido classificados pelos pesquisadores Alexander (1977), Ferreira (1996) e Golueke (1977) segundo três grandes características: disponibilidade de oxigênio (aeróbios e anaeróbios), temperatura (mesofílicos e termofílicos) e tecnologia adaptada (abertos ou sistemas fechados). No Brasil, o conceito legal de compostagem veio com a Instrução Normativa nº 64, de 18 de dez. 2008, que a define como um

processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem animal ou vegetal, isoladas ou misturadas, podendo o material ser enriquecido com minerais ou agentes capazes de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas e isento de substâncias proibidas pela regulamentação de orgânicos (BRASIL, 2008).

A compostagem aeróbia ocorre na presença de oxigênio, normalmente com 5% de oxigênio disponível, e é mais eficiente em termos de decomposição da matéria orgânica, não produzindo odores desagradáveis, sendo ainda caracterizada por elevadas temperaturas, necessárias a uma correta higienização. Para além destas características apresenta outras vantagens, como grande capacidade de adaptação a variações nas características da matéria orgânica a degradar e até eventualmente a uma má concepção da instalação, quando comparada com outros processos de tratamento (PEREIRA NETO, 1989).

A compostagem anaeróbia dos resíduos orgânicos consiste no processo de degradação de matéria orgânica na ausência de oxigênio. Os principais argumentos a favor deste tipo de decomposição são a possibilidade de aproveitamento de parte do carbono sob a forma de metano. Contudo esta vantagem aparente traduz-se na redução do teor de carbono da massa e ainda o fato dos compostos dominantes de

enxofre serem os sulfitos, os de fósforo serem os fosfitos e os de nitrogênio ser a amônia, compostos estes não tão favoráveis para a agricultura (LEROY, J.B. 1997). O aproveitamento do resíduo orgânico para a extração de metano reduz a qualidade agrícola do composto.

A classificação dos processos de compostagem em mesofílicos e termofílicos refere-se à temperatura da pilha durante os processos de degradação. Apesar de alguma discórdia quanto à classificação dos microrganismos em relação à temperatura, na classificação que se mostrou mais adequada, microrganismos mesofílicos são os que têm a capacidade de se desenvolver em temperaturas entre 15 a 45°C e microrganismos termofílicos são os que se desenvolvem em temperaturas entre os 45 e 65°C, sendo incapazes de se desenvolver acima de 65°C e abaixo de 40°C. Na generalidade todos os processos controlados de compostagem passam por fases mesofílicas e termofílica (LEROY, 1997).

Os microrganismos que podem estar presentes nas compostagens são bactérias, fungos, actinomicetos, protozoários e vírus. Todos estes são classificados de protistas, seres unicelulares ou formados por múltiplas células todas do mesmo tipo, os vírus são acelulares, no entanto é comum a inclusão destes nos protistas. A estrutura celular dos protistas se divide em duas, procarióticas (bactérias) e eucarióticas (todos os outros, bem como a totalidade dos outros organismos vivos). A diferença baseia-se na anatomia celular, os procarióticos (bactérias), a substância nuclear não se encontra fechada numa membrana e a divisão nuclear é menos complexa que nas eucarióticas, são organismos mais primitivos em termos de evolução. Destes grupos os mais importantes para a decomposição são as bactérias, os fungos e os actinomicetos, os demais são de menor importância. Os actinomicetos muitas vezes são confundidos como bactérias ou fungos, sua importância é na decomposição de moléculas orgânicas insolúveis de elevados pesos moleculares como a celulose, lignina, proteínas, ceras, e outros (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Estes microrganismos têm diferenças metabólicas importantes, uma delas está relacionada a utilização de oxigênio. Assim, a respiração metabólica pode classificar-se basicamente como aeróbia, anóxida ou anaeróbia, dependendo do receptor de elétrons utilizado nas reações energéticas. A respiração diz-se aeróbia quando é utilizado o oxigênio como receptor de elétrons nessas reações e respiração anóxida (ou anaeróbica), quando são utilizados compostos inorgânicos

oxidados de nitrogênio (NO_3^- , NO_2^-) e enxofre (SO_4^{2-}) ou dióxido de carbono (CO_2) geralmente reduzido a metano (CH_4). Quando os microrganismos conseguem utilizar diversos receptores de elétrons designam-se facultativos enquanto que quando só conseguem utilizar o oxigênio são designados aeróbios obrigatórios (todos os organismos macroscópicos são aeróbios obrigatórios, tal como muitos dos microscópicos). A fermentação anaeróbia é caracterizada pelo doador e receptor de elétrons serem da mesma molécula orgânica. Outra classificação metabólica prende-se com a fonte de carbono utilizada no metabolismo da matéria celular. Os microrganismos classificam-se de autotróficos quando utilizam para fonte de carbono o dióxido de carbono (CO_2) e heterotróficos quando utilizam moléculas orgânicas. Outra classificação prende-se com a fonte de energia utilizada pelas células. Quando essa energia é obtida da luz designam-se de fototróficas. Dizem-se litotróficas ou organotróficas, conforme utilizam a energia de reações químicas inorgânicas ou de reações químicas orgânicas, respectivamente (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Um número limitado de microrganismos pode provocar doenças no homem e nas plantas. As contaminações humanas normalmente ocorrem através da água, esgotos ou resíduos, e nas plantas pelos insumos contaminados e outros veículos, por isso que um objetivo da compostagem é a destruição destes patógenos, que podem ser fungos, bactérias, protozoários, vírus ou ematoides. Segundo Pereira Neto (1987) e Golueke (1983), a eliminação de patogênicos se consegue em processos de compostagem corretamente operados, sendo os mecanismos principais a temperatura, competição entre microrganismos, formação de antibióticos, quebra de nutrientes e o tempo de exposição. Entre todos estes o parâmetro possível de controlar numa compostagem é a temperatura e o tempo de exposição. Podemos dizer que a exposição a temperaturas próximas a 70 graus durante uma semana seria suficiente para uma boa limpeza dos microrganismos patogênicos. No entanto, esta temperatura tem que ser uniforme ou as camadas externas deverão ser internalizadas, para que passem pelo mesmo tratamento de temperatura, já que as pilhas de compostagem aquecem mais na parte interna do que a camada superficial de 10 a 30 cm. Segundo Pereira Neto (1987), a compostagem com umidade adequada e com revolvimento a cada três dias, durante um mês cria condições para uma boa limpeza dos patogênicos em resíduos.

2.3.1 Sistemas de compostagem

Os sistemas de compostagem se dividem em dois grupos que são os sistemas reatores, com total controle e fechados e os sistemas abertos, também chamados não reatores, pois não se usa reatores. Nos sistemas abertos consideram-se três tipos: O sistema *Windrow* (ou de arejamento por reviramento), o sistema LESA (desenvolvido pelo Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental – LESA – como variante ao sistema *Windrow*) e o sistema de Pilhas Estáticas Arejadas (PEA).

O sistema *Windrow* caracteriza-se por um processo em que o material a compostar é normalmente colocado em pilhas de secção triangular (com altura de 1,5 a 1,8 m) e comprimento variável, sendo a oxigenação da massa de compostagem garantida por reviramento periódico das pilhas (GOTAAS, 1956; GOLUEKE, 1977; CARDENAS JR.; WANG, 1980; PEREIRA NETO, 1987). O sistema *Windrow* apresenta uma elevada flexibilidade operacional, podendo ser utilizado no tratamento dos mais diversos resíduos orgânicos e destaca-se como um dos mais econômicos, sendo por isso importante para pequenas instalações de tratamento em países em vias de desenvolvimento, sem necessitar de grandes investimentos em maquinaria ou tecnologia (STENTIFORD; PEREIRA NETO, 1985). Contudo o processo apresenta algumas desvantagens, sendo sensível a fortes chuvas e emissão de odores quando os ciclos de reviramento ultrapassam os cinco dias, bem como um maior tempo de compostagem, de 3 a 6 meses (PEREIRA NETO, 1987). Outra desvantagem prende-se com as áreas de pátio necessárias para permitir o reviramento e trânsito dos tratores e máquinas.

O Sistema LESA, da Universidade Federal de Viçosa – UFV, Minas Gerais, consiste no reviramento do composto a cada três (3) dias durante 30 dias, oferecendo a oxigenação do meio e, conseqüentemente, uma atividade termofílica e diminuindo com isso os odores. Neste período deve ser mantida a umidade entre 45 a 55%, prolongando com isso a atividade termofílica e conseqüentemente uma maior velocidade de decomposição da matéria orgânica. Para a manutenção da temperatura as leiras devem ter uma condição geométrica que permitam uma menor perda de calor. A compostagem deve ser desenvolvida em duas fases, sendo que a primeira termina quando as temperaturas não forem superiores a 40°C, subsequentes ao reviramento e a segunda fase é a compostagem com temperatura

inferior a 40°C. Após comprovado a existência da segunda fase o material pode ser usado para a agricultura (PEREIRA NETO et al., 1989; PEREIRA NETO; STENTIFORD, 1989).

No terceiro sistema, PEA, as pilhas de compostagem são feitas similarmente ao sistema *Windrow* ou LESA, e a diferença é que no sistema PEA existe uma tubulação abaixo das leiras com a finalidade de aerar o composto, esta tubulação ou tubulações são ligadas a uma bomba de ar de modo a garantir a oxigenação necessária ao processo de compostagem e a distribuir o mais uniformemente a temperatura por todo o material em compostagem. O arejamento é realizado de três formas, positivo com injeção de ar, negativo com sucção de ar e híbrido com uma combinação dos dois. O arejamento é realizado durante 3 a 4 semanas, posteriormente o material é retirado e colocado em pilhas de maturação durante 1 a 4 meses até a umidificação do composto. As pilhas para a aeração são montadas sobre as tubagens perfuradas, na tubulação é colocada uma camada de palha para evitar o entupimento dos furos e sobre a palha é colocado o material para compostar, sobre a leira é colocado uns 30 cm de material já compostado para funcionar como um filtro, evitando maior saída de odores, multiplicação de moscas e ainda como impermeabilizante da água das chuvas, evitando assim a entrada em anaerobiose e produção de lixiviados (PEREIRA NETO, 1987).

Quando bem operado todas as variações do sistema PEA, promovem uma boa distribuição de calor ($\pm 55^{\circ}\text{C}$), com isso promove uma boa higienização, quando devidamente complementados com a fase de maturação (SANTOS, 1997). O sistema híbrido, apresentou-se como o melhor sistema, pois permite um melhor arejamento, um melhor controle da umidade e temperatura e sua homogeneização na pilha de compostagem, com isso a higienização e a qualidade do produto é superior (PEREIRA NETO, 1987).

Os processos de compostagem baseados no sistema não reator, segundo Pereira Neto (1987), apresentam como principais vantagens uma rápida decomposição e oxidação da matéria orgânica para um estado estável, com uma produção de odores mínima ou insignificante. A produção de calor (biológico) durante a decomposição permite uma correta higienização com conseqüente destruição de microrganismos patogênicos. Utilização de pouca ou nenhuma energia exterior quando comparada com outros sistemas de tratamento. Os equipamentos são simples e as operações são flexíveis. Permite a obtenção de um produto

passível de ser utilizado na agricultura como fertilizante natural, que não apresenta quaisquer impactos ambientais em termos de contaminação de águas subterrâneas e superficiais ao contrário dos fertilizantes químicos.

2.3.2 *Uso do Composto*

Kiehl (1985) define bem a importância da matéria orgânica no solo, “o que diferencia uma rocha de um solo é a existência de matéria orgânica”. Em termos físicos, o solo é composto por três fases: sólida, líquida e gasosa. A fase sólida, normalmente a predominante, é constituída por matéria inorgânica e matéria orgânica, a fase líquida é constituída pela água do solo (água, sais dissolvidos e coloides em suspensão) e a fase gasosa formada pelo ar do solo, de composição diferente da do ar atmosférico em termos da proporção dos seus elementos.

A matéria orgânica do solo é constituída por substâncias húmicas e substâncias não húmicas. As substâncias húmicas, provavelmente derivadas da lignina, dividem-se em huminas, ácidos húmicos e ácidos fúlvicos, constituindo uma mistura de compostos complexos, estáveis, de alto peso molecular e coloração castanha escura. As substâncias não húmicas são essencialmente constituídas por hidratos de carbono de longas cadeias de átomos, aminoácidos, proteínas, gorduras e ácidos de baixo peso molecular, normalmente solúveis e facilmente atacáveis por microrganismos (STEVENSON, 1982; STEVENSON, 1986).

A importância da matéria orgânica na agricultura tem vindo a merecer destaque na FAO desde meados dos anos 70, quando no seminário *Uso da Matéria Orgânica na Agricultura (Use of Organic Matter in Agriculture)* recomendava a investigação sobre os perigos de utilização de adubos de origem química no solo, devido ao seu efeito nefasto no solo e nas águas (por lixiviação e infiltração) quando comparada com a utilização de matéria orgânica dos compostos. Este aspecto é de extrema importância dado que o grande desafio da agricultura é o desenvolvimento de sistemas agrícolas que possam produzir alimentos e fibras em quantidade e qualidade suficientes, sem afetar adversamente os recursos naturais (RUSSO, 1998).

A matéria orgânica exerce grande importância sobre as propriedades físicas, químicas, físico-químicas e biológicas do solo. As propriedades físicas do solo que a matéria orgânica influencia são fundamentalmente a densidade, estruturação,

arejamento e drenagem, capacidade de retenção de água e consistência. Quanto à densidade, a aplicação de matéria orgânica no solo induz a diminuição da densidade aparente do mesmo (relação entre a massa de uma amostra de terra seca a 110°C e o volume global ocupado pela soma das partículas e poros), levando à diminuição da resistência de penetração das raízes no solo. Por exemplo, os solos arenosos, de textura grosseira, apresentam densidades (1.4 a 1.6 g cm⁻³) cerca de 17% superior aos solos argilosos, de textura fina, enquanto que os solos ricos em matéria orgânica têm baixa densidade (0.6 a 0.8 g cm⁻³), como é o caso das turfas. Por outro lado, a mecanização na atividade agrícola moderna provoca a compactação dos solos devido ao peso do equipamento utilizado. A aplicação de matéria orgânica no solo contribui para tornar o solo compactado menos denso e mais estruturado, devido à formação de novos agregados e ao fato de a mistura ser de menor densidade e consistência (EPSTEIN et al., 1976; KIEHL, 1985; DIAZ et al. 1987).

Quanto à estruturação, devido à formação, durante a decomposição da matéria orgânica, de hidratos de carbono que permitem às partículas formarem agregados estáveis, a aplicação de matéria orgânica no solo beneficia a sua estrutura. Como a estrutura é o resultado da agregação das partículas primárias (areia, silte e argila) com outros componentes do solo como a matéria orgânica e o calcário, na formação dos agregados há uma ação mecânica de junção das partículas e um agente aglutinante, a matéria orgânica e a argila, sendo a primeira mais eficaz que a segunda. Sob o ponto de vista do arejamento e drenagem, a aplicação de matéria orgânica no solo beneficia ambos os fatores sem consequência da diminuição da densidade aparente e da estruturação. Com efeito, o aumento da agregação de partículas do solo corresponde a uma maior porosidade e, conseqüentemente, a uma maior facilidade do fluxo de líquidos e gases (EPSTEIN, et al., 1976; STEVENSON, 1982; KIEHL, 1985; STEVENSON, 1986).

O arejamento do solo permite a troca entre o CO₂ existente nos poros, proveniente dos processos respiratórios das raízes e do metabolismo microbiano, e o oxigênio atmosférico, necessário aos processos respiratórios. A porosidade que otimiza a capacidade de arejamento do solo corresponde a agregados com diâmetros médios de 2 a 3 mm (KIEHL, 1985). Por exemplo, os solos argilosos são mal arejados e mal drenados em oposição aos arenosos que o são em excesso. A matéria orgânica aplicada a solos daquelas características corrige as deficiências, equilibrando a agregação e estruturação.

De fato, a matéria orgânica aumenta a capacidade de infiltração da água devido à melhor estruturação e granulação do solo, facilitando a infiltração da água e evitando o escoamento superficial, a erosão e o empobrecimento do horizonte superficial do solo. A capacidade de retenção de água varia de 80 a 800%, para a matéria orgânica crua e para o húmus puro, passando por 300 a 400% para as turfas. Deste modo, a matéria orgânica (corretamente humificada) tem capacidade de retenção de água direta, como consequência das suas características intrínsecas (KIEHL, 1985).

A matéria orgânica é uma fonte importante de nutrientes às plantas, à microflora e à fauna terrestre (KIEHL, 1985), fornecendo-os gradualmente conforme as necessidades, tornando-os menos sensíveis à lixiviação, volatilização ou fixação, absorções excessivas, salinização secundária dos solos, em comparação com os adubos minerais, pelo que a aplicação de matéria orgânica ao solo degradado e erodido, permite a recuperação da sua fertilidade.

As propriedades físico-químicas do solo que a matéria orgânica influencia são fundamentalmente o pH, a adsorção de nutrientes e a capacidade de troca catiônica. Quanto ao pH a matéria orgânica humificada quando aplicada a um solo ácido eleva o pH, contribuindo para a sua correção, tornando-se assim mais favorável ao crescimento das plantas, pois o pH do solo afeta a disponibilidade de nutrientes, particularmente dos micronutrientes. Em solos ácidos a aplicação de matéria orgânica ajuda a aumentar o pH, já solos com pH próximo a 7 a tendência é da manutenção deste mesmo pH (KIEHL, 1985).

