



UNIFACS
UNIVERSIDADE SALVADOR
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

**UNIVERSIDADE SALVADOR – UNIFACS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA - PPGE
MESTRADO EM ENERGIA**

ELIESER PARCERO OLIVEIRA

**COMPOSTAGEM DA BORRA DE ÓLEOS E GORDURAS RESIDUAIS COM
BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E ESTERCO BOVINO**

Salvador
2013

ELIESER PARCERO OLIVEIRA

**COMPOSTAGEM DA BORRA DE ÓLEOS E GORDURAS RESIDUAIS COM
BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E ESTERCO BOVINO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Energia, UNIFACS Universidade Salvador, Universidade Salvador – Laureate International Universities como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antônio Magalhães Pontes.

Salvador
2013

Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da Universidade Salvador
- UNIFACS

Oliveira, Elieser Parcerio

Compostagem da borra de óleos e gorduras residuais com
bagaço de cana-de-açúcar e esterco bovino / Elieser Parcerio
Oliveira. – Salvador, 2013.

128 f. : il.

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Energia, –
UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International
Universities como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre.

Orientador Prof. Dr. Luiz Antônio Magalhães Pontes.

1. Biodisel. 3. Compostagem. 2. Borra de OGR 3.
Monitoramento de parâmetros. I. Pontes, Luiz Antônio Magalhães,
orient. II. Universidade Salvador – UNIFACS. III. Título

CDD: 633

ELIESER PARCERO OLIVEIRA

COMPOSTAGEM DA BORRA DE ÓLEOS E GORDURAS RESIDUAIS COM
BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E ESTERCO BOVINO

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Energia, Universidade Salvador – UNIFACS, pela seguinte banca examinadora:

Luiz Antônio Magalhães Pontes – Orientador _____
Doutor em Engenharia Química pela Universidade de Campinas – UNICAMP, Brasil.
Universidade Salvador – UNIFACS
Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Paulo Sérgio Rodrigues de Araújo _____
Doutor em Agronomia Pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz –
ESALQ, Brasil.
Universidade Salvador – UNIFACS

Telma Côrtes Quadros de Andrade _____
Doutora em Geofísica pela Universidade de São Paulo – USP, Brasil.
Universidade Federal da Bahia - UFBA
Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação – SECTI

Paulo Augusto da Costa Pinto _____
Pós-doutor em solos e nutrição de plantas pela Universidade de Santiago de
Compostela, Escola Superior de Lugo, Espanha.
Universidade do Estado da Bahia – UNEB

Salvador, 16 de dezembro de 2013.

Dedico este trabalho a todos os trabalhadores da indústria da energia, pela valiosa contribuição ao desenvolvimento deste país, especialmente à Esmeraldino Aleluia Oliveira meu pai (*in memoriam*) que, por vinte e cinco anos, integrou a equipe de perfuração da Petrobras.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Doutor Luiz Pontes, pela sua orientação bem como pelo incentivo a este projeto e sua amizade.

Agradeço a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação (SECTI), na pessoa da Professora Doutora Telma Andrade pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço ao Professor Pós-Doutor Paulo Augusto da Costa Pinto pela valiosa contribuição na minha formação profissional e pelo apoio técnico.

Aos colegas Professor Cleverton e Walter pelo apoio técnico no laboratório de química do IFBA, Campus de Salvador.

Agradeço ao IFBA do qual faço parte, pelo apoio institucional.

À Malu, minha esposa, pelo incentivo e apoio.

A meus filhos Eric e Alex e meus irmãos, pela felicidade de tê-los em meu convívio.

Aos amigos e amigas pelo incentivo.

Aos meus pais pela dedicação à família, pela formação que me proporcionaram e por terem cultivado em mim os verdadeiros valores da vida.

A secretária do ME, Fátima pela paciência e apoio.

Aos membros da banca pela disponibilidade e colaboração.

Aos colegas da turma do mestrado pelo companheirismo e a valiosa troca de experiências, fundamental para o enriquecimento deste trabalho.

À todas as pessoas e instituições/organizações que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

“Terra! És o mais bonito dos planetas,
estão te maltratando por dinheiro tu que
és a nave nossa irmã. Canta! Leva tua
vida em harmonia e nos alimenta com
seus frutos tu que és do homem a maçã.”

Beto Guedes

RESUMO

Foi estudado o comportamento dos principais parâmetros de um processo de compostagem aeróbia mediante a incorporação da borra de filtragem e decantação de Óleos e Gorduras Residuais (OGR), destinados à produção de biodiesel. Visando destinação adequada da borra gerada pelo pré-tratamento do OGR, foi realizado experimento de compostagem em um delineamento casualizado com cinco tratamentos e três repetições sendo incorporada a borra, em diferentes doses, a um substrato orgânico contendo bagaço de cana-de-açúcar triturado e esterco bovino curtido nas proporções de 30 e 70 % respectivamente. A mistura foi distribuída em caixas plásticas de 50 litros, sob área protegida da ação de intempéries e o processo de compostagem, teve acompanhamento direto das fases mesófila, termófila e estabilização final até a formação de material humificado. O processo foi monitorado através dos parâmetros temperatura, pH, sólidos voláteis, condutividade elétrica, umidade, aeração e relação C/N. Ao final do experimento de compostagem, foi realizado teste biológico de crescimento com *Lycopersicum esculentum* Mill, administrando-se doses crescentes dos compostos obtidos verificando-se a germinação das sementes, o desenvolvimento e peso total das plantas aos 24 dias de crescimento vegetativo. Os dados foram sistematizados, tabulados e aplicou-se uma Análise de Variância Simples (ANOVA), adotando-se 0,05 de probabilidade estatística. Os resultados mostraram interferência da borra durante a compostagem e na germinação de sementes e desenvolvimento vegetal, quando as doses foram superiores a 20 %. Os compostos obtidos ficaram dentro dos padrões mínimos definidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Palavras chave: Borra de OGR. Resíduos agroindustriais. Compostagem.

ABSTRACT

It was studied the behavior of the main parameters of an aerobic composting process by incorporating the sludge settling and filtering of Waste Oils and Fats (WOF) for the production of biodiesel. Aiming proper disposal of sludge generated by the pre-treatment of WOF, composting experiment was conducted in a completely randomized design with five treatments and three replications being incorporated into the sludge at different doses, to an organic substrate containing bagasse sugarcane crushed cattle manure in the proportions of 30 and 70 % respectively. The mixture was distributed in plastic containers of 50 liters, under an area protected from the weather and the composting process had direct monitoring phase mesophilic, thermophilic and final stabilization until the formation of humified material. The process was monitored by the parameters temperature, pH, volatile solids, electrical conductivity, moisture, aeration and C / N ratio. At the end of the composting experiment was conducted to test biological growth *Lycopersicum esculentum* Mill, by administering increasing doses of the compounds obtained by checking the germination, development and total weight of the plants at 24 days of vegetative growth. The data were organized, tabulated and applied an Analysis of Variance Simple (ANOVA), adopting a statistical probability of 0.05. The results showed interference during composting and sludge on seed germination and plant growth when doses were in excess of 20%. The compounds obtained were within the minimum standards set by the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply.

Keywords: WOF sludge. Agroindustrial residues. Composting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo mundial de energia 1990 – 2035 (Quadrilhão de Btu)	26
Figura 2 - Oferta Interna de Energia em 2010 (%) (Brasil).....	27
Figura 3 - Reação de Transesterificação	29
Figura 4 - Evolução do percentual da mistura do biodiesel no Brasil.....	33
Figura 5 - Evolução das Entregas de Biodiesel nos Leilões da ANP jan/2010 a jan/2013	34
Figura 6 - Composição do custo total de produção do biodiesel.....	35
Figura 7 - Etapa de pré-tratamento do OGR bruto.....	37
Figura 8 - Volume de OGR produzido semanalmente por modalidade de estabelecimento no Rio de Janeiro	41
Figura 9 - Esquema simplificado de um processo de compostagem	51
Figura 10 - Evolução típica da temperatura em um processo em compostagem.....	55
Figura 11 - Evolução típica da relação C/N em um processo de compostagem.....	57
Figura 12 - Evolução típica do pH em um processo de compostagem	59
Figura 13 - Galpão da Unidade Piloto de Compostagem – IFBA campus de Simões Filho, 2012.....	60
Figura 14 - Croqui da área experimental.....	63
Figura 15 - Sistema de medição de temperatura por termopar. Simões Filho BA, 2012	66
Figura 16 - Variação típica da Condutividade Elétrica em uma compostagem	72
Figura 17 - Variação típica do volume em uma compostagem.....	74
Figura 18 - Umidade média por tratamento no período de 29/01/13 a 30/04/13.....	76
Figura 19 – Coloração do composto obtido para os tratamentos T1 e T5 ao final de 90 dias de compostagem	77
Figura 20 - Temperatura média por tratamento no período de 25/01/13 a 25/03/13.....	79
Figura 21 - pH médio por tratamento no período de 29/01/13 a 30/04/13.....	83
Figura 22 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR no pH inicial do composto.....	84
Figura 23 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR no pH final do composto.....	84
Figura 24 - Condutividade Elétrica média no período de 29/01/13 a 30/04/13.....	86
Figura 25 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR na Condutividade Elétrica inicial do composto.....	87
Figura 26 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR na Condutividade Elétrica final do composto	87

Figura 27 - Taxas de redução da CE no período de 29/01/13 a 30/04/13.....	88
Figura 28 - Sólidos Voláteis médios no período de 29/01/13 a 30/04/13	89
Figura 29 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR no teor de Matéria Orgânica inicial do composto	90
Figura 30 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR no teor de Matéria Orgânica final do composto.....	90
Figura 31 - Redução percentual dos Sólidos Voláteis no período de 29/01/13 a 30/04/13	92
Figura 32 - Redução de volume no período de 29/01/13 a 30/04/13	92
Figura 33 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR sobre a taxa de redução do volume inicial do composto	93
Figura 34 - Variação do Carbono Orgânico total por tratamento.....	95
Figura 35 - Variação do Nitrogênio Total por tratamento	95
Figura 36 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR no teor de Nitrogênio Total inicial do composto.....	96
Figura 37 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR no teor de Nitrogênio Total final do composto.....	96
Figura 38 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR no teor de Carbono Orgânico Total inicial do composto	97
Figura 39 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR no teor de Carbono Orgânico Total final do composto.....	97
Figura 40 - Peso total das plantas para diferentes proporções do composto em mistura com solo	99
Figura 41 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR no crescimento de <i>Licopersicum Sculentum</i> Mill para 10 % do composto em mistura com solo	100
Figura 42 - Teste de crescimento com a mistura do composto nas proporções de 10, 40, 60, 80 e 100 %	101

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro resumo do histórico do biodiesel no Brasil. Salvador - BA	31
Quadro 2 - Síntese de ganhos sócio-ambientais da reciclagem do OGR. Salvador, BA 2013.....	44
Quadro 3 - Análises laboratoriais realizadas. Simões Filho – BA, 2012.....	72

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Volume de biodiesel ofertado nos leilões da ANP entre os anos de 2005 e 2011	33
Tabela 2 - Resultados de análises de macroatomitos e sódio em glicerol bruto para diversos tipos de matérias-primas.....	36
Tabela 3 - Matérias-primas utilizadas na produção mensal de biodiesel (B100) no Brasil em 2013	38
Tabela 4 - Epecificação do biodiesel de acordo com as normas EN 14214 e ASTM D 6751	40
Tabela 5 - Brasil - Estimativa de N, P ₂ O ₅ e K ₂ O contidos no biofertilizante obtido da biomassa residual. Total anual recuperável em 2006	47
Tabela 6 - Composição química média dos resíduos / inóculos, compostos e vermicompostos produzidos a partir de material da desfibrilação do algodão	48
Tabela 7 - Caracterização da borra de OGR. Salvador – BA, 2013	61
Tabela 8 - Quantidades da borra de OGR e demais resíduos por tratamento	63
Tabela 9 - Composição química típica dos resíduos utilizados	64
Tabela 10 - Parâmetros iniciais e finais por tratamento no período de 90 dias de compostagem.....	94
Tabela 11 – Comparação entre os parâmetros exigidos pelo Ministério da Agricultura e os resultados obtidos nos compostos com a borra de OGR	98

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%w	Percentual em peso
ANOVA	Análise de Variância
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ASTM	American Society for Testing and Materials
B2	Mistura de 2 % de biodiesel ao diesel fóssil
B5	Mistura de 5 % de biodiesel ao diesel fóssil
BDL	Abaixo do valor mínimo detectável
BEN	Balanço Energético Nacional
CE	Condutividade Elétrica
CEI	Comissão Executiva Interministerial
C/N	Relação Carbono / Nitrogênio
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
COOPERCASSANGE	Cooperativa de Catadores de Óleo e Gorduras Residuais do Cassange
CEPLAC	Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EN	Normas Europeias
EP	Extrato Pirolenhoso
FAO	Food and Agriculture Organization
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais
IEA	International Energy Agency
IFBA	Instituto Federal de Educação Tecnológica da Bahia
INCTSal	Instituto Nacional Científico Tecnológico em Salinidade
INT	Instituto Nacional de Tecnologia
IPA	Instituto Agrônomo de Pernambuco
IPI	Imposto Sobre Produtos Industrializados
IPNI	International Plant Nutrition Institute
IPT	Instituto de Pesquisa Tecnológica

IPVA	Imposto sobre Propriedade de Veículos Automotores
LASP	Laboratório de Solos, Água e Planta
MDA	Ministério do Desenvolvimento Agrário
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério das Minas e Energia
OGR	Óleos e Gorduras Residuais
PGIROC	Plano de Gerenciamento Integrado do Resíduo do Óleo de Cozinha
PIS	Programa de Integração Social
PMRC	Partes do Material Rico em Carbono
PNPB	Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel
ppm	Parte por milhão
PROL	Programa de Reciclagem de Óleo de Fritura
RBTB	Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel
RECOL	Programa de Coleta de Óleos Residuais de Cozinha
SCS	Selo Combustível Social
SECTI	Secretaria de Ciência Tecnologia e Inovação do Estado da Bahia
SV	Sólidos Voláteis
VALEEXPORT	Associação dos Produtores e Exportadores de Hortigranjeiros e derivados do Vale do São Francisco

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
1.1 OBJETIVO GERAL	24
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1 ENERGIA E DESENVOLVIMENTO	25
2.1.1 Produção do biodiesel	28
2.1.2 O Plano Nacional de Produção e Uso do Biodiesel - PNPB	29
2.2 RESÍDUOS GERADOS NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL	35
2.2.1 Resíduos da transesterificação	35
2.2.2 Resíduos gerados no pré-tratamento do OGR	36
2.3 ÓLEOS E GORDURAS RESIDUAIS (OGR)	37
2.3.1 Uma alternativa para o biodiesel	37
2.3.2 Viabilidade Técnica	39
2.3.3 Viabilidade Econômica	41
2.3.4 Benefícios Sócio-Ambientais	42
2.4 RESÍDUOS COMPOSTÁVEIS DA AGROINDÚSTRIA E AGROPECUÀRIA	44
2.4.1 Agroindústria da cana de açúcar	45
2.4.2 Biomassa residual de animais	46
2.4.3 Agroindústria do algodão	47
2.4.4 Experiências com o aproveitamento da borra de OGR	48
2.5 O PROCESSO DE COMPOSTAGEM.....	49
2.5.1 Aspectos gerais da compostagem	49
2.5.2 Principais parâmetros de controle de um processo de compostagem	52
2.5.2.1 Aeração	52
2.5.2.2 Umidade	53
2.5.2.3 Temperatura	54
2.5.2.4 Relação C/N	56
2.5.2.5 pH	58
3 METODOLOGIA	60
3.1 ESPAÇO UTILIZADO PARA A COMPOSTAGEM	60
3.2 OBTENÇÃO DOS RESÍDUOS EMPREGADOS NA COMPOSTAGEM.....	61
3.3 FORMAÇÃO DOS SUBSTRATOS.....	62
3.4 MONITORAMENTO DA TEMPERATURA	66
3.5 AERAÇÃO DO COMPOSTO.....	66

3.6 MONITORAMENTO DA UMIDADE.....	67
3.7 MONITORAMENTO DO PH.....	68
3.8 OBTENÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA TOTAL.....	69
3.9 OBTENÇÃO DO NITROGÊNIO TOTAL.....	70
3.10 RELAÇÃO C/N.....	70
3.11 DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE).....	71
3.12 TESTE BIOLÓGICO.....	73
3.13 VOLUME FINAL DO COMPOSTO.....	74
3.14 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS.....	74
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75
4.1 CONDIÇÕES DE UMIDADE E AERAÇÃO.....	75
4.2 TEMPERATURA.....	78
4.3 PH.....	81
4.4 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE).....	85
4.5 SÓLIDOS VOLÁTEIS (SV).....	88
4.6 RELAÇÃO C/N.....	93
4.7 TESTE BIOLÓGICO.....	98
5 CONCLUSÕES.....	102
REFERÊNCIAS.....	104
ANEXO A - Planilhas de Temperatura.....	114
ANEXO B - Planilhas de umidade.....	117
ANEXO C - Coleta de Dados: pH.....	120
ANEXO D - Coleta de Dados: Condutividade Elétrica.....	121
ANEXO E - Coleta de Dados: Sólidos Voláteis.....	122
ANEXO F - Coleta de Dados: Sólidos Voláteis.....	125
ANEXO G - Planilhas de Nitrogênio Total.....	126
ANEXO H - ANEXO III da Instrução Normativa N° 25 de julho de 2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.....	128

1 INTRODUÇÃO

A relação direta entre o uso em larga escala dos combustíveis fósseis e a velocidade com que importantes alterações climáticas vêm ocorrendo nas últimas décadas no planeta, tornou-se fato indiscutível dentro da comunidade científica. Importantes acordos mundiais, como a Agenda 21 e o Protocolo de Quioto, apresentam-se como instrumentos formais na tentativa de se fixar no médio e longo prazo, metas de redução nas emissões de gases de efeito estufa pelas nações mais industrializadas. Grande parte das discussões a respeito do tema vem abordando, de forma enfática, a variação e intensidade com que o meio-ambiente vem sofrendo danos progressivos, até que ponto esses danos podem ser revertidos, quais as consequências para os biomas e a economia mundial e quais as ações e metas que devem ser postas em prática pelos mais diversos atores envolvidos, para minimização do problema.

Apresentando-se como alternativa para a mitigação dos efeitos danosos ao meio-ambiente advindos do uso dos combustíveis fósseis, o biodiesel teve sua introdução na matriz energética brasileira, através da Lei nº 11.097 de 13 de janeiro de 2005. O novo biocombustível apresenta-se como fonte alternativa de energia limpa e renovável, cuja dimensão estratégica abrange aspectos importantes da economia nacional, como a futura redução da importação de diesel mineral, o desenvolvimento regional do país devido à característica capilar que possui a sua cadeia produtiva e a consequente contribuição social, através da fixação do homem nas áreas rurais, promovendo a melhoria tecnológica com ganhos de produtividade, criando e distribuindo renda de forma mais igualitária nas diferentes regiões do país.

Fruto de termo de cooperação técnica estabelecido entre o Instituto Federal da Bahia (IFBA) e a Secretaria Estadual de Ciência, Tecnologia e Inovação (SECTI), o IFBA - campus de Simões Filho possui em suas instalações uma usina piloto de biodiesel em implantação, com capacidade de produção de 800 Litros / dia, que produzirá o biocombustível através do processo de transesterificação do óleo de origem vegetal, animal ou de óleos e gorduras residuais (OGR) em reação com um álcool de cadeia curta (metanol ou etanol), na presença de um catalisador básico (hidróxido de sódio ou potássio) ou ácido.

A planta piloto de biodiesel, do Campus de Simões Filho está integrada à infraestrutura de laboratórios destinados às atividades didáticas dos cursos técnicos e superiores, cumprindo o papel multidisciplinar na aquisição, geração e difusão de conhecimentos e de novas tecnologias de processo e produto para o desenvolvimento do biocombustível no estado da Bahia.

Atualmente, empresas do segmento de energia, bem como de saneamento, têm desenvolvido programas de cunho sócio ambiental de forma a criar verdadeiras cadeias de coleta e destinação do OGR tendo como finalidade a produção de biodiesel. Esses programas garantem o incentivo à coleta seletiva do OGR provenientes da atividade residencial, comercial ou industrial de cocção de alimentos, permitindo que cooperativas de catadores tenham garantia de entrega do resíduo com preço mínimo fixado.

Apesar do importante papel que tem a coleta seletiva de OGR, outros aspectos relacionados com o meio ambiente devem ser considerados uma vez que, apenas a atividade de coleta desse resíduo, não garante a total isenção de riscos ambientais. Durante o processo de pré-tratamento ou pré-refino, ainda nas cooperativas, e plantas industriais, obtém-se significativos volumes de uma borra geralmente formada por fragmentos ou partículas de alimentos, água, sais e gomas originárias de fosfolipídios do próprio óleo. De acordo com dados apresentados em reunião com membros da rede baiana de OGR¹ em 25 de janeiro de 2012, foram coletados na região metropolitana de Salvador entre os anos de 2008 e 2011, cerca de 276.650 litros do resíduo, que após beneficiamento pelos próprios cooperados, foram entregues à indústria para processamento e produção de biodiesel, sendo que as expectativas futuras são de crescimento desses números à medida que as cooperativas passem a se organizar ampliando seu alcance e encontrando novos nichos para obtenção do OGR. Verifica-se atualmente que o descarte desse material, vem ocorrendo de forma irregular, seja pela falta de estrutura que ainda enfrentam as cooperativas de catadores ou pelo desconhecimento do potencial poluidor que possui esse resíduo.

¹ A rede baiana de OGR é constituída por organizações sócio/ambientais e tem como objetivo estruturar a cadeia produtiva do OGR para geração de renda dos catadores dos materiais recicláveis e do OGR no estado da Bahia.

O envolvimento das comunidades em programas educativos, mais especificamente voltados à coleta seletiva de resíduos é de fundamental importância para que o êxito seja alcançado. As campanhas educativas devem ser utilizadas massivamente como o canal para disseminação da necessidade de preservação dos recursos naturais agora tão ameaçados pela atividade econômica e pelo estilo de vida da sociedade moderna. Entretanto, apenas a formação de uma conscientização ecológica nos indivíduos diretamente envolvidos no processo não garante a sustentabilidade desses programas, uma vez que na linha de frente da operacionalização estarão pessoas despreparadas e em condições de vulnerabilidade social, que sem apoio técnico e financeiro não teriam chances de concorrer com as empresas do segmento de processamento de OGR já estabelecidas em um mercado competitivo.

Portanto torna-se importante o apoio de organizações públicas e privadas tanto do ponto de vista financeiro para organização de cooperativas e infraestrutura necessárias ao início das atividades, quanto do ponto de vista de suporte técnico e gerencial.

Tanto no Brasil como no mundo, existem poucos estudos direcionados para o tratamento dos resíduos de OGR, que apontem métodos e técnicas economicamente viáveis capazes de proporcionar de forma efetiva o fechamento da cadeia produtiva do biodiesel utilizando como matéria-prima os óleos e gorduras residuais.