A aplicação de matéria orgânica devidamente humificada permite aumentar a CTC dos solos, pois se traduz na propriedade de certos materiais, designadamente as argilas e a matéria orgânica, de adsorver cátions como o P, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu, Zn, Na, e outros, evitando a sua lixiviação pelas águas que percolam os solos, ocorrendo à perda por permuta com outros cátions. Assim esta propriedade representa a capacidade que um fertilizante tem em reter nutrientes para liberá-los para as plantas, sendo essa capacidade de troca diretamente proporcional à quantidade de substância húmica nele existente, pelo que quanto mais humificado estiver o composto melhor a sua CTC (KIEHL, 1985).

O solo é um sistema mais ou menos rico e em constante mutação, onde milhares de seres microscópicos e macroscópicos estão associados à matéria orgânica nele contida, em quantidade e diversidade proporcional à qualidade e

quantidade dos materiais que lhes servem de alimento e das suas condições físicas e químicas. Assim a matéria orgânica ocupa um papel importante na fertilidade biótica do solo ao criar condições de arejamento e de fornecimento de nutrientes aos microrganismos úteis às plantas e criar condições inibidoras para microrganismos prejudiciais ou infestantes. Para além do fornecimento de nutrientes, também fornece o carbono orgânico como fonte de energia indispensável aos microrganismos heterotróficos, designadamente as bactérias da nitrificação (KIEHL, 1985).

2.3.3 Contaminantes químicos e biológicos

Egreja Filho (1993) avaliou especificamente a contaminação de metais pesados na compostagem de resíduos sólidos urbanos e concluiu que a mobilidade dos metais pesados decresce com o decorrer do processo de compostagem, atingindo valores mínimos na fase de maturação. A diminuição da mobilidade foi associada à formação de humatos metálicos (quelatos) de alta estabilidade, havendo casos, como os exemplos do cobre e do zinco, em que nem o ácido dietilenotriamina penta acético (DTPA), um forte agente quelante, conseguiu extrair os metais complexados. O autor ainda observa que há a possibilidade destes metais ficarem oclusos no interior de coloides orgânicos durante a fase de condensação e polimerização que leva à formação do húmus. Alguns metais pesados, tais como o As, Cr e Cu, complexam com moléculas orgânicas em pH alto e precipitam em pH baixo (SCHWER III, 2010), em estudo da concentração de minerais no solo.

Também se identificou que a operação onde se observa maior contaminação é na fase de degradação ativa da compostagem, concluindo-se ainda que essa contaminação é maior nos sistemas reatores testados do que nos sistemas não reatores, devido a um maior contato entre os metais pesados e a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos (RSU) no primeiro sistema, associada à maior agressividade do processo, que provoca a trituração e contato íntimo da matéria orgânica e das fontes inorgânicas de metais presentes na massa de compostagem (PEREIRA NETO, 1987).

Nos aspectos epidemiológicos na moderna compostagem (PEREIRA NETO, 1987), o objetivo principal é a maximização da atividade microbiana durante a fase termofílica do processo, com benefícios na estabilização da matéria orgânica e na

higienização da massa de compostagem, tornando o produto final seguro e livre de micro-organismos patogênicos. O composto orgânico, corretamente estabilizado, é um produto praticamente inócuo e não causa incômodos. Contudo durante o seu processamento é passível de causar diversos incômodos, especialmente quando mal operado, não só à vizinhança (maus odores), como aos trabalhadores da unidade de compostagem.

Cardenas Jr. E Wang (1980) referem-se a um relatório da agência americana de proteção do ambiente (*United States Environmental Protection Agency – USEPA*) em que é afirmado não haver qualquer referência a trabalhador do setor de resíduos e engenharia sanitária em geral ter sido infectado por um patógeno como consequência do manuseamento de resíduos. A patogenicidade não se resume à exposição direta a que os trabalhadores estão submetidos, como também indiretamente, através da utilização de compostos orgânicos no solo. Com efeito, estudos referentes à adição de material orgânico ao solo, como lamas de Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) e material orgânico fresco, comprovaram que para reduzir o potencial fitotóxico era imperativo que ambos fossem sujeitos a operações de compostagens prévias (PASCUAL et al., 1997).

2.3.4 Xenobióticos e compostagem

Segundo estudos apresentados por Moreira e Siqueira (2006), xenobióticos são produtos utilizados na agricultura como inseticidas, fungicidas, herbicidas e bactericidas, que acabam interferindo na biota do solo ou do meio, contaminando plantas, microrganismos, e toda a cadeia da vida, podendo também contaminar o homem através da água, ar e os alimentos.

Na questão da compostagem um dado importante é a vida do produto em meio a degradação da compostagem. Para isso podemos realizar estudos de tempo de duração dos xenobióticos no solo. É possível que na compostagem este tempo de duração seja diminuído em relação ao solo.

No presente caso, a Lei Federal Nº 6.938/81 (BRASIL, 1981), que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus

componentes e afins, e dá outras providências, denomina tais xenobióticos como agrotóxicos, uma vez que agrotóxicos são

os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos (BRASIL, 1989b).

Ainda, a mesma lei também define como agrotóxicos as “substâncias e produtos, empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento” e “os princípios ativos, os produtos técnicos, suas matérias-primas, os ingredientes inertes e aditivos usados na fabricação de agrotóxicos e afins” (BRASIL, 1989b).

Os pesquisadores Moreira e Siqueira (2006) destacam estudos que indicam que o comportamento do agrotóxico no solo está diretamente relacionado ao coeficiente de sorção ou partição (CP ou K_d), que é definido como a relação da quantidade que fica retida nas partículas do solo e a proporção solúvel. Em produtos que não são retidos nas partículas do solo e são totalmente solúveis o CP é igual a zero, quanto mais ficam adsorvidos às partículas sólidas do solo maior será o CP e, portanto, mais tempo permanecerá inalterado e contaminando o meio ambiente.

A Tabela 9 exemplifica alguns agrotóxicos e indica seu CP, porém outros fatores influenciam a adsorção ou não de um agrotóxico (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Entre esses fatores o principal é a presença de carbono na molécula, ou seja, quanto mais carbono presente maior será a retenção em partículas sólidas. Na literatura são relatados valores para meia vida, ou seja, para a decomposição dos xenobióticos de dois dias para o Timet (Granutox) a 12 anos para alguns hidrocarbonetos clorados. Produtos como o Clordane e o Dieldrin, chegam a permanecer no solo 20 anos, já o DDT, 40 anos. Os agrotóxicos organoclorados (Clordane, DDT, BHC, Heptacloro e Aldrin), possuem um tempo médio de durabilidade no solo de 9 a 12 anos, os organofosforados de aproximadamente meio ano. Os herbicidas variam, os com base em Ácidos Benzoico e Amidas um ano; as Triazinas e picloranas um ano e meio, a Toluidina, nitrilas e fenóis meio ano; e os Carbamatos e ácidos alifáticos, dois a três meses. A grande maioria dos fungicidas resistem de um a seis meses no solo.

Tabela 9 – alguns agrotóxicos e seus coeficientes de partição no solo, segundo Rao et al. (1983)

Agrotóxico	Coefficiente de partição (CP)
Dicamba	1
Aldicarbe	10
Carbufuran	29
2-4,D	32
Bromacil	72
Simazina	158
Atrazina	172
Propazina	207
Carbaxyl	229
Ametrina	380
Prometrina	513
Linuron	841
Malation	1778
Paration	7161
DDT	243000

Fonte: Moreira; Siqueira, 2006.

Quanto à utilização dos agrotóxicos no solo, ainda não se pode pelos atuais estudos determinar com exatidão sua interferência na população microbológica do solo, o que se observa que há sim interferência, porém não determinante. Essa persistência dos microrganismos aos contaminantes é fundamental para a descontaminação do meio (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Alguns xenobióticos podem conter metais como o As, incrementando as concentrações deste no solo ou em subprodutos. Arsênio foi amplamente utilizado em agrotóxicos como herbicidas arsenicais orgânicos (MANDAL, SUZUKI, 2002 apud SCHWER III, 2010), usados para exterminar pragas de insetos e plantas no solo e seu uso prolongado levou a concentrações localizada no solo de 10 a 892 mg kg⁻¹ (KABATA-PENDIAS, 2001 apud SCHWER III, 2010). A utilização de arsênio na forma de roxarsona na alimentação de aves para controlar parasitas e estimular a produção de ovos aumentou concentrações de As total para 14-76 mg kg⁻¹ em cama de frango (ARAI et al, 2003 apud SCHWER III, 2010).

2.3.5 Degradação dos xenobióticos

A degradação dos agrotóxicos pode ser abiótica ou biótica, e normalmente, a influência biológica é determinante na transformação das moléculas. A biotransformação de moléculas pode ser uma simples remoção de um átomo, transformando a molécula em outra, completamente diferente ou até a sua total mineralização (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

No caso da compostagem as ações de decomposição abióticas e bióticas são relativamente mais presentes. Isso se deve a presença de microrganismos muito ativos e conduzidos e também por outros fatores como a temperatura, ideal entre 24 a 35 graus e pH entre 5,6 a 8. A presença de matéria orgânica é muito boa para a ativação biológica, porém pode adsorver com maior facilidade o xenobiótico e interferir na ação biológica. As mudanças de meios oxidativos ou não, provocam mudanças de microrganismos e, portanto, aumentam as chances de degradação, assim como o encharcamento do material em decomposição e a aeração do mesmo diminuindo a umidade, promovendo as mudanças do potencial redox (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

2.4 Sistema de Compostagem Beifort®

2.4.1 Subprodutos da uva

Na industrialização da uva, aproximadamente 20% vira subproduto que é o bagaço e engaço. O bagaço é composto pela casca da uva, a poupa e a semente, o engaço é a estrutura do cacho (CATALUÑA, 1981). Normalmente estes subprodutos são tratados como resíduos e descartados na natureza (Figura 1), criando riscos de contaminar águas com cargas orgânicas.

2.4.2 A Beifiur® e a marca Beifort®

A Beifiur® Ltda. Atua, entre outros setores, no tratamento de resíduos orgânicos através de compostagem, para isso, os resíduos a serem tratados são pré-selecionados com finalidade de produção de substratos e fertilizantes de alta qualidade com base orgânica. Nesta compostagem, a empresa acaba contribuindo

não só com o meio ambiente, mas, também com as empresas geradoras uma vez que diversas dessas buscam a Beifiur[®] para tratar de seus resíduos se adequando desta forma à Lei nº 12.305/10 (BRASIL, 2010), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), legislação que obriga empresários a destinarem da forma mais adequada possível seus resíduos.

Figura 1– Aspectos da viticultura, da uva pronta para ser colhida ao resíduo (bagaço e engaço) descartado no meio ambiente, Garibaldi, 2014



Fonte: autoria própria, 2015.

Desde 2008, a Beifiur[®] passou a comercializar com a marca Beifort[®] os insumos formados pelo Substrato para plantas S-10, que fornece condições especiais para a germinação de sementes e desenvolvimento das mudas, o Fertilizante Orgânico Composto Classe A Sólido A100 e a linha de fertilizantes organominerais líquidos 867, 645 e 323, classificados conforme o Decreto no 4.954/2004 (BRASIL, 2004) e a Instrução Normativa SDA nº 25/2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (BRASIL, 2009). Esses produtos utilizam como matéria-prima o bagaço e engaço de uva, resíduos orgânicos da indústria vinícola, comumente desperdiçados, resolvendo um problema ambiental. A Beifiur[®] foi a primeira empresa do Rio Grande do Sul a produzir, na mesma planta industrial, adubo orgânico e substrato, certificados organicamente e registrados no MAPA.

Em 2005 ampliaram-se estudos para criar produtos também líquidos, pois no processo de compostagem havia a geração de um efluente líquido e na produção de

mudas da empresa se usava fertilizantes importados para a adubação das plantas através da irrigação, que poderia ser substituído com o desenvolvimento de um fertilizante com base orgânica. A comprovação destes avanços é a produção hoje em escala comercial com registro no MAPA de substrato, fertilizante orgânico sólido e fertilizante organomineral líquido.

A unidade de compostagem (Figura 2) compreende uma gleba de 85.000 m² localizada no município de Garibaldi/RS, latitude 29°13'45.28"S e longitude 51°30'33.50"O, onde as áreas de compostagem para a extração de líquidos e de compostos sólidos e úmidos (sem extração de líquidos) possuem, respectivamente, áreas de 12.000 e 10.000 m². A área de tanques para tratamento e estoque de líquidos extraídos do processo de compostagem ocupa uma área 4.000 m².

Figura 2 – Vista geral da unidade de compostagem Beifort[®] com a localização de 4 leiras da extração de líquidos e 3 leiras de compostos sólidos úmidos e os tanques dos extratos líquidos, Garibaldi, 2014



Fonte: autoria própria, 2015.

2.4.3 O processo Beifort[®]

O processo de compostagem Beifort[®] é um processo de compostagem similar em alguns aspectos ao sistema Windrow, com variações significativas, que serão mantidas em sigilo em detrimento do depósito de patente iminente no Instituto

Nacional da Propriedade Industrial – INPI¹. Este inicia com a recepção da carga (Figura 3a) composta de bagaço e engaço de uvas, que é amontoada mecanicamente em pilhas (ou leiras) evitando a compactação da matéria prima (Figura 3b).

O processo de compostagem Beifort[®] é representado na Figura 4. No platô designado para o material sólido (Figura 2) encontram-se simultaneamente pilhas em vários estágios de maturação, sendo anualmente promovidas de estágio, sendo assim, no período da safra da uva é montada uma ou mais novas pilhas (pilha N, Figura 4) e, no decorrer do ano, é consumida uma ou mais pilhas de 3 anos de maturação (pilha 3, Figura 4), conforme a disponibilidade, na produção dos compostos sólidos. Entre as pilhas N e 3 ficam as pilhas compostas de material entre 1 e 2 anos de maturação (pilha 1, Figura 4). Cada pilha é caracterizada por um pH derivado de seu estágio de compostagem: pilhas do tipo N tem pH ácido, pilhas do tipo 1 têm pH ainda levemente ácido e pilhas do tipo 3 são alcalinas.

¹ Patente de Processo e Sistema de Compostagem Método Beifort Estático com Umidificação e Extração/Recirculação de Líquidos, em fase de elaboração do relatório descritivo para depósito no Programa Piloto de Patentes Verdes

Figura 3 – Etapas do processo Beifort[®]: (a) Recebimento do resíduo da uva; (b) Montagem das leiras; (c) sistema de drenagem; (d) Tanque de armazenagem dos extratos líquidos coletados pelo sistema de drenagem, Garibaldi, 2014



(a)



(b)



(c)



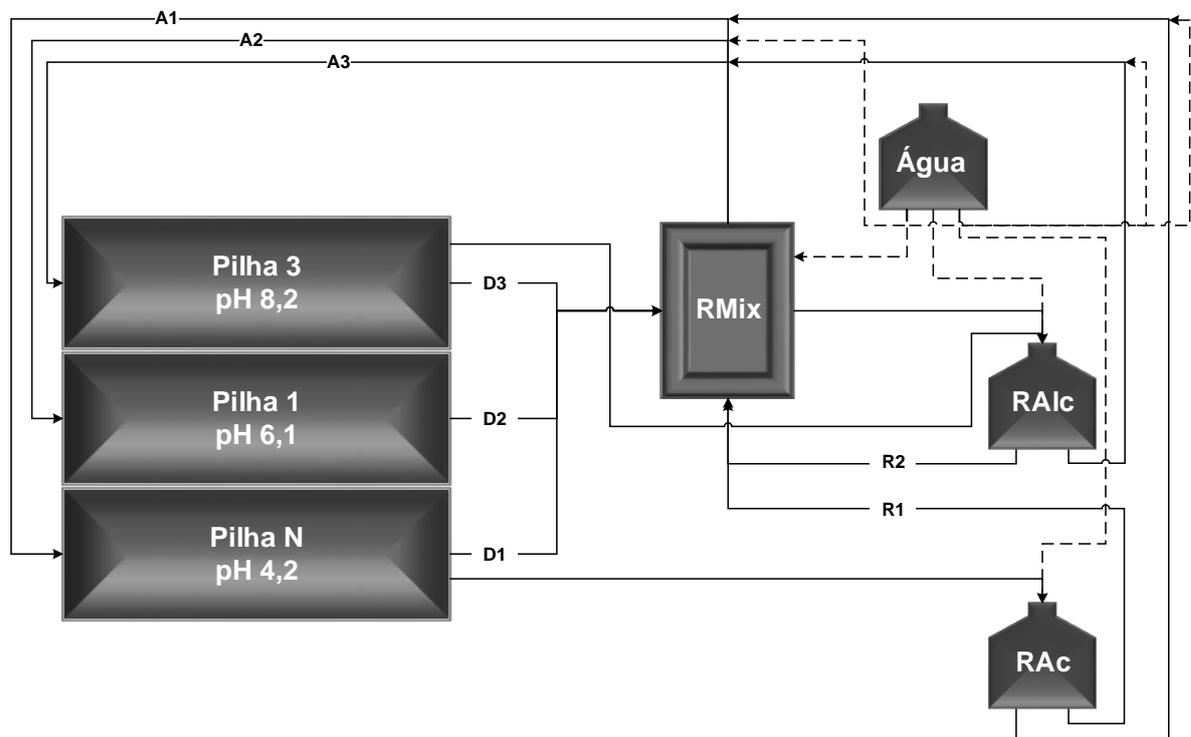
(d)

Fonte: autoria própria, 2015.