Pensar em otimização da cadeia produtiva de qualquer produto, também inclui a destinação dos resíduos e subprodutos dela oriundos. O ciclo integral de produção do biodiesel apresenta quando comparado, por exemplo, ao do etanol, menores quantidades de resíduos em volume. Entretanto, apesar de já existirem inúmeras formas de aplicação e diversos estudos para desenvolvimento de novos produtos à base do glicerol, seu principal subproduto, ainda são muito poucas as iniciativas para tratamento ou aproveitamento de outros resíduos como a água de lavagem do biodiesel e a borra oleosa proveniente do pré-tratamento do óleo bruto. Talvez pelo menor volume produzido e por não apresentarem vantagens econômicas de curto prazo, ou ainda pela oneração do processo produtivo, uma destinação mais correta desse tipo de resíduo vem sendo negligenciada pela indústria do biodiesel. A visão míope do imediatismo oculta importantes prejuízos ambientais que, em médio e

longo prazo, podem levar a perdas econômicas importantes com a contaminação dos solos e águas subterrâneas e de subsolo, tornando esses recursos inviáveis para as atividades humanas.

Devido ao incremento do consumo de óleo vegetal, tanto para uso em cocção de alimentos como destinado à produção de biodiesel, os impactos ambientais negativos oriundos da destinação incorreta dos resíduos dessas atividades vêm crescendo a cada ano. De acordo com Brasil et al. (2012) o Brasil produz nove bilhões de litros de óleos vegetais por ano, sendo que 1/3 dessa produção é destinada ao consumo humano, que chega à marca per capita de 20 litros/ano.

Estudos desenvolvidos por Brasil et al. (2012), utilizando a borra de OGR em processo de compostagem tendo como substrato base a mistura de capim napier e esterco bovino em escala piloto, revelaram possibilidades de mistura daquele resíduo ao composto, na proporção de até 30 % em volume, sem que interferências maiores sejam observadas no processo no que tange aos parâmetros físico-químicos analisados. De acordo com Rezende (2009) o processo de compostagem pode ser uma alternativa viável para a destinação da borra de OGR gerada no processo de purificação dos óleos de fritura. Em estudo semelhante ao anteriormente apresentado, o autor testou diversas dosagens de borra de OGR (5 a 20 litros) em uma mistura de capim napier com esterco bovino e outra composta por torta de mamona com esterco bovino. Como o trabalho não teve o objetivo de avaliar a dosagem máxima da borra no composto, todos os volumes empregados não trouxeram prejuízos ao produto final e não afetaram negativamente os parâmetros analisados nem os resultados dos testes de campo devido provavelmente a diluição da borra num grande volume de composto.

Devido à importância econômica que possui a cana-de-açúcar para o Brasil desde o período colonial, sua produção nacional tem papel estratégico tanto do ponto de vista econômico, quanto da sua contribuição como matéria prima para produção de energia. De acordo com Barbieri e Barcelos (2009) o uso do bagaço de cana fica restrito a produção de energia, fertilização de solos e ração animal. Entretanto, reforça o autor, que o emprego direto do bagaço de cana ao solo pode trazer prejuízos à cultura devido a sua elevada relação C/N, reduzindo assim os níveis de nitrogênio disponível para as plantas. Portanto, uma solução viável para o problema

seria processamento do resíduo através de compostagem a fim de se acelerar a disponibilização de macro e micro nutrientes.

O desenvolvimento do setor agropecuário no Brasil, com o incremento de novas tecnologias de criação de animais em sistema estabulado, trouxe o inconveniente da geração de grandes quantidades de biomassa residual. Uma alternativa apontada como solução do problema seria o aproveitamento direto de tais resíduos para a produção de energia através do biogás ou o seu emprego na agricultura como fertilizante orgânico. De acordo com dados apresentados pelo International Plant Nutrition Institute – IPNI o consumo de nitrogênio, fósforo e potássio em 2012 no Brasil foi de 3.539.200, 4.483.600 e 4.843.100 toneladas. Conforme estimativas de Bley Junior et al. (2009) caso fossem aproveitados os nutrientes da biomassa residual de animais em criatórios ou semiestabulados, seria possível recuperar 85 % do Nitrogênio, 15 % do Fósforo e 43 % do Potássio do total utilizados.

Portanto o emprego tanto do bagaço de cana-de-açúcar quanto o esterco bovino podem ser alternativas viáveis para a formação de substratos de compostagem devido a sua abundância e facilidade de obtenção nas diversas regiões do Brasil. Dessa forma o produto final da decomposição do OGR a partir de uma mistura de materiais de excelentes características físico-químicas, ampliam as chances de sucesso para obtenção de um composto orgânico bem equilibrado.

Do ponto de vista ambiental, os benefícios assumem dimensões significativas, a partir do momento em que um volume considerável de gordura vegetal deixa de ser descartado em redes públicas de esgoto e drenagem, reduzindo custos de manutenção da rede e efeitos nocivos da contaminação de mananciais hídricos.

A sociedade moderna vem se apropriando principalmente a partir das duas últimas décadas, de instrumentos de gestão ambiental cada vez mais elaborados no sentido de se minimizar os efeitos negativos da geração dos resíduos sólidos pela indústria e grandes centros urbanos.

Conforme Juras (2005) a Alemanha foi um país pioneiro na efetivação de medidas voltadas a resolver problemas de natureza ambiental.

O marco regulatório alemão para o Gerenciamento Integrado de Resíduos teve sua criação no ano de 1986 e trazia em seu bojo a atribuição de gerar regulamentos destinados a tratar de medidas destinadas a minimizar geração e uso de vasilhames

e embalagens, óleos usados e solventes e tem como objetivos primordiais evitar a geração de resíduos, reciclar os resíduos não evitáveis ou utilizá-los na geração de energia e eliminar os resíduos não valorizáveis de forma ambientalmente correta.

A política francesa de resíduos foi estabelecida em 1975 e passou por reformas em 1992 e tem como premissas: prevenir ou reduzir a produção e nocividade dos resíduos; organizar o transporte dos resíduos; aproveitamento dos resíduos pela reciclagem, reutilização para obtenção de materiais e energia; admitir nas instalações de disposição apenas os resíduos finais.

A Espanha teve sua lei relacionada a resíduos aprovada em 1998 cuja finalidade principal foi a de criar no país planos nacionais de resíduos. O alcance da legislação extrapolava a geração de resíduos, regulamentando também as atividades dos produtores, importadores e comerciantes de determinado produto.

No Canadá o Conselho Canadense de Ministros fixou metas de redução das quantidades de resíduos gerado. Para alcançar essas metas o governo canadense necessitou tomar algumas iniciativas juntamente com empresas e a comunidade. Dentre elas estão as amplas campanhas educacionais para motivar a população a participar de programas de Gerenciamento de Resíduos através da coleta seletiva, reciclagem e compostagem.

Nos Estados Unidos adotou-se um conceito diferenciado para o tratamento de resíduos baseado no “ciclo integral do produto” que considera desde a obtenção das matérias-primas e insumos, passando pelo processo produtivo, o consumo e a destinação final (FRANÇA, 2010). Um importante diferencial da legislação norte americana com relação às demais está no rigor das medidas aplicadas a regulação e fiscalização de resíduos perigosos. A Lei de “Responsabilidade, Compensação e Resposta Ambiental” trata especificamente da descontaminação de sítios contaminados por produtos químicos e vem logrando êxito desde a sua criação em 1980 através da redução de passivos ambientais decorrentes de atividades industriais.

No Brasil a política nacional de resíduos sólidos, instituída pela Lei 12.305 de 2010, prevê a redução da produção e geração de resíduos, tendo como premissa a prática de hábitos sustentáveis e um conjunto de ações para fomentar a reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos e destinação correta para os rejeitos.

O marco regulatório para gestão de resíduos sólidos tem o importante papel de proporcionar o alcance de importantes metas como a reciclagem de 20 % de resíduos em 2015 que, em conjunto com outras, deverão contribuir para a redução dos lixões e inclusão social de catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis tanto na reciclagem como na logística reversa (MMA, 2013). A legislação brasileira de resíduos sólidos coloca o país em patamar semelhante aos demais uma vez que, cria meios para que ocorra a responsabilidade compartilhada dos geradores dos resíduos envolvendo fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes e cidadãos com ações promotores da logística reversa dos resíduos pós-consumo.

1.1 OBJETIVO GERAL

Submeter a borra gerada no pré-tratamento de óleos e gorduras residuais (OGR) ao processo de compostagem, com bagaço de cana-de-açúcar e esterco bovino, em diferentes percentuais, para verificação da sua viabilidade técnica e determinação do seu limite máximo de adição ao composto.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Analisar os possíveis efeitos da adição da borra de OGR no processo de compostagem de bagaço de cana e esterco bovino através do monitoramento dos parâmetros: temperatura, pH, condutividade elétrica, sólidos voláteis e relação C/N;
- b) Identificar a dose máxima da borra que não interfira de forma significativa nos parâmetros da compostagem, na qualidade do composto obtido e no desenvolvimento dos espécimes de *Lycopersicon esculentum* Mill (Tomateiro) em teste biológico ;
- c) Caracterizar o composto obtido de acordo com os parâmetros mínimos obrigatórios, definidos pelo Ministério da Agricultura na Instrução Normativa nº 25 de 2009.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ENERGIA E DESENVOLVIMENTO

O modelo atual de desenvolvimento econômico, difundido em todo o mundo, baseia-se no intenso consumo de bens e serviços, das mais diversas naturezas, os quais por sua vez demandam elevado consumo energético nos complexos processos da indústria de base e de transformação, além do crescente emprego de recursos naturais não renováveis de origem fóssil, levando ao esgotamento das reservas e a degradação do meio ambiente.

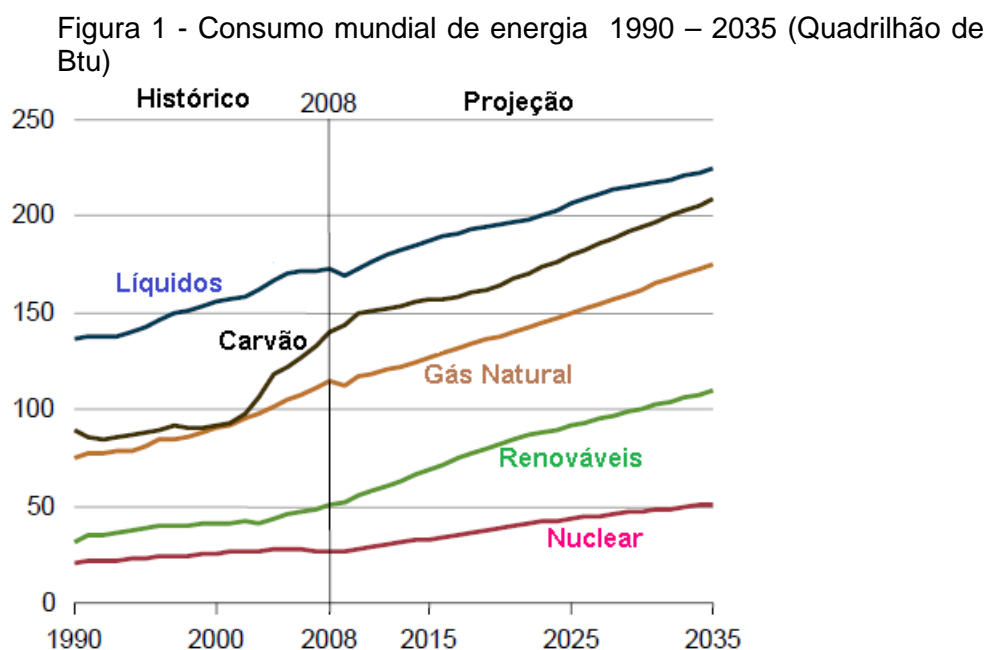
Os estágios tecnológicos pelos quais passou humanidade durante a trajetória de sua evolução sempre requereram energia em escala crescente. A princípio, foi maior o consumo de fontes energéticas primárias como a lenha, carvão vegetal e óleos de origem animal, passando-se posteriormente a fontes mais complexas como o petróleo, a eletricidade e energia nuclear. Como até o final da década de 60 o petróleo, principal fonte energética mundial, ainda não tinha passado por grandes crises no mercado internacional e como até então, não se questionavam os seus efeitos prejudiciais ao meio ambiente, o mundo, principalmente os países mais ricos, manteve seus elevados e crescentes níveis de consumo, com emissão de grandes volumes de carbono na atmosfera.

A partir da década de 70, mais especificamente entre os anos de 1973/74 e depois em 1979/80 o mundo vivenciou duas grandes crises do petróleo com a elevação significativa do preço do barril no mercado internacional, levando os países importadores do produto a reverem urgentemente suas políticas energéticas e a procurar novas fontes viáveis de energia que pudessem substituí-lo ou pelo menos reduzir seu consumo (LEITE, 1997).

No início da década de 90, passou a figurar no cenário mundial um forte movimento voltado a preservação ambiental que teve como sustentação, os resultados de inúmeras pesquisas em várias partes do planeta, sobre a ação devastadora do aquecimento global, provocado pela elevação da temperatura média mundial decorrente do aumento de concentração na atmosfera dos gases de efeito estufa. Ficou então evidente, que a contribuição da atividade humana na aceleração do processo pode ser desastrosa não somente do ponto de vista ambiental, como também no âmbito da economia, pois muitos seriam os prejuízos em decorrência da

inundação de extensas regiões costeiras, consequência direta da elevação do nível dos mares e oceanos.

Neste contexto, surgiram as discussões políticas, que começaram a permear o uso de novas fontes de energia, cuja característica comum baseia-se na sua forma sustentável de obtenção, tanto do ponto de vista econômico como também ambiental e social.

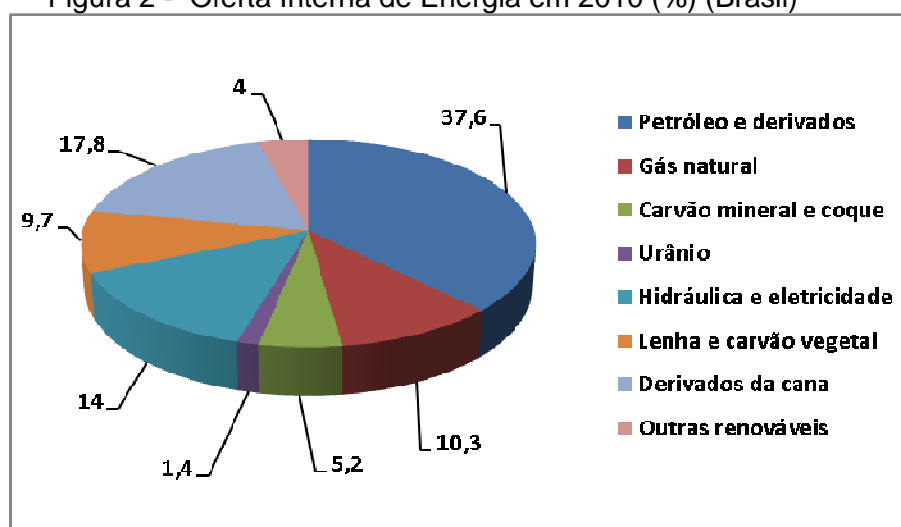


Fonte: U. S. Energy Information Administration – IEA. International Energy Outlook (2011).

Conforme os dados apresentados pela Figura 01, a distribuição da energia no mundo, ainda segue o padrão de consumo baseado nas fontes não renováveis. Verifica-se entre os anos de 1990 e 2008 o crescimento no consumo de todas as fontes de energia com destaque para os combustíveis líquidos e o carvão mineral cujos consumos permanecerão em ascensão de acordo com as previsões do IEA - U. S. International Energy Outlook (2011). As demais fontes de energia como o gás natural, as renováveis e a energia nuclear, seguem em crescimento, porém em patamares inferiores até 2035. O alto consumo de energia oriunda dos combustíveis fósseis tem reservado para as próximas décadas, um espaço na matriz energética mundial significativamente superior às outras fontes, determinando ainda elevados índices de emissão de CO₂, que representa atualmente o gás de maior contribuição para o aumento do aquecimento global através do efeito estufa.

A matriz energética brasileira possui algumas particularidades que a diferenciam do restante do mundo, devido às condições de abundância em recursos naturais aliados às dimensões continentais do território nacional, o que favorece a uma maior diversificação das fontes energéticas, sejam elas renováveis ou não renováveis. Na Figura 02 constam os números referentes à oferta de energia no Brasil no ano de 2010. O petróleo representou a fonte energética de maior contribuição, com 37,6 %, seguido de produtos da Cana-de-açúcar com 17,8 %, acompanhados da Energia Hidráulica com 14,0 %, Gás natural com 10,3 %.

Figura 2 - Oferta Interna de Energia em 2010 (%) (Brasil)



Fonte: Ministério de Minas e Energia / Balanço Energético Nacional - BEN (2011).

No Brasil, em 1976, foi criado o “Proálcool”, Programa do governo federal de incentivo a produção do etanol, proveniente da cana de açúcar e que teve segundo Leite (1997) duas fases distintas: de 1976 a 1980 o programa buscou ampliar o consumo do álcool anidro como aditivo à gasolina como já se fazia anteriormente até se atingir o percentual de 20 % na época, considerado tecnicamente o limite máximo sem que fossem requeridas alterações significativas nos motores dos veículos; entre os anos de 1981 e 1986 houve uma intensificação do programa com largos incentivos a expansão da cultura da cana de açúcar e a construção de novas usinas em paralelo a indução da demanda decorrente do estímulo ao consumo. Nesse período (1985 a 1990), houve redução do IPI e do IPVA referentes aos veículos a álcool, bem como isenção do imposto único sobre combustíveis líquidos, sobre as vendas do álcool combustível. Hoje o programa Proálcool encontra-se consolidado no país devido ao equilíbrio estabelecido entre o mercado produtor e consumidor do

combustível. Se por um lado é menos interessante por parte dos produtores de álcool a sua produção em decorrência dos preços praticados pelo governo e pelo aumento do preço do açúcar nos mercados interno e externo, por outro os consumidores, agora podem escolher o tipo de combustível que lhe seja mais conveniente, graças ao desenvolvimento da tecnologia flex nos automóveis modernos, que lhes faculta o uso de gasolina, álcool ou a misturas dos dois combustíveis em qualquer proporção (LEITE, 1997).

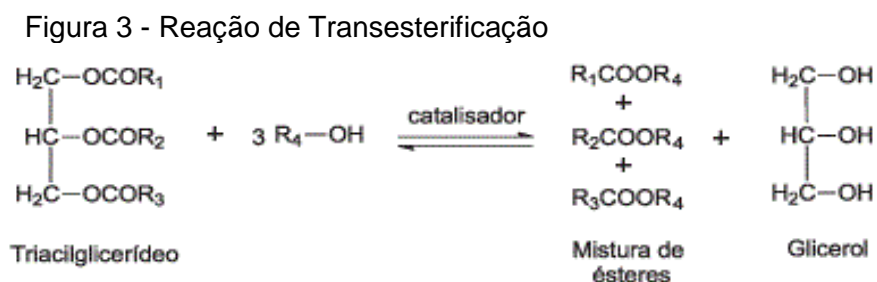
2.1.1 Produção do biodiesel

Entre as opções de alternativas às fontes não renováveis, o biodiesel preenche os requisitos necessários como substituto no futuro de parte da demanda por energia principalmente no setor de transportes que representa atualmente 30 % do consumo total, perdendo apenas para a indústria que consome 38 % de toda a energia gerada no país (MME, 2011).

De acordo com a resolução ANP Nº 25 de 02 de setembro de 2008, o biodiesel é definido como “combustível composto de alquilester de ácidos graxos de cadeia longa, derivados de óleos vegetais ou de gorduras animais...”, podendo também ser obtido a partir de óleos e gorduras residuais (OGR), o biodiesel é um combustível biodegradável, derivado de fontes renováveis e pode ser obtido por diferentes processos dentre os quais merecem destaque o craqueamento, esterificação e transesterificação. Atualmente, o processo mais difundido e utilizado comercialmente é sem dúvida a transesterificação, por se tratar de um processo simples.

Conforme se pode observar na Figura 03, o triacilglicerol (óleo vegetal) reage com um álcool de cadeia curta (metanol, etanol, butanol) na presença de um catalisador que pode ser ácido, básico ou enzimático e geralmente, os catalisadores mais utilizados são os básicos devido a uma série de vantagens sobre os demais (KNOTHE et al., 2006). Segundo Lofrano (2008), os catalisadores alcalinos, possibilitam taxas de reação quase 4.000 vezes superiores às obtidas pelos catalisadores ácidos, valendo a pena ressaltar o seu menor custo e temperaturas de reação com valores mais baixos, reduzindo assim no processo os gastos com energia e riscos operacionais. Dentre os catalisadores alcalinos os mais utilizados são o hidróxido de sódio (NaOH) ou hidróxido de potássio (KOH) que sob condições controladas de temperatura, na presença do álcool e do bio-óleo na razão molar de

3:1, após 1 a 2 horas dão origem a duas fases distintas. A fase mais leve é um alquiléster de ácido graxo metílico ou etílico (biodiesel) a depender do álcool utilizado sendo que a fase mais pesada corresponde ao glicerol ou glicerina ainda contendo resíduos do catalisador e grande quantidade do álcool utilizado na reação.



Fonte: Geris et al. (2007).

2.1.2 O Plano Nacional de Produção e Uso do Biodiesel - PNPB

Paralelamente ao período de desenvolvimento e adaptação do etanol como biocombustível econômica e tecnicamente viável, o biodiesel manteve-se no Brasil nas décadas de 1970, 1980 e 1990 restrito aos ambientes acadêmicos e institutos de pesquisa e como projeto energético vinculado ao Ministério das Minas e Energia - MME.

Foi somente a partir de 2003, que o governo federal passou a tomar algumas iniciativas voltadas a viabilizar o biodiesel como fonte alternativa de energia renovável. Nessa ocasião, através do decreto presidencial de 23 de dezembro de 2003 instituiu-se a Comissão Executiva Interministerial (CEI), subordinada à Casa Civil da presidência da República, que consistia em um grupo de trabalho de origem interministerial, apoiada por um Grupo Gestor, de caráter permanente e responsável pela execução das ações necessárias ao cumprimento das estratégias e diretrizes estabelecidas pela CEI. Essa comissão foi criada com a missão de elaborar, implementar e monitorar as novas ações, diretrizes e políticas públicas necessárias à implantação de um programa consistente de desenvolvimento do biodiesel e sua inserção na matriz energética nacional de forma a contemplar os aspectos técnicos, ambientais, sociais e econômicos dessa nova atividade (LOPES, 2010).

Após a definição de todo o embasamento legal necessário para dar início a um grande plano nacional fruto dos esforços da CEI, foi lançado em dezembro de 2004 o PNPB – Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, com a missão de

viabilizar em todo o território nacional a cadeia produtiva do biodiesel tendo como diretrizes a implantação de um programa sustentável, com inclusão social através da geração de emprego e renda, capaz de fomentar a produção de biodiesel a partir de diferentes culturas oleaginosas, promovendo o desenvolvimento regional e assegurar o abastecimento do mercado consumidor com garantia de preço e qualidade (MME, 2011; MDA, 2011).

Como coordenador do grupo gestor do programa, o Ministério das Minas e Energia – MME possui um papel estratégico para o sucesso do mesmo, contribuindo com ações necessárias à viabilização técnico-econômica do biodiesel através da articulação com organismos públicos e privados ligados à pesquisa desenvolvimento e produção do biocombustível. Para tanto no âmbito do MME ficou estabelecida a Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel - RBTB, que além de otimizar esforços com a promoção de ações integradas, também tem o importante papel de gerenciar eficientemente os investimentos públicos destinados a ações de P&D nas áreas da agricultura, bens de capital e processo. Portanto a RBTB em conjunto com a EMBRAPA, tem a responsabilidade dentro do PNPB de desenvolver importantes ações na área da agricultura, visando a intensificação de pesquisas voltadas para o zoneamento pedoclimático, variedades vegetais e oleaginosas, economia, processamento e transformação de matérias primas (MME, 2011).

Como o PNPB traz em seu bojo um forte componente social mediante políticas de inclusão, criação e distribuição de renda e desenvolvimento regional, diversos mecanismos como a compra de toda a produção nacional através de leilões realizados pela ANP, a criação do selo combustível social que assegura benefícios fiscais aos produtores de biodiesel que adquirirem matérias primas da agricultura familiar.

O Selo Combustível Social - SCS foi também um importante mecanismo para fomentar a participação da agricultura familiar na cadeia do biodiesel. Através dele fica assegurada a compra de 80 % da produção de biodiesel pela Petrobrás através dos leilões da ANP, daqueles produtores de biodiesel que adquirirem o mínimo de 50 % da matéria-prima da agricultura familiar nas regiões nordeste e norte de Minas Gerais, 30 % das aquisições para as regiões sul e sudeste e 10 % para aquisições nas mesmas condições nas regiões norte e centroeste. O SCS torna-se portanto, dentro do programa, uma importante ferramenta que permite assegurar a

participação da agricultura familiar como fornecedor de matéria-prima, criando estímulos para que o produtor de biodiesel possa absorver essa produção auferindo benefícios mediante a diferenciação no recolhimento do PIS/COFINS, assim como também a isenção do IPI e obtenção de melhores condições para financiamentos em seus empreendimentos através dos bancos públicos (GONÇALVES; EVANGELISTA, 2008).

O conjunto de benefícios proporcionado pelo SCS, aos produtores de biodiesel, atende aos aspectos de desenvolvimento regional e social do Programa Nacional de Biodiesel, criando assim reserva de mercado capaz de garantir a participação da agricultura familiar assim como também gerar oportunidades para o fortalecimento de cooperativas e associações mediante a oferta de assistência técnica e formação profissional para os pequenos agricultores. O Quadro 1 resume o histórico da evolução do biodiesel no Brasil.

Quadro 1 – Quadro resumo do histórico do biodiesel no Brasil. Salvador - BA

Período	Fatos importantes
Década de 1920	Primeiros testes de combustíveis alternativos e renováveis no Instituto Nacional de Tecnologia - INT
Década de 1960	Indústrias Matarazzo obtém glicerina e éster etílico após lavagem de grão de café com etanol.
Década de 1970	Desenvolvimento pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT, Instituto Nacional de Tecnologia – INT e CEPLAC de projetos de combustíveis renováveis com óleos vegetais (dendiesel). Desenvolvimento de pesquisas na Universidade Federal do Ceará com óleos vegetais para produção de combustíveis. Criado pelo Governo Federal o pró óleo – Plano de Produção de Óleos Vegetais para fins Energéticos.
Década de 1980	Petrobrás e Ministério da Aeronáutica criam o Prodiesel. Testes em veículos e desenvolvimento de querosene vegetal de aviação. Constatação da viabilidade técnica do biodiesel mas custos elevados de produção inviabilizam o novo combustível.
Década de 1990	Testes em frotas de ônibus no final dos anos 90.
2003	Criada Comissão Executiva para definição do planejamento estratégico de implantação do biodiesel.
2004	Criado Plano Nacional de Produção e Uso do Biodiesel no Brasil com ênfase na criação de uma demanda nacional, desenvolvimento regional e criação de emprego e renda.
2005	Lançado marco regulatório do biodiesel e início da comercialização do novo combustível através de leilões promovidos pela ANP.
2008 até os dias atuais	Obrigatoriedade da mistura B5.

Fonte: Biodieselbr (2013).

Conforme Oladiran e Gandure (2011) existem inúmeras vantagens decorrentes da adoção do biodiesel como combustível: Processo simples de fácil conversão (pode ser pequeno, médio ou grande); Proporciona energia segura; Favorece a balança comercial com a redução das importações de petróleo e combustíveis; Criação ou incremento nas oportunidades de trabalho no meio rural, relacionadas a produção de matérias primas; Redução das emissões dos gases de efeito estufa; Ampliação do potencial nacional de exportação; Amplia a vida útil dos motores a diesel devido melhora na lubrificação; Requer pequena ou nenhuma modificação nos motores de ignição por compressão; Fonte de energia segura, não tóxico, não perigoso e biodegradável; Combustível renovável e não inflamável a temperatura ambiente; Possui alto número de cetano, índice que mede a qualidade da ignição do combustível; A glicerina é o principal coproduto da produção de biodiesel, podendo ser convertida em propileno glicol e vários outros produtos químicos industriais. Em contrapartida o biodiesel apresenta algumas desvantagens significativas que devem ser levadas em consideração como: Menor poder calorífico; Elevada viscosidade; propriedades inferiores de escoamento em baixas temperaturas; Baixa volatilidade; Baixa estabilidade durante estocagem; Matéria-prima cara; Problemas de operação dos motores como entupimento de filtros e bicos injetores.

A Lei 11.097/05, além de ter sido o marco regulatório que incluiu na matriz energética brasileira o biodiesel, também determinou que até 2007 o biocombustível, seria adicionado ao diesel mineral na proporção de 2 % (B2) de forma facultativa e que a partir de 2008 até 2013 essa mistura passaria a ser obrigatória. Ficou também definido pela lei que a partir de 2013 o percentual de mistura passaria a 5% de forma obrigatória com o objetivo de ampliar a demanda de biodiesel no Brasil. Porém em janeiro de 2010, a produção nacional de biodiesel ultrapassou as metas do PNPB e já ofertava um volume superior ao previsto para o período, fazendo com que o governo antecipasse a mistura B5 conforme se pode observar na Figura 4.

Figura 4 - Evolução do percentual da mistura do biodiesel no Brasil



Fonte: BRASIL / ANP / PNPB (2011).

De acordo com Abramovay (2009), o período de 2005 a 2007 houve um grande incentivo para organização da cadeia produtiva, através da realização dos leilões públicos da ANP nos quais foram compatíveis os volumes demandados, com a oferta. A Petrobras, também teve papel decisivo nesse processo como ator responsável pela mistura e distribuição do combustível em todo o país, uma vez que já possuía toda a estrutura necessária para tanto, além de contar o com uma capacidade instalada de processamento de óleo vegetal superior a demanda proporcionando assim que todo o processo ocorresse sem atropelos. Os leilões promovidos pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, ocorrem na modalidade licitatória de pregão eletrônico, através do site oficial www.comprasnet.gov.br e amparado pela lei 8.666 que regula todos os processos licitatórios relativos ao serviço público. Na Tabela 1 estão apresentados os valores dos volumes em 1.000 m³ de biodiesel, ofertados nos leilões da ANP entre os anos de 2005 e 2011. Verifica-se portanto um crescimento expressivo na oferta dentro desse período devido ao incremento do percentual de mistura ao diesel fóssil.

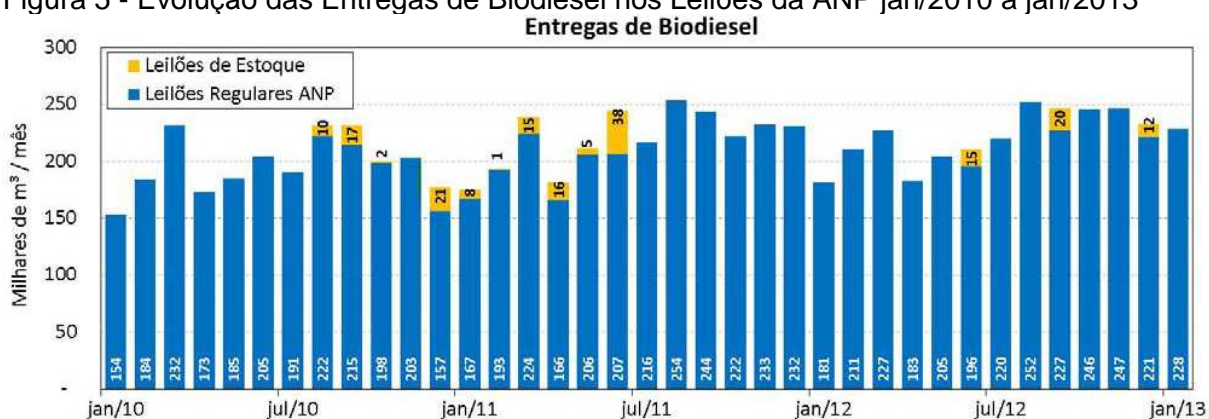
Tabela 1 - Volume de biodiesel ofertado nos leilões da ANP entre os anos de 2005 e 2011

ANO	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
VOLUME EM 1.000 m³	48	720	430	990	1.570	2.380	2.710

Fonte: Brasil, ANP (2011).

O volume de entrega de biodiesel nos leilões regulares e de estoque da ANP no período de janeiro de 2010 e janeiro de 2013 estão apresentados na Figura 5. Existe uma faixa de variação dessas entregas estipulada em contrato que é de 90 % e 110 % na média trimestral, ficando o mês de outubro/2012 com um resultado de 90 % portanto, dentro da margem aceitável para garantir a demanda obrigatória do B5..

Figura 5 - Evolução das Entregas de Biodiesel nos Leilões da ANP jan/2010 a jan/2013



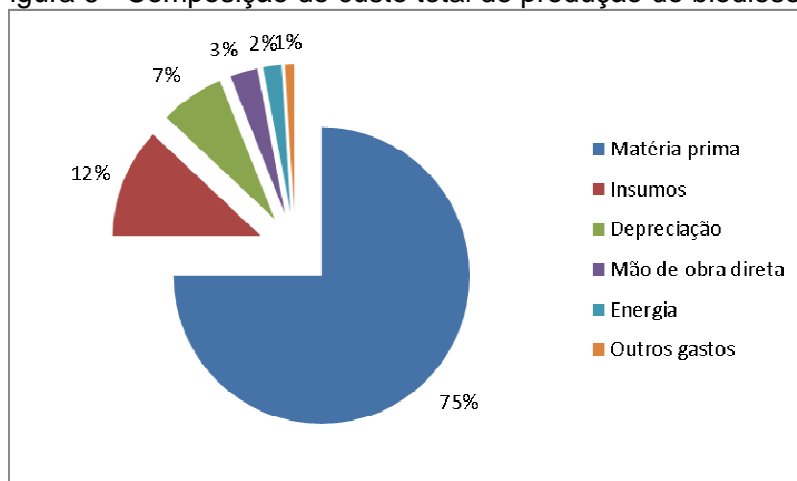
Fonte: Ministério de Minas e Energia – MME (2013).

Lin et al. (2011) abordaram as oportunidades e desafios para o biodiesel sob a ótica da sua importância como fonte de energia renovável e estratégica para garantia dos interesses econômicos e da segurança dos países em termos de defesa territorial. Nesse sentido ficam também evidentes os benefícios diretos do biodiesel para a mitigação dos impactos ambientais, vantagens técnicas do seu uso nos motores de combustão interna e principalmente a necessidade de adoção de políticas públicas que garantam a sua sustentabilidade, solução de questões de ordem social e de segurança alimentar.

Os maiores desafios do biodiesel no mundo para o aumento da sua contribuição como fonte de energia renovável, ainda dizem respeito ao uso das diversas matérias-primas a base de grãos, geralmente na forma de monocultura, em extensas áreas de terras próprias para a produção de alimentos e o elevado preço da matéria prima que pode representar até 75 % do custo total de produção conforme se pode observar na Figura 06. Para Uzun et al. (2012), os elevados custos com aquisição de matéria-prima para a produção de biodiesel, tem efeito direto sobre o preço do produto final, o qual poderá chegar a 1,5 vezes o preço do

diesel do petróleo. Neste sentido, inúmeros estudos estão sendo desenvolvidos pelos principais países produtores de biodiesel no mundo, visando reduzir os custos de produção seja pela melhoria do rendimento do processo industrial, seja pelo desenvolvimento de novas fontes biológicas de alta produtividade ou também, através do melhoramento genético das espécies atualmente utilizadas como matéria prima.

Figura 6 - Composição do custo total de produção do biodiesel



Fonte: Lin et al. (2011).

2.2 RESÍDUOS GERADOS NA PRODUÇÃO DE BODIESEL

2.2.1 Resíduos da transesterificação

Apesar do baixo nível de geração de resíduos, o processo de produção de biodiesel através da transesterificação, dá origem a subprodutos e resíduos de processo como por exemplo água de lavagem do biodiesel, glicerol bruto, borras e resíduos de limpeza do óleo bruto, os quais podem ser considerados como potenciais riscos ao meio ambiente caso não tenham a destinação correta. O crescimento da produção de biodiesel na última década, também elevou a geração dos resíduos oriundos do processo de produção, aumentando os custos com descarte e potencializando riscos de contaminação ambiental. Recentes estudos em todo o mundo, buscam minimizar esses efeitos através do desenvolvimento de novos produtos químicos para a indústria e de componentes para formulação de rações animais baseados no aproveitamento do glicerol como matéria-prima (LEONETI; LEONETI; OLIVEIRA, 2012; GUERRA et al. 2011; MOTA; PESTANA, 2011).

Lovato (2012) desenvolveu estudos visando o aproveitamento do glicerol bruto como

substrato para produção de gás metano em reator. Nesse trabalho, foi avaliado o desempenho de diferentes tempos de alimentação do reator, estabelecendo-se a relação com o volume para se obter uma relação ótima entre as duas variáveis.

Kolesárová et al. (2011), em sua revisão sobre a utilização de coprodutos da produção de biodiesel pelo processo de transesterificação, apresentaram alternativas de utilização de resíduos como a torta e o glicerol bruto para a produção de gás metano em biodigestor pela decomposição anaeróbia. É importante destacar também que o material residual apresenta em sua composição elementos macro e micro nutrientes vegetais. Na Tabela 2 constam alguns elementos presentes no glicerol bruto em diversos tipos de matérias-primas. É importante destacar os níveis mais expressivos de fósforo e enxofre, dois importantes macronutrientes, indispensáveis ao metabolismo vegetal.

Tabela 2 - Resultados de análises de macroelementos e sódio em glicerol bruto para diversos tipos de matérias-primas

Elemento Químico	Mostarda Ida Gold	Mostarda Pac Gold	Colza	Canola	Soja	Crambe	Óleo vegetal residual
Cálcio, ppm	11.7 ± 2.9	23.0 ± 1.0	24.0 ± 1.7	19.7 ± 1.5	11.0 ± 0	163.3 ± 11.6	BDL
Potássio, ppm	BDL	BDL	BDL	BDL	BDL	216.7 ± 15.3	BDL
Magnésio, ppm	3.9 ± 1.0	6.6 ± 0.4	4 ± 0.3	5.4 ± 0.4	6.7 ± 0.2	126.7 ± 5.8	0.4 ± 0
Fósforo, ppm	25.3 ± 1.2	48 ± 2.0	65 ± 2.0	58.7 ± 6.8	53.0 ± 4.6	136.7 ± 57.7	12.0 ± 1.5
Enxofre, ppm	21.0 ± 2.9	16.0 ± 1.4	21.0 ± 1.0	14.0 ± 1.5	BDL	128.0 ± 7.6	19.0 ± 1.8
Sódio, % wt	1.17 ± 0.15	1.23 ± 0.12	1.06 ± 0.07	1.07 ± 0.12	1.2 ± 0.1	1.10 ± 0.10	1.40 ± 0.16
Carbono, % wt	24.0 ± 0.00	24.3 ± 0.58	25.3 ± 0.58	26.3 ± 0.58	26.0 ± 1	24.0 ± 0.00	37.7 ± 0.58
Nitrogênio, % wt	0.04 ± 0.02	0.04 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01	0.04 ± 0.03	0.06 ± 0.02	0.12 ± 0.01

Fonte: Kolesárová et al. (2011).

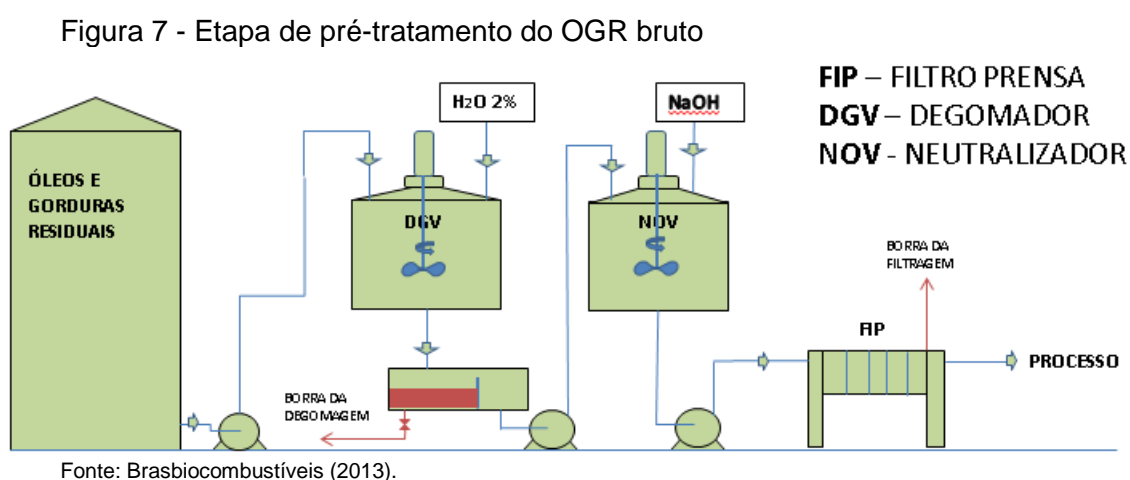
Notas: BDL – Valores abaixo do limite mínimo de detecção pelo método analítico correspondente.

%wt – Percentual em peso. ppm – Parte por milhão

2.2.2 Resíduos gerados no pré-tratamento do OGR

A qualidade do óleo vegetal, utilizado como matéria prima para produção de biodiesel no processo de transesterificação tem um papel fundamental para obtenção de um combustível cujas características físico-químicas estejam em conformidade com os padrões estabelecidos pela Resolução ANP N° 7 de 19 de março de 2008. O óleo vegetal utilizado como matéria-prima para a produção de biodiesel seja no estado bruto ou sob a forma de óleos e gorduras residuais (OGR),

deverá ser analisado quanto à presença de elementos indesejáveis como umidade e acidez excessivas, presença em grandes quantidades de fosfolipídios, ceras, substâncias coloidais e íons metálicos. Essas impurezas tornam-se indesejáveis durante a reação, podendo interferir no rendimento do processo e gerar coprodutos indesejáveis como os ácidos graxos livres, sabões e um biodiesel com elevado teor de fósforo (LÔBO; FERREIRA; CRUZ, 2009). A fim de minimizar esses inconvenientes e assegurar a qualidade do produto final, que consiste no biodiesel dentro dos padrões, as plantas de produção possuem geralmente uma unidade de pré-tratamento ou degomagem do óleo bruto. Está apresentado na Figura 7 o fluxograma típico da etapa de pré-tratamento do óleo bruto antes que o mesmo seja submetido à transesterificação. Nessa etapa do processo, o OGR bruto sofre uma lavagem com água e sob agitação e calor os fosfolipídios hidratáveis tornando-os insolúveis em meio graxo, o que origina uma fase mais pesada a qual irá se depositar no fundo da caixa de decantação. Em seguida o óleo é submetido a filtragem antes de seguir para a transesterificação (MORAIS et al., 2012).



2.3 ÓLEOS E GORDURAS RESIDUAIS (OGR)

2.3.1 Uma alternativa para o biodiesel

Os óleos e gorduras residuais (OGR) são uma fonte alternativa de matéria-prima para a produção de biodiesel apresentando menor custo quando comparado aos óleos vegetais virgens. O OGR, pode ser obtido a partir de resíduos animais como sebos bovinos e de aves, assim como também pela coleta de óleos residuais de

fritura gerados na cocção de alimentos em restaurantes, cozinhas industriais e residências. Na Tabela 3 consta a distribuição percentual para diversas matérias primas usadas na fabricação de biodiesel no Brasil durante o ano de 2010 conforme dados fornecidos pela ANP. É possível observar a maior contribuição da soja que no mês de julho chegou a 81,34 %. O OGR tem apresentado valores percentuais que não ultrapassam os 1,44 % (10.280,65 Toneladas em 2013)², sendo ainda muito pequena a sua contribuição dentro do cenário nacional como matéria-prima do biodiesel. Entretanto mesmo modesta, a contribuição do OGR para o mercado do biodiesel apresenta-se como alternativa de inclusão social com a participação de cooperativas de catadores que proporcionam renda para segmentos da sociedade em situação de vulnerabilidade.

Tabela 3 - Matérias-primas utilizadas na produção mensal de biodiesel (B100) no Brasil em 2013

Matérias-primas	Produção mensal de biodiesel (B100) (% em volume)											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov*	Dez*
Óleo de soja	67,09	67,46	73,4	75,65	78,43	81,34	80,37	76,61	72,36	69,82	-	-
Gordura bovina	21,92	21,70	19,60	17,23	18,97	16,21	16,02	17,57	20,68	22,24	-	-
Óleo de algodão	4,63	4,41	3,02	1,00	0,47	0,11	1,05	2,71	2,83	2,66	-	-
Óleo de palma	1,39	1,31	-	1,11	-	-	-	-	-	-	-	-
Óleo de nabo forrageiro	-	-	0,09	0,10	-	-	-	0,12	-	0,31	-	-
Gordura de porco	1,10	1,23	0,44	0,43	0,43	0,24	0,08	0,11	0,56	0,66	-	-
Gordura de frango	0,10	0,22	-	0,01	-	-	-	0,02	0,02	-	-	-
Outros materiais graxos	2,75	2,69	2,49	3,34	0,53	0,66	1,07	1,64	2,81	3,38	-	-
Óleo de fritura usado	1,03	0,99	0,96	1,13	1,17	1,44	1,41	1,21	0,75	0,93	-	-

Fonte: ANP / Boletim Mensal de Biodiesel (2013).

*Dados não disponíveis pela ANP durante o período da pesquisa.

Os maiores volumes de OGR são gerados principalmente nos grandes centros urbanos provenientes das atividades comerciais, residenciais e industriais no segmento de alimentos. De acordo com Silva Filho (2010) e Freitas e Penteado (2006), um levantamento preliminar do potencial dessa matéria-prima revela que o mercado interno em todo o Brasil seria capaz de disponibilizar para a produção de biodiesel cerca de 30.000 toneladas por ano de OGR, considerando-se apenas fontes geradoras com produção superior a 100 kg/mês.

Diversos países desenvolvidos e em desenvolvimento em todo o mundo vêm apresentando considerável crescimento na produção de alimentos com uma consequente geração de OGR. A Turquia, por exemplo, possui um consumo de óleo

² De acordo com a ANP em 1010 a produção nacional de biodiesel foi de 2.570.162 toneladas.

vegetal em torno de 3,5 a 4,5 x 10⁵ t/ano, com tendência ao crescimento a cada ano (UZUN et al., 2012). Nos EUA e no Japão o crescente consumo de alimentos proporciona uma geração anual de 4,5 a 11,3 milhões de litros e 4,0 a 6,0 x 10⁵ t de óleos residuais respectivamente (PHAN; PHAN, 2008).

Várias iniciativas são verificadas no tocante ao aproveitamento desse potencial mercado que se expande principalmente pelo crescimento da produção de biodiesel o qual tem no OGR uma alternativa menos onerosa como matéria-prima quando comparada aos óleos vegetais virgens.