O tanque para tratamento de líquidos (Figura 3d e Rmix, Figura 4d) reserva o líquido drenado diretamente das pilhas, através da tubulação própria para este fim (Figura 3c e D1, D2 e D3, na Figura 4) após a umidificação periódica, através das vias ascendentes A1, A2 e A3 (Figura 4). Ainda existem os tanques de reserva de extrato ácido (Rac, Figura 4), que contém o extrato recebido da drenagem das pilhas mais ácidas e os de reserva de extrato alcalino (Ralc, Figura 4), que contém o extrato recebido da drenagem das pilhas mais antigas, com o objetivo de manter estoques de extrato com pH determinado para atender demandas para algum tipo específico de produto líquido da linha Beifort[®]. As vias ascendentes (A1, A2 e A3, Figura 4), no caso de elevação acentuada da temperatura de alguma das pilhas, são

utilizadas para a umidificação direta com água (linha tracejada, Figura 4) ou extratos líquidos do próprio processo como medida de contingência e normalização do processo de compostagem. A reserva de água também é utilizada diretamente em todos os reservatórios ou pilhas, com tubulação própria (linha tracejada, Figura 4), conforme conveniência.

Figura 4 – Representação esquemática do processo de compostagem Beifort[®], Garibaldi, 2015



Fonte: autoria própria, 2015.

2.4.4 Misturas finais do processo Beifort[®]

A partir do sistema de compostagem adotado pela Beifort[®] são obtidos dois produtos compostos, utilizados como base para as linhas de produtos: o composto sólido (Figura 5) e um extrato líquido (Figura 3d).

Figura 5 – Material sólido resultante do processamento no sistema Beifort[®],
Garibaldi, 2014



Fonte: autoria própria, 2015.

2.4.4.1 Misturas finais sólidas

Após a primeira compostagem, o composto sólido (Figura 5) é misturado com outros subprodutos, de origens diversas. O processo gera um composto sólido empregado na produção dos insumos agrícolas registrados no MAPA (Figura 6). A primeira mistura é feita com cama de aviário e cinza da queima da lenha de eucalipto. A segunda mistura é feita com pó de rocha basáltica e turfa – o composto resultante já é comercializável como adubo, o Fertilizante Orgânico Composto Classe A Sólido Orgânico A100 Beifort[®] (Figura 6a e Figura 8b), após ser peneirado e estabilizado em repouso de trinta dias. O substrato para plantas S10 Beifort[®] (Figura 6b e Figura 8a) é formado após esse processo, através da mistura de turfa fibrosa e casca de arroz carbonizada (Figura 2).

Figura 6 – Produtos sólidos da linha Beifort[®] obtidos a partir do produto da compostagem de subprodutos da indústria vitivinífera na empresa Beifiur[®]: (a) Fertilizante Orgânico Composto Classe A Sólido Orgânico A100; (b) Substrato para plantas S10



(a)



(b)

Fonte: autoria própria, 2015.

2.4.4.2 Misturas finais líquidas

O extrato líquido da compostagem inicial do bagaço e engaço de uva, após sofrer uma maturação no tanque para tratamento de líquidos (Figura 3d e RMix na Figura 4) é usado na fabricação de fertilizantes líquidos (Figura 7 e Figura 8c). Este extrato líquido é acrescido de nutrientes químicos industrializados, tais como ácido fosfórico (H_3PO_4), ácido cítrico (2-hidroxi-1,2,3-propanotricarboxílico, $C_6H_8O_7$), ácido bórico (H_3BO_3), hidróxido de potássio (KOH), ureia (CH_4N_2O ou $(NH_2)_2CO$) e sulfato de magnésio ($MgSO_4$). O uso destes nutrientes, entretanto é um empecilho para que os produtos líquidos da linha Beifort[®] sejam certificados pela agricultura orgânica.

Figura 7 – Produtos líquidos da linha Beifort[®] obtidos a partir da compostagem de subprodutos da indústria vitivinífera na empresa Beifiur[®]: Fertilizantes organominerais líquidos (a) 8-6-7; (b) 6-4-5 AHF; (c) 3-2-3; (c) 3-2-3 AHF



Fonte: autoria própria, 2015.

Figura 8 – Aplicação de produtos da linha Beifort[®] em ensaios na empresa Beifiur[®] em Garibaldi: (a) Muda crescendo no Substrato para plantas S10; (b) Colaborador da Beifiur[®] e plantas cultivadas com Fertilizante Orgânico Composto Classe A Sólido Orgânico A100; (c) Cultivos com adubação via irrigação hidropônica ou foliar com fertilizantes organominerais líquidos, com o autor do trabalho, à direita, 2014



Fonte: autoria própria, 2015.

2.5 Legislação brasileira acerca da compostagem e fertilizantes

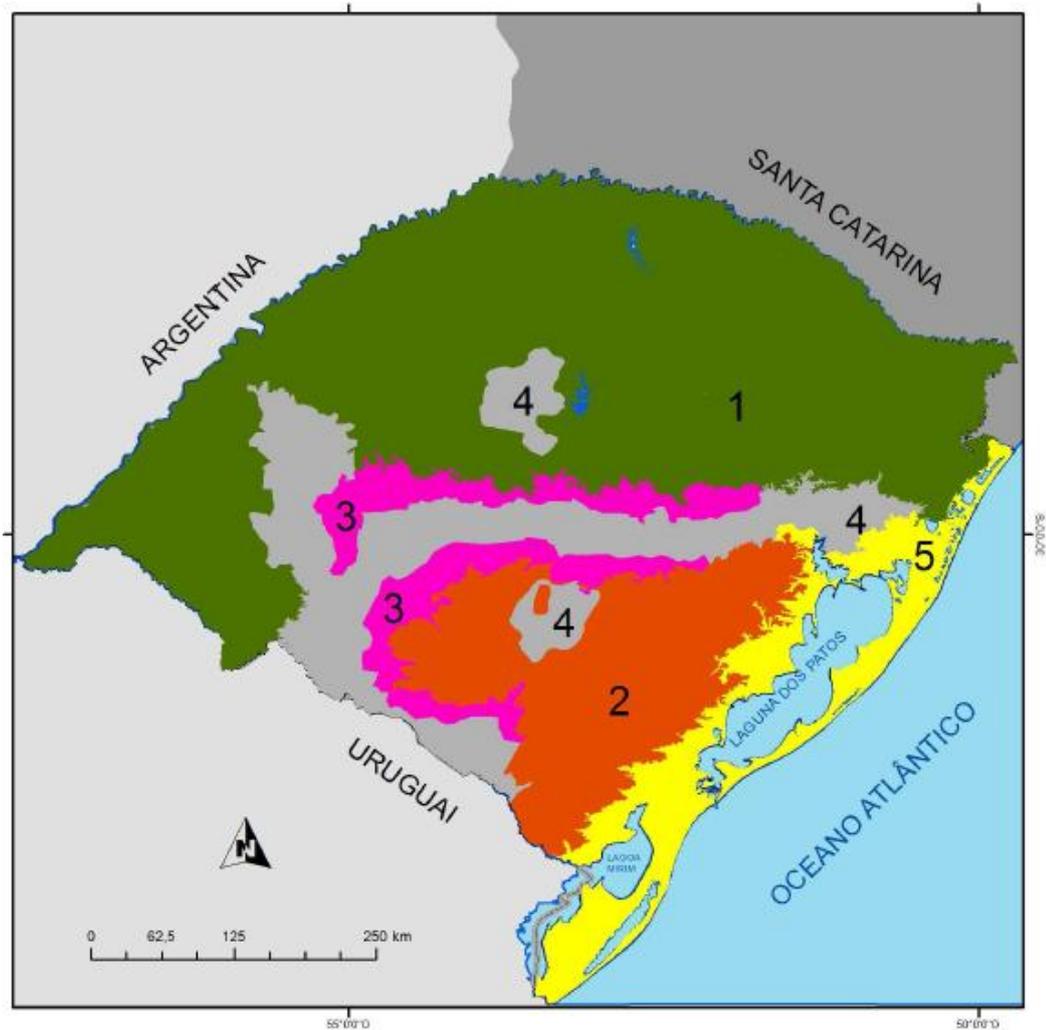
A legislação brasileira que abrange a questão da compostagem é basicamente dividida em dois períodos: antes e após 2004. Até 2004, a legislação ambiental exigia apenas a Licença Ambiental do Órgão competente como pré-requisito para produzir um composto e comercializá-lo. A partir de 2004, o Ministério da Agricultura passa a legislar sobre o produto originado na compostagem, a lei dos fertilizantes e afins (BRASIL, 2008).

2.5.1 Legislação ambiental

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), embasada na Constituição Federal é a peça legal maior de regulamentação das questões ambientais no país (BRASIL, 1981; BRASIL, 1989b; BRASIL, 1990), tem sua ação operacionalizada institucionalmente pelo SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente, estruturado em Órgãos Superior, Consultivo e Deliberativo (o CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente), Central (a Secretaria do Meio Ambiente da Presidência da República), Executor (o IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), Seccionais (as autarquias estaduais, como a FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler/RS) e Locais (autarquias municipais).

As atividades que podem interferir direta ou indiretamente no meio ambiente deverão ser previamente licenciadas conforme determinado pelo Artigo 10 da Lei nº 7.804 (BRASIL, 1989b). Atualmente a resolução CONAMA Nº 420, alterada pela CONAMA 430 (CONAMA, 2011), é a legislação que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas. No Estado do Rio Grande do Sul, a Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM publicou a Portaria 85/2014 determinou um prazo de 4 anos para definir limites aceitáveis de contaminantes no solo, cujos primeiros resultados obtidos para níveis de contaminantes e origem do solo é demonstrado na Figura 9 (FEPAM, 2014).

Figura 9 – Mapa geomorfológico/geológico do RS, adaptado de FEPAM, 2013



Províncias geomorfológicas/geológicas do Estado do Rio Grande do Sul

- 1 – Rochas vulcânicas do planalto
- Rochas cristalinas do escudo sul-riograndense
- Rochas sedimentares pelíticas da depressão periférica
- Rochas sedimentares areníticas do planalto, da depressão periférica e do escudo sul-riograndense
- 5 – Sedimentos inconsolidados da planície costeira

Fonte: FEPAM, 2014.

Na Tabela 10 são apresentados os Valores de Referência de Qualidade (VRQ) determinados a partir desse estudo inicial, atualmente usados como base para definir o *status* de contaminação e também para a tomada de decisão sobre a aplicação no solo de insumos relacionados (FEPAM, 2014).

Tabela 10 – Valores de Referência de Qualidade dos solos estabelecidos na Portaria FEPAM 85/2014

Elementos (mg kg ⁻¹)	Grupos de solos das províncias geomorfológicas/geológicas do (RS)				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Zn	120	31	31	29	33
Cu	203	9	13	11	37
Cr	94	40	25	21	27
Ni	47	12	10	7	11
Pb	36	18	19	16	27
Cd	0,59	0,40	0,38	0,42	0,36
Co	75	13	8	7	29
V	567	48	56	76	177
Hg	0,073	0,034	0,043	0,015	0,105

Notas: (1) Rochas vulcânicas do planalto; (2) Rochas cristalinas do escudo sul-riograndense; (3) Rochas sedimentares pelíticas da depressão periférica; (4) Rochas sedimentares areníticas do planalto, da depressão periférica e do escudo sul-riograndense; (5) Sedimentos inconsolidados da planície costeira.

Fonte: FEPAM, 2014.

2.5.2 Legislação sobre insumos agrícolas

A seguir é apresentado um resumo da legislação que rege a produção e comercialização de produtos para uso na agricultura.

2.5.2.1 Fertilizantes

O Decreto Nº 4.954/2004 (BRASIL, 2004) vincula a produção e comercialização dos produtos originados da compostagem ao registro obrigatório junto ao MAPA, e se refere ao composto orgânico como insumo agrícola, exigindo condições técnicas estabelecidas por Instruções Normativas. A Instrução Normativa SDA nº 25/2009, do MAPA (BRASIL, 2009) classifica os fertilizantes orgânicos nas seguintes categorias:

- a) fertilizante orgânico simples é o produto natural de origem vegetal ou animal, contendo um ou mais nutrientes de plantas;
- b) fertilizante orgânico misto é um produto de natureza orgânica, resultante da mistura de dois ou mais fertilizantes orgânicos simples, contendo um ou mais nutrientes de plantas;

- c) fertilizante orgânico composto é o produto obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matéria-prima de origem industrial, urbana ou rural, animal ou vegetal, isoladas ou misturadas, podendo ser enriquecido de nutrientes minerais, princípio ativo ou agente capaz de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas;
- d) fertilizante organomineral é o produto resultante da mistura física ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos;
- e) lodo de esgoto é um fertilizante orgânico composto proveniente do sistema de tratamento de esgotos sanitários, que resulte em produto de utilização segura na agricultura, atendendo aos limites estabelecidos para contaminantes;
- f) vermicomposto é o fertilizante orgânico composto resultante da digestão da matéria orgânica proveniente de esterco, restos vegetais e outros resíduos orgânicos por minhocas de diversas espécies;
- g) composto de lixo é o fertilizante orgânico composto obtido pela separação da parte orgânica dos resíduos sólidos domiciliares e sua compostagem, resultando em produto de utilização segura na agricultura e atendendo aos limites estabelecidos para contaminantes.

Com base nestes critérios, instrui que o produto deva ter na sua rotulagem a seguinte classificação (BRASIL, 2009):

- a) Classe A: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, onde não sejam utilizados no processo o sódio (Na^+), metais pesados, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos;
- b) Classe B: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima oriunda de processamento da atividade industrial ou da agroindústria, onde o sódio (Na^+), metais pesados, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos são utilizados no processo;
- c) Classe C: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de lixo domiciliar, resultando em produto de utilização segura na agricultura;
- d) Classe D: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda do tratamento de despejos sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura.

Para a aprovação do fertilizante orgânico no MAPA, conforme ainda a Instrução Normativa SDA nº 25/2009, do MAPA (BRASIL, 2009), é obrigatório o controle dos parâmetros de qualidade apresentados na Tabela 11 e na Tabela 12.

Tabela 11 – Especificações e garantias mínimas para fertilizantes orgânicos simples, conforme a Instrução Normativa SDA nº 25/2009

Orgânico	simples		*C.org%	N%	*CTC	*CTC/C
Processado	U% Max	pH	min.	min.	Míni.	Mín.
Estercos e Camas	40		20	1		
Tortas Vegetais	40		20	5		
Turfa	40		15	0,5		
Linhita	40	Conforme	20	0,5	Conforme	Conforme
Leonardita	40	declarado ⁽¹⁾	25	0,5	declarado ⁽¹⁾	declarado ⁽¹⁾
Vinhaça ⁽²⁾	–		3	–		
Parâmetro de Referência para outros fertilizantes orgânicos simples	40		15	0,5		

*valores expressos em base seca, umidade determinada a 65°C; C.org : Carbono Orgânico; CTC: Capacidade de Troca Catiônica; U: Umidade Máxima; N: Nitrogênio Total; CTC/C: Relação CTC/C.org. Notas:(1) É obrigatória a declaração no processo de registro de produto. (2) Deverá ser declarado o teor de potássio.
Fonte: BRASIL, 2009.

Tabela 12 – Especificações e garantias mínimas para fertilizantes orgânicos mistos e compostos, conforme a Instrução Normativa SDA nº 25/2009

Garantia	Misto/Composto				Vermicomposto
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classes A, B, C, D
Umidade máx.	50	50	50	70	50
N Total (Min.)				1	
*C Orgânico (Min.)			15		10
*CTC ⁽¹⁾			Conforme Declarado		
pH (Min.)	6,0	6,0	6,5	6,0	6,0
Garantia	Misto/Composto				Vermicomposto
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classes A, B, C, D
Relação C/N (Max.)			20		14
*Relação CTC/C ⁽¹⁾			Conforme declarado		
Outros nutrientes			Conforme declarado		

*valores expressos em base seca, umidade determinada a 65°C; CTC: Capacidade de Troca Catiônica; CTC/C: Relação CTC/C.org.
Notas: (1) É obrigatória a declaração no processo de registro de produto.
Fonte: BRASIL, 2009.

A Instrução Normativa SDA nº 25/2009 (BRASIL, 2009) ainda define substrato para Planta como “produto usado como meio de crescimento de plantas, suporte da parte radicular das plantas e das plantas como um todo, substitui o solo natural” e estabelece as seguintes especificações e garantias:

- a) condutividade elétrica (CE) em mS cm^{-1} – variação $\pm 0,3$;
- b) densidade em kg m^{-3} (em base seca);
- c) pH em água – variação $\pm 0,5$;
- d) umidade máxima (%), em peso/peso; e
- e) capacidade de retenção de água (CRA) %, em peso/peso.

Facultativamente, poderá ser oferecida garantia para capacidade de troca catiônica (CTC), expressa em mmol c dm^{-3} ou mmol c kg^{-1} (BRASIL, 2009).

2.5.2.3 Biofertilizantes ou estimulantes

A Lei nº 6.894/1980 diz que biofertilizante ou estimulantes são os produtos que contenham princípio ativo apto a melhorar, direta ou indiretamente, o desenvolvimento das plantas (BRASIL, 1980), no entanto a lei nº 7.802/1989 considera agrotóxicos substâncias e produtos empregados como estimulantes de crescimento (BRASIL, 1989a), portanto os biofertilizantes por serem estimulantes precisam atender ambas as leis, inviabilizando, do ponto de vista econômico praticamente, o seu registro.

Para os biofertilizantes, desde que respaldadas por pesquisa oficial brasileira, as garantias e especificações são aquelas declaradas no processo de registro do produto. Quando contiverem nutrientes de plantas, deverão apresentar, no mínimo, as garantias exigidas para os fertilizantes organominerais (BRASIL, 1980).

2.5.2.3 Contaminantes em insumos agrícolas

A instrução normativa SDA nº 27/2006 estabelece limites de agentes fitotóxicos, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas admitidas nos fertilizantes, corretivos, condicionadores de solo e substratos para plantas, apresentados nos Anexos de I a VI de forma resumida (BRASIL, 2006).

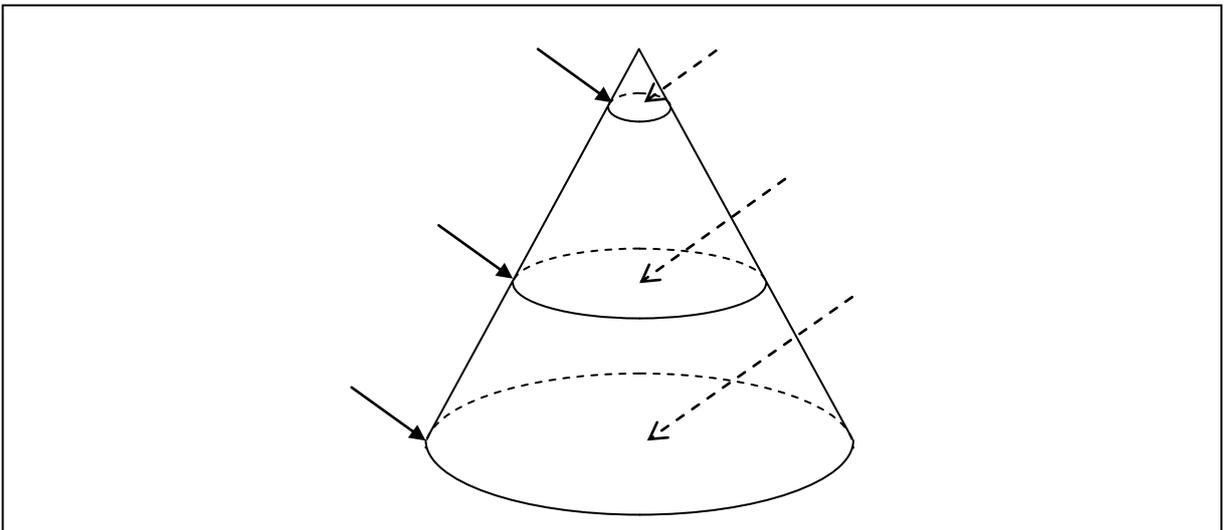
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coleta e preparo de amostras

3.1.1 Coleta de matérias primas

Com exceção das camas de aviário e do pó de rocha, que foram amostrados no local de origem, a amostragem de matérias primas foi feita nos locais de estocagem, no pavilhão localizado abaixo da área de tanques para tratamento e estoque de líquidos (Figura 2), na empresa Beifiur[®], no período de março a abril de 2014. Coletou-se de cada pilha seis alíquotas regulares: das partes superficial e interior da base, parte intermediária e topo, como demonstrado na Figura 10. A massa total das alíquotas de cada matéria prima foi de cerca de 20,0 kg. Após estas alíquotas foram homogeneizadas e posteriormente foi feito o quarteamento conforme descrito no item 3.1.5.1, até a obtenção de uma massa de aproximadamente 5,0 kg.

Figura 10 – Pontos de coleta nas pilhas de matérias primas, na empresa Beifiur[®], 2014



Legendas: setas inteiras – locais de amostragem superficial; setas tracejadas – locais de coleta interna.

Fonte: autoria própria, 2015.

A origem da matéria prima amostrada foi a seguinte:

- a) cama de aviário de peru (um ano), no município de Carlos Barbosa/RS, latitude 29°21'15.10"S e longitude 51°35'54.37"O;
- b) cama de aviário de frango (um ano), no município de Garibaldi/RS, latitude 29°16'19.90"S e longitude 51°35'6.11"O;
- c) pó de britagem de basalto da Fabrita, no município de Farroupilha;/RS, latitude 29°12'27.38"S e longitude 51°25'1.79"O;
- d) cinza de casca de arroz, no município de Cachoeira do Sul/RS, latitude 30°0'47.88"S e longitude 52°54'40.02"O;
- e) casca de arroz carbonizada, no município de Turvo/SC, latitude 28°55'48.51"S e longitude 49°41'17.48"O;
- f) cinza da queima da lenha de eucalipto, oriunda de locais diversos no município de Bento Gonçalves/RS, latitude 29°11'47.42"S e longitude 51°31'25.49"O;
- g) turfa malha de 0 mm a 7 mm e Turfa malha de 3 mm a 7mm, do município de Araranguá/SC, latitude 29°0'37.63"S e longitude 49°29'15.45"O.

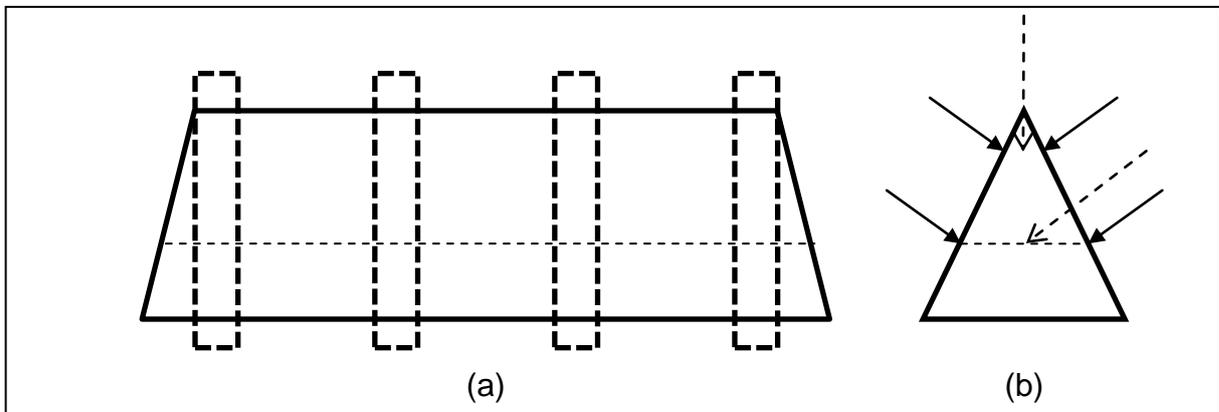
3.1.2 Coleta de material proveniente de compostagem

A amostragem de material das pilhas foi feita nas áreas de compostagem para a extração de líquidos (Figura 2), na empresa Beifiur[®], no período de março a abril de 2014. Coletou-se de cada pilha vinte e quatro alíquotas: de pontos externos e internos, na linha média e no topo, em quatro posições longitudinais diferentes (Figura 11). A massa total das alíquotas de cada pilha foi de cerca de 100,0 kg. Após estas alíquotas foram homogeneizadas e posteriormente foi feito o quarteamento conforme descrito no item 3.1.5.1, até a obtenção de uma massa de aproximadamente 5,0 kg.

O material amostrado foi o seguinte:

- a) bagaço e engaço novos, de uva branca e de uva preta, provenientes das pilhas novas (Pilha N, Figura 4; Figura 3a);
- b) bagaço e engaço de uva com um a dois ano de compostagem, provenientes das pilhas intermediárias (Pilha 1, Figura 4);
- c) bagaço e engaço de uva com dois a três anos de compostagem, provenientes das pilhas antigas (Pilha 3, Figura 4).

Figura 11 – Pontos de coleta nas pilhas de material em compostagem e já compostado, na empresa Beifiur[®], 2014



Legendas: (a) vista lateral da pilha; (b) vista frontal da pilha; áreas retangulares tracejadas – posição longitudinal das coletas; setas inteiras – locais de amostragem superficial; setas tracejadas – locais de coleta interna.

Fonte: autoria própria, 2015.

3.1.3 Coleta de amostras líquidas

Os produtos líquidos brutos foram homogeneizados nos próprios tanques e procedida a coleta de 3,0 L na própria área de armazenamento de extratos líquidos (Figura 2). A amostra posteriormente foi embalada em embalagens de 1,0 L.

Foram amostrados os seguintes produtos líquidos brutos

- a) extrato líquido ácido, provenientes do tanque RAc (Figura 4);
- b) extrato líquido mix, proveniente do tanque Mix (Figura 4 e Figura 3d);
- c) extrato líquido alcalino provenientes do tanque Ralc (Figura 4).

3.1.4 Coleta de amostras de produtos comerciais já embalados

3.1.4.1 Produtos sólidos

A fim de verificar a qualidade final dos produtos foram coletadas amostras de produtos comerciais já embalados. Para os produtos sólidos, ou seja, os Fertilizantes Orgânicos Compostos Classe A Sólidos Orgânicos A100 normal e certificado e o Substrato para plantas S10, a coleta foi feita para cada produto separadamente em vinte embalagens diversas, de lotes diferentes, totalizando 400,0 kg. Os produtos foram então homogeneizados e submetidos à quarteamento

conforme descrito no item 3.1.5.1, até a obtenção de uma massa de aproximadamente 5 kg.

3.1.4.2 Produtos Líquidos

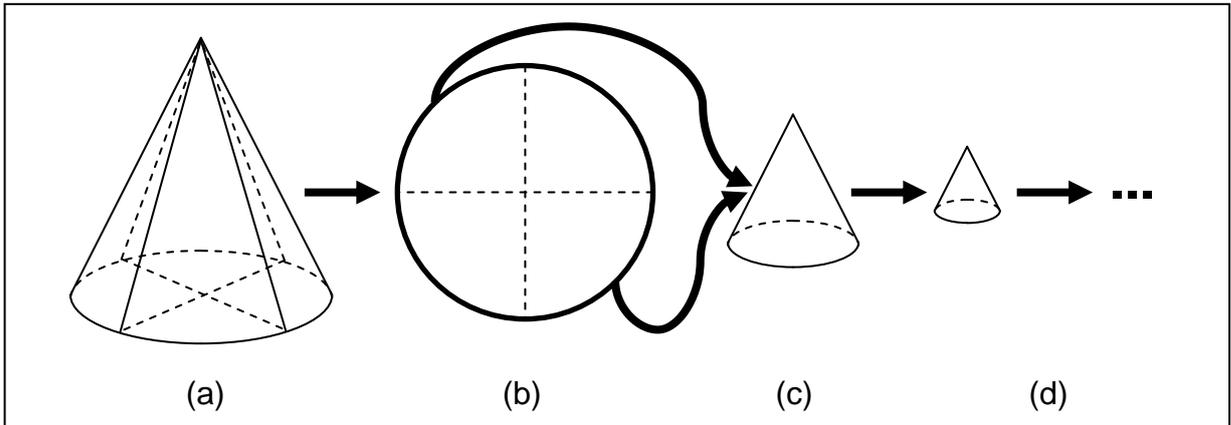
Para os produtos líquidos, ou seja, o Fertilizante 645 AHF e o Fertilizante 867, a coleta de vinte embalagens diversas, de lotes diferentes, foi feita para cada produto separadamente, sendo os produtos posteriormente homogeneizados e retirada amostra de 3,0 L. A amostra posteriormente foi embalada em embalagens de 1,0 L.

3.2.1 *Preparação das amostras sólidas*

3.2.1.1 Quarteamento

O quarteamento das amostras sólidas foi feito conforme a Norma Brasileira de Referência da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR) número 10007, de 31 de maio de 2004. A metodologia de quarteamento utilizada foi a adequada para pequenos volumes de material, representada na Figura 12. Esta consistiu em formar uma pilha em forma de cone e dividi-la em quatro setores iguais, formando uma nova pilha cônica com dois dos setores diametralmente opostos, desprezando os outros dois setores. Repetiu-se sucessivamente a operação com a pilha resultante até restarem aproximadamente 5kg de amostra sólida, que foi armazenada em sacos plásticos identificados.

Figura 12 – Metodologia de quarteamento, conforme a ABNT NBR 10007, de 2004



Legendas: (a) vista isométrica da pilha; (b) vista superior da pilha; (c) vista isométrica da pilha resultante do primeiro quarteamento; (d) quarteamentos sucessivos até obter o volume desejado.

Fonte: autoria própria, 2015.

3.2.1.2 Secagem e moagem

No Laboratório de Estudos Ambientais de Desenvolvimento Nanotecnológico (LEADN) do Centro universitário La Salle, foi determinada a matéria seca a 60° C em uma porção de 1,5 kg das amostras sólidas armazenadas, obtida após quarteamento. Após, estas foram separadas em três parcelas, que foram secas em estufa a 60°C até não apresentar perda de peso por um período de 24 horas. Posteriormente as amostras foram moídas em moinho de facas até as partículas ficarem inferiores 0,6 mm de diâmetro, sendo então procedido novo quarteamento (conforme item 3.1.5.1) até obter-se uma massa de 0,3 kg. A amostra resultante foi dividida em três parcelas de 0,1 kg, acondicionadas em sacos plásticos, sendo uma destinada para análises e as duas restantes mantidas como contraprova.

3.2 Metodologia Analítica para Análise Química

3.3.1 Ensaios de Lixiviação

A fração solúvel foi extraída no LEADN conforme a norma alemã DIN 38414-S4 (1984). Este procedimento é necessário para a determinação das concentrações dos compostos majoritários e minoritários, incluindo os metais pesados, analisados via espectrometria de massa por plasma acoplado indutivamente (*inductively coupled plasma mass spectrometry* – ICP-MS) e espectrometria de emissão óptica

por plasma acoplado indutivamente (*inductively coupled plasma – optical emission spectrometry* – ICP-OES).

3.3.1.1 Preparo dos Frascos e Vidrarias

A vidraria empregada foi descontaminada pelo contato com solução de HNO₃ 10% (v/v) durante 24 h e posteriormente lavada com água destilada e enxaguada com água deionizada para então ser utilizada.

3.3.1.2 Procedimento de Lixiviação

Para estes ensaios foram colocados 4,0 g de amostra em frascos plásticos para o processo de extração. Este foi realizado em agitador orbital a 100 rpm durante 24h, com adição de 40 mL de água Milli-Q (a relação peso/volume sempre foi mantida em 1:10 com pesos e volumes que se requeiram em cada caso). Depois deste período, as amostras foram retiradas do agitador e filtradas. Para a filtração foi utilizado membranas de nitrato de celulose com diâmetro de 0,45 µm. No momento da filtração foi tomada uma alíquota dos lixiviados para determinação de valor de pH, e condutividade elétrica. Outra alíquota foi coletada para as análises de cromatografia e ICP.

Ao obter-se a concentração dos elementos analisados nas soluções resultantes da lixiviação, foi aplicada a seguinte fórmula para determinar os níveis destes componentes:

$$\frac{(C_i - C_{\text{blk}}) V}{P} = \text{mg/kg}$$

Onde:

C_i= concentração do Cl⁻, F⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, PO₄²⁻, SO₄²⁻. em mg/L

C_{blk}= concentração do branco em mg/L

V= volume de água Milli-Q no lixiviado em L

P= peso da amostra em quilogramas

3.3.2 Ensaio de digestão

Para a análise da composição química das amostras, aproximadamente 0,1g foi preparado e digerido conforme metodologia estabelecida por Querol (1997), obtendo-se, ao final, uma concentração de 2,5% em HNO₃. Esta etapa visou preparar a amostra para a determinação dos níveis de elementos insolúveis como Al, Ca, K, Fe, metais pesados e outros através de ICP-MS e ICP-OES, com exceção do Si, uma vez que este se perde durante a evaporação com HF (ácido fluorídrico), devido à volatilidade do SiF₃.

Ao obter-se a concentração dos elementos analisados nas soluções resultantes da digestão, aplicou-se a seguinte fórmula para determinar os níveis destes componentes:

$$\frac{C_i V}{P_i} * 10^4 = \%$$

Onde:

C_i = concentração do elemento na solução (µg/mL)

P_i = peso da amostra aberta/digerida (± 0,1g)

V = volume total (100 mL)

Observação: multiplica-se por 10⁴ o resultado para obter a concentração percentual do elemento, caso contrário, não se multiplica, obtendo-se a concentração em µg/g.

3.3.3 Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-OES)

As soluções resultantes da digestão foram analisadas por ICP-OES com equipamento da marca Jobin Yvon modelo Ultima 2, para determinar as concentrações dos elementos majoritários em colaboração com o Instituto de Diagnóstico Ambiental e Estudos da Água do Conselho Superior de Investigações Científicas – IDEA-CSIC, em Barcelona.

3.3.4 Espectrometria de Emissão Óptica por Plasma Acoplado Indutivamente (ICP-MS)

As análises de ICP-MS foram executadas em equipamento da marca Perkin Elmer modelo Elan 9000 em colaboração com o Departamento de Química Analítica da Universidade do País Basco (EHU/UPV), Bilbao, Espanha, em um modo de contagem de impulsos – três pontos por pico, para determinar as concentrações de Al, As, Fe, K, Na, Ba, Mg, Mn, Ti, V, Zn, Ag, Co, Li, Mo, Ni, Se, Sn, W, B, Cr, Cu, Pb, e Sr presentes nas amostras coletadas. Todas as alíquotas foram guardadas a 4 °C e analisadas dentro de 24 horas. O argônio (99,999%), utilizado nas medições por ICP-MS foi fornecido pela Praxai.