2.3.2 Viabilidade Técnica

Estudos de viabilidade técnica dos OGR têm sido desenvolvidos em todo o mundo no sentido de assegurar a sua qualidade para produção de biodiesel dentro dos parâmetros exigidos pela ASTM. Uzun et al. (2012) estudaram a otimização da produção de biodiesel a partir de óleos residuais de fritura. Foram analisados, em experimento montado em laboratório, os principais parâmetros de processo como razão molar óleo:álcool, concentração do catalisador, tempo de reação, velocidade de agitação no reator, temperatura de reação, tipo de catalisador e processo de purificação ou lavagem do biodiesel. Os resultados revelaram valores ideais para cada parâmetro obtendo-se ao final um produto dentro das especificações estabelecidas nas normas ASTM D 6751 e EN 14214 (Tabela 4).

Tabela 4 - Especificação do biodiesel de acordo com as normas EN 14214 e ASTM D 6751

Propriedades	Unidades	Limite inferior		Limite superior	
		EN 14214	ASTM D 6751	EN 14214	ASTM D 6751
Ester	% (m/m)	96,5	-	-	-
Densidade a 15°C	kg/m ³	860	-	900	-
Viscosidade a 40 °C	mm ² /s	3,5	1,9	5,0	6,0
Ponto de fulgor	°C	> 101	> 93	-	-
Enxofre	mg/kg	-	-	10	0,05 ppm
Carbono residual	% (m/m)	-	-	0,3	0,05
Número de cetano	-	-	-	51,0	47,0
Cinza sulfatadas	% (m/m)	-	-	0,3	0,02
Água	mg/kg	-	-	500	0,05 % vol
Contaminação total	mg/kg	-	-	24	-
Corrosão: cobre 3 horas a 50°C	Classificação	Classe 1	-	Classe 1	Nº 3
Etabilidade à oxidação 110°C	horas	6	3	-	-
Acidez	mg KOH/g	-	-	0,5	0,5
Teor de iodo	-	-	-	120	-
Ácido linoléico	% (m/m)	-	-	12	-
Poliinsaturados	% (m/m)	-	-	1	-
Metanol	% (m/m)	-	-	0,2	0,2
Monoglicerídeos	% (m/m)	-	-	0,8	-
Diglicerídeos	% (m/m)	-	-	0,2	-
Triglicerídeos	% (m/m)	-	-	0,2	-
Glicerina Livre	% (m/m)	-	-	0,02	0,02
Glicerina total	% (m/m)	-	-	0,25	0,24

Fonte: Adaptado de European Committee for Standardization (2008) e American Society for Testing and Materials (2009).

Sabudak e Yildiz (2010) avaliaram o desempenho do óleo de fritura para a produção de biodiesel, durante o processo de transesterificação, através do seu processamento em reator de inox aquecido com resistência elétrica no qual foram testados diversos parâmetros de reação em uma etapa com catalisador básico, em duas etapas com catalisador básico e em duas etapas com catalisador ácido-básico. Para cada um dos métodos estudados, durante a transesterificação, houve uma repetição e para cada uma dessas avaliou-se a eficácia de um co-solvente cujo objetivo seria o de acelerar a reação melhorando a solubilidade do óleo no álcool. Estudou-se também a eficácia da aplicação de resina de permuta iônica na purificação do biodiesel em comparação com o método tradicional com lavagem por água. Observou-se que o biodiesel produzido a partir de OGR obteve melhor rendimento (90,3 %) para o método em duas etapas da transesterificação com

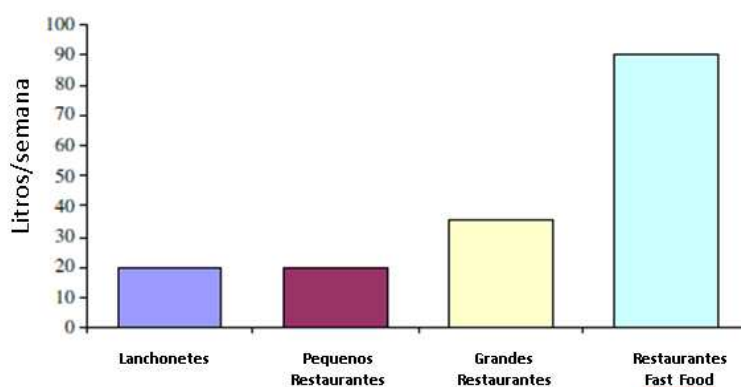
catalisador ácido-básico, purificado por resinas de troca iônica e não apresentou variação significativa quanto ao emprego de co-solvente durante a reação.

Esses estudos corroboram para a consolidação dos óleos e gorduras residuais, como uma alternativa viável para a produção de biodiesel, desde que se obtenha um produto final de acordo com as especificações recomendadas nas normas ASTM D 6751 e EN 14214.

2.3.3 Viabilidade Econômica

As atividades geradoras de grandes volumes de OGR, geralmente localizam-se nos grandes centros urbanos de forma capilarizada, o que torna qualquer sistema de logística de coleta algo muito complexo e oneroso, podendo se tornar inviável economicamente caso não se disponha de um planejamento adequado (HOCEVAR, 2005). Na Figura 8 observa-se o volume de óleo de fritura produzido por semana em diferentes tipos de estabelecimentos comerciais do ramo de alimentação na cidade do Rio de Janeiro.

Figura 8 - Volume de OGR produzido semanalmente por modalidade de estabelecimento no Rio de Janeiro



Fonte: Araujo, Hamacher e Scavarda (2010).

Araújo, Hamacher e Scavarda (2010) e Guabiroba e D'Agosto (2011), desenvolveram estudos na cidade do Rio de Janeiro com relação aos aspectos econômicos do uso de OGR para a produção de biodiesel. Em ambos os trabalhos fica evidente a complexidade do processo de coleta do óleo principalmente nas grandes cidades. Para tanto é proposta a adoção de software de roteamento como ferramenta de otimização da atividade de coleta permitindo assim redução nos gastos com combustível, manutenção dos veículos e tempo de execução do serviço.

Porém, a simples adoção de um sistema roteador que venha otimizar os roteiros, não garante por si só a redução dos custos de logística e a consequente redução dos custos operacionais. Para que haja perfeito sincronismo é imprescindível que o processo seja compreendido como estratégia de gestão o qual demanda planejamento e qualificação de pessoal, condições necessárias para o alcance de resultados satisfatórios (GUABIROBA; D'AGOSTO, 2011).

Atualmente no Brasil, verificam-se nas grandes cidades, alguns programas que, vinculados a secretarias de estado e órgão de meio-ambiente a exemplo dos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso, procuram estabelecer regras próprias para o sistema de coleta de OGR através da criação de leis específicas (PROL – São Paulo; PGIROC – Belo Horizonte; RECOL – Campo Grande).

2.3.4 Benefícios Sócio-Ambientais

O Estado de Minas Gerais, através da Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM, lançou em 2007 um programa denominado “Minas sem lixões” no qual além de outras iniciativas voltadas para o gerenciamento de resíduos em geral, está inserido o OGR com o Plano de Gerenciamento Integrado do Resíduo Óleo de Cozinha – PGIROC. O PGIROC, teve a intenção de criar nos diversos municípios do estado, ações coordenadas de gerenciamento do OGR de forma a sensibilizar a população local como empresas geradoras para a preservação do meio ambiente, evitando assim o descarte inadequado do resíduo. Além disso, existe também o propósito de estabelecer nas localidades, redes autossustentáveis de gerenciamento que sejam capazes de atuar com eficácia em importantes ações que vão desde o desenvolvimento de campanhas educativas nas comunidades até o processo de coleta e beneficiamento do óleo para sua posterior venda.

Em todo o processo é importante a busca pela garantia de qualidade do produto final, que poderá ter como destino a venda para usinas produtoras de biodiesel, que praticam preços de compra com valores mais atrativos ou para empresas produtoras de sabões, menos exigentes em termos de qualidade e dispostas a pagar menos pela matéria-prima (OLIVEIRA; SOMMERLATTE, 2009).

O elevado custo de produção do biodiesel tem como principal influenciador a matéria-prima empregada no processo, que consiste atualmente na sua grande

maioria de óleos vegetais de consumo humano, o que eleva o preço do biodiesel a valores acima do preço do diesel fóssil, tornando-o inviável economicamente. De acordo com Patill et al. (2012), a única forma de se reduzir os custo de produção e portanto, tornar o biodiesel um produto competitivo, seria a adoção de novas fontes de matérias-primas mais baratas como os óleos residuais de fritura os quais possuem vantagens que vão além da economia, proporcionando também a redução de problemas ambientais provocados pelo seu descarte nas redes de drenagem nas grandes cidades.

Menezes, Fidalgo e Silva (2010) afirmaram que atualmente grandes volumes de óleo de fritura são descartados incorretamente nas redes de esgotos urbanos, sendo que apenas um litro de óleo é capaz de contaminar um milhão de litros de água e encarecer em até 45 % os custos das companhias de saneamento nos processos de tratamento de efluentes. O óleo disperso na superfície dos rios e lagos cria, por diferença de densidade, uma película capaz de isolar o meio aquático da atmosfera, reduzindo a incidência de luz solar, a troca gasosa com a atmosfera e os níveis de O_2 na água o que poderá desequilibrar a cadeia alimentar aquática (PARAÍSO, 2008 apud RABELO; FERREIRA, 2008).

Os programas de reciclagem de OGR, desenvolvidos nas regiões metropolitanas dos grandes centros urbanos brasileiros apresentam-se como alternativa para criação de renda e emprego. Através destes programas, comunidades carentes vêm contando com infraestrutura adequada para coleta, beneficiamento e comercialização do resíduo. No Quadro 2, consta a relação de ganhos sócio-ambientais obtidos a partir da reciclagem do OGR.

Quadro 2 - Síntese de ganhos sócio-ambientais da reciclagem do OGR. Salvador, BA 2013

Ganhos sócio-ambientais decorrentes da aplicação correta do OGR em processos produtivos
Articulação do poder público junto a organizações envolvidas na problemática do OGR para elaboração de programas sociais voltados à geração de emprego e renda.
Inclusão nos programas de reciclagem do OGR de pessoas em condição de alta vulnerabilidade social.
Melhoria das condições econômicas e sociais de comunidades dependentes da coleta de resíduos nos lixões dos grandes centros urbanos.
Melhoria da qualidade do OGR entregue à indústria com a sua conseqüente valorização e melhoria no preço de venda.
Maior número de pessoas migrando dos depósitos de lixo para os programas de reciclagem de OGR.
A redução da degradação ambiental causada pelo descarte inadequado do OGR leva à melhoria das condições sociais nas comunidades carentes.
Possibilidade de organização de comunidades de catadores de resíduos em cooperativas que geridas como empresas serão capazes de gerar empregos diretos e indiretos com a atividade sustentável de coleta e beneficiamento do OGR.
Redução do descarte de OGR nas redes de esgoto e águas pluviais, contribuindo assim para redução dos custos com manutenção das mesmas.
Com a redução do descarte do OGR na rede de esgoto, serão evitados incrustações e entupimentos nas tubulações, redução das pressões internas da rede evitando-se vazamentos e contaminação do solo e lençol freático, custos adicionais com o tratamento de esgoto que podem chegar a 45 %, Redução de problemas operacionais nas estações de tratamento de esgoto e prejuízos às comunidades aquáticas.
Os programas de coleta seletiva de OGR podem provocar intensa mobilização do setor público e sociedade civil para disseminação da cultura da reciclagem e preservação do meio ambiente.
Possibilidade de geração de renda a partir da reciclagem do OGR e suprimento de matérias-primas da cadeia produtiva formada por empresas fabricantes de sabão, massa de vidraceiro, detergentes, amaciante, sabonete, glicerina, ração para animais, biodiesel, lubrificantes para automóveis e outras máquinas.
Desenvolvimento de programas ambientais de caráter básico nas escolas públicas do ensino fundamental e médio.
Resgate da cidadania e inserção social por meio da geração de renda.
Melhoria das condições de iluminação e troca gasosa com a atmosfera das águas de rios, lagos e mares o que contribuirá para maior equilíbrio ecológico do meio subaquático.
Redução do aquecimento global com a não formação de metano originado de reações químicas do óleo com a água do mar em condições anaeróbias.
Redução dos riscos de inundação devido a melhoria das condições de drenagem dos solos próximos aos rios e córregos.
A educação ambiental, propiciada pelos programas de reciclagem de OGR levam ao aumento de conhecimentos, aperfeiçoamento de habilidades, mudanças de valores, estímulo à integração entre indivíduos e o meio-ambiente e atitudes que visam o desenvolvimento sustentável.
Redução nas áreas dos aterros sanitários.
Aproveitamento de uma fonte de energia anteriormente descartada de forma indevida.
Redução das emissões atmosféricas como gases de efeito estufa e material particulado, provenientes da queima dos combustíveis fósseis nos motores de combustão interna.
Alternativa de substituição aos combustíveis derivados do petróleo.

Nota: Elaboração própria (2013).

2.4 RESÍDUOS COMPOSTÁVEIS DA AGROINDÚSTRIA E AGROPECUÁRIA

A crescente demanda por alimentos e melhores condições de vida para as populações em todo o mundo, vêm atuando como catalisador para o crescimento da

agroindústria e como consequência contribuindo para o aumento da geração de resíduos em grandes volumes e impactando negativamente o meio ambiente (EMBRANDIRI et al., 2012). Entretanto os resíduos derivados do processamento da biomassa, apresentam grande vantagem sobre os demais, devido às suas boas características de biodegradabilidade o que os tornam interessantes do ponto de vista técnico e econômico para programas de reciclagem através da sua compostagem de forma pura ou em misturas. Estão descritos a seguir, alguns exemplos de resíduos agroindustriais e de atividades agropecuárias, gerados em grandes volumes e de alto valor químico e biológico.

2.4.1 Agroindústria da cana de açúcar

Uma das culturas que mais contribui com a geração de resíduos no Brasil é a cana de açúcar. De acordo com Silva, Garcia e Silva (2010), atualmente a cultura da cana-de-açúcar tem uma importância estratégica para o país devido a sua contribuição para a produção de etanol, importante fonte de energia renovável obtida da biomassa. Além do etanol a produção de açúcar também faz do setor sucroalcooleiro um importante componente do agrobusiness brasileiro. Para Barbieri e Barcelos (2009) o Brasil está entre os maiores produtores mundiais de cana-de-açúcar e com perspectivas de crescimento do setor devido ao incremento na substituição de alguns derivados de petróleo pelo etanol. Informações recentes do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento revelam que a produção brasileira de cana-de-açúcar é a maior do mundo, com a maior produção também de etanol e açúcar a partir dessa cultura (MAPA, 2013).

Como subprodutos da cana-de-açúcar merecem destaque o bagaço, a vinhaça e a levedura. Considerado como rejeito de processo e até pouco tempo como um problema ambiental, devido ao acúmulo de grandes volumes que em processo de fermentação ofereciam riscos de incêndios, o bagaço da cana-de-açúcar vem se mostrando promissor devido ao seu aproveitamento na produção de rações animais, fertilizantes, matéria-prima para a indústria química e a cogeração de energia elétrica que hoje possui tecnologia própria já dominada pelo setor e contribui com 1.800 Megawatts médios o que corresponde a 3 % da demanda brasileira.

Ainda, fazendo-se referência ao bagaço de cana como fonte de energia, é possível que sua contribuição na matriz energética nacional seja triplicada nos próximos dez anos devido ao crescente investimento em quantidade de novas usinas e desenvolvimento de novas tecnologias que possibilitem ganhos de eficiência nas mesmas. Estima-se que em 2015, o potencial instalado de cogeração possibilite a produção de 12.000 MW, igualando-se à Itaipu (SILVA; GARCIA; SILVA, 2010).

Do ponto de vista do seu aproveitamento em processos de compostagem ou utilização como substrato direto na produção de mudas, o bagaço de cana-de-açúcar apresenta a vantagem de ser um material facilmente disponível e estável fisicamente quando armazenado por longos períodos (SOUZA, 2008).

De acordo com Kiehl (2010) o bagaço de cana-de-açúcar apresenta em sua composição química 71,44 % de matéria orgânica, 1,07 % de nitrogênio, 0,25 % de fósforo, 0,94 % de potássio e 39,69 % de carbono e relação C/N de 37/1. A elevada relação C/N, requer quando empregado em processos de compostagem, que o bagaço de cana seja misturado a resíduos mais ricos em nitrogênio a fim de que se obtenha valores mais próximos a 30/1. Esse valor de relação C/N é considerado ideal para o desenvolvimento das bactérias, fungos e actinomicetos, responsáveis pela decomposição da matéria orgânica.

Conforme descrito por Menegale et al. (2012), o aproveitamento do palhiço de cana que corresponde a 30 % da biomassa aérea de um canavial, quando compostado com extrato pirolenhoso (EP) também pode ser fonte de macro e micronutrientes para aplicação no solo como fertilizante orgânico. Os resultados revelaram que os efeitos benéficos do EP sobre o processo de compostagem dos resíduos de colheita da cana-de-açúcar levaram a disponibilização na massa do produto final de íons metálicos sob a forma de quelatos, os quais além de atuarem como fixadores de importantes micronutriente (Fe, Zn e Mn), também são diretamente absorvidos pelas raízes.

2.4.2 Biomassa residual de animais

De acordo com os números apresentados por Bley Junior et al. (2009) na Tabela 5, seria possível recuperar da biomassa residual dos animais em criatórios ou

semiestabulados cerca de 85 % do nitrogênio, 15 % do fósforo e 43 % do potássio do total de nutrientes empregados em todo o país na safra de 2008/2009. Esses valores são considerados pelo autor como expressivos uma vez que, se essas quantidades de nitrogênio e potássio, fossem recuperados dos resíduos animais, poderiam sanar problemas de abastecimento do mercado nacional decorrentes de empecilhos no processo de importação de fertilizantes.

Para os processos de compostagem, esses resíduos têm importante papel devido aos seus elevados teores em nitrogênio. Nos processos convencionais de compostagem, as misturas são formadas por materiais fibrosos, geralmente derivados de restos vegetais e materiais frescos com elevados níveis de nitrogênio e originados de resíduos animais (esterco, vísceras e carcaças).

Tabela 5 - Brasil - Estimativa de N, P₂O₅ e K₂O contidos no biofertilizante obtido da biomassa residual. Total anual recuperável em 2006

Dejetos	Em % de peso contido			Em peso (1000 t)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Bovinos abatidos	0,40	0,20	0,44	44	22	49
Bovinos estabulados	0,40	0,20	0,44	53	26	58
Suínos	0,45	0,19	0,60	62	26	83
Aves	1,63	1,55	0,80	117	112	58
Vacas leiteiras	0,40	0,20	0,44	366	183	403
Total recuperável				643	369	650

Fonte: Bley Junior et al. (2009).

Nota: Os valores em peso (1000 t) foram calculados em função da produção total de esterco no ano de 2006 em toneladas para cada tipo de dejetos. Aplicou-se fator de recuperação de 80 % para cada um dos nutrientes.

2.4.3 Agroindústria do algodão

Para Costa et al. (2005) resíduos gerados pela indústria do algodão podem ser transformados em húmus através do processo de compostagem, gerando material humificado, rico em nutrientes. Conforme metodologia empregada, foi possível avaliar o desempenho de resíduo ruminal e esterco bovino como materiais inoculantes em adição à massa oriunda do processo de desfibrilação do algodão o que resultou em composto estabilizado, com as seguintes características:

N (%) = 1,62; C:N = 12:1; Ca (mg kg⁻¹) = 52.200; Mg (mg kg⁻¹) = 5.500; P (mg kg⁻¹) = 14.061; K (mg kg⁻¹) = 14.025.

O material humificado obtido desse processo foi em seguida aplicado em um experimento de vermicompostagem em três minhocários contendo a espécie *Eisenia foetida* Savigny, apresentando ao final um aumento nos teores de fósforo e potássio (Tabela 6).

Tabela 6 - Composição química média dos resíduos / inóculos, compostos e vermicompostos produzidos a partir de material da desfibrilação do algodão

	pH	C %	N %	C:N	Ca mg/Kg	Mg mg/Kg	P mg/Kg	K mg/Kg
Resíduo/Inóculo								
Esterco Bovino	9,0	58,9	2,8	21:01	10.220	5.350	6.540	17.400
Conteúdo Ruminal	7,3	89,3	1,05	85:01	3.320	635	7.130	600
Algodão	7,0	38,6	1,75	22:01	7.500	1.400	9.100	1.400
Composto								
Esterco Bovino	7,9	20,8	2,7	08:01	25.827	4.625	3.554	20.400
Conteúdo Ruminal	7,8	22,3	2,1	11:1	20.000	3.477	1.828	14.900
Esterco diluído	7,8	21,6	2,3	9:1	22.540	3.890	2.236	15.150
Vermicomposto								
Esterco Bovino	7,6	22,5	2,5	9:1	24.145	4.407	4.200	21.850
Conteúdo Ruminal	7,5	19,5	1,9	10:1	25.672	4.462	3.221	19.450
Esterco diluído	7,5	19,8	2,0	10:1	24.585	4.217	3.323	18.200

Fonte: Costa et al. (2005).

2.4.4 Experiências com o aproveitamento da borra de OGR

Em um estudo desenvolvido por Brasil et al. (2012), foram testadas doses da borra de óleos e gorduras residuais (OGR) em proporções que variaram entre 20 e 36 % adicionadas a um substrato formado por capim napier e esterco bovino nos estados curado e fresco. O experimento foi conduzido em escala piloto dentro de caixotes de madeira com dimensões 23 X 34 X 48 cm em duas fileiras, uma contendo mistura com esterco bovino fresco e outra com esterco curado, sendo que cada fileira foi formada por dez tratamentos conforme a variação da proporção da borra de OGR já mencionada.

Conforme descrito, ao final da compostagem, foi possível se obter um material devidamente processado pela ação dos microrganismos durante as fases mesófila, termófila e estabilização, sendo que, a adição da borra deve obedecer aos percentuais máximos definidos pelos resultados, não devendo ultrapassar a proporção de 30 % a fim de que não ocorram interferências significativas no processo de compostagem e o produto final tenha as melhores características físico-químicas que permitam sua aplicação como fertilizante orgânico.

Estudos desenvolvidos por Rezende (2010), tiveram como objetivo o aproveitamento da borra gerada no processo de produção de biodiesel em um processo de compostagem. Durante os experimentos, foram formadas pilhas com material obtido da mistura de esterco bovino ou torta de mamona como material rico em nitrogênio e capim napier como material fibroso rico em carbono. A esse material compostado, foram adicionadas várias doses da borra proveniente do processo de produção de biodiesel com óleos e gorduras residuais (OGR), cujas doses variaram de 5 até 20 litros por pilha em oito tratamentos distintos e após obtenção do composto foram realizados testes em casa de vegetação com sorgo para verificação da sua eficácia como fertilizante orgânico. De acordo com o autor, após o monitoramento dos principais parâmetros de compostagem e o teste biológico, foi possível concluir que não houve interferências da borra de OGR no desenvolvimento das plantas para todas as doses empregadas.

2.5 O PROCESSO DE COMPOSTAGEM

2.5.1 Aspectos gerais da compostagem

A matéria orgânica presente nos solos consiste em um importante fator para o condicionamento e manutenção da sua estrutura física e fertilidade. O estado final de qualquer material orgânico após passar pelo processo de decomposição através da ação dos microrganismos presentes nos solos, é o húmus, cuja característica principal consiste na sua apresentação como, composto quimicamente estabilizado de natureza coloidal e fisicamente estruturado devido a polimerização da matéria orgânica. Importante elemento estruturante da condição física dos solos, a matéria orgânica é capaz de conferir uma melhor coesão entre suas partículas, permitindo que ocorra melhor aeração e aumentando a sua porosidade o que contribui para a melhor absorção de água, melhorando a capacidade de retenção da mesma em profundidades compatíveis com o desenvolvimento dos sistemas radiculares da maioria dos vegetais (KIEHL, 2004; KIEHL, 2010; PEREIRA NETO, 2007).