3.3.5 Análise Elementar de Carbono, Enxofre, Nitrogênio e Hidrogênio

Este método foi utilizado para avaliar as concentrações de elementos como carbono, enxofre, nitrogênio e hidrogênio. As amostras foram analisadas no Laboratório de Processamento Mineral (LAPROM) da UFRGS. O método é baseado na oxidação das amostras em alta temperatura (aproximadamente 1000°C). As amostras foram finamente moídas e colocadas em cápsula de estanho, livres de carbono. Após combustão total, os gases contendo cada elemento são separados e as concentrações medidas por detector de condutividade térmica (TCD)/de infravermelho (IR). Posteriormente foram convertidos em teores percentuais dos elementos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação dos resultados analíticos dos Resíduos da Uva

Observando as análises das amostras quanto a possíveis contaminantes químicos (Tabela 13) constata-se que o bagaço, o engaço e a semente da uva no início do processo da compostagem encontram-se dentro do limite aceitável imposto pela Instrução Normativa SDA nº 46/2011, do MAPA (BRASIL, 2011). Além disso, apresentam uma concentração adequada de elementos essenciais e importantes às plantas, portanto, comparando-se a Tabela 13², Tabela 14 e Tabela 15², constata-se que são matéria prima segura e de boa qualidade para a produção de insumos orgânicos agrícolas. Entretanto, no decorrer da compostagem ocorre a solubilização de elementos aniônicos, extraídos na formação dos extratos líquidos do processo, especialmente nas pilhas novas, de pH ácido (SCHWER III, 2010). Em contrapartida ocorre o aumento da concentração desses elementos na matéria seca do composto de 3 anos, caracterizada pela presença de substâncias húmicas e pH alcalino (EGREJA FILHO, 1993; SCHWER III, 2010). Alguns desses elementos são nutrientes essenciais às plantas, porém outros podem ser contaminantes. No caso estudado, os únicos elementos que ultrapassam os limites aceitáveis são o cobre e o cromo, sendo que os níveis destes são ultrapassados apenas em comparação com a IN 46/2011 (BRASIL, 2011). Quanto à solubilidade destes contaminantes em água, podemos constatar que o cromo não é solúvel e o cobre apresenta uma solubilidade baixa, deixando dúvidas quanta a real potencialidade de contaminação.

Outra observação importante que se faz é de que no decorrer do processo de compostagem de bagaço e engaço de uva, ocorre um aumento geral na concentração de nutrientes no composto sólido, de acordo com o apresentado por Egreja Filho (1993). No entanto, em consonância com o que Schwer III (2010) observou em solos, ocorre uma maior retenção dos elementos metálicos no composto sólido mais antigo, de pH alcalino, diminuindo sua concentração nos extratos líquidos, de pH mais alto. Em decorrência, pode-se observar que há uma diminuição da concentração do Fe, do Mn e do Co conforme aumenta o pH, que é

² Resultados completos estão no Apêndice A.

consequência direta do bombeamento desse extrato através da pilha mais antiga. Os extratos líquidos recebem os macronutrientes em maior concentração, com exceção do cálcio e magnésio e outros elementos de fácil solubilização, comportamento também observado por Egreja Filho (1993) e Schwer III (2010).

Tabela 13 – Resultados das análises do bagaço, engaço e sementes da uva

Parâmetro	Uva Branca (novo)		Uva Preta (novo)		Uva Mix (1 ano compostagem)		Uva Mix (3 anos compostagem)	
	Total	Solúvel	Total	Solúvel	Total	Solúvel	Total	Solúvel
		em H ₂ O		em H ₂ O		em H ₂ O		em H ₂ O
Informações Importantes								
pH (em 1/5 H ₂ O)	4,21		4,15		6,1		8,2	
H	7,8%		7,9%		6,55%		6,22%	
C	47,03%		47,41%		41,5%		40,4%	
Macro elementos essenciais as plantas (em %)								
N	2,76		2,79		2,79		2,51	
P	0,39		0,35		0,31		0,18	0,18
K	3,39		2,63		2,98		0,92	2,32
Ca	0,47		0,32		0,43		0,008	0,72
Mg	0,17		0,15		0,22		0,004	0,25
S	0,27		0,23		0,34		0,014	0,41
Elementos importantes para alguns vegetais (em mg/Kg)								
Si	3700		3600		3500		65,48	3900
Na	5200		5300		6200		155,43	8600
Micro elementos essenciais as plantas (em mg/Kg)								
B	102,4		103,8		99,6		6,80	105,2
Cu	67,6		59,8		102,8		2,27	150,2
Fe	1100		300		7000		16,87	6800
Mn	161,9		135,9		264,2		1,89	266,3
Mo	0,0		0,0		0,0		0,00	0,0
Co	0,0		0,0		2,1		0,03	0,0
Ni	4,6		4,5		7,4		0,03	8,4
Zi	133,6		30,2		76,5		2,75	80,2

Parâmetro	Uva Branca (novo)		Uva Preta (novo)		Uva Mix (1 ano compostagem)		Uva Mix (3 anos compostagem)	
	Total	Solúvel	Total	Solúvel	Total	Solúvel	Total	Solúvel
		em H ₂ O		em H ₂ O		em H ₂ O		em H ₂ O
Elementos controlados pelo MAPA e Meio Ambiente (em mg/Kg)								
Se	0,00		0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	133,6		30,2		76,5	2,75	80,2	2,06
Cu	67,6		59,8		102,8	2,27	150,2	2,70
Cr	78,6		76,9		82,1	0,00	87,7	0,00
Ni	4,6		4,5		7,4	0,03	8,4	0,00
Pb	0,8		0,0		4,6	0,00	4,3	0,00
Cd	0,00		0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
Co	0,00		0,00		2,1	0,03	0,00	0,00
V	0,00		3,00		12,9	0,00	12,6	0,00
As	4,5		3,7		1,5	0,00	2,5	0,00

Fonte: autoria própria, 2015.

Tabela 14 – Insumos para uso na agricultura orgânica: valores de referência utilizados como limites máximos de contaminantes admitidos em compostos orgânicos, adaptado de Instrução Normativa nº 27/2006, Instrução Normativa nº 46/2011, e Portaria FEPAM nº 85/2014

Elemento	limite para certificação orgânica (mg kg ⁻¹ de matéria seca a 65°C)	sem certificação orgânica (mg kg ⁻¹ de matéria seca a 65°C)
Arsênio	20	20
Cádmio	0,7	3
Cobre	70	*
Níquel	25	70
Chumbo	45	150
Zinco	200	*
Mercúrio	0,4	1
Cromo (VI)	0,0	*
Cromo (Total)	70	200
Selênio	80	80

*valor fornecido pela Portaria FEPAM nº 85/2014
 Fontes: Brasil, 2006, Brasil, 2011, FEPAM, 2014.

Tabela 15 – Resultados das análises dos extratos líquidos extraídos do processo de compostagem

Parâmetro	Extrato ácido (1 ano)		Extrato Mix (2 anos)		Extrato Alcalino (3 anos)	
	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O
Informações Importantes						
pH		3,8		5,72		8,91
C Org.	2,55%		0,488%		0,302%	
Macro elementos essenciais as plantas (em %)						
N		0,085		0,116		0,143
P		0,037		0,050		0,104
K		0,462		0,533		0,568
Ca		0,022		0,013		0,006
Mg		0,021		0,017		0,00
S		1,02		1		1,01
Elementos importantes para alguns vegetais (em mg/Kg)						
Si		70		70		20
Na		72,5		47,2		20
Micro elementos essenciais as plantas (em mg/Kg)						
B		7,96		10		10
Cl		1650		970		890
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe		70		60		40
Mn		20		10		0,00
Mo		0,00		0,00		0,00
Co		0,28		0,00		0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Elementos controlados pelo MAPA e Meio Ambiente (em mg/Kg)						
Se	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Co		0,28		0,00		0,00
V	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: autoria própria, 2015.

Sabe-se que os solos da região serrana do Rio Grande do Sul (grupo geomorfológico 1, FEPAM, 2014), são originários da decomposição da rocha basáltica, apresentando concentrações de cromo e cobre superiores aos níveis de concentração apresentados nos compostos finais sólidos do bagaço, engaço e semente da uva. Felix (2005) cita também que são usados insumos como o sulfato de cobre nas videiras como fungicida, através da pulverização dos parreirais, causando um aumentando dos níveis de cobre nas cascas da uva e no solo. Além disso, a primeira instrução normativa para controle de contaminantes em fertilizantes é a IN SDA 27/2006 (BRASIL, 2006), portanto, durante muitos anos se usou insumos agrícolas como adubos, cama de aviário e outros, sem controle de contaminantes.

4.2 Subprodutos de Origem Agrícola e Mineral e Turfa

4.2.1 Avaliação dos resultados analíticos das matérias primas

4.2.1.1 Cama de aviários

As camas de aviário são matérias primas ricas em macro e micro elementos, no entanto trazem alguns contaminantes acima dos limites estabelecidos pela IN nº 46/2011 (BRASIL, 2011) e pela Portaria FEPAM nº 85/2014 (FEPAM, 2014). No caso da cama de Perus encontramos mais de 10% de macronutrientes, entretanto com índices de arsênio e zinco acima do estabelecido pela legislação de Insumos agrícolas convencionais e também pelos controles ambientais. Temos ainda cobre e cromo acima dos níveis para a produção de insumos orgânicos. Além disso, o sódio aparece em níveis bem altos, embora não tenha restrições legais. No caso da cama de frangos a realidade é bem similar, diferindo apenas na concentração de cobre que não atinge os limites para a produção de insumos orgânicos (Tabela 14 e Tabela 16³).

³ Resultados completos estão no Apêndice B.

Sabemos que a compostagem acaba concentrando a maioria dos elementos, com exceção dos voláteis, pois as camas de aviários são compostadas sem a extração de líquidos, portanto não há redução de elementos químicos por lixiviação, apenas por volatilização. Neste caso os elementos citados como problemáticos aumentarão sua presença sobre a massa compostada final das camas de aviário. A Tabela 7 apresenta dados similares quanto às concentrações de nutrientes e de cobre e zinco nas camas de aviário, no entanto não apresenta dados para arsênio e cromo, para comparações. Na Tabela 6, temos também arsênio e cobre para comparar e os resultados apresentados para ambos, são semelhantes aos estudos deste trabalho. A presença de arsênio pode ser pela utilização de insumos, segundo (ARAI et al., 2003 apud SCHWER III, 2010) arsênio na forma de roxarsona na alimentação de aves para controlar parasitas e estimular a produção de ovos, aumentou concentrações de As total para 14-76 mg kg⁻¹ em cama de frango.

Tabela 16 – Resultados das análises das camas de aviários

Parâmetro	Cama de Aviário de Peru	Cama de Aviário de Frango
	Total	Total
Informações Importantes (em %)		
pH (em 1/5 H ₂ O)	7,5	7,8
H	6,5	6,89
C	33,27	36,37
Macro elementos essenciais as plantas (em %)		
N	3,22	3,11
P	2,06	1,15
K	2,66	2,84
Ca	3,15	1,83
Mg	0,84	0,59
S	0,57	0,61
Elementos importantes para alguns vegetais (em mg/Kg)		
Si	100	300
Na	4800	5300
Micro elementos essenciais as plantas (em mg/Kg)		
B	40,5	52,0
Cu	90,0	65,6
Fe	2700	1600
Mn	671,7	528,8
Mo	3,2	4,2
Co	2,2	1,3
Ni	6,8	8,2
Zi	345,7	382,8
Elementos controlados pelo MAPA e Meio Ambiente (em mg/Kg)		
Se	0,0	0,0
Zn	345,7	382,8
Cu	90,0	65,6
Cr	81,3	78,3
Ni	6,8	8,2
Pb	0,0	0,0
Parâmetro	Cama de Aviário de Peru	Cama de Aviário de Frango
	Total	Total
Cd	0	0
Co	2,2	1,3
V	26,9	22,8
Hg	0	0
As	45,1	55,6

Fonte: autoria própria, 2015.

4.2.1.2 Casca de arroz

A Tabela 17⁴ demonstra os resultados das amostras com a casca de arroz carbonizada. Comparando com a Tabela 14, observa-se que a concentração de contaminantes, com exceção do cromo, está abaixo dos limites impostos pela IN nº 46/2011 (BRASIL, 2011) e abaixo dos valores de referência da Portaria FEPAM nº 85/2014 (FEPAM, 2014). Como a concentração de Cr apenas fere ao índice estabelecido para insumos da agricultura orgânica, pode ser utilizado como insumo não certificável. Quanto ao fornecimento de nutrientes, é bastante pobre, tendo apenas índices satisfatórios em ferro, manganês, silício, carbono e nitrogênio. Como este material não é compostado, não haverá tecnicamente aumento da concentração de elementos, pois este subproduto é utilizado direto nas misturas finais do insumo agrícola substrato. A casca de arroz queimada é um relativamente melhor no fornecimento de nutrientes do que a casca carbonizada, no entanto a principal propriedade deste material não é dispor de nutrientes, pois os únicos nutrientes em níveis significativos de disponibilidade são o nitrogênio, potássio e principalmente silício. Apesar de a casca queimada passar por um processo curto de compostagem, é um subproduto mineralizado, portanto dificilmente aumentará a concentração de elementos por perda de voláteis. Apesar do referencial encontrado se referir à casca de arroz natural (Tabela 2), não carbonizada, é eficiente como um comparativo, mesmo que incompleto, uma vez que não foi encontrada diferença significativa entre os resultados obtidos nos elementos estudados.

⁴ Resultados completos estão no Apêndice B.

Tabela 17 – Resultados das análises da casca de arroz carbonizada, cinza da queima da casca de arroz e cinza da queima de eucaliptos

Parâmetro	Casca de arroz carbonizada		Cinza da queima da casca de arroz		Cinza da queima de Eucalipto	
	Solúvel em		Solúvel em		Solúvel em	
	Total	H ₂ O	Total	H ₂ O	Total	H ₂ O
Informações Importantes (em %)						
pH (1/5 H ₂ O)	8,1		9,8		12,1	
H	4,88		0,6		0,59	
C	38,28		17,3		8,37	
Macro elementos essenciais as plantas (em %)						
N	1,21		0,96		0,8	
P	0,00		0,29		1,15	0,0007
K	0,28		0,98		6,73	5,47
Ca	0,21		0,53		30,82	0,057
Mg	0,12		0,24		2,4	0,0002
S	0,16		0,23		1,5	0,11
Elementos importantes para alguns vegetais (em mg/Kg)						
Si	3500		13000		3500	3,36
Na	620		1700		10000	3433
Micro elementos essenciais as plantas (em mg/Kg)						
B	113,1		61,0		126,8	19,67
Cu	28,3		23,5		58,8	0,13
Fe	1900		500		2160	0,29
Mn	329,6		1566,9		1301	0,04
Mo	0,0		0,0		3	0,00
Co	0,00		0,00		7,6	0,00
Ni	22,3		5,0		12,9	0,00
Zi	93,8		50,7		105,8	0,47
Elementos controlados pelo MAPA e Meio Ambiente (em mg/Kg)						
Zn	93,8		50,7		105,8	0,47
Cu	28,3		23,5		58,8	0,13
Cr	127,3		73,1		87,0	0,37
Ni	22,3		5,0		12,9	0,00
Pb	0,0		0,0		0,0	0,00

Parâmetro	Casca de arroz Carbonizada		Cinza da queima da casca de arroz		Cinza da queima de Eucalipto	
	Solúvel em		Solúvel em		Solúvel em	
	Total	H ₂ O	Total	H ₂ O	Total	H ₂ O
Elementos controlados pelo MAPA e Meio Ambiente (em mg/Kg)						
Cd	0,0		0,0		0,0	0,00
Co	0,0		0,0		7,6	0,00
V	3,8		0,0		10,7	0,00
As	4		10,6		35,6	0,00

Fonte: autoria própria, 2015.

4.2.1.3 Cinza da queima de lenha de eucaliptos

As análises da cinza da queima da lenha de eucalipto, visíveis na Tabela 17 demonstram que é um material rico em macro e micro elementos, especialmente de potássio e cálcio, porém apresenta um pH alto. Quanto aos contaminantes, em comparação com a Tabela 14, o insumo apresenta concentração de cromo e arsênio acima dos limites permitidos para insumos orgânicos na IN nº 46/2011 (BRASIL, 2011), embora o cromo ainda esteja abaixo dos valores de referência da Portaria FEPAM nº 85/2014 (FEPAM, 2014). Quanto à solubilidade em água do cromo, esta é muito baixa, já o arsênio não tem solubilidade. Há três hipóteses possíveis para a concentração de arsênio na cinza da queima do eucalipto estar acima dos valores de referência. Uma hipótese seria a de que este arsênio pode ser oriundo do tratamento da madeira de eucalipto com arseniato de cobre cromatado (CCA), conforme Appel et al (2006), entretanto, não é o caso do insumo amostrado, pois foi cultivado exclusivamente para a queima, portanto não passa por tal tratamento. Outra hipótese, entretanto, é a de que o solo agrícola possa ter sido contaminado ao longo dos anos pelo uso de insumos agrícolas. Estudos feitos nos Estados Unidos da América indicaram que fertilizantes inorgânicos podem conter de 2 a 4.950 mg kg de arsênio, esterco bovino, de 3 a 25 mg kg, esterco de aves, de 15 a 35 mg kg, lodos de esgoto, de 2 a 26 mg kg e calcários de 2 a 120 mg kg e ainda a aplicação de agrotóxico com arsenitos e arseniatos poderiam contribuir cumulativamente com estas concentrações (KABATA-PENDIAS, PENDIAS, 2001; USEPA 1999 apud CANTONI, 2010). Alloway (1995 apud CANTONI, 2010) determinou que solos agrícolas podem apresentar até 50 mg kg, podendo esse ser mobilizado para a

matéria orgânica vegetal (SCHWER III, 2010). Ainda existe a hipótese de a presença do metal ser ocasional, como componente natural do solo (CANTONI, 2010).

4.2.1.4 Turfa

Os dados apresentados na Tabela 18 demonstram que as turfas fornecem poucos macronutrientes, com exceção do nitrogênio. Quanto aos micronutrientes, apresenta boa disponibilidade de ferro e manganês. Quanto a contaminantes, têm o sódio relativamente alto, embora este não seja limitado por nenhum órgão regulamentador (Tabela 14). As turfas mais finas apresentam mais elementos metálicos, em consequência temos o cromo acima do estabelecido pela legislação de insumos orgânicos (BRASIL, 2011), porém abaixo dos limites de insumos convencionais e ambientais (FEPAM, 2014). As turfas com granulometria superior a três milímetros não apresentam elementos químicos controlados fora do permitido, sendo materiais muito bons para a adição aos compostos, não pela disponibilidade de nutrientes, mas pelo pH baixo e baixa concentração de contaminantes. A Tabela 8, que apresenta um estudo feito por Franchi, *et.al.*, (2003), demonstra resultados similares, com turfas de idade e estágio de decomposição aproximados, no entanto, observa-se na Tabela 18 que o cromo, não estudado pelos autores, foi o elemento cuja concentração chegou mais perto do limite imposto pela IN nº 46/2011 (BRASIL, 2011).

4.2.1.5 Pó de Rocha Basáltica

O pó de rocha basáltica é uma fonte adequada de macro e micro nutrientes, e, embora as concentrações de micro nutrientes sejam relativamente baixas, apresenta praticamente todos os minerais necessários. Com isso qualifica-se como aditivo mineral para a matéria orgânica proveniente da decomposição de vegetais. Os dados obtidos no estudo feito por Kautzmann et al. (2007), sobre concentração de minerais em basaltos são, em relação ao Si 22%, ao Al 6,35%, ao Ca 8,57% e ao Mg 6%. Nos resultados das análises do pó de rocha basáltica oriundo da Fabrita, Farroupilha/RS, apresentados na Tabela 18, estes elementos apresentam as seguintes concentrações: Al 6,49%, Ca 2,6% e Mg 0,84%, portanto,

apenas a concentração de alumínio corresponde aos dados apresentados por Kautzmann et al. (2007), porém nos demais as concentrações mostram diferenças.

Os resultados, se comparados com os limites estabelecidos pela IN nº 46/2011 (BRASIL, 2006) e Portaria FEPAM n.º 85/2014 (FEPAM, 2014), com exceção do arsênio, ainda estão dentro dos limites. Com efeito, os resultados da Tabela 18 indicam a presença de As acima dos níveis permitidos para fertilizantes orgânicos e inorgânicos, estabelecidos pelas IN nº 27/2006 (BRASIL, 2006) e nº 46/2011 (BRASIL, 2011), entretanto essa variação pode ser ocasional, conforme Smedley e Kininnburgh (2002 apud CANTONI, 2010), que relatam a existência de ampla variação nas concentrações deste elemento em rochas basálticas, e Boyle e Jonasson (1973 apud CANTONI, 2010) que explicam que essas variações geralmente estão relacionadas a presença de óxidos de ferro que adsorveram o As na origem do basalto, condição comum no nosso estado, indicada na Tabela 18. Quanto a solubilidade do As em água é praticamente nula.

Tabela 18 – Resultados das turfas e subprodutos de origem mineral

Parâmetro	Turfa de 0 a 7 mm		Turfa de 3 a 7 mm		Pó de rocha basáltica	
	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O
Informações Importantes (em %)						
pH (1/5 H ₂ O)		4,1		4,2		8,72
H	5,23		6,33		0,06	
C	38,3		46,6		0,11	
Macro elementos essenciais as plantas (em %)						
N	2,14		2,46		0,78	
P	0,00		0,03		0,10	0,0015
K	0,27		0,16		3,18	0,04
Ca	0,56		0,68		2,6	0,003
Mg	0,19		0,19		0,84	0,0006
S	0,54		0,49		0,04	0,0024
Elementos importantes para alguns vegetais (em mg/Kg)						
Si	3300		3100			55,60
Na	5400		5700		19600	181,13

Parâmetro	Turfa de 0 a 7 mm		Turfa de 3 a 7 mm		Pó de rocha basáltica	
	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O
Micro elementos essenciais as plantas (em mg/Kg)						
B	97,0		91,0		72,7	0,34
Cl						530
Cu	3,3		1,9		39,9	0,14
Fe	9000		3500		3290	1,11
Mn	173,1		167,5		80	0,07
Mo	0,00		0,00		14	0,00
Co	0,00		0,00		9,4	0,00
Ni	7,1		4,5		8,4	0,00
Zi	28,9		30,0		99,1	0,22
Elementos controlados pelo MAPA e Meio Ambiente (em mg/Kg)						
Se	0,0		0,0		0,0	0,00
Zn	28,9		30,0		99,1	0,22
Cu	3,3		1,9		39,9	0,14
Cr	81,6		68,7		1,13	0,00
Ni	7,1		4,5		8,4	0,00
Pb	0,8		0,0		18,0	0,00
Cd	0,0		0,0		0,0	0,00
Co	0,0		0,0		9,4	0,00
V	20,2		5,9		7,0	0,06
Hg					0,00	
As	2,3		3,4		55,2	0,09

Fonte: autoria própria, 2015.

4.3 Produtos finais Beifort®

4.3.1 Avaliação dos resultados analíticos dos produtos finais

Os produtos finais das análises nos produtos Beifort®, apresentados na Tabela 19⁵, são o resultado das misturas de todas as matérias primas, portanto a utilização de uma ou de outra pode determinar a qualidade do produto final. Os resultados retratam bem a utilização do subproduto da indústria vitivinífera, no caso do Adubo Orgânico Normal, apresentando disponibilidade adequada de nutrientes,

⁵ Resultados completos estão no Apêndice C.

no entanto este apresenta alguns contaminantes que o tornam um fertilizante não aceitável pelos padrões da agricultura orgânica apresentados na Tabela 14 (BRASIL, 2011). Os componentes utilizados foram camas de aviários, cinza da queima da madeira de eucaliptos, turfa e pó de rocha basáltica. Os elementos químicos que ultrapassaram os limites para o uso do insumo na agricultura orgânica foram o zinco, o cobre e o cromo, sendo que o zinco também ultrapassou os limites ambientais conforme CONAMA 420 (Tabela 10 e Tabela 14). Estes três contaminantes quando avaliamos sua solubilidade em água, encontramos solubilidade de cobre e zinco próximo de quatro por cento e o cromo não tem solubilidade nenhuma. O Adubo Orgânico Certificado para a agricultura orgânica apresentou um menor índice de nutrientes, no entanto não ultrapassou nenhum limite quanto à questão da certificação orgânica, uma vez que o uso de cama de aviário foi reduzido, aumentando proporcionalmente o uso de composto dos subprodutos da uva e turfas. O substrato também apresentou menor quantidade de nutrientes e não ultrapassou nenhum limite de contaminantes para a agricultura orgânica. Neste produto foi utilizado principalmente casca de arroz carbonizada, turfas e uma pequena quantia de fertilizante orgânico certificado.

Os outros produtos analisados foram dois fertilizantes organominerais líquidos, produzidos com base nos extratos da compostagem dos subprodutos da uva e a adição de insumos minerais selecionados e limpos de contaminantes. Os resultados destes são bons quanto à quantidade de macronutrientes e apenas traços de micronutrientes. Nos extratos líquidos, matérias primas usadas na produção, apresentaram resultados analíticos muito bons (Tabela 15, Tabela 16, Tabela 17 e Tabela 18) quanto à ausência de contaminantes, e com a adição de produtos químicos industriais se manteve a qualidade, porém a adição de nutrientes de origem industrial, não permite a possibilidade de certificação orgânica dos insumos produzidos, mesmo com a qualidade superior aos certificados. O resultado analítico dos produtos finais confirmou as análises individuais das matérias primas, mantendo a tendência dos resultados conforme o subproduto mais utilizado (Tabela 19).

Tabela 19 – Resultados das análises dos produtos finais Beifort®

Parâmetro	Produtos Beifort® Sólidos						Produtos Beifort® Líquidos			
	Adubo Orgânico Normal		Adubo Orgânico Certificado		Substrato		Fertilizante 645		Fertilizante 867	
	Total	Solúvel	Total	Solúvel	Total	Solúvel	Total	Solúvel	Total	Solúvel
		em H ₂ O		em H ₂ O		em H ₂ O		em H ₂ O		em H ₂ O
Informações Importantes (em % ou informado)										
pH	7,0		6,36		5,52		5,2		5	
H	4,15		3,45		5					
C	26,54		21,95		34,13					
C Org.	18,6		17				7,2		7,9	
Macro elementos essenciais as plantas (em %)										
N	2,38		2,1		2,03			6,2		8,5
P	1,63	0,15	1,15	0,11	0,19	0,03		2,07		2,83
K	3,06	0,80	2,07	0,45	0,62	0,08		4,23		6,3
Ca	1,97	0,02	1,35	0,013	1	0,012		0,010		0,013
Mg	0,65	0,015	0,58	0,010	0,39	0,095		0,52		0,15
S	0,4	0,065	0,3	0,034	0,38	0,034		0,51		0,10
Elementos importantes para alguns vegetais (em mg/Kg)										
Si	2500	68,79	2300	155	1000	30,72		70		65
Na	10.900	1219	10.900	743	2300	246		40		44

Produtos Beifort [®] Sólidos					Produtos Beifort [®] Líquidos					
Parâmetro	Adubo Orgânico Normal		Adubo Orgânico Certificado		Substrato		Fertilizante 645		Fertilizante 867	
	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O
Micro elementos essenciais as plantas (em mg/Kg)										
B	92,3	6,04	80,4	3,49	44,1	1,20		2600		10
Cl								300		276
Cu	192,8	6,72	67,8	2,40	17,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	20.500	39,66	25.100	70,14	5.900	9,73		55		67
Mn	648,9	3,17	599,7	1,88	330,5	1,50		8		12
Mo	6,2	0,00	3,8	0,00	0,0	0,00		0,00		0,00
Co	6,1	0,09	6,2	0,00	1,2	0,00		0,00		0,00
Ni	16,3	0,00	7,3	0,00	4,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zi	392,1	7,28	151,8	2,43	50,9	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00
Elementos controlados pelo MAPA e Meio Ambiente (em mg/Kg)										
Se	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0
Zn	392,1	7,28	151,8	2,43	50,9	1,05	0	0	0	0
Cu	192,8	6,72	67,8	2,40	17,5	0,00	0	0	0	0
Cr	141,9	0,00	66,0	0,00	58,5	0,00	0	0	0	0
Ni	16,3	0,00	7,3	0,00	4,5	0,00	0	0	0	0

	Produtos Beifort® Sólidos				Produtos Beifort® Líquidos					
	Solúvel		Solúvel		Solúvel		Solúvel		Solúvel	
	Total	em H ₂ O	Total	em H ₂ O	Total	em H ₂ O	Total	em H ₂ O	Total	em H ₂ O
Pb	11,4	0,00	15,0	0,00	0,0	0,00	0	0	0	0
Cd	0,0	0,33	0,0	0,00	0,0	0,00	0	0	0	0
Co	6,1	0,09	6,2	0,00	1,2	0,00	0	0	0	0
V	38,5	0,00	50,9	0,00	16,7	0,00	0	0	0	0
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0
As	17,8	0,64	9,0	0,26	4,7	0,00	0	0	0	0

Fonte: Aatoria própria, 2015.

5 CONCLUSÕES

Diante das observações das análises, podemos dizer que os extratos líquidos se tornam subprodutos adequados para a produção de insumos agrícolas de qualidade. Os compostos sólidos, oriundos da compostagem do bagaço, engaço e semente de uva, são bons subprodutos para a produção de insumos para a agricultura orgânica, no entanto não podem ser utilizados puros, pois precisam ser misturados com outros produtos que tenham níveis de cobre e cromo mais baixos e boa presença de nutrientes.

Conclui-se, com base nas informações analíticas, que o subproduto da industrialização da uva é uma matéria prima qualificada, com níveis adequados de matéria orgânica e de elementos essenciais e importantes às plantas. No decorrer da compostagem ocorre uma concentração de elementos, especialmente o cobre e o cromo, tornando estes um fator limitante para a fabricação de insumos sólidos para a agricultura orgânica certificável.

Quanto aos extratos líquidos dos subprodutos da indústria da uva podemos observar que estes, embora não carreguem grandes concentrações de nutrientes, também carregam um mínimo de elementos considerados contaminantes, tornando estas matérias primas satisfatórias para a fabricação de insumos agrícolas.

As camas de aviário se apresentam como as maiores fornecedoras de nutrientes, no entanto também apresentam maiores os níveis de contaminantes, especialmente zinco, cobre, cromo e arsênio. Este último, sem dúvida nenhuma é mais preocupante, uma vez que o uso direto ou a utilização exclusiva deste subproduto na fabricação de um insumo através da compostagem poderá tornar o produto final potencialmente tóxico à vida.

O pó de rocha é um subproduto de razoável disponibilidade de nutrientes, e apresenta a maioria dos elementos de interesse analisados em concentrações satisfatórias, porém, chama a atenção o nível de arsênio relativamente alto. Não recomenda-se, com base nas análises feitas neste estudo, a utilização desse subproduto em combinação dos subprodutos da avicultura.

A casca de arroz não apresenta concentrações importantes de nutrientes. E quanto aos contaminantes, ultrapassa levemente os limites para a presença de cromo. Já a cinza da queima da lenha de eucalipto fornece nutrientes especialmente cálcio e potássio, porém deve se tomar cuidado com a quantidade usada devido ao

pH proibitivamente alcalino e a presença dos contaminantes como cromo e principalmente arsênio.

As turfas não são fornecedoras significativas de nutrientes, no entanto apresentam pH baixo, interessante nas misturas com outros compostos orgânicos normalmente de pH alto, auxiliando na retenção do nitrogênio na massa sólida e possibilitando melhor efeito tamponante. Nas análises deste trabalho, somente nas turfas mais finas o cromo se apresenta em níveis pouco acima dos limites.

Quanto aos produtos finais, apenas no fertilizante orgânico sólido não certificado para a agricultura orgânica, existe a presença em concentrações altas de zinco, cobre e cromo, ultrapassando os níveis permitidos pela certificação orgânica. Já o adubo orgânico certificado, atinge os níveis da certificação orgânica para os três elementos citados, embora ficando próximos ao limite máximo permitido.

Quanto à produção de insumos líquidos com o uso dos extratos líquidos obtidos na compostagem do bagaço, engaço e semente da uva e utilização de insumos químicos de origem industrial, é um produto de qualidade nutricional para os vegetais e com níveis de contaminantes baixos, além disso, contém elementos orgânicos em boas concentrações.

A presença dos elementos cobre, zinco, cromo e arsênio, acima dos limites, estabelecidos pelo MAPA, refere-se a concentração total, no entanto a solubilidade em água é extremamente baixa ou nula para o arsênio e cromo, para o cobre e o zinco a solubilidade é um pouco maior, chegando próximo em alguns casos a quatro por cento. Nem todas as amostras foram analisadas quanto a solubilidade, porém as que foram apresentaram esta tendência, sendo questionável a sua toxicidade, principalmente para As e Cr, no entanto o MAPA, impõe através de normativa tais limites em concentrações totais na matéria seca.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para dirimir as dúvidas geradas neste trabalho, é necessário fazer mais estudos específicos, em especial com a cultura da uva, avaliando bem todas as hipóteses. No entanto a indústria de insumos agrícolas tem tido muita dificuldade em produzir fertilizantes certificáveis para a agricultura orgânica, justamente pela restrição da lei quanto a contaminantes, acredito que também é necessário avaliar bem estes limites impostos, especialmente quanto a elementos considerados contaminantes de alta incidência natural nos solos, como o cobre, o cromo e o zinco.

Quanto à presença de cobre e cromo no material compostado sólido originado do bagaço, engaço e semente de uva em níveis um pouco acima da legislação para a agricultura orgânica, ficam as dúvidas, se esses níveis são normais para a cultura da videira e tipo de solo ou se há interferência do homem na presença destes elementos ou se há um deslocamento no processo de compostagem do material novo para o velho, através da passagem dos líquidos dos extratos nos fluxos de compostagem e extração.

Se nos subprodutos tem-se alguns elementos contaminantes extrapolando limites para a produção de insumos agrícolas, deveria se analisar melhor as cadeias produtivas, principalmente da avicultura, para investigar a possibilidade de contaminação dos alimentos produzidos e quais os insumos trazem esta contaminação.

A turfa apresenta-se como uma boa matéria prima na produção de insumos, no entanto é um produto não renovável, cuja extração é altamente impactante do meio ambiente. Além disso, existe apenas um fornecedor nacional devidamente registrado para a extração. Estudos futuros devem ser feitos para a substituição deste material.

Há a necessidade de avaliar os limites estabelecidos pelo MAPA, quanto a metais pesados para os insumos orgânicos certificáveis para a agricultura orgânica, estes podem estar restritivos demais.