Do ponto de vista da drenagem há de se considerar que a melhor estruturação das camadas superiores do perfil dos solos também contribui para a sua conservação, reduzindo os riscos de perdas pela erosão o que de fato tem provocado grandes prejuízos ambientais e econômicos principalmente devido ao desmatamento

indiscriminado e adoção de práticas agrícolas inadequadas. Outra grande contribuição da matéria orgânica para a melhoria da qualidade físico-química dos solos consiste na maior disponibilização de macro e micronutrientes para as plantas devido ao aumento da sua capacidade de troca de cátions e à ação de ácidos orgânicos formados durante a sua decomposição, que aceleram a solubilização de determinados minerais presentes na composição dos solos, liberando elementos essenciais para o metabolismo vegetal (MALAVOLTA, 1989; KIEHL, 2010).

Uma tecnologia simples e também muito empregada para a transformação de resíduos orgânicos em húmus consiste na compostagem, cujo processo ocorre mediante a ação decompositora de microrganismos aeróbios. Técnica amplamente difundida no meio rural, a compostagem pode ser utilizada para produção de fertilizantes e condicionadores de solos a partir do processamento de resíduos orgânicos das mais variadas origens. Consiste em um processo de aceleração da decomposição da matéria orgânica, através do controle de importantes parâmetros como temperatura, umidade, aeração e relação carbono nitrogênio (C/N), que quando devidamente controlados irão favorecer a intensa atividade de microrganismos decompositores (bactérias, fungos e actinomicetos) intensificando a redução dos mais diversos tipos de materiais de origem orgânica.

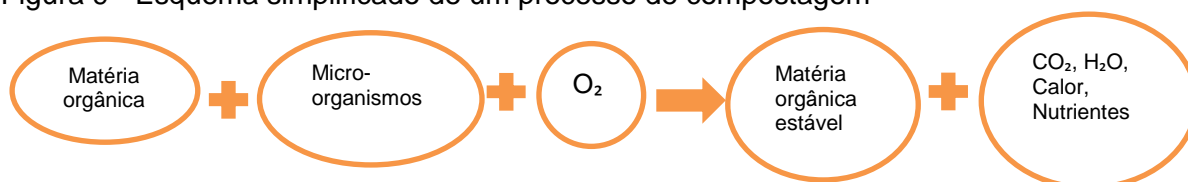
O composto orgânico é formado basicamente da mistura entre materiais ricos em carbono e nitrogênio como por exemplo, restos de culturas e demais resíduos vegetais, oriundos de beneficiamentos e uma fonte inoculante com microrganismos sendo mais utilizado o esterco bovino devido a sua maior disponibilidade no meio rural. Um importante parâmetro para a condução do processo é o equilíbrio da relação C/N que deverá ser mantida em torno de 25:1 a 35:1 de forma que haja um desenvolvimento ideal dos microrganismos, os quais possuem um papel fundamental em todas as etapas (PEREIRA NETO, 2007; KIEHL, 2004; INÁCIO; MILLER, 2009).

O processo de decomposição aeróbia ocorre em fases distintas, nas quais se verificam atuação mais ativa de determinados grupos de microrganismos gerando diferentes valores de temperatura ao longo do tempo. A fase inicial, também denominada de fase mesófila, se caracteriza pelas temperaturas mais baixas e tempo de duração menor. Na sequência, desenvolvem-se temperaturas mais elevadas que podem se situar entre os 45 e 70 °C devido à intensa atividade de

micro organismos termófilos e com uma duração maior que se estende até as proximidades da finalização do processo. Por fim, após grande parte do material orgânico ter sido reduzido ao estado de húmus através da ação dos microrganismos termófilos, ocorre a diminuição da temperatura e os microrganismos mesófilos se instalam outra vez finalizando o processo na etapa chamada de maturação (KIEHL, 2010; INÁCIO; MILLER, 2009).

O produto final da compostagem consiste em um material estabilizado quimicamente no qual ocorre a polimerização de compostos orgânicos dando origem ao húmus que possui importantes características fisicoquímicas, necessárias para conferir boa estrutura aos solos, assim como também, o seu enriquecimento com nutrientes mais facilmente liberados devido a excelente capacidade de troca catiônica que possui o material humificado. A Figura 9 ilustra de forma resumida os principais agentes envolvidos em um processo de compostagem e seus produtos e subprodutos (DINIZ FILHO et al., 2007; KIEHL, 2010; PEREIRA NETO, 2007; INÁCIO; MILLER, 2009).

Figura 9 - Esquema simplificado de um processo de compostagem



Fonte: Fernandes e Silva (1996).

Conforme Fiori, Schoenhals e Follador (2008), o processo de decomposição orgânica pelos microrganismos aeróbios, apresenta-se como uma alternativa bastante viável para a solução de problemas decorrentes da geração de resíduos da agroindústria. Segundo o autor, o descarte indevido desses resíduos pode trazer sérias consequências ao meio ambiente como a contaminação dos solos e lençóis freáticos em decorrência da sua deposição em locais sob condições inadequadas, como os aterros sanitários e lixões próximos aos grandes centros urbanos.

Para Rolz et al. (2010) a utilização do bagaço de cana como substrato para compostagem possibilita a obtenção de um condicionador de solos de ótima qualidade capaz de proporcionar maior crescimento em tomateiros.

2.5.2 Principais parâmetros de controle de um processo de compostagem

2.5.2.1 Aeração

O processo de decomposição da matéria orgânica pode se desenvolver na presença de oxigênio (decomposição aeróbia) ou na ausência dele (decomposição anaeróbia). No primeiro, microrganismos decompositores desenvolvem-se no substrato em decomposição, extraindo do ar o oxigênio necessário para a realização de suas reações de oxidação e obtenção de energia, realizando o processo em menor tempo, com ausência de odores e desenvolvimento de altas temperaturas. No segundo a decomposição ocorre na ausência de oxigênio, através de fermentação, com maior tempo de maturação, desenvolvimento de odores e a baixas temperaturas (KIEHL, 2004). Além de ter o papel de supridor de oxigênio para os microrganismos aeróbios, a aeração do substrato em decomposição tem como objetivos secundários a remoção do excesso de umidade pela liberação do vapor d'água aprisionado na porosidade assim como do CO₂ oriundo da respiração microbiana (KIEHL, 2010).

A aeração de uma pilha de compostagem pode ser efetuada de duas formas distintas: a primeira e mais tradicional realiza-se pelo revolvimento frequente do material invertendo-se as camadas de forma que o conteúdo do centro e da base da pilha seja substituído pelo conteúdo periférico a fim de que todo o volume possa ficar exposto à intensa ação decompositora dos microrganismos. Esse revolvimento pode ser realizado manualmente com auxílio de ferramentas conforme Silva et al. (2008) e Fiori, Schoenhals e Follador (2008) ou através de máquinas como pás carregadeiras ou equipamentos específicos (INÁCIO; MILLER, 2009; GRIGATII; CAVANI; CIAVATTA, 2011).

Outra forma de fornecimento de O₂ para a massa de compostagem é através de aeração forçada por equipamentos de insuflação de ar e sua distribuição dentro da massa do composto através de tubulações. Gao et al. (2010) em um experimento conduzido para avaliação de diferentes níveis de aeração em uma massa de composto formada por esterco de frango e serragem de madeira, estudou o desempenho de três diferentes níveis de vazão de ar para um sistema de aeração forçada, desenvolvido para melhorar as condições aeróbicas da massa compostada e sua influência direta nos principais parâmetros indicativos das complexas

transformações químicas e biológicas. Das observações efetuadas sobre o comportamento da temperatura, pH, condutividade elétrica, evolução da matéria orgânica e relação C/N, níveis de nitrogênio amoniacal e nítrico, capacidade de troca catiônica, e fitotoxicidade os melhores resultados foram obtidos para as vazões de ar da ordem de 0,3 e 0,7 L min⁻¹ kg⁻¹.

Semelhante estudo realizado por Guo et al. (2012) também teve o objetivo de avaliar dentre outros aspectos diferentes níveis de aeração forçada que variaram entre nove tratamentos distintos entre 0,24 e 0,72 L min⁻¹ kg⁻¹, sendo que o ideal ficou em torno de 0,48 L min⁻¹ kg⁻¹ devido a melhores respostas sobre a medição de parâmetros como temperatura, níveis de oxigênio, dióxido de carbono e carbono orgânico total, teores de nitrogênio total.

2.5.2.2 Umidade

Fator determinante para manutenção da vida dos microorganismos, solubilização e transporte de compostos orgânicos importantes para as transformações físico-químicas que ocorrem durante o processo de compostagem. Inácio e Miller (2009) afirmaram que o adequado teor de umidade em uma leira de compostagem tem um relevante papel na sua condução, pois a água é indispensável ao metabolismo dos microorganismos em geral assim como também concorre por espaço dentro da macro e micro porosidade do composto com o oxigênio. Portanto, a manutenção da umidade dentro de níveis adequados é de vital importância para o sucesso do processo de compostagem.

De acordo com Pereira Neto (2007) e Kiehl (2010) a umidade em uma compostagem orgânica deverá permanecer entre 40 e 60 % sendo o ideal de 55 %. Segundo os referidos autores valores de umidade abaixo do limite mínimo reduz a atividade microbiológica, devido a falta de água para as reações bioquímicas decorrentes do processo de digestão da matéria orgânica, assim como também valores superiores a 60 % propiciam condições de decomposição anaeróbica, com a produção de odores intensos, chorume e lixiviação de nutrientes.

O controle da umidade em uma leira de compostagem consiste numa operação simples. Apenas pela observação visual pode-se de imediato, perceber o estado do material com relação ao seu teor de umidade. É importante também o acompanhamento frequente do teor de umidade através da sua determinação mais

precisa em laboratório. Segundo Sironi et al. (2006), citado por Costa et al. (2009), a formação de chorume em leiras de compostagem com a presença de odores e atração de vetores, ocorreu mais intensamente quando as leiras sofreram algum encharcamento devido a chuvas ou excesso de água adicionada ou ainda devido ao alto teor de umidade do material compostado.

O controle da umidade presente no material compostado quando em níveis abaixo do mínimo poderá ser efetuado simplesmente pela adição controlada de água utilizando-se um chuveiro ou regador e distribuindo-se a água uniformemente nas camadas internas da leira e no caso de encharcamento, deverão ser efetuados sucessivos reviramentos da pilha invertendo-se as camadas até a correção do problema (PAULA ; CEZAR, 2011; KIEHL, 2010).

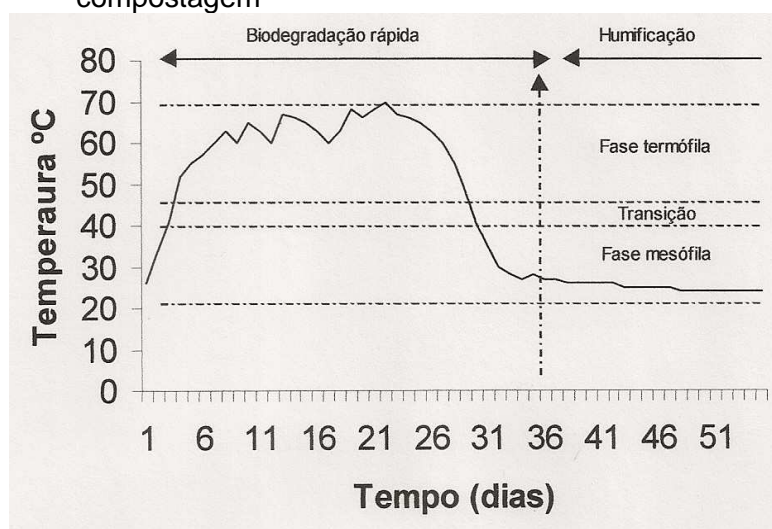
2.5.2.3 Temperatura

A evolução da temperatura em uma leira de compostagem é um dos principais indicativos de que o processo de compostagem teve seu início e sua variação tanto para mais como para menos, tomando-se como base os valores padrões das diferentes fases, pode indicar alguma deficiência da atividade microbiana. De acordo com Oliveira (2011) durante o processo de compostagem a atividade microbiológica responsável pela decomposição da matéria orgânica utiliza essa fonte de energia em parte para as reações bioquímicas do próprio metabolismo sendo o restante liberado na forma de calor. Conforme descrito por Guo et al. (2012) a decomposição da matéria orgânica em uma pilha de compostagem passa por três fases distintas: mesofílica, termofílica e maturação.

Na fase mesofílica ou inicial, bactérias especializadas nessa faixa de temperatura iniciam o processo de decomposição e se mantêm em atividade até a temperatura máxima de 45 °C, quando os microorganismos são substituídos pelos termofílicos. Essa primeira fase tem curta duração, ocorrendo nos primeiros dias após o início da compostagem. A fase termofílica ou também conhecida como fase de degradação ativa, tem o seu melhor desenvolvimento entre 45 °C e 70 °C e é nesta fase que ocorrem com mais intensidade as reações bioquímicas responsáveis pela degradação e consumo do substrato de mais fácil degradação como amidos, açúcares e proteínas (INÁCIO; MILLER, 2009). Na Figura 10 verifica-se o desenvolvimento típico da temperatura ao longo de um processo normal de

compostagem. Nela é possível observar que após o desenvolvimento da fase termófila, a temperatura tende a decrescer à medida que vão se esgotando as fontes de nutrientes de mais fácil degradação, voltando novamente o substrato à fase mesófila e em seguida atingindo a fase de maturação, com a finalização do processo pela humificação da matéria orgânica (KIEHL, 2010; PEREIRA NETO, 2007).

Figura 10 - Evolução típica da temperatura em um processo em compostagem



Fonte: Fernandes e Silva (1996).

Como mencionado anteriormente, a temperatura em uma pilha de compostagem, constitui-se num importante parâmetro para avaliação de atividade dos microorganismos os quais podem ter sua atuação prejudicada em função de deficiências como a falta ou excesso de umidade, insuficiência de oxigenação do substrato devido à aeração deficiente, índices de pH muito baixos cujos níveis podem ser alterados após simples intervenções.

Ogunwande e Osunade (2011) em estudo de sistema de aeração passiva através da aplicação de tubos perfurados dispostos horizontalmente e verticalmente instalados no interior de leiras de compostagem, observou a influência da combinação da orientação dos tubos (horizontal e vertical) com valores distintos do diâmetro de perfuração dos mesmos, sobre a evolução da temperatura entre outros parâmetros ao longo do processo de compostagem de cama de aves, obtendo melhores resultados na disposição horizontal e perfurações de 15 mm.

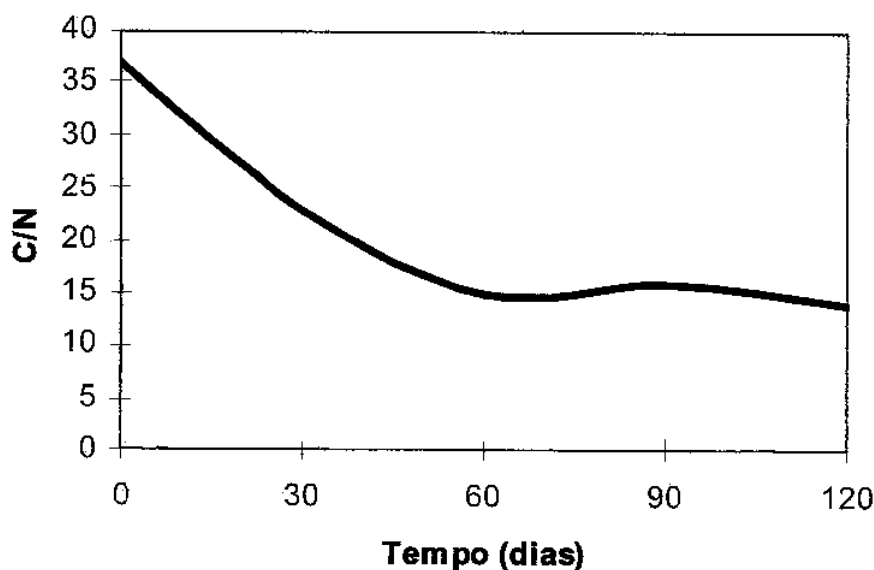
Outro importante aspecto relacionado ao desenvolvimento de calor na massa do composto diz respeito a sua eficácia no controle de microorganismos patógenos os

quais podem trazer riscos de contaminação direta às pessoas que manipulam os fertilizantes orgânicos ou levarem à contaminação dos solos, a água e alimentos. Portanto o satisfatório desenvolvimento da atividade dos microrganismos termófilos, elevando a temperatura acima de 60 °C, garante a eliminação de importantes microrganismos patogênicos como *Escherichia coli* Escherich e *Salmonella entérica* Salmon, assim como também sementes de plantas invasoras (KIEHL 2010; PEREIRA NETO, 2007; SHEPHERD et al., 2010; ZHU, 2007; ORRICO Jr., ORRICO; LUCAS JUNIOR, 2009).

2.5.2.4 Relação C/N

Como já descrito anteriormente, a atividade microbiana em uma massa de composto orgânico necessita de valores equilibrados de Nitrogênio (N) e Carbono (C). Para Inácio e Miller (2009), em uma compostagem, os microrganismos consomem de 25 a 30 partes de carbono para uma parte de nitrogênio. De acordo com Kiehl (2004) a proporção ideal para que a decomposição da matéria orgânica tenha a melhor eficiência é quando a relação C/N está próxima a 30/1, proporção essa determinada pela necessidade de absorção dos dois elementos pelos microorganismos, sendo o carbono como fonte de energia o nitrogênio indispensável para a síntese de proteínas importantes à formação do seu protoplasma. Estudos desenvolvidos por Guo et al. (2012) para acompanhamento da estabilização e maturação de diversos tipos de materiais compostados, mostram, que as emissões de CO₂ resultantes do metabolismo dos microrganismos, foram mais intensas na fase termofílica, devido a alta intensidade da atividade destes. Nos experimentos cuja relação C/N ficou baixa, observou-se menores emissões indicando assim menor atividade microbiana.

Figura 11 - Evolução típica da relação C/N em um processo de compostagem



Fonte: Inácio e Miller (2009).

É importante que nos trabalhos de compostagem se procure equilibrar a relação C/N através da combinação de diferentes tipos de resíduos. Para Pereira Neto (2007) o desequilíbrio da relação C/N tem influência direta no ritmo de decomposição da matéria orgânica. Se a relação for muito alta, ou seja, o teor de carbono estiver muito elevado, faltará N para processar todo o carbono presente, reduzindo assim a atividade dos microrganismos, prolongando assim o processo devido ao suprimento de nitrogênio ficar restrito apenas à reciclagem da própria massa microbiana. Entretanto se houver um desequilíbrio para menor na relação, provocando um excesso de nitrogênio no substrato, este se perderá por volatilização de amônia que se formará durante o processo. Geralmente o excesso de nitrogênio provoca o desprendimento de amônia a qual possui forte odor, atraindo insetos.

A fim de que se tenha um composto bem equilibrado é importante a combinação adequada de materiais palhosos, ricos em carbono com materiais frescos ou resíduos fecais ricos em nitrogênio que podem também servir como inoculantes para acelerar o crescimento populacional dos microrganismos decompositores (KIEHL, 2004).

Na Figura 11 observa-se a curva característica da relação C/N de um processo de compostagem convencional. É possível notar que à medida em que evolui o processo de decomposição da matéria orgânica, o consumo progressivo do carbono

pelos microorganismos provoca a redução da relação C/N que normalmente inicia-se com valores em torno de 30/1 e pode atingir no final do processo valores próximos a 10/1 quando, o composto entra na fase de maturação (KIEHL, 2010).

2.5.2.5 pH

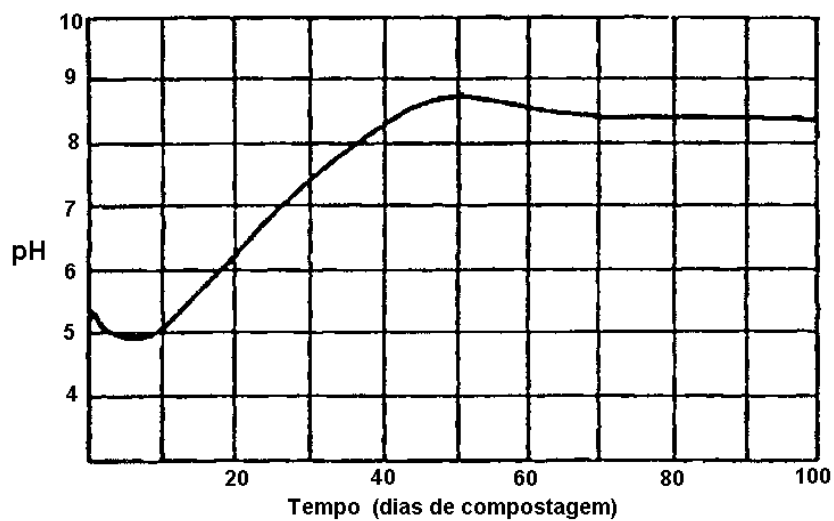
Na Figura 12 consta a evolução típica do pH ao longo de um processo de compostagem convencional. Normalmente os valores desse parâmetro no início tendem à acidez devido à intensa produção de ácidos orgânicos decorrentes da atividade acelerada de decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos. Em seguida o pH passa progressivamente para a condição de neutro e tendendo ao básico no seu final quando são mais intensas a liberação de amônia e hidrólise de proteínas. Importantes transformações que ocorrem em um substrato em decomposição dependem diretamente da ação decompositora dos microrganismos envolvidos, que são fortemente influenciados pelo pH do meio. Valores de pH próximos a 5,0 ou ligeiramente inferiores, provocam importantes interferências na atividade microbiológica, podendo o processo não ter sucesso na sua passagem à fase termofílica (OLIVEIRA, 2010).

De acordo com Kiehl (2010), para que o processo de compostagem se desenvolva de forma satisfatória, com plena atividade microbiana, o índice de pH deverá situar-se entre 7,0 e 7,5, sendo que no seu início existe uma tendência à acidez devido a reação da maioria dos resíduos utilizados em compostagem apresentarem índices com baixos valores. Pereira Neto (2007) ressaltou que a compostagem pode se desenvolver bem em uma faixa de pH que pode ir de 4,5 a 9,5, sendo que os valores extremos são perfeitamente regulados pela ação dos microrganismos que nesses casos atuam produzindo maiores ou menores quantidades de compostos ácidos ou básicos a fim de se atingir a neutralidade, estabelecendo assim condições ideais para o crescimento populacional de bactérias, fungos e actinomicetos.

O composto final estabilizado e maturado, deverá, apresentar reação entre o neutro e ligeiramente básico de forma que não venham trazer prejuízos às plantas quando da sua incorporação aos solos. O emprego de um composto com reação básica em um solo ácido trará benefícios pela sua ação corretora do pH sem que seja necessária adição de grandes quantidades de calcário. Entretanto, para Santos (2007), acidez ou alcalinidade em excesso, podem afetar as raízes das plantas,

inibindo assim o seu processo de absorção de água e nutrientes e dificultando seu crescimento.