6.1 Sugestões para estudos futuros

Avaliar a cadeia produtiva do frango e subprodutos, desde os insumos e suplementos até a cama de aviário e a carne comercializada, visando mapear contaminações e origens dos contaminantes;

Quanto a concentração de arsênio no basalto, sugere-se uma avaliação com diversidade de amostras, com o objetivo de também mapear a disponibilidade de nutrientes e a incidência de contaminantes;

A mesma dúvida permanece quanto à cinza da queima do eucalipto: sugere-se investigar a influência do solo de origem, o histórico de uso de insumos agrícolas, o grau de queima da madeira, entre outros fatores, visando localizar a origem da carga de arsênio detectada;

Sobre os insumos da indústria vitivinífera e o processo Beifort[®], avaliar a potencialidade de uso do composto puro ou com turfa como filtro de contaminantes em meios líquidos, avaliar também a possibilidade da migração de íons metálicos das pilhas mais novas para as pilhas mais antigas, via extratos líquidos, e também qualificar analiticamente os decantados dos tanques para líquidos, em busca de nutrientes disponíveis e contaminantes acumulados. Quanto à presença de Cu e Cr avaliar os solos de cultivo da videira com maior ou menor disponibilidade destes elementos e a presença destes na uva colhida, além da interferência na presença destes elementos quando usado ou não o sulfato de cobre na produção.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, M. **Introduction to Soil Microbiology**, J. Wiley and Sons, New York. 1977.
- APPEL, J. S. L., TERESCOVA, V., RODRIGUES, C. B. R., VARGAS, V. M. F. (2006). Aspectos toxicológicos do preservativo de madeira CCA (arseniato de cobre cromatado): revisão. **Revista Brasileira de Toxicologia**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 33-47, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10007**: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.
- BELLAVER, C., PALHARES, C. P. Uma visão sustentável sobre a utilização da cama de aviário. **Avicultura Industrial**, n. 06, p. 14-18, 2003.
- BEZERRA, I. M. T.; SOUZA, J.; CARVALHO, J. B. Q. de; NEVES, G. A. Aplicação da cinza da casca do arroz em argamassas de assentamento. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.15, n.6, p.639–645, jun. 2011. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662011000600015&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 20 jun. 2015.
- BOLAN, N.S.; SZOGI, A.A.; CHUASAVATHI, T.; SESHADRI, B.; ROTHROCK JR., M.J.; PANNEERSELVAM, P. Uses and management of poultry litter. **World's Poultry Science Journal**, Vol. 66, p. 673-698, 2010. December 2010. Disponível em <<http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/60820000/Manuscripts/2010/Man849.pdf>>. Acesso em 19 jun. 2015.
- BORSZOWSKI, Paulo Rogério; ANHAIA, Sônia Ferreira. Alternativas ecológicas de utilização de cinza de biomassa vegetal: corretivo para acidez do solo e recuperação de áreas degradadas. In: 3º SEMINÁRIO DE GESTÃO AMBIENTAL NA AGROPECUÁRIA. 2012, Bento Gonçalves. **Anais eletrônicos...** Bento Gonçalves: 2012. Disponível em <<http://docplayer.com.br/9358166-Alternativas-ecologicas-de-utilizacao-de-cinza-de-biomassa-vegetal-corretivo-para-acidez-do-solo-e-recuperacao-de-areas-degradadas.html>>. Acesso em 15 abr. 2015.
- BRASIL. Lei nº 6.894 de 16 de dezembro de 1980. Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 dez. 1980. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1980-1988/L6894.htm>. Acesso em 13 dez. 2015.
- _____. Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02 set. 1981. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=313>>. Acesso em 28 mar. 2015.

_____. Lei nº 7.802 de 11 de julho de 1989a. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 jul. 1989. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7802.htm>. Acesso em 13 dez. 2015.

_____. Lei nº 7.804 de 18 de julho de 1989b. Altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, a Lei nº 7.735, de 22 de fevereiro de 1989, a Lei nº 6.803, de 2 de julho de 1980, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 jul. 1989. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7804.htm>. Acesso em 25 ago. 2015.

_____. Decreto nº 99.274 de 6 de junho de 1990. Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 07 jun. 1990. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/antigos/d99274.htm>. Acesso em 26 mar. 2015.

_____. Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 jan. 2004. Disponível em <<https://www legisweb.com.br/legislacao/?id=76854>>. Acesso em 25 mar. 2015.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária Instrução Normativa SDA nº 27, de 5 de junho de 2006. Dispõe sobre a importação ou comercialização, para produção, de fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09 jun. 2006, Seção 1, p. 20. 24.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 64, de 18 de dez. 2008. Aprova o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção Animal e Vegetal. **Diário Oficial da União**, Brasília, 19 de dez. de 2008, Seção 1, p. 21. 26.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária Instrução Normativa SDA nº 25, de 23 de julho de 2009. Aprova as Normas sobre as 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 jul. 2009, Seção 1, p. 20. 24.

_____. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em 18 jul. 2015.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária Instrução Normativa nº 46, de 06 out. 2011. Aprova o Regulamento Técnico: "Sistemas orgânicos de produção animal e vegetal" e seu Anexo VII: "Valores de referência utilizados como limites máximos de contaminantes admitidos em compostos orgânicos, resíduos de biodigestor, resíduos de lagoa de decantação e fermentação, e excrementos oriundos de sistema de criação com o uso intenso de alimentos e produtos obtidos de sistemas não orgânicos". **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 07 out. 2011. Seção 1, p. 4-11.

CAMARGO, M. S. **A Importância Do Uso De Fertilizantes Para O Meio Ambiente. Pesquisa & Tecnologia**, vol. 9, n. 2, Jul-Dez 2012.

CANTONI, M. **Arsênio em solos do estado de São paulo: método analítico, Concentração de base e sorção**. 2010. 86 f. Dissertação (Mestrado em Concentração em Gestão de Recursos Agroambientais.). Instituto Agrônomo, Campinas, 2010.

CARDENAS, Jr. R. R. & WANG, L.K. **Handbook of Environmental Engineering**, Humana Press. Clifton N.J. USA. 1980.

CATALUÑA, Ernesto Veses. **As uvas e os vinhos**. 3.ed. São Paulo: Globo, 1991. 215 p.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio-Ambiente. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Resolução nº 420 de 28 de Dezembro de 2009. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n.249, p.81-84, 2009.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio-Ambiente. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 430 de 13 de Maio de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n.92, p.89, 2011.

DELLA, V.P.; KÜHN, I.; HOTZA, D. Reciclagem de Resíduos Agro-Industriais: Cinza de Casca de Arroz como Fonte Alternativa de Sílica. *Cerâmica Industrial*, v.10, n.2, p. 22-25, 2005.

DIAZ, L.F., GOLUEKE, C., SAVAGE, G.M. **Energy Balance in Compost Production and Use**, in *Compost: Production, Quality and Use*, Ed. M. de Bertoldi, M.P. Ferranti, P. l'Hermite, F. Zucconi, Elsevier Appl. Science. 1987.

DIN 38414-S4. **German Standard Wastewater and Sediment Testing (Group S)**, Determination of Leachability by Water, Institut für Normung, Berlín, Alemanha, 1984.

DINIZ, Juraci. **Conversão térmica de casca de arroz à baixa temperatura: produção de bioóleo e resíduo sílico-carbonoso adsorvente**. 2005. 185 f. Tese (Doutorado em Química). Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

EGREJA FILHO, F.B. **Avaliação da Ocorrência e Distribuição Química de Metais Pesados na Compostagem do Lixo Domiciliar Urbano**, Tese de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 1993.

EPSTEIN, E., WILLSON, G.B., BURGE, W.D., MULLEN, D.C., ENKIRI, N.K. **A Forced Aeration System for Composting Waste-Water Sludge**, Journal of W.P.C.F. (48). 1976.

FELIX, F. F. **Comportamento do cobre aplicado no solo por calda bordalesa**. 2008. 85f. Dissertação. (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. Dispõe sobre o estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade (VRQ) dos solos para 09 (nove) elementos químicos naturalmente presentes nas diferentes províncias geomorfológicas/geológicas do Estado do Rio Grande do Sul. Portaria FEPAM n.º 85/2014 de 05 de Setembro de 2014. **Diário RS Diário Oficial**, Porto Alegre, RS, 11 de Setembro de 2014, Disponível em <<http://www.radaroficial.com.br/d/4893584576741376>>. Acesso em 23 de abril de 2015.

FERREIRA, F.C. **Caracterização dos Resíduos Sólidos Urbanos em Portugal**, 1º Simpósio Internacional sobre Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos, ESTG/IPVC, Viana do Castelo. 1996.

FIALHO, E. T.; ALBINO, L. F.; THIRÉ, M. C. Avaliação química e digestibilidade dos nutrientes de alimentos, para suínos de diferentes pesos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. v. 13, n. 3, p. 360-374, 1984.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Relatório sobre a Situação da População Mundial, 2011.

FRANCHI, J. G., SÍGOLO, J. B., LIMA, J. R. B. Turfa utilizada na recuperação ambiental de áreas mineradas. metodologia para avaliação laboratorial. **Revista Brasileira de Geociências**, 255-262. 2003.

GOBBATO, Celeste. Manual do viti-vinicultor brasileiro. V.2. Enologia. 4.ed. Porto Alegre: Livraria Globo, 1942. 473 p.

GOLUEKE, C.G. **Biological Processing: Composting and Hydrolysis**, Solid Waste Management, V.N. Reinholds Company. 1977.

GOLUEKE, C.G. **Epidemiological Aspects of Sludge Handling and Management**, Biocycle, August. 1983.

GOTAAS, H.B. **Composting Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes**, OMS, Monografia nº31, Genebra, Suíça. 1956.

HAUG, R.T. **Compost Engineering. Principles and Practice**, Ann Arbour Science USA. 1980.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da produção agrícola. 2012. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: Jul 2012.

KAUTZMANN, R. M., TOSCAN, L., SABEDOT, S. O rejeito da mineração de basalto no nordeste do Estado do Rio Grande do Sul: diagnóstico do problema. IN: **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 60, n. 4, p.657-662. 2007.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes Orgânicos**, Piracicaba, Ed. Agronômica Ceres Ltda. 1985.
LEROY, J.B. **Bad or Good Compost or Is the Recycling of Organic Compounds Really Wished**, in JornadasTécnicasInternacionais de Resíduos, LNEC. 1997.

LODI, V. H. **Viabilidade técnica e econômica do uso de areia de britagem em concretos de cimento portland na região de Chapecó-SC**. 2006. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

MELLO, L. M. R. Vitivinicultura Brasileira: panorama 2010. Bento Gonçalves. Embrapa uva e vinho, 4. P. 2011.

MOREIRA, F., SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e Bioquímica do solo. 2º ed. Universidade Federal de Lavras: UFLA. 2006.

PASCUAL, J.A., AYUSO, M., GARCIA, C., HERMANDEZ, T. **Characterization of Urban Wastes According to Fertility and Phytotoxicity Parameters**, Waste Management & Research 15, 1997.

PEREIRA NETO, J.T. **Um sistema de Reciclagem e Compostagem, de Baixo Custo, de Lixo Urbano para Países em Desenvolvimento**, Informe Técnico nº74, Universidade Federal de Viçosa. 1995.

PEREIRA NETO, J. T. (1987). **A Low Cost Technology Approach on the Treatment of Municipal Refuse and Sewage Sludge Using Aerated Static Pile Composting**. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Leeds, Inglaterra.

PEREIRA NETO, J.T. **Conceitos Modernos de Compostagem**, Engenharia Sanitária, Imprensa Universitária. Univ. Federal de Viçosa, MG, Brasil. 1989.

PEREIRA NETO, J.T., CALMETO, J.C.N., AZEVEDO, M.A., MONTEIRO, G.P. **Uma Nova Concepção de Compostagem por Reviramento**, in Anais do XI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES Belém do Pará, Brasil. 1989.

PEREIRA NETO, J. T., STENTIFORD, E. I. **A Low Cost Controlled Windrow System**, in Anais do International Symposium on Compost Recycling of Waste, Atenas, Grécia. 1989.

QUEROL, X., WHATELEY, M. K. G., FERNANDEZ-TURIEL, J. L., & TUNCALI, E. Geological controls on the mineralogy and geochemistry of the Beypazari lignite, central Anatolia, Turkey. **International Journal of Coal Geology**, 33, pp. 255-271. 1997.

RUSSO, M.A.T. **Avaliação de Parâmetros que Influenciam a Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos e a sua Importância na Qualidade do Composto: Aplicação e Casos de Estudo**, Dissertação para Prof. Coordenador da ESTG do IPVC. 1998.

SANTOS, J.Q. **Produção de Correctivos Orgânicos a partir de RSU. sua Importância para a Agricultura Nacional**, Seminário Produção de Correctivos Orgânicos a partir de RSU. sua Importância para a Agricultura Nacional e Ambiente. 1997.

SCOLARI, D. D. G. Produção agrícola mundial: o potencial do Brasil. Revista da Fundação Milton Campos, Brasília, DF, n. 25, p. 09-86, 2006.

SCHWER III, D. R., **Chromium, copper, and arsenic concentration and speciation in soil adjacent to chromated copper arsenate (CCA) treated lumber along a topohydrosequence**. University of Kentucky Master's Theses. Paper 68. http://uknowledge.uky.edu/gradschool_theses/68. 2010.

STENTIFORD, E.I., PEREIRA NETO, J. T. **Simplified Systems for Refuse/Sludge Composts**. Biocycle, vol. 26. 1985.

STEVENSON, F.J., **Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions**, Wiley-Interscience, NY. 1982.

STEVENSON, F.J., **Cycles of Soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur and micronutrients**, John Wiley & Sons, UK. 1986.

TESSARO, Amarildo Antônio. **Potencial energético da cama de aviário produzida na região sudoeste do Paraná utilizada como substrato para a produção de biogás**. 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia, Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - LACTEC, Curitiba, 2011.

ZUCCONI, F., DE BERTOLDI, M. **Utilizzazione in Agricoltura dei Prodotti di Trasformazione dei Rifiuti Solidi Urbani**, Ingegneria Ambientale, 11 (2). 1982.

ANEXO A – Limites máximos de metais pesados tóxicos admitidos em fertilizantes minerais que contenham o nutriente fósforo, micronutrientes ou com fósforo e micronutrientes em mistura com os demais nutrientes

Metal Pesado	Valor admitido em (mg/kg) por ponto percentual (%) de P ₂ O ₅ e por ponto percentual da somatória de micronutrientes(%)		Valor admitido em(mg/kg) por ponto percentual (%) de P ₂ O ₅ e por ponto percentual da somatória de micronutrientes(%)	
	Coluna A	Coluna B	Coluna C	Coluna D
	P ₂ O ₅	Somatório da garantia de micronutrientes	Aplicável aos Fertilizantes minerais mistos e complexos com garantia de macronutrientes primários e micronutrientes	Aplicável aos Fertilizantes fornecedores exclusivamente de micronutrientes e aos fertilizantes com macronutrientes secundários e micronutrientes
Arsênio (As)	2,00	500,00	250,00	4.000,00
Cádmio (Cd)	4	15	57	450
Chumbo (Pb)	20	750	1.000	10.000
Cromo (Cr)	40	500		
Mercurio (Hg)	0,05	10		

Fonte: Legislação de fertilizantes do MAPA (BRASIL, 2009).

ANEXO B – Limites máximos de metais pesados tóxicos admitidos para os fertilizantes minerais com nitrogênio, potássio, macronutrientes secundários, para os com até 5 % de p205 e para os demais não especificados no anexo

Metal Pesado	Valor máximo admitido em miligrama por quilograma (mg/kg) na massa total do fertilizante
Arsênio (As)	10
Cádmio (Cd)	20
Chumbo (Pb)	100
Cromo (Cr)	200
Mercurio (Hg)	0,20

Fonte: Legislação de fertilizantes do MAPA (BRASIL, 2009).

ANEXO C – Limites máximos de metais pesados tóxicos admitidos em corretivos de acidez, de alcalinidade, de sodicidade e parasilicato de cálcio, silicato de magnésio, carbonato de cálcio e magnésio e escória silicatada

Metal Pesado	Valor máximo admitido em miligrama por quilograma(mg/kg)
Cádmio (Cd)	20
Chumbo (Pb)	1.000

Fonte: Legislação de fertilizantes do MAPA (BRASIL, 2009).

ANEXO D – Limites máximos de contaminantes admitidos em substrato para plantas

Contaminante	Valor máximo admitido
Sementes ou qualquer material de propagação de ervas daninhas	0,5 planta por litro, avaliado em teste de germinação
As espécies fitopatogênicos dos Fungos do gênero Ausência <i>Fusarium, Phytophthora, Pythium, Rhizoctonia e Sclerotinia</i>	Ausência
Arsênio (mg/kg)	20
Cádmio (mg/kg)	8
Chumbo (mg/kg)	300
Cromo (mg/kg)	500
Mercúrio (mg/kg)	2,5
Níquel (mg/kg)	175
Selênio (mg/kg)	80
Coliformes termotolerantes - número mais provável por grama de matéria seca (NMP/g de MS)	1000
Ovos viáveis de helmintos - número por quatro gramas de sólidos totais (nº em 4g ST)	1
<i>Salmonella</i> sp	Ausência em 10 Gr de MS.

Fonte: Legislação de fertilizantes do MAPA (BRASIL, 2009).

ANEXO E – Limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos

Contaminantes	Valor máximo admitido
Arsênio (mg/kg)	20
Cádmio (mg/kg)	3
Chumbo (mg/kg)	150
Cromo (mg/kg)	200
Mercúrio (mg/kg)	1
Níquel (mg/kg)	70
Selênio (mg/kg)	80
Coliformes termotolerantes - número mais provável por grama de matéria seca (NMP/g de MS)	1.000
Ovos viáveis de helmintos - número por quatro gramas de sólidos totais (nº em 4g ST)	1
<i>Salmonella sp</i>	Ausência em 10 g de MS.

Fonte: Legislação de fertilizantes do MAPA (BRASIL, 2009).

ANEXO F – Insumos para uso na agricultura orgânica valores de referência utilizados como limites máximos de contaminantes admitidos em compostos orgânicos, resíduos de biodigestor, resíduos de lagoa de decantação e fermentação, e excrementos oriundos de sistema de criação com o uso intenso de alimentos e produtos obtidos de sistemas não orgânicos

Elemento	Limite para Certificação orgânica (mg kg⁻¹ de matéria seca a 65°C)	Sem Certificação Orgânica (mg kg⁻¹ de matéria seca a 65°C)
Arsênio	20	20
Cádmio	0,7	3
Cobre	70	Conama
Níquel	25	70
Chumbo	45	150
Zinco	200	Conama
Mercúrio	0,4	1
Cromo (VI)	0,0	Conama
Cromo (Total)	70	200
Selênio	80	80
Contaminante Biológico	Limite	
Coliformes Termotolerantes	Máximo 1000/g de Ms a 65° C	Máximo 1000/g de MS a 65° C
Ovos Viáveis de helmintos	1 / 4 Gramas de sólidos totais	1 / 4 g de sólidos totais
Salmonella SP	Ausência em 10 g de Ms a 65° C	Ausência em 10 g de MS a 65° C

Fonte: Legislação de fertilizantes do MAPA (BRASIL, 2009).

APÊNDICE A – Resultados das análises do bagaço, engaço e sementes da uva e seus extratos líquidos

Parâmetro	Matéria prima orgânica (subproduto sólido de bagaço, engaço e semente de uva)								Extratos líquidos extraídos do processo de Compostagem					
	Subproduto de Uva Branca (novo)		Subproduto de Uva Preta (novo)		Subproduto de Uva Mix (após 1 ano compostagem)		Subproduto de Uva Mix (após 3 anos compostagem)		Extrato ácido (obtido nos primeiros meses de compostagem)		Extrato Mix (Mistura total dos extratos durante a compostagem)		Extrato Alcalino (Extração a partir do 2º ano da compostagem)	
	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O
	Informações Importantes													
pH	4,21 em 1/5 H ₂ O		4,15 em 1/5 H ₂ O		6,1 em 1/5 H ₂ O		8,2 em 1/5 H ₂ O		3,8 Direto		5,72 Direto		8,91 Direto	
H	7,8%		7,9%		6,55%		6,22%							
C	47,03%		47,41%		41,5%		40,4%							
C Org.									2,55%		0,488%		0,302%	
	Macro elementos essenciais as plantas (em %)													
N	2,76		2,79		2,79		2,51			0,085		0,116		0,143
P	0,39		0,35		0,31	0,18	0,18	0,091		0,037		0,050		0,104
K	3,39		2,63		2,98	0,92	2,32	0,54		0,462		0,533		0,568
Ca	0,47		0,32		0,43	0,008	0,72	0,008		0,022		0,013		0,006
Mg	0,17		0,15		0,22	0,004	0,25	0,002		0,021		0,017		0,00
S	0,27		0,23		0,34	0,014	0,41	0,015		1,02		1		1,01
	Elementos importantes para alguns vegetais (em mg/Kg)													
Si	3700		3600		3500	65,48	3900	44,51		70		70		20
Na	5200		5300		6200	155,43	8600	100,23		72,5		47,2		20
	Micro elementos essenciais as plantas (em mg/Kg)													
B	102,4		103,8		99,6	6,80	105,2	7,22		7,96		10		10
Cl										1650		970		890
Cu	67,6		59,8		102,8	2,27	150,2	2,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe	1100		300		7000	16,87	6800	8,21		70		60		40

Mn	161,9		135,9		264,2	1,89	266,3	1,57		20		10		0,00
Mo	0,0		0,0		0,0	0,00	0,0	0,00		0,00		0,00		0,00
Co	0,0		0,0		2,1	0,03	0,0	0,00		0,28		0,00		0,00
Ni	4,6		4,5		7,4	0,03	8,4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zi	133,6		30,2		76,5	2,75	80,2	2,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Elementos controlados pelo MAPA e Meio Ambiente (em mg/Kg)														
Se	0,00		0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zn	133,6		30,2		76,5	2,75	80,2	2,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	67,6		59,8		102,8	2,27	150,2	2,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr	78,6		76,9		82,1	0,00	87,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ni	4,6		4,5		7,4	0,03	8,4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,8		0,0		4,6	0,00	4,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cd	0,00		0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Co	0,00		0,00		2,1	0,03	0,00	0,00		0,28		0,00		0,00
V	0,00		3,00		12,9	0,00	12,6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hg									0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
As	4,5		3,7		1,5	0,00	2,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Outros elementos (em mg/Kg)														
Li	2,8		2,6		7,2	0,00	5,9	0,00						
Be	0,0		0,0		0,0	0,00	0,0	0,00						
Ba	124,0		96,3		124,1	0,00	141,5	0,00	3,2		1,07		1,06	
Sc	0,0		0,0		0,0	0,00	0,0	0,00						
Ti	25,4		12,0		773,8	0,00	787,8	0,00						
Ga	0,0		0,0		3,1	0,00	2,8	0,00						
Ge	0,0		0,0		0,0	0,00	0,0	0,00						
Rb	66,0		48,8		69,4	0,00	49,1	0,00						

Sr	33,2		28,2		29,7	11,57	42,1	6,51						
Y	0,0		0,0		5,8	0,54	6,4	0,31						
Zr	0,0		0,0		41,8	0,00	42,5	0,00						
Nb	0,0		0,0		15,2	0,50	12,1	0,00						
Sn	1,6		4,3		2,0	0,00	2,8	0,00						
Sb	0,0		0,0		0,0	0,00	0,0	0,00						
Cs	0,0		0,0		1,9	0,00	0,0	0,00						
La	0,0		0,0		7,0	1,20	7,4	0,40						
Ce	0,0		0,0		14,7	0,00	15,1	0,00						
Pr	0,0		0,0		0,0	0,00	1,9	0,00						
Nd	0,0		0,0		5,9	0,00	6,7	0,00						
Sm	0,0		0,0		0,0	0,00	0,0	0,00						
Eu	0,0		0,0		0,0	0,00	0,0	0,00						
Gd	0,0		0,0		0,0	0,00	0,0	0,00						
Tb	0,0		0,0		0,0	0,00	0,0	0,00						
Dy	0,0		0,0		0,0	0,00	0,0	0,00						
Ho	0,0		0,0		0,0	0,00	0,0	0,00						
Er	0,0		0,0		0,0	0,00	0,0	0,00						
Tm	0,0		0,0		0,0	0,00	0,0	0,00						
Yb	0,0		0,0		0,0	0,00	0,0	0,00						
Lu	0,0		0,0		0,0	0,00	0,0	0,00						
Hf	0,0		0,0		0,0	0,00	0,0	0,00						
Ta	0,0		0,0		4,7	0,27	3,7	0,00						
W	9,8		9,4		10,5	0,00	11,0	0,00						
Tl	0,0		0,0		0,0	0,49	0,0	0,33						

Bi	0,0		0,0		0,0	0,00	0,0	0,00						
Th	0,0		0,0		2,2	0,00	2,0	0,00						
U	0,0		0,0		0,0	0,00	0,0	0,00						
Al	200		100		11.500	2,39	10.600	8,98						

Fonte: autoria própria, 2015.

APÊNDICE B – Resultados das análises de subprodutos de origem agrícola, turfas e subprodutos de origem mineral

Parâmetro	Subprodutos agrícolas										Turfas e subprodutos de origem mineral					
	Cama de Aviário de Peru		Cama de Aviário de Frango		Casca de arroz Carbonizada		Cinza da queima da casca de arroz		Cinza da queima de eucaliptos		Turfa de 0 a 7 mm		Turfa de 3 a 7 mm		Pó de rocha basáltica	
	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O
	Informações Importantes (em %)															
pH 1/5	7,5		7,8		8,1		9,8		12,1		4,1		4,2		8,72	
H	6,5		6,89		4,88		0,6		0,59		5,23		6,33		0,06	
C	33,27		36,37		38,28		17,3		8,37		38,3		46,6		0,11	
	Macro elementos essenciais as plantas (em %)															
N	3,22		3,11		1,21		0,96		0,8		2,14		2,46		0,78	
P	2,06		1,15		0,00		0,29		1,15	0,0007	0,00		0,03		0,10	0,0015
K	2,66		2,84		0,28		0,98		6,73	5,47	0,27		0,16		3,18	0,04
Ca	3,15		1,83		0,21		0,53		30,82	0,057	0,56		0,68		2,6	0,003
Mg	0,84		0,59		0,12		0,24		2,4	0,0002	0,19		0,19		0,84	0,0006
S	0,57		0,61		0,16		0,23		1,5	0,11	0,54		0,49		0,04	0,0024
	Elementos importantes para alguns vegetais (em mg/Kg)															
Si	100		300		3500		13000		3500	3,36	3300		3100			55,60
Na	4800		5300		620		1700		10000	3433	5400		5700		19600	181,13
	Micro elementos essenciais as plantas (em mg/Kg)															
B	40,5		52,0		113,1		61,0		126,8	19,67	97,0		91,0		72,7	0,34
Cl										4500						530
Cu	90,0		65,6		28,3		23,5		58,8	0,13	3,3		1,9		39,9	0,14
Fe	2700		1600		1900		500		2160	0,29	9000		3500		3290	1,11
Mn	671,7		528,8		329,6		1566,9		1301	0,04	173,1		167,5		80	0,07
Mo	3,2		4,2		0,0		0,0		3	0,00	0,00		0,00		14	0,00

Co	2,2		1,3		0,00		0,00		7,6	0,00	0,00		0,00		9,4	0,00
Ni	6,8		8,2		22,3		5,0		12,9	0,00	7,1		4,5		8,4	0,00
Zi	345,7		382,8		93,8		50,7		105,8	0,47	28,9		30,0		99,1	0,22
Elementos controlados pelo MAPA e Meio Ambiente (em mg/Kg)																
Se	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,03	0,0		0,0		0,0	0,00
Zn	345,7		382,8		93,8		50,7		105,8	0,47	28,9		30,0		99,1	0,22
Cu	90,0		65,6		28,3		23,5		58,8	0,13	3,3		1,9		39,9	0,14
Cr	81,3		78,3		127,3		73,1		87,0	0,37	81,6		68,7		1,13	0,00
Ni	6,8		8,2		22,3		5,0		12,9	0,00	7,1		4,5		8,4	0,00
Pb	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,00	0,8		0,0		18,0	0,00
Cd	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,0	0,0		0,0		0,0	0,00
Co	2,2		1,3		0,0		0,0		7,6	0,00	0,0		0,0		9,4	0,00
V	26,9		22,8		3,8		0,0		10,7	0,00	20,2		5,9		7,0	0,06
Hg									0,00						0,00	
As	45,1		55,6		4,0		10,6		35,6	0,00	2,3		3,4		55,2	0,09
Outros elementos (em mg/Kg)																
Li	6,7		2,3		8,6		0,00		5,5	0,05	8,6		3,8		26,6	0,03
Be	0,0		0,0		0,0		0,00		0,0	0,00	0,0		0,0		2,4	0,00
Ba	75,3		79,3		44,5		93,9		457	1,07	71,2		75,9		606,0	0,00
Sc	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	0,00	0,00		0,00		11,4	0,00
Ti	211,0		182,1		229,3		15,4		577,8	0,03	756,0		272,0		4308	0,03
Ga	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,00	2,6		0,0		17,9	0,00
Ge	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,00	0,0		0,0		0,0	0,00
Rb	46,0		27,2		11,9		38,3		219,3	0,05	9,0		3,7		122,2	0,00
Sr	87,9		68,7		16,4		22,7		1432,7	174,91	56,4		74,0		149,7	0,16

Y	0,0		2,4		0,0		0,0		3,0	47,22	5,3		2,8		31,0	0,04
Zr	5,5		7,4		25,8		2,2		15,0	0,00	24,1		8,8		260,9	0,00
Nb	3,0		3,8		7,1		0,0		7,4	0,00	7,8		3,7		64,2	0,00
Sn	0,0		0,0		4,8		3,1		0,0	0,00	1,3		16,8		5,3	0,00
Sb	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,00	0,0		0,0		0,0	0,00
Cs	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,00	0,0		0,0		6,6	0,00
La	0,0		2,9		0,0		0,0		5,9	4,48	6,1		3,5		36,6	0,01
Ce	2,0		4,8		3,7		0,0		9,5	0,00	13,1		7,4		78,6	0,00
Pr	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,00	0,0		0,0		9,6	0,00
Nd	0,0		2,4		0,0		0,0		3,9	0,00	6,3		3,6		33,0	0,00
Sm	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,00	0,0		0,0		7,5	0,00
Eu	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,00	0,0		0,0		0,0	0,00
Gd	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,00	0,0		0,0		7,1	0,00
Tb	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,00	0,0		0,0		0,0	0,00
Dy	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,00	0,0		0,0		6,5	0,00
Ho	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,00	0,0		0,0		0,0	0,00
Er	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,00	0,0		0,0		3,6	0,00
Tm	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,00	0,0		0,0		0,0	0,00
Yb	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,00	0,0		0,0		3,4	0,00
Lu	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,00	0,0		0,0		0,0	0,00
Hf	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,00	0,0		0,0		9,5	0,00
Ta	0,0		0,0		17,9		0,0		0,0	0,00	2,0		0,0		15,4	0,00
W	12,0		13,0		163,1		14,0		8,1	0,00	9,5		8,7		16,1	0,00
Tl	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,04	0,0		0,0		0,0	0,02
Bi	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,00	0,0		0,0		0,0	0,00

Th	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,00	0,0		0,0		12,0	0,00
U	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0	0,00	0,0		0,0		4,4	0,00
AI	2100		3100		2100		0		5300	0	11000		4600		64900	2,92

Fonte: autoria própria, 2015.

APÊNDICE C – Resultados das análises dos Produtos finais Beifort®

Parâmetro	Produtos Beifort® Sólidos						Produtos Beifort® Líquidos			
	Adubo Orgânico		Adubo Orgânico		Substrato		Fertilizante 645		Fertilizante 867	
	Normal		Certificado							
	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O	Total	Solúvel em H ₂ O
	Informações Importantes (em % ou informado)									
pH	7,0		6,36		5,52		5,2		5	
H	4,15		3,45		5					
C	26,54		21,95		34,13					
C Org.	18,6		17				7,2		7,9	
	Macro elementos essenciais as plantas (em %)									
N	2,38		2,1		2,03			6,2		8,5
P	1,63	0,15	1,15	0,11	0,19	0,03		2,07		2,83
K	3,06	0,80	2,07	0,45	0,62	0,08		4,23		6,3
Ca	1,97	0,02	1,35	0,013	1	0,012		0,010		0,013
Mg	0,65	0,015	0,58	0,010	0,39	0,095		0,52		0,15
S	0,4	0,065	0,3	0,034	0,38	0,034		0,51		0,10
	Elementos importantes para alguns vegetais (em mg/Kg)									
Si	2500	68,79	2300	155	1000	30,72		70		65
Na	10.900	1219	10.900	743	2300	246		40		44
	Micro elementos essenciais as plantas (em mg/Kg)									
B	92,3	6,04	80,4	3,49	44,1	1,20		2600		10
Cl								300		276
Cu	192,8	6,72	67,8	2,40	17,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fe	20.500	39,66	25.100	70,14	5.900	9,73		55		67
Mn	648,9	3,17	599,7	1,88	330,5	1,50		8		12
Mo	6,2	0,00	3,8	0,00	0,0	0,00		0,00		0,00
Co	6,1	0,09	6,2	0,00	1,2	0,00		0,00		0,00
Ni	16,3	0,00	7,3	0,00	4,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Zi	392,1	7,28	151,8	2,43	50,9	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00
	Elementos controlados pelo MAPA e Meio Ambiente (em mg/Kg)									
Se	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0
Zn	392,1	7,28	151,8	2,43	50,9	1,05	0	0	0	0
Cu	192,8	6,72	67,8	2,40	17,5	0,00	0	0	0	0
Cr	141,9	0,00	66,0	0,00	58,5	0,00	0	0	0	0
Ni	16,3	0,00	7,3	0,00	4,5	0,00	0	0	0	0
Pb	11,4	0,00	15,0	0,00	0,0	0,00	0	0	0	0
Cd	0,0	0,33	0,0	0,00	0,0	0,00	0	0	0	0
Co	6,1	0,09	6,2	0,00	1,2	0,00	0	0	0	0
V	38,5	0,00	50,9	0,00	16,7	0,00	0	0	0	0
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	0
As	17,8	0,64	9,0	0,26	4,7	0,00	0	0	0	0
	Outros elementos (em mg/Kg)									
Li	14,2	0,00	19,1	0,00	3,2	0,00				
Be	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00				
Ba	304,5	0,00	286,3	0,00	81,6	0,00				
Sc	3,8	0,00	5,8	0,00	0,0	0,00				
Ti	2475,8	0,78	3545,7	3,94	445,5	0,22				
Ga	8,2	0,00	10,7	0,00	0,0	0,00				

Ge	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00				
Rb	78,5	0,00	76,9	0,00	13,1	0,00				
Sr	100,5	7,80	77,7	4,80	61,6	1,06				
Y	16,9	0,64	18,4	0,34	3,6	0,48				
Zr	121,8	0,00	170,7	0,00	22,5	0,00				
Nb	32,7	0,00	46,3	0,28	7,1	0,00				
Sn	3,1	0,00	3,8	0,00	0,0	0,00				
Sb	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00				
Cs	3,2	0,00	4,2	0,00	0,0	0,00				
La	19,7	0,38	23,7	0,19	4,5	0,0				
Ce	40,8	0,00	51,3	0,00	9,3	0,00				
Pr	5,2	0,00	6,1	0,00	0,0	0,00				
Nd	17,9	0,00	20,8	0,00	4,3	0,00				
Sm	3,9	0,00	4,5	0,00	0,0	0,00				
Eu	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00				
Gd	3,8	0,00	4,2	0,00	0,0	0,00				
Tb	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00				
Dy	3,4	0,00	3,8	0,00	0,0	0,00				
Ho	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00				
Er	1,9	0,00	2,1	0,00	0,0	0,00				
Tm	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00				
Yb	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00				
Lu	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00				
Hf	4,0	0,00	5,8	0,00	2,0	0,00				
Ta	9,1	0,00	13,2	0,00	3,9	0,00				

W	11,8	0,00	13,5	0,00	11,2	0,00				
TI	0,0	0,35	0,0	0,26	0,0	0,20				
Bi	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00				
Th	5,7	0,00	8,1	0,00	0,0	0,00				
U	3,8	0,00	3,4	0,00	0,0	0,00				
AI	30000	11,40	39700	125,57	5600	13,16				

Fonte: autoria própria, 2015.