Figura 12 - Evolução típica do pH em um processo de compostagem



Fonte: Kiehl (2004).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho utilizou a metodologia de pesquisa experimental, com a coleta de dados obtidos a partir de leituras e análises físico-químicas e teste biológico de crescimento vegetal, em um experimento de compostagem da borra de OGR em diferentes doses em adição ao material rico em nitrogênio.

3.1 ESPAÇO UTILIZADO PARA A COMPOSTAGEM

Para que o experimento pudesse ficar protegido da ação de intempéries, foi construído pequeno galpão coberto de 30 m², próximo à área da planta piloto de biodiesel e da horta comunitária do IFBA campus de Simões Filho. O galpão apresentado na Figura 13, denominado de Unidade Piloto de Compostagem foi construído com estrutura em madeira e teve seu eixo longitudinal orientado na direção Norte/Sul. As laterais foram fechadas com tela de arame e proteção da incidência direta da radiação solar através de cobertura e paredes em telhas de fibrocimento.

Figura 13 - Galpão da Unidade Piloto de Compostagem – IFBA campus de Simões Filho, 2012



3.2 OBTENÇÃO DOS RESÍDUOS EMPREGADOS NA COMPOSTAGEM

O bagaço de cana-de-açúcar foi obtido a partir de diversos pontos de comercialização de caldo de cana situados nos municípios de Salvador e Simões Filho, o esterco bovino curtido foi cedido pelo Instituto Federal Baiano / campus de Catu e a borra de OGR, teve sua origem a partir do processo de pré-limpeza do resíduo, efetuada na Cooperativa de catadores de óleo COOPERCASSANGE, pertencente à rede baiana de OGR. A COOPERCASSANGE, juntamente com outras cooperativas filiadas à rede baiana de OGR, vem coletando o óleo de fritura dentro da região metropolitana de Salvador com o objetivo de comercialização do mesmo junto à empresas produtoras de biodiesel. Na Tabela 7 observa-se informações quanto à origem e características físico-químicas da borra de OGR. A elevada condutividade elétrica presente na borra de OGR, é justificada pela adição de sal (NaCl) aos processos de cocção de alimentos. Quanto à acidez, verifica-se que na etapa de pré-tratamento do OGR bruto, o mesmo passa por degomagem para remoção de fosfolipídios e ácidos graxos que promovem a redução do pH do meio tornando a borra um resíduo ácido (SOUZA JÚNIOR, 2011).

Tabela 7 - Caracterização da borra de OGR. Salvador – BA, 2013

Origem	Cooperativa de catadores de óleos e gorduras residuais – COOPERCASSANGE, Salvador BA
Estado físico	Mistura semi pastosa de resíduos de óleo vegetal, detritos orgânicos oriundos de processos de cocção de alimentos e água.
pH*	3,76
Condutividade Elétrica (CE)*	21,72 mS cm ⁻¹ a 25 °C

Nota: *Como esse tipo de material não dispunha de metodologia própria para determinação de pH e CE, utilizou-se a mesma empregada para fertilizantes orgânicos descrita por Embrapa (2009).

Devido à natureza residual do OGR empregado em processos de cocção de diversos tipos de alimentos em restaurantes e indústrias do segmento, a incorporação de particulados estranhos ao óleo ocorre muito frequentemente. Presença de outros elementos e substâncias também pode ocorrer devido à transformações químicas durante o seu uso. De acordo com Santos et al. (2009), quando submetido ao processo de fritura, o óleo vegetal sofre importantes

alterações físico-químicas como a oxidação, devido ao seu contato com o ar, e hidrólise em função da água contida nos alimentos processados. Essas condições podem levar a elevação de acidez do óleo e formação de diversas substâncias nocivas à saúde humana caso sejam ingeridas diretamente. Dentre esses compostos podemos citar inibidores enzimáticos, destruidores de vitaminas, produtos de oxidação de lipídios, irritantes gastrointestinais e agentes mutagênicos e cancerígenos (HILL, 2000 apud SANTOS et al., 2009).

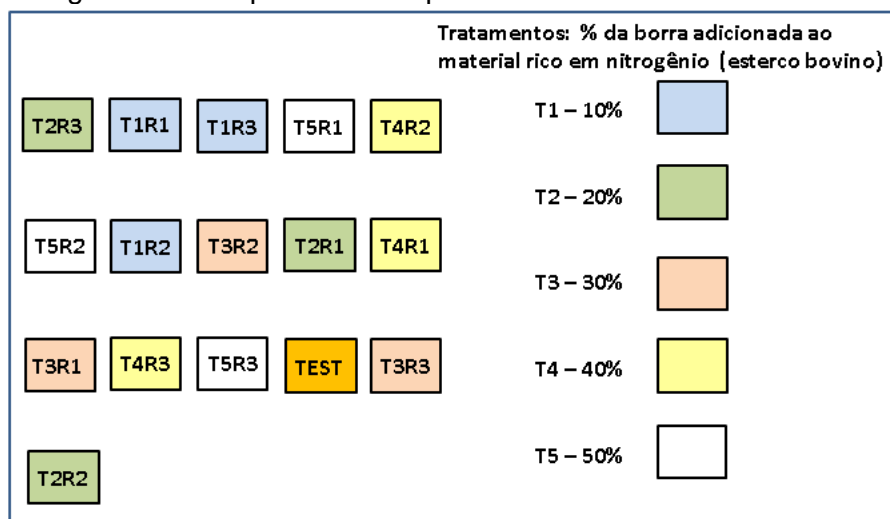
Via de regra, quando se processa resíduos de origem desconhecida e principalmente lodo de esgoto, em compostagem, é importante que se efetue um estudo de contaminantes de efeito acumulativo como metais pesados As, Cd, Cr, Pb, Hg e Ni os quais poderão interferir diretamente no desenvolvimento dos microrganismos e provocar a contaminação dos solos, plantas, animais e pessoas que venham a se alimentar da produção agrícola adubada pelo composto. Como os processos que envolvem cocção de alimentos não apresentam níveis significativos de metais pesados que possam trazer riscos ao meio ambiente e às pessoas, torna-se desnecessário, neste caso, a realização de tal pesquisa (KIEHL, 2004; PEREIRA NETO, 2007).

3.3 FORMAÇÃO DOS SUBSTRATOS

A fim de tornar possível o emprego de metodologia estatística no tratamento dos dados obtidos ao longo do trabalho de pesquisa, foram montadas dezesseis parcelas experimentais, originadas da adoção de cinco tratamentos e três repetições em delineamento inteiramente casualizado, com sorteio das parcelas e uma testemunha, conforme croqui apresentado na Figura 14. Essa configuração permite que durante a condução do processo, não ocorram interferências externas do meio, devido às características de localização de determinado experimento com relação aos demais. Cada parcela experimental foi formada pela mistura básica (bagaço de cana triturado e peneirado em malha de 1,5 cm e esterco bovino curtido), a qual se adicionou a borra de OGR, em diferentes percentuais com relação ao material rico em nitrogênio. Os substratos obtidos da mistura desses materiais foram acondicionados em caixas plásticas de 50 litros e distribuídos, as quantidades dos componentes da mistura básica foram calculadas através da fórmula [1] e os valores

individuais por tratamento de acordo com as proporções e apresentadas na Tabela 8.

Figura 14 - Croqui da área experimental



DELINEAMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO

T - Tratamento; R - Repetição

Tabela 8 - Quantidades da borra de OGR e demais resíduos por tratamento

% DA BORRA POR TRATAMENTO		ESTERCO BOVINO	BAGAÇO DE CANA	BORRA DE OGR
TRATAMENTO	% BORRA de OGR ¹		Litros	
T1	10	14,62	33,75	1,63
T2	20	13,00	33,75	3,25
T3	30	11,37	33,75	4,88
T4	40	9,75	33,75	6,50
T5	50	8,12	33,75	8,13
Testemunha		16,25	33,75	0,00
SUBTOTALS		73,11	202,50	24,39
TOTAIS (3 repetições/tratamento)		219,33	607,50	73,17

¹Mitura da borra de OGR ao material rico em nitrogênio, substituindo em volume o esterco bovino

A mistura base utilizada no processo de compostagem, formada por bagaço de cana de açúcar triturado e esterco bovino, foi elaborada obedecendo-se os critérios de manutenção da relação C/N em torno de 30:1, proporção esta recomendada na literatura como sendo a ideal para o desenvolvimento da atividade microbiológica (KIEHL, 1010; BARBIERI; BARCELOS, 2009; ZHU, 2007; INÁCIO; MILLER, 2009). Portanto esses valores devem ser calculados quando se dispõe de dados sobre os materiais a compostar ou, na ausência dos mesmos deve-se estabelecer que o material fibroso rico em carbono participará com aproximadamente 70%, enquanto

que o material rico em nitrogênio contribuirá com 30% da mistura (DINIZ FILHO et al. 2007).

Para a determinação das quantidades de bagaço de cana e esterco de gado que assegurassem a obtenção de uma mistura com relação C/N em torno de 30/1, utilizou-se da fórmula empírica [1] apresentada abaixo e proposta por Embrapa (2001). Os percentuais de nitrogênio e carbono totais dos componentes da mistura básica foram obtidos da literatura especializada e estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Composição química típica dos resíduos utilizados

Material	M.O.	N	C %	P ₂ O ₅	K ₂ O	C/N
Bagaço de cana	71,44	1,07	41,53	0,25	0,94	37/1
Esterco bovino curtido	83,38	2,27	48,48	1,81	3,18	21/1

Fonte: Kiehl (2010).

$$PMRC = (30 \times N_n) - C_n / C_c - (30 \times N_c) \quad [1]$$

Sendo:

PMRC = Partes do Material Rico em Carbono

N_n - % de nitrogênio do material rico em nitrogênio;

C_n - % de carbono do material rico em nitrogênio;

C_c - % de carbono do material rico em carbono;

N_c - % de nitrogênio do material rico em carbono;

Aplicando-se os valores na fórmula [1] obtêm-se os seguintes valores para os materiais compostados: (Bagaço de cana e esterco bovino)

$$PMRC = (30 \times 2,27) - 48,48 / 41,53 - (30 \times 1,07) = 2,08 \text{ partes}$$

Estabelece-se a proporção tomando-se 2,08 partes do material rico em carbono (C) para cada parte do material rico em nitrogênio (N) ou seja:

$$\text{Total} = 2,08 \text{ partes de (N)} + 1 \text{ parte de (C)} = 3,08 \text{ (100 \%)}$$

$$3,08 \text{ partes (N)+(C)} \text{ ----- } 100 \%$$

$$2,08 \text{ partes (C)} \text{ ----- } \text{(C) \%}$$

$$\text{(C)\%} = 67,5 \%$$

O percentual do material rico em nitrogênio no composto será o complemento do percentual:

$$(N)\% = 100 - 67,5 = 32,5 \%$$

Verificação da relação C/N na mistura:

$$\% \text{ C orgânico} = [(C_n \times (N) \%) + (C_c \times (C) \%)] / 100$$

$$\% \text{ C orgânico} = [(48,48 \times 32,5) + (41,53 \times 67,5)] / 100 = 43,79 \%$$

$$\% \text{ N} = [(N_n \times (N) \%) + (N_c \times (C) \%)] / 100$$

$$\% \text{ N} = [(2,27 \times 32,5) + (1,07 \times 67,5)] / 100 = 1,46 \%$$

$$C/N = 43,79 / 1,46 = 29,99:1$$

A relação C/N obtida com a mistura nas proporções calculadas, encontra-se dentro dos limites aceitáveis para que o processo de compostagem possa favorecer ao desenvolvimento dos microorganismos.

As retiradas de amostras foram realizadas com auxílio de uma pequena pá aleatoriamente em pontos e profundidades distintos, sendo o material colhido acondicionado em sacos plásticos, conforme descrito por Barbieri e Barcelos (2009), identificados e enviados ao laboratório de química do IFBA Campus de Simões Filho para a determinação de umidade, pH, Condutividade Elétrica e Sólidos Voláteis. A determinação de Nitrogênio total foi realizada no laboratório LASP - VALEXPOR/ IPA/EMBRAPA, em Petrolina PE.

Para o preparo das amostras seguiu-se a metodologia descrita por Embrapa (2009), na qual as mesmas foram reduzidas por quarteação manual até a obtenção de aproximadamente 125 g e em seguida moídas e peneiradas em malha de 0,84 mm.

Todas as amostras foram acondicionadas sob refrigeração durante o período de realização das análises.

3.4 MONITORAMENTO DA TEMPERATURA

O monitoramento da temperatura nas pilhas de compostagem foi realizado uma vez ao dia nos primeiros dez dias de forma a se registrar com maior precisão a passagem da fase mesófila para a fase termófila que normalmente ocorre dentro dos primeiros dias após a formação do composto. Após esse período, até a estabilização total do material, foram efetuadas três medições semanais de temperatura seguindo metodologia descrita por Paula e Cezar (2011), Oliveira (2010), Hall et al. (2005), Souza, Pereira Neto e Ceballos (2002). As medições de temperatura foram obtidas através do uso de termopares do tipo HK-P01, introduzidos no composto dentro de poços confeccionados em tubos de alumínio com 10 mm de diâmetro, conectados a um multímetro digital da marca HOMIS modelo VC88C conforme apresentado na Figura 15. As leituras foram efetuadas em três pontos distintos, (centro e extremidades). Todas as leituras de temperatura ocorreram no período entre 8:00 e 09:00 horas, a fim de se minimizar interferências do clima local nos resultados das medidas.

Figura 15 - Sistema de medição de temperatura por termopar. Simões Filho BA, 2012



3.5 AERAÇÃO DO COMPOSTO

O sistema de aeração empregado consistiu no método mecânico manual “Windrow” descrito por Oliveira (2010) e Silva et al. (2008), no qual a interação do material em decomposição com o ar atmosférico gera condições adequadas para suprir o processo com as quantidades suficientes de oxigênio necessárias ao

desenvolvimento e atividade dos microrganismos. Conforme recomendação de Kuter (1995), citado por Fernandes e Silva (1996), são necessários no mínimo três revolvimentos semanais da pilha a fim de garantir suprimento adequado de oxigênio ao composto. Além da aeração, o revolvimento periódico do composto também deve garantir a manutenção da porosidade, umidade, homogeneização do material, e distribuição uniforme da temperatura do meio.

Paralelamente ao controle da umidade foram realizados, uma vez por semana, revolvimentos manuais dos substratos dentro de cada uma das caixas de forma a se proporcionar a troca gasosa entre o material em decomposição, saturado de CO₂, e o meio externo rico em oxigênio. Uma massa de compostagem com a umidade equilibrada e bem suprida de oxigênio alcançará as fases de estabilização e maturação em pouco tempo, devido à influência direta das condições de aeração sobre a atividade microbológica, a taxa de degradação do substrato e a variação de temperatura (GAO et al., 2010). Durante os revolvimentos semanais, procurou-se homogeneizar o máximo possível cada uma das parcelas experimentais, invertendo-se as camadas dos diferentes materiais dentro das caixas. Nesse procedimento observou-se também as condições de umidade efetuando-se a correção com adição controlada de água, nos casos de baixa umidade ou aumentando-se a frequência dos revolvimentos quando a umidade se apresentou elevada.

Visando assegurar o suprimento de oxigênio adequado no meio compostado, foram monitorados os níveis de temperatura e umidade efetuando-se revolvimentos à medida que esses se faziam necessários. Essas medidas tornam-se necessárias em um processo de compostagem a fim de se garantir as melhores condições para a atividade dos microrganismos e eliminação de patógenos (FIORI; SCHOENHALS; FOLLADOR, 2008).

3.6 MONITORAMENTO DA UMIDADE

A presença da água em proporções adequadas é fator fundamental para o desenvolvimento da vida microbiana e das reações bioquímicas que ocorrem em seus organismos. De acordo com Fernandes e Silva (1996) o teor ideal de umidade em um composto orgânico situa-se entre 50 e 60 %. Teores acima de 65 % podem

prejudicar o processo pela redução da porosidade, dificultando a circulação de ar entre os poros. Menos de 30 % de umidade pode levar a interrupção do processo de decomposição pela inativação dos microorganismos (BARBIERI; BARCELOS, 2009; KIEHL, 2010; MARAGNO; TROMBIN; VIANA, 2007).

Desta forma a umidade foi monitorada uma vez por semana, seguindo-se a metodologia descrita por Embrapa (2009), na qual a amostra é secada em estufa a 60 - 65 °C e pesada em seguida para o cálculo da umidade. Como o monitoramento da umidade tem caráter importante para o desenvolvimento do processo de compostagem devido a sua influência direta na atividade microbiana, a mesma foi acompanhada desde o início, a fim de que os teores se mantivessem entre de 40 % e 60 %. A correção da umidade, quando necessária, foi efetuada através da aspersão controlada de água com o uso de regador à medida que se efetuavam os revolvimentos do substrato dentro das próprias caixas ou simplesmente aumentando-se a frequência dos revolvimentos quando detectado algum excesso. As análises de umidade foram realizadas no Laboratório de Química do IFBA, campus de Simões Filho, através da obtenção das massas úmida (10 g) e seca em estufa, utilizando-se balança analítica.

Para o cálculo do teor de umidade nas amostras foi utilizada a expressão [2]:

$$\text{Umidade (\%)} = 100 (\text{massa úmida} - \text{massa seca a } 60 - 65 \text{ }^\circ\text{C}) / \text{massa úmida} \text{ [2]}$$

3.7 MONITORAMENTO DO PH

No início do processo, ainda na fase mesófila, a atividade dos microorganismos dá origem a ácidos orgânicos que conferem ao composto uma redução dos níveis de pH, sendo que na fase termófila, devido ao processo de liberação de amônia, os valores voltam a se elevar tendendo ao equilíbrio. O monitoramento do pH do material compostado, é portanto, um importante indicativo do desenvolvimento das diferentes fases de decomposição da matéria orgânica pelos microorganismos aeróbios. Para sua determinação, foi adotada metodologia descrita por Embrapa (2009) na qual 10 g da amostra analisada foram solubilizados em 50 mL de água deionizada, seguindo-se agitação por cinco minutos, repouso por quinze minutos e a medida de pH obtida em aparelho pHmetro microprocessado de bancada da marca

Quimis, modelo Q400MT. A amostragem foi realizada de acordo com os procedimentos descritos por Embrapa (2009) e as medidas de pH, foram realizadas em intervalos semanais do início ao fim dos primeiros 60 dias e quinzenais até o 90º dia do processo no laboratório de química do IFBA, campus de Simões Filho.

3.8 OBTENÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA TOTAL

Durante o período da compostagem, a atividade dos microrganismos depende da disponibilidade de alguns nutrientes e elementos químicos os quais são indispensáveis para que a matéria orgânica seja totalmente convertida em húmus. A fim de realizar importantes transformações metabólicas os microrganismos decompositores necessitam de grandes quantidades de carbono para obtenção de energia e formação da sua estrutura celular (INÁCIO; MILLER, 2009). De acordo com Kiehl (2004) e Oliveira (2009) o teor de matéria orgânica de um composto, pode ser determinado através da combustão da amostra à 550 °C, considerando-se as perdas por volatilização em massa como o percentual de matéria orgânica que havia presente no resíduo orgânico. Esse procedimento é também conhecido na literatura como obtenção dos Sólidos Voláteis.

Para a determinação do teor de matéria orgânica, utilizou-se a metodologia descrita por Embrapa (2009) e os laboratórios de química e metalografia do IFBA, campus de Simões Filho. Tomaram-se 5,0 gramas da amostra in natura, após o que procedeu-se e aquecimento em estufa a 105°C até peso constante. Em seguida o resíduo seco foi colocado em um forno mufla e aquecido a 550 °C durante uma hora até peso constante. Os valores de sólidos voláteis ou matéria orgânica total por combustão a 550 °C foram obtidos para cada uma das amostras através da expressão [3]:

$$\text{Sólidos Voláteis (SV) (\%)} = 100 (\text{massa } 105 \text{ }^\circ\text{C} - \text{massa } 550 \text{ }^\circ\text{C}) / \text{massa } 105 \text{ }^\circ\text{C} \text{ [3]}$$

Conforme Ogunwande e Osunade (2011), o carbono total pode ser estimado a partir dos resultados obtidos da percentagem de resíduos após a combustão a 550 °C através da expressão [4]:

$$\text{Ct (\%)} = [100 - \text{Resíduo da combustão a } 550 \text{ }^\circ\text{C (\%)}] / 1,8 \text{ [4]}$$

O fator aproximado de 1,8 utilizado na fórmula [4] e recomendado na literatura especializada em compostagem para o cálculo do carbono orgânico total, tem sua origem a partir do fator 1,724 que corresponde à participação estimada de 58 % de carbono presente na matéria orgânica do solo (KIEHL, 2004; PESSOA, 2011; RUGGIERO et al. 2011).

3.9 OBTENÇÃO DO NITROGÊNIO TOTAL

O nitrogênio tem importante papel no desenvolvimento do processo de compostagem devido a sua participação na síntese de proteínas pelos microrganismos decompositores (KIEHL, 2004). A fim de se obter valores da relação C/N no início e final do processo para avaliação do estágio de maturação do composto, foram realizadas análises para obtenção do nitrogênio total no início e ao final dos 90 dias de compostagem. As amostras iniciais e finais do composto foram enviadas ao laboratório LASP – IPA / VALEXPOR / EMBRAPA em Petrolina – PE, para determinação do nitrogênio total. O método utilizado foi o de Semi-micro-Kjeldahl com a transformação do nitrogênio orgânico em amoniacal $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ e em amônia (NH_3) , a qual é fixada pelo ácido bórico e posteriormente titulada com H_2SO_4 (solução de ácido sulfúrico 0,02 N) até nova formação de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ na presença de indicador de verde de bromo cresol e vermelho de metila (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

3.10 RELAÇÃO C/N

A relação C/N é um dos parâmetros mais importantes para acompanhamento de um processo de compostagem (KIEHL, 2004). O carbono, elemento presente em grandes quantidades na natureza tem papel fundamental no metabolismo dos microrganismos, atuando como fonte de energia e incorporado ao seu protoplasma. Durante a compostagem cerca de dois terços do carbono presente no processo são liberados na forma de CO_2 e um terço incorporado ao tecido celular microbiano juntamente com o nitrogênio na síntese de proteínas. Relações C/N muito elevadas, ou seja, superiores a 30/1 implicam em deficiência de N, comprometendo o desenvolvimento microbiano e prolongando o processo. Valores de C/N muito

baixos, ou seja, com excesso de N, provocarão sua perda na forma amoniacal e a emissão de odores desagradáveis (COSTA et al., 2009; FIORI; SCHOENHALS; FOLLADOR, 2008; COSTA et al., 2005; SILVA et al., 2008).

Portanto, dada a dificuldade de se obter os valores de N total nas amostras, devido à inexistência de laboratórios no estado da Bahia aptos a fazê-lo e os altos custos para contratação desses serviços em laboratórios fora do Estado, optou-se por realizar a determinação de N total no início e ao final do processo a fim de se determinar o grau de maturação do composto obtido com base na evolução da relação C/N.

Para o cálculo da relação C/N utilizou-se a expressão [5] adotada por Oliveira (2010):

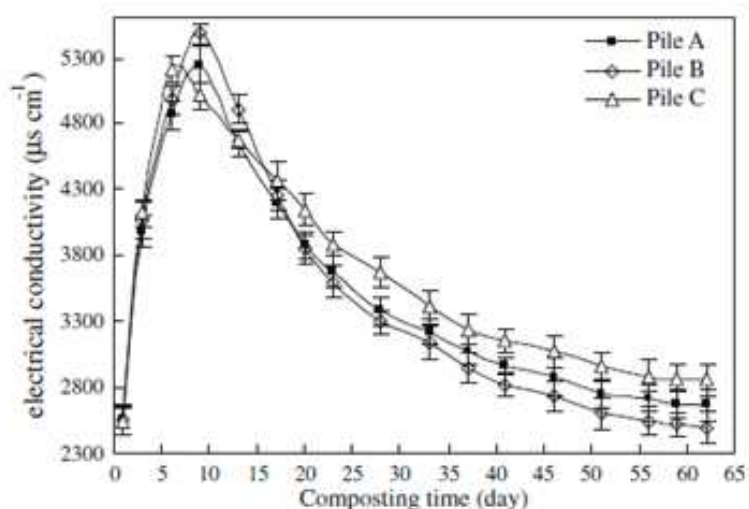
$$C/N = \% C_{\text{Orgânico Total}} / \% N_{\text{Total}} \quad [5]$$

3.11 DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE)

A medida da condutividade elétrica (CE) em um composto orgânico, está diretamente relacionada com a presença de sais solúveis (GAO et al., 2010). Fertilizantes com elevados teores de sais podem levar ao progressivo processo de salinização dos solos, tornando-os impróprios para as atividades agrícolas devido à sua compactação pela dispersão das argilas promovida pelo sódio, a ação fitotóxica dos sais levando a prejuízos no nível do citoplasma e elevação do potencial osmótico do meio próximo à rizosfera, o que leva a dificuldades com a absorção de água e nutrientes e com a germinação de sementes (LIMA; SILVA, 2010; DIAS et al., 2005; GHEYI; DIAS; LACERDA, 2010). Esse parâmetro também pode ser usado para o acompanhamento do processo de maturação de um composto, uma vez que à medida que a matéria orgânica vai sendo consumida pelos microrganismos reduzem-se também os ácidos orgânicos reduzindo, o teor de sais no substrato (KIEHL, 2004). Conforme descrito por Oliveira (2009), o valor de CE mais adequado para a germinação das sementes e desenvolvimento das plântulas deve estar entre 0,75 e 1,99 dS m⁻¹. Kiehl (2004) recomenda que a CE não exceda 4,0 dS m⁻¹. Para determinação da condutividade elétrica utilizou-se a metodologia descrita por Embrapa (2009) em extrato 1:10 (m/v), no qual tomaram-se 5,0 gramas de composto

in natura em frasco de plástico com tampa em seguida adicionando-se 50 mL de água deionizada. Em seguida as amostras foram agitadas a 220 rpm por 30 segundos, deixadas em repouso por 30 minutos para que se fizessem as leituras diretamente com aparelho condutímetro de bancada TECNOPON, modelo NT-CVM.

Figura 16 - Variação típica da Condutividade Elétrica em uma compostagem



Fonte: Gao et al. (2010).

Quadro 3 constam os parâmetros monitorados durante o processo de compostagem que necessitaram análises de laboratório. Com exceção da determinação do nitrogênio, as demais análises foram realizadas nos laboratórios de química do petróleo e metalografia do IFBA, campus de Simões Filho e no LASP.

Quadro 3 - Análises laboratoriais realizadas. Simões Filho – BA, 2012

Parâmetros	Local das análises	Metodologia
pH	*	Determinação de pH em água (EMBRAPA, 2009).
Umidade	*	Determinação da umidade a 60°C – 65°C (EMBRAPA, 2009).
Sólidos voláteis	*	Determinação por combustão a 550°C (EMBRAPA, 2009).
Nitrogênio total	Laboratório de solos LASP-IPA/VALEXPORT/EMBRAPA.	Determinação do nitrogênio total pelo método Semi-Micro-Kjeldahl (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).
Condutividade Elétrica	*	Determinação da condutividade elétrica em extrato 1:10 (m/v) (EMBRAPA, 2009).

Nota: *Laboratório de química do IFBA/Simões Filho

3.12 TESTE BIOLÓGICO

Uma forma eficaz para verificação do grau de maturação de um composto orgânico, consiste na realização de teste biológico no qual submete-se o composto recém produzido, ao desenvolvimento do processo de germinação e crescimento de uma espécie vegetal geralmente cultivável de maior sensibilidade a variações do meio. Conforme descrito por Kiehl (2004), espécies como agrião e o tomateiro são bons indicadores para esses testes. Para avaliação do grau de maturação em cada um dos compostos obtidos pelos diversos tratamentos foi adotado o teste de crescimento utilizando-se *Lycopersicon esculentum* Mill (tomateiro) como indicador. O teste biológico foi realizado no próprio galpão de compostagem, no qual foi substituída parte das telhas de cimento amianto por filme plástico transparente, a fim de se criar condições favoráveis ao desenvolvimento das plantas. O experimento foi conduzido segundo metodologia descrita por Kiehl (2004) em um delineamento inteiramente casualizado. Foram utilizados no teste sacos de polietileno de 500 ml, preenchidos com 0,5 litro de substrato resultante da mistura do composto com solo em diferentes proporções. Em cada saco foram utilizadas 20 sementes, cobertas por fina camada de areia e irrigadas diariamente ou conforme a necessidade (ATAÍDE et al., 2011).

A mistura do composto com solo foi distribuída nos sacos plásticos de acordo com a seguinte proporção em três repetições:

Testemunha – 100 % solo

T1 – 10 % de composto / 90 % de solo

T2 – 40 % de composto / 60 % de solo

T3 – 60 % de composto / 40 % de solo

T4 – 80 % de composto / 20 % de solo

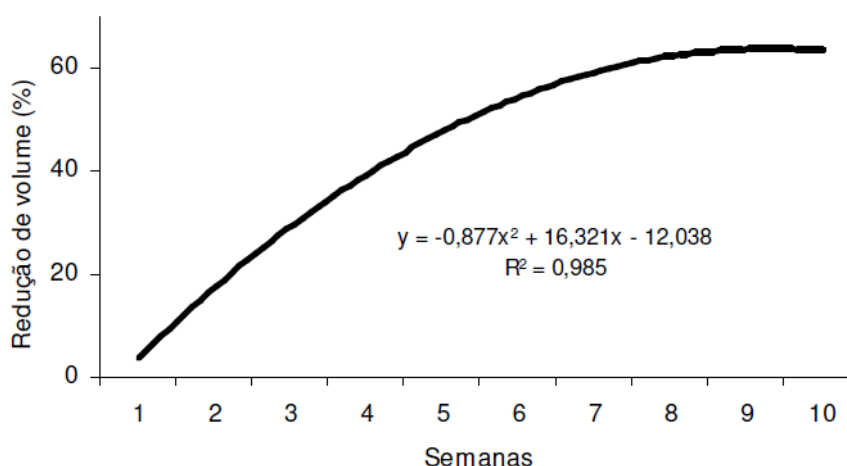
T5 – 100 % de composto

Ao final de 24 dias quando as primeiras plantas atingiram a altura de 8 a 12 cm, foram observados: germinação, vigor, sintomas de deficiência nutricional e peso das plantas.

3.13 VOLUME FINAL DO COMPOSTO

Conforme descrito por Costa et al. (2005), podem ocorrer em processos de compostagem, reduções de volume da ordem de 46 % em um período de 45 dias devido ao intenso metabolismo dos microorganismos na redução do carbono. Para obtenção dos volumes finais por parcela experimental, foram utilizados baldes graduados em litros, conforme metodologia descrita por Orrico Junior, Orrico e Lucas (2009).

Figura 17 - Variação típica do volume em uma compostagem



Fonte: Orrico Junior, Orrico e Lucas Junior (2009).

3.14 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Os resultados iniciais e finais obtidos durante as análises dos principais parâmetros investigados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e realizado teste de Tukey a 5 % de probabilidade a fim de se verificar o nível de significância entre as médias obtidas e possíveis influências dos tratamentos empregados sobre os resultados. Para os cálculos da ANOVA foram utilizados o software Statística versão 7.0 e planilhas no M.S. Excel.

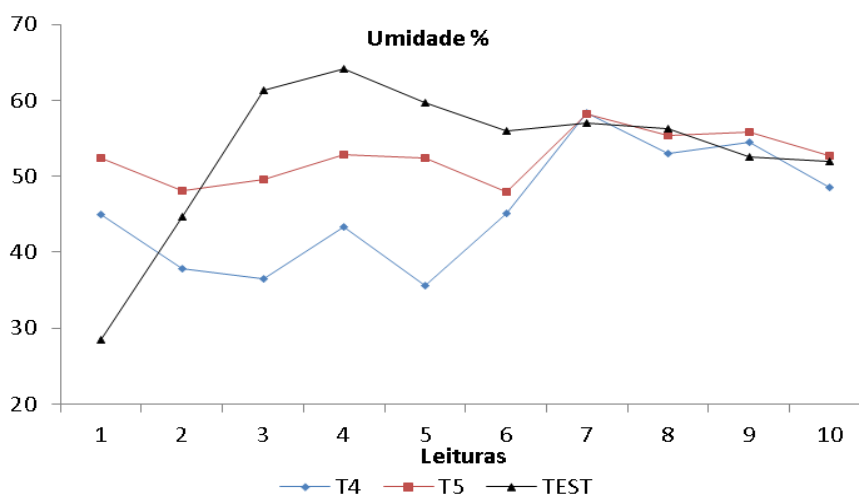
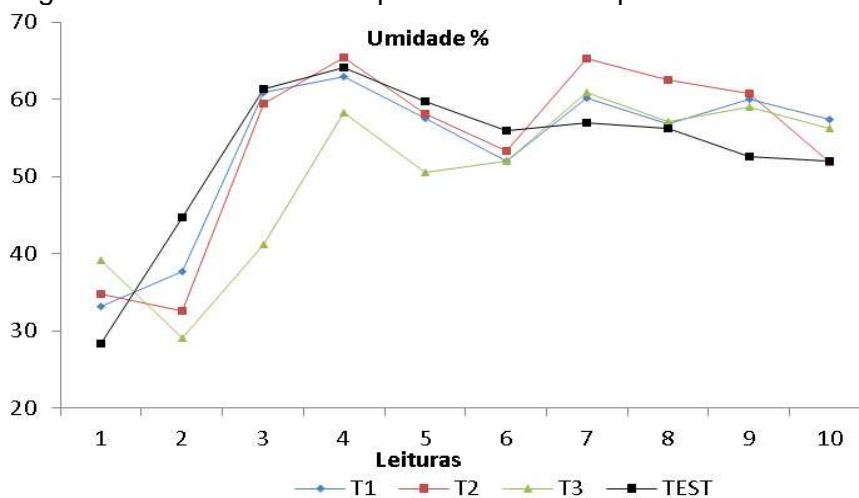
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados individuais dos parâmetros monitorados no processo de compostagem da borra de OGR com bagaço de cana-de-açúcar e esterco bovino, tiveram suas interpretações baseadas na comparação com os padrões apresentados na literatura específica e através da correlação entre os tratamentos com diferentes doses da borra de OGR e as respostas obtidas nas análises de laboratório e leituras de campo.

4.1 CONDIÇÕES DE UMIDADE E AERAÇÃO

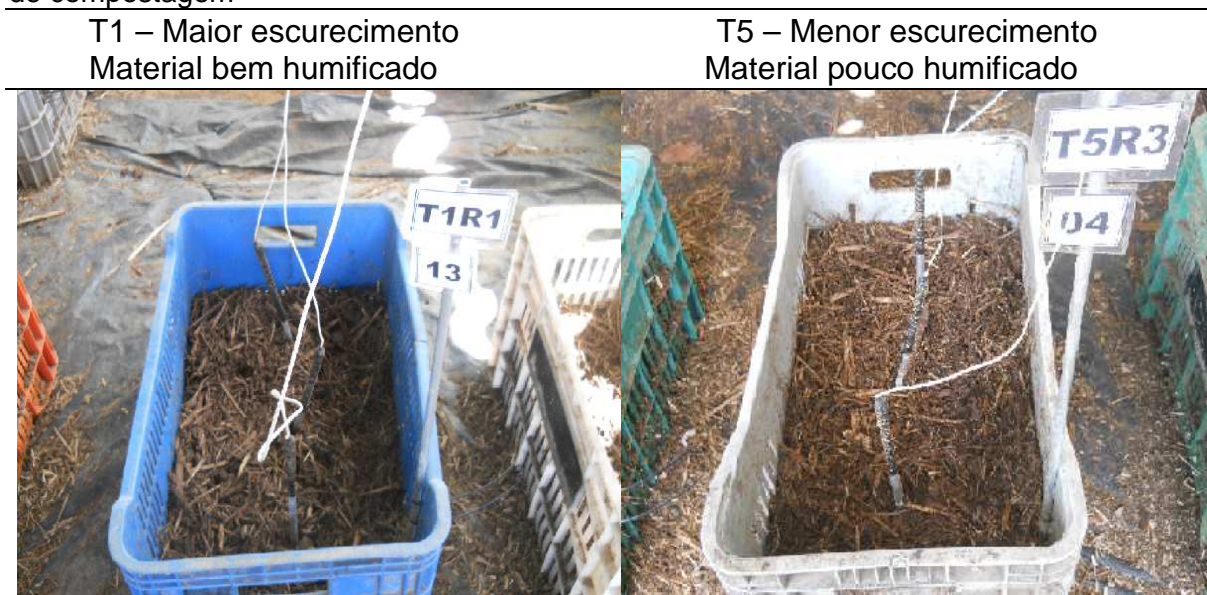
A água em quantidades adequadas tem um papel importante para o equilíbrio ambiental em uma compostagem. O excesso de umidade prejudica a troca gasosa entre as populações microbianas e o ambiente externo e, sua falta, reduz consideravelmente e até paralisa a atividade biológica (INÁCIO; MILLER, 2009). Diversos autores consideram que o teor de umidade em um processo de compostagem, deve se situar entre o mínimo de 40 e máximo de 65 % (KIEHL, 2010; PAULA; CEZAR, 2011; OLIVEIRA, 2011). Na Figura 18 estão apresentados os resultados das análises de umidade realizadas durante o período de 90 dias de compostagem para as dezesseis parcelas experimentais. No início do processo, foram constatados valores de umidade abaixo do mínimo recomendado na literatura, permanecendo na maioria dos tratamentos esta condição durante a primeira semana quando, a partir dos resultados das primeiras análises de umidade, foi possível constatar a necessidade de hidratação e sua devida correção. Tal fato ocorreu devido a precauções tomadas na mistura dos componentes dentro das caixas uma vez que, o elevado teor de umidade da borra de OGR, poderia provocar encharcamento dos substratos no início do processo, o que certamente teria sido um complicador para o estabelecimento das condições iniciais mais próximas do ideal. A partir da segunda semana de compostagem, observou-se a estabilização da umidade dentro da faixa ideal que foi mantida assim até o final do processo, para garantir as condições favoráveis à decomposição da matéria orgânica. Esse controle é extremamente importante a fim de manter o substrato isento de zonas de anaerobiose e com umidade suficiente para a metabolização da matéria orgânica pelos microrganismos.

Figura 18 - Umidade média por tratamento no período de 29/01/13 a 30/04/13



Durante o período de 90 dias, não foram observados nos compostos desprendimento de fortes odores amoniacais, presença em grandes quantidades de moscas e mosquitos, ou formação de chorume. A manutenção dessas condições, juntamente com os resultados das análises de umidade obtidas em laboratório, foram importantes indicativos da eficácia do controle da umidade e da aeração (BARBIERI; BARCELOS, 2009).

Figura 19 – Coloração do composto obtido para os tratamentos T1 e T5 ao final de 90 dias de compostagem



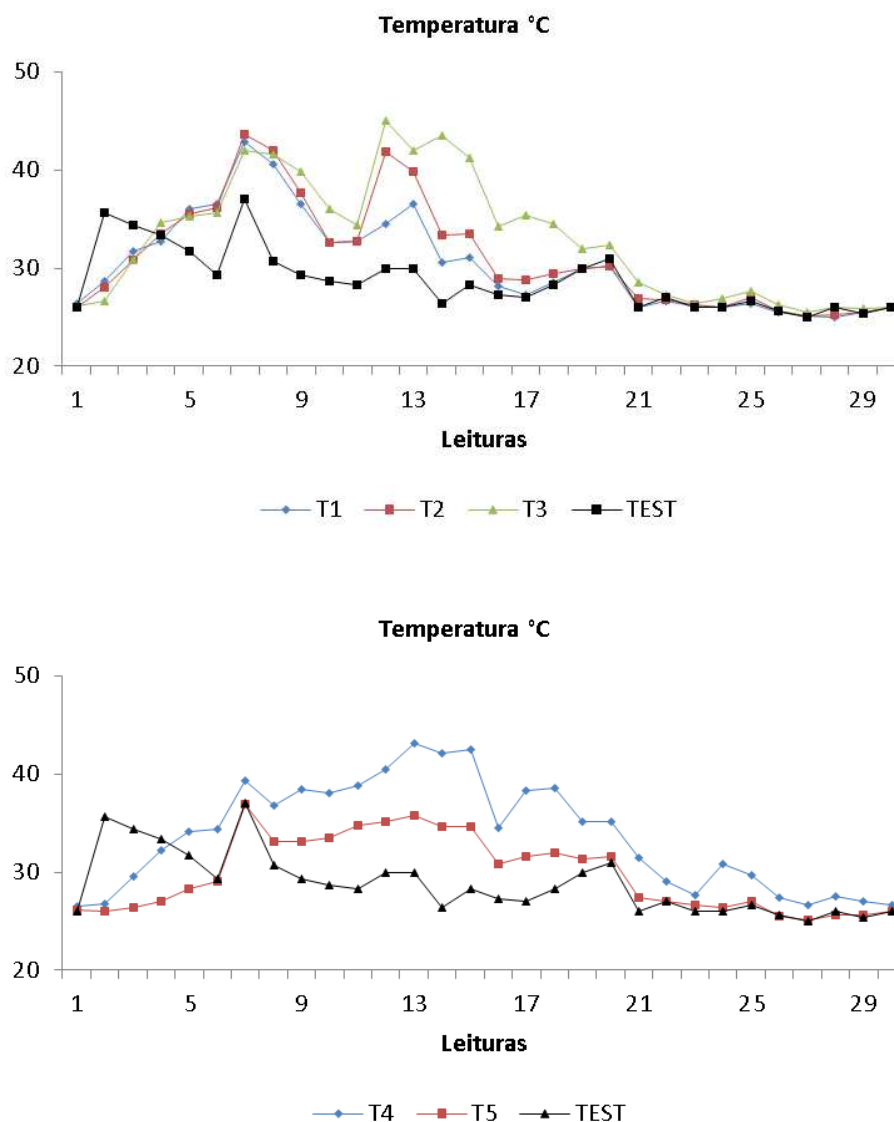
Devido ao estado de decomposição anaeróbia verificado na borra durante o período em que esteve armazenada em bombonas, os tratamentos que receberam doses acima de 20 % apresentaram forte odor, que diminuiu de intensidade à medida que toda a massa em compostagem foi sofrendo alterações físico-químicas ao longo dos 90 dias do experimento. Também, foi possível detectar nos tratamentos T3, T4 e T5 a presença em pequenas quantidades de moscas, mosquitos e larvas, condição esta que se estendeu até o final do processo, mesmo sem evidências de anaerobiose. Conforme se pode observar na Figura 19 durante a evolução do processo, os tratamentos que receberam menores doses da borra (T1 e T2), sofreram maior alteração do odor e coloração, adquirindo no final, cheiro de terra molhada e cor escura tendendo ao negro enquanto que, nos demais tratamentos (T3, T4 e T5) ocorreram odores da borra e a predominância de coloração marrom-amarelada até o final. Essas condições são fortes indícios de que, a compostagem teve melhor desempenho nos tratamentos com até 20% da borra adicionada ao material rico em nitrogênio, favorecendo maior formação de húmus no final, enquanto que, acima desse valor, ocorreram interferências importantes durante o processo, prolongando o tempo de decomposição do substrato.

4.2 TEMPERATURA

Considerado por diversos autores como um dos mais importantes parâmetros indicativos da eficiência de um processo de compostagem, a temperatura foi monitorada no presente trabalho, com leituras diárias nos primeiros dez dias e duas vezes por semana até o final de sessenta dias quando, o material compostado, entrou na fase de estabilização. Esse comportamento térmico tem sido observado também em outros trabalhos semelhantes (GRIGATTI; CAVANI; CIAVATTA, 2011; GAO et al., 2010; ZHU, 2007).

Em razão do metabolismo exotérmico dos microrganismos durante a decomposição da matéria orgânica, ocorre intenso desprendimento de calor que pode variar ao longo do tempo em fases distintas (mesófila, termófila e estabilização) a depender da atividade dos microrganismos especializados, que atuam e de acordo com a disponibilidade de nutrientes, oxigênio e água presentes no substrato (GUO et al. 2012).

Figura 20 - Temperatura média por tratamento no período de 25/01/13 a 25/03/13



Verifica-se na Figura 20, que todos os tratamentos desenvolveram temperaturas distintas desde o início do processo até o final com uma elevação no início e um gradual resfriamento que tendeu à temperatura ambiente ao final dos sessenta dias de compostagem. Entretanto é possível notar que apesar do ganho progressivo de calor ao longo dos primeiros dias, nenhuma das parcelas experimentais, ultrapassou os 45 °C na média, não passando portanto, à fase termófila que segundo a literatura encontra-se acima desse valor (INÁCIO; MILLER, 2009). Tal fato pode ser explicado pelos pequenos volumes de material compostados, que não foram suficientes para acumular o calor necessário e característico da fase termofílica,

provavelmente perdendo-se com facilidade dada a condição desfavorável de isolamento térmico (BARBIERI; BARCELOS, 2009).

No caso específico da testemunha, verificou-se um rápido aumento da temperatura nos primeiros oito dias alcançando o máximo de 37 °C e subsequente decréscimo. Essa foi a parcela que menores valores de temperatura desenvolveu ao longo do período estudado. Tal fato pode ter ocorrido devido ao estado de decomposição do esterco utilizado, em estado curtido e seco, e portanto com menor poder de inoculação do meio. Mesmo desenvolvendo temperaturas menores com relação aos outros tratamentos e aos padrões descritos na literatura, foi possível observar ao longo de todo o período de compostagem, que o processo de decomposição da matéria orgânica na testemunha se desenvolveu normalmente dando origem a um composto bem humificado de coloração negra e cheiro de terra molhada, características essa descritas pela literatura como o estado estabilizado e mineralizado da matéria orgânica na fase final de uma compostagem (KIEHL, 2004).

Diferentemente da testemunha, as outras parcelas experimentais desenvolveram temperaturas mais elevadas, demonstrando maior atividade microbiana durante o início do processo de compostagem e maior disponibilidade de carbono mais facilmente assimilável nessa etapa.

Conforme apresentado na Figura 20, com a evolução da temperatura ao longo do tempo, os tratamentos que receberam menores doses da borra de OGR (T1, T2 e T3), apresentaram um rápido ganho de calor nos primeiros dias indicando que as condições para decomposição da matéria orgânica se apresentaram mais favoráveis para esses tratamentos. Com relação aos demais (T4 e T5), o ganho de calor ocorreu mais lentamente, evidenciando a dificuldade de colonização do substrato pelas bactérias características da fase termofílica provavelmente, devido a interferência da borra de OGR no equilíbrio do meio.

Durante todo o período de leitura da temperatura no experimento, foi monitorado o teor de umidade e foi possível verificar que nos períodos de decréscimo de umidade, também ocorreu decréscimo de temperatura e ao se reestabelecer os níveis adequados de umidade e efetuados os revolvimentos do material, o ganho de calor foi observado cada vez menos intenso, até que ao final dos sessenta dias de compostagem, mesmo com a correção da umidade, não mais ocorreu acréscimo de

calor. Essa diminuição gradual e progressiva do calor gerado nas massas compostadas, é um forte indício de que o composto atingiu a fase de estabilização na qual todas as formas mais facilmente assimiláveis de carbono como carboidratos, proteínas e aminoácidos foram degradadas, restando apenas compostos de decomposição mais difícil (COSTA et al., 2009; BERNAL; ALBURQUERQUE; MORAL, 2009).

Observações visuais ao final dos noventa dias puderam levar à constatação de que na testemunha e nos tratamentos T1 e T2, o produto final apresentava aspecto escuro, amorfo e distinto dos materiais que lhe deram origem contendo fragmentos do bagaço de cana que não foram totalmente degradados devido a sua maior dimensão e predominância de compostos de mais difícil decomposição como hemicelulose, celulose e lignina (BARNABÉ et al. 2010; BERNAL; ALBURQUERQUE; MORAL, 2009).

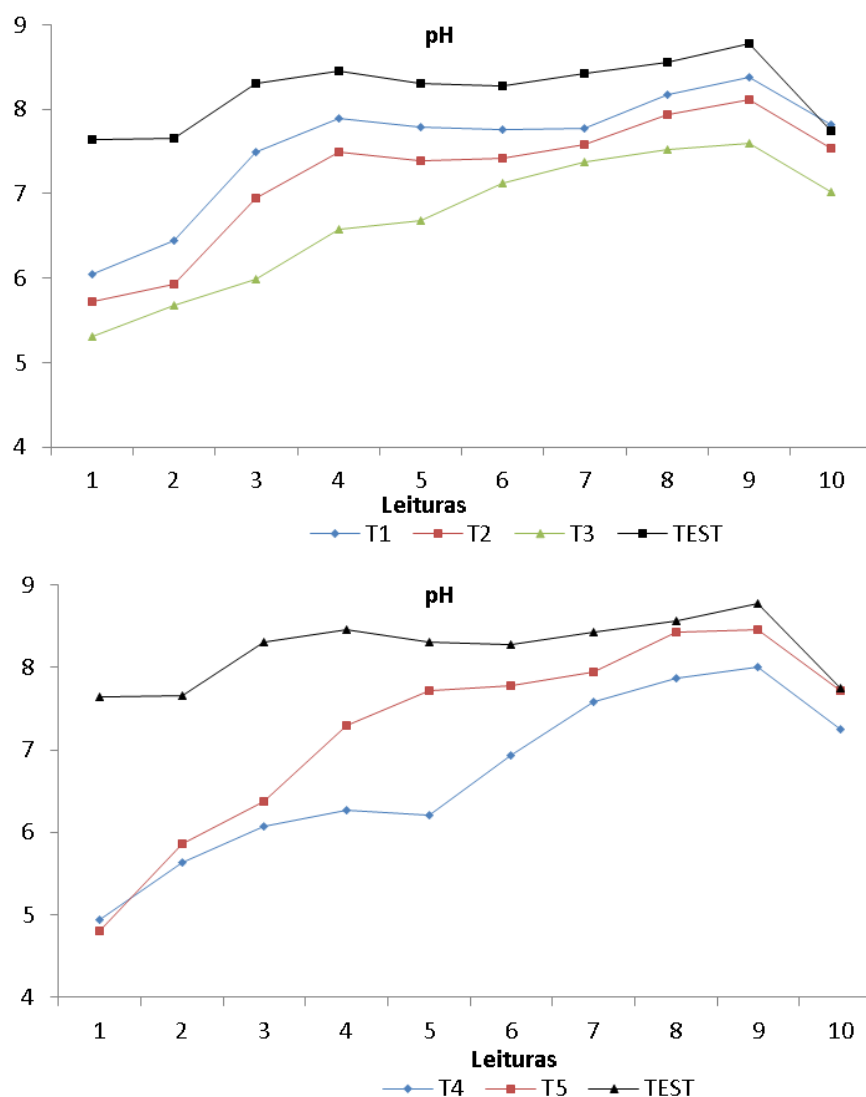
4.3 PH

No início de um processo normal de compostagem, ocorre a redução do pH devido a formação de ácidos orgânicos gerados pela decomposição da matéria orgânica, seguindo-se a gradual elevação desse índice em consequência do processo de formação de amônia durante a mineralização do nitrogênio orgânico (ZHU, 2007; GAO et al., 2010). Em todas as parcelas experimentais, mesmo aquelas que receberam as doses mais elevadas da borra de OGR, verificou-se que o pH atingiu o patamar esperado comprovando portanto, juntamente com a leitura de outros parâmetros como temperatura e umidade, que o processo desenvolveu-se sem grandes prejuízos mesmo com elevada acidez inicial. Na literatura específica são estabelecidas determinadas faixas ótimas de pH para que o processo possa iniciar e se desenvolver sem grandes prejuízos. De acordo com Pereira Neto (2007), um processo de compostagem pode se desenvolver em uma ampla faixa de pH que vai de 4,5 a 9,0. Essa maior elasticidade da faixa, é justificada pelo autor como aceitável já que a atividade microbiana em si, com a formação de inúmeros compostos orgânicos de reações diversas, consiste em fator suficiente para obtenção de um produto final próximo a neutralidade.

As curvas de evolução do pH ao longo do tempo apresentadas na Figura 21, demonstram que à medida que houve aumento da dose da borra de OGR no substrato, ocorreu também uma redução do pH que se mostrou mais expressiva durante a primeira semana de compostagem. Essa condição é justificada pela liberação de ácidos orgânicos no início do processo, e também devido ao alto índice de acidez da borra de OGR, (pH = 3,76).

Todas as curvas de pH analisadas na Figura 21 apresentaram um período de crescimento mais acentuado, no qual fica evidente a degradação mais intensa dos ácidos orgânicos com a formação de compostos alcalinos e outro período de estabilização, no qual as taxas de crescimento de pH se apresentaram menos expressivas até alcançar um leve decréscimo no final quando devido à conversão do nitrogênio amoniacal em nitrato, eleva-se a acidez do meio, o que proporciona ao produto final reação levemente alcalina próxima à neutralidade (PAREDES et al., 2005; KIEHL, 2004; OGUNWANDE; OSUNADE, 2011; MARAGNO; TROMBIN; VIANA, 2007; GAO, et al., 2010; COSTA et al., 2009).

Figura 21 - pH médio por tratamento no período de 29/01/13 a 30/04/13



Na Figura 22, estão apresentados os valores de pH na primeira semana do experimento onde é possível observar valores diferindo significativamente entre os tratamentos conforme resultados do teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Apesar dos elevados níveis de acidez iniciais observados nos tratamentos que receberam as maiores doses da borra de OGR, ao final do processo, em todos os tratamentos, ocorreu a estabilização do pH próximo a neutralidade como se pode ver na Figura 23.

É possível então afirmar que o efeito acidificante da borra no início não teve interferência no pH final do composto, o que comprova a capacidade natural da compostagem no ajuste do pH do meio (PEREIRA NETO, 2007).

Figura 22 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR no pH inicial do composto

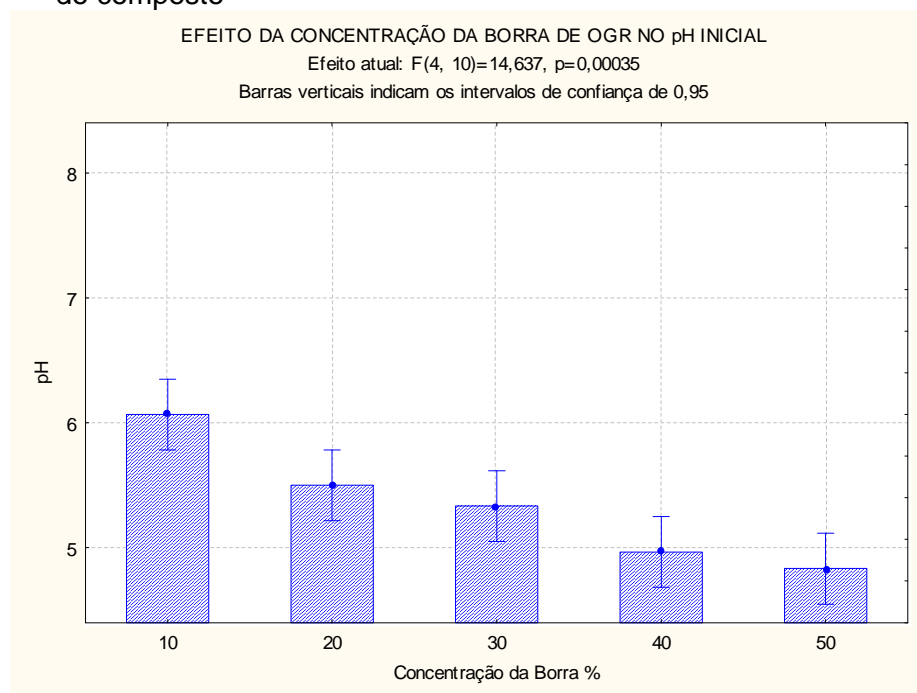
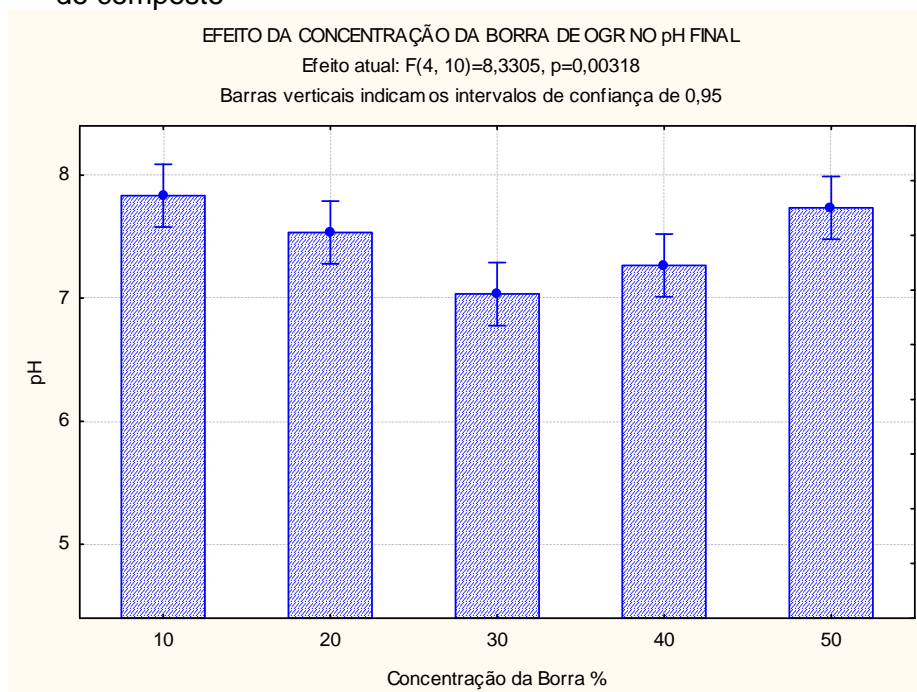


Figura 23 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR no pH final do composto



Comparando-se os resultados das medições de pH, obtidos nos cinco tratamentos com a testemunha, é possível também notar a forte influência da acidez da borra sobre toda a massa compostada. A literatura especializada recomenda a montagem das leiras de compostagem com materiais que tenham suas reações mais próximas

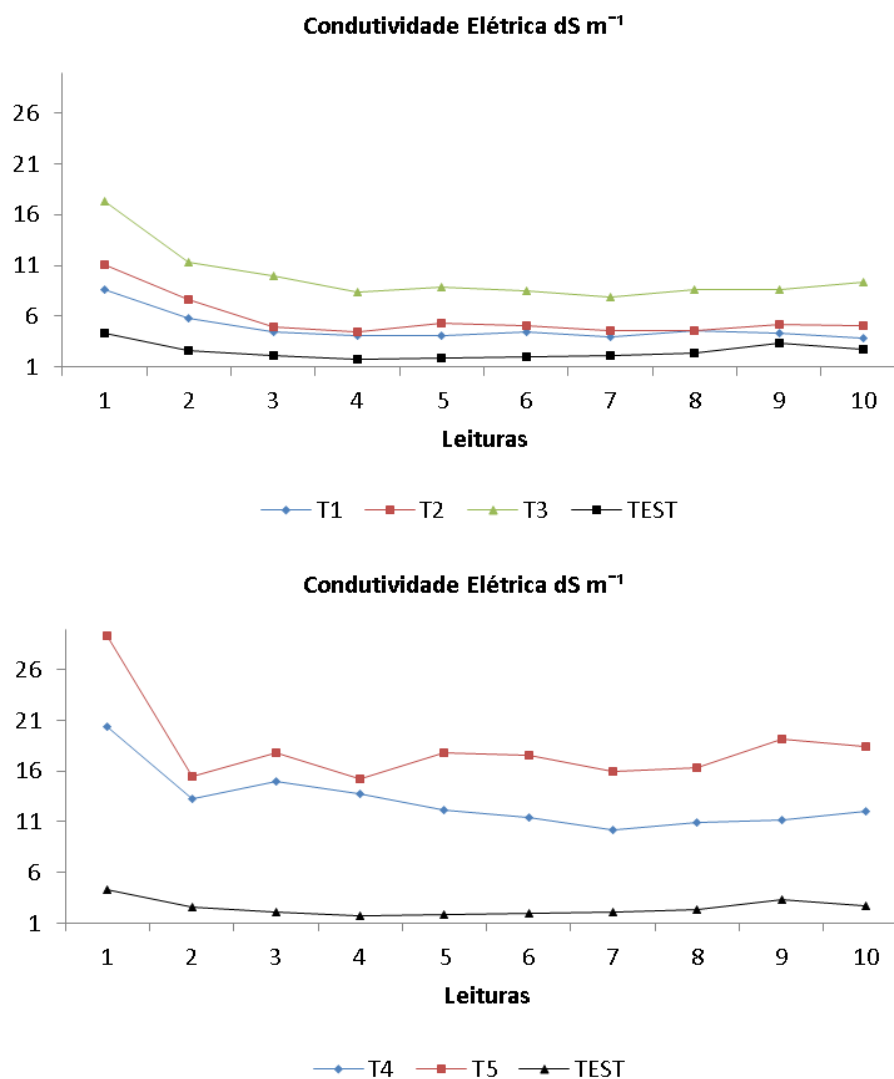
da neutralidade possível a fim de se evitar este inconveniente. Valores de pH próximos a neutralidade permitem que o início do processo não sofra interferências negativas com a inibição da atividade microbiológica e o estágio de estabilização da matéria orgânica ocorra em um menor espaço de tempo (KIEHL, 2004).

4.4 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE)

A medida da Condutividade Elétrica é importante parâmetro que pode revelar o grau de salinidade em compostos ou resíduos empregados como matéria-prima (OLIVEIRA, 2009). No início do processo de compostagem, existe uma tendência a valores mais elevados de CE, que podem ser atribuídos à liberação mais intensa de sais minerais como fosfatos e íons de amônio, decorrentes da decomposição de diversas substâncias orgânicas (GAO et al., 2010). Resíduos com alto teor de sais solúveis podem dar origem a compostos salinos que, ao serem adicionados em grandes volumes aos solos agrícolas, podem trazer problemas graves de salinização, principalmente quando as condições climáticas e de permeabilidade favorecerem ao acúmulo de sais nas camadas mais superficiais. Paredes et al. (2005) obtiveram em um estudo de compostagem com a água residual da indústria de extração do azeite de oliva, um produto final bem estabilizado mas com elevados teores de sais solúveis.

Na Figura 24 nota-se o significativo crescimento da CE inicial, à medida que se incorporou a borra de OGR em doses mais elevadas ao composto orgânico. O efeito da borra favorecendo o incremento da condutividade elétrica do substrato permaneceu até o final do processo. Os tratamentos que receberam maiores doses apresentaram valores superiores ao mínimo recomendado para compostos orgânicos.

Figura 24 - Condutividade Elétrica média no período de 29/01/13 a 30/04/13



As Figuras 25 e 26 apresentam os valores iniciais e finais respectivamente de CE por tratamento. Esses valores diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade apresentando-se mais elevados para os tratamentos cujas doses da borra de OGR foram maiores. Os maiores valores de CE, ocorreram na primeira amostragem e após duas semanas de iniciado o processo, em todas as parcelas experimentais, foram registradas as maiores taxas de redução de CE. Essas reduções dos sais minerais ao longo do período de compostagem são atribuídas ao processo natural de volatilização da amônia e a precipitação dos sais solúveis (GAO, et al., 2010).

Figura 25 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR na Condutividade Elétrica inicial do composto

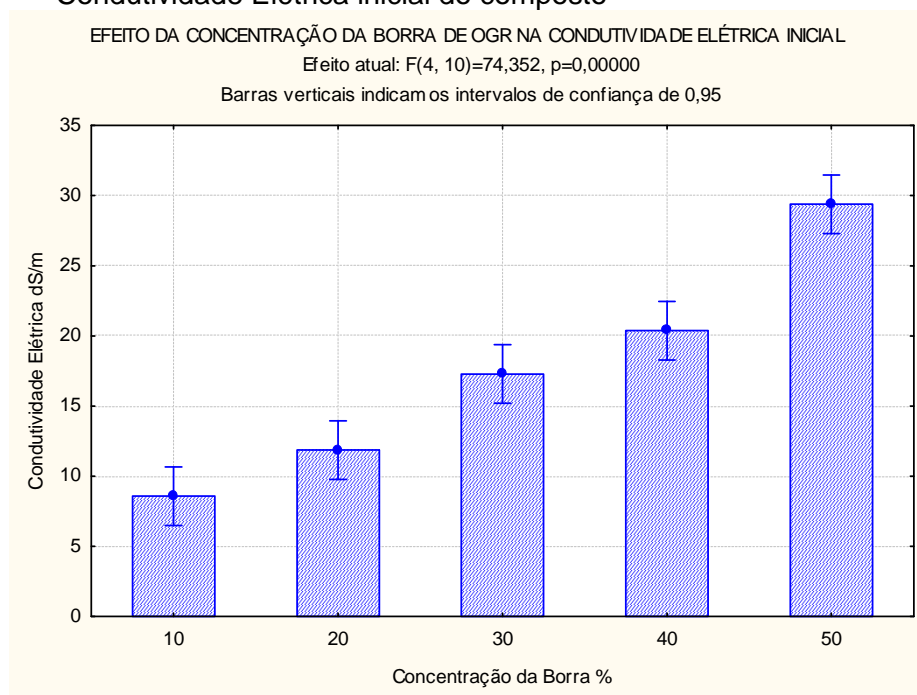
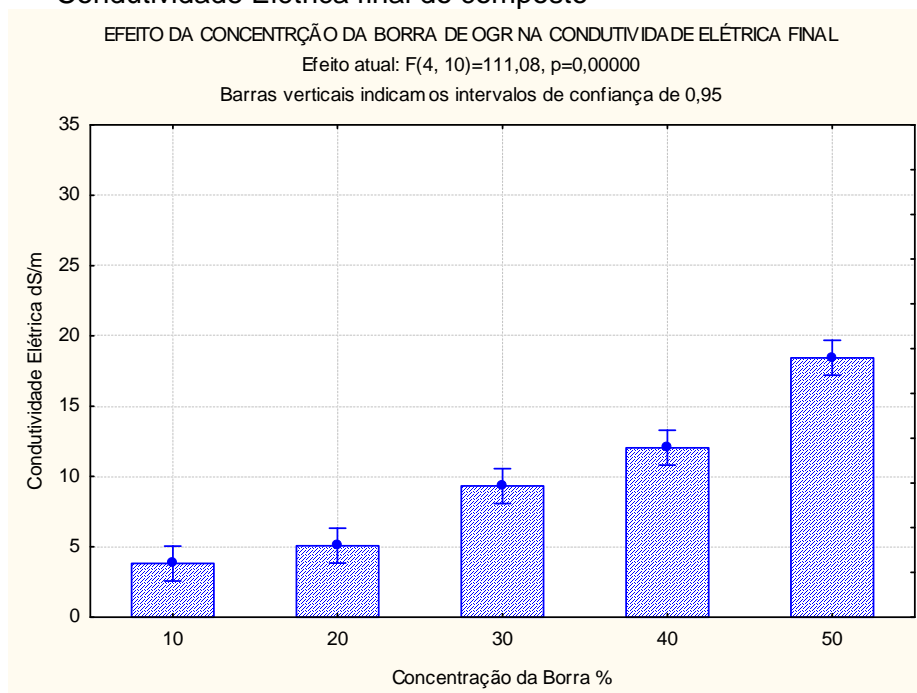


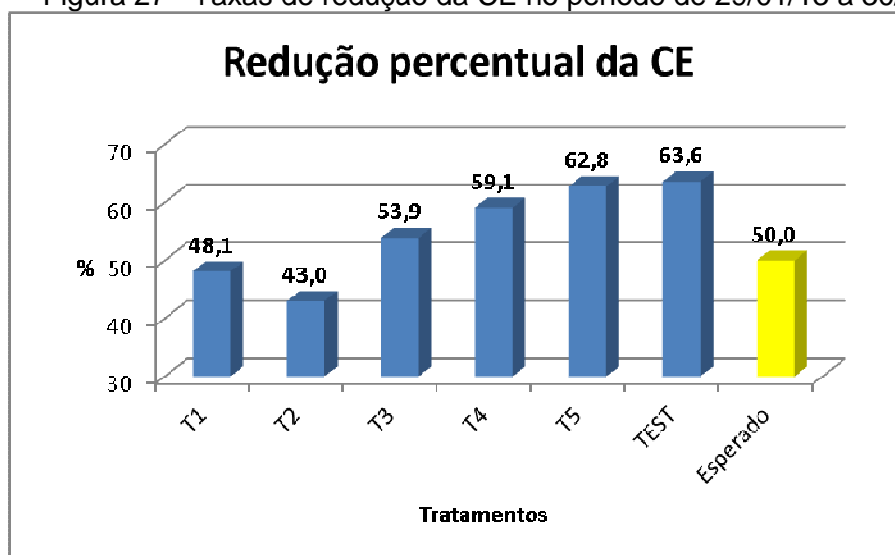
Figura 26 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR na Condutividade Elétrica final do composto



Na Figura 27 estão apresentadas as taxas de redução da CE para todos os tratamentos. As maiores taxas de redução da CE ocorreram nos tratamentos com maiores percentuais da borra e apesar dessas reduções, os valores finais,

mostraram-se muito acima do máximo recomendado na literatura de $4,0 \text{ mS cm}^{-1}$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ (CRAUL; SWITZENBAUM, 1996 apud KIEHL, 2004; GARCIA, HERNANDEZ; COSTA, 1991 apud SILVA; VILAS BOAS; SILVA, 2009, p.73). Conforme descrito por Kiehl (2004) a redução da CE ao longo de um período de compostagem equilibrada, deve ser de aproximadamente 50 % do valor inicial. No caso específico deste trabalho, a redução média entre todos os tratamentos foi de 53,38 %. A CE final, mostrou-se ligeiramente maior e próxima do valor de referência máxima para os tratamentos T1 e T2 e muito acima deste para os demais tratamentos. Estes indicadores revelam uma elevada salinidade para os compostos obtidos nos tratamentos T3, T4 e T5.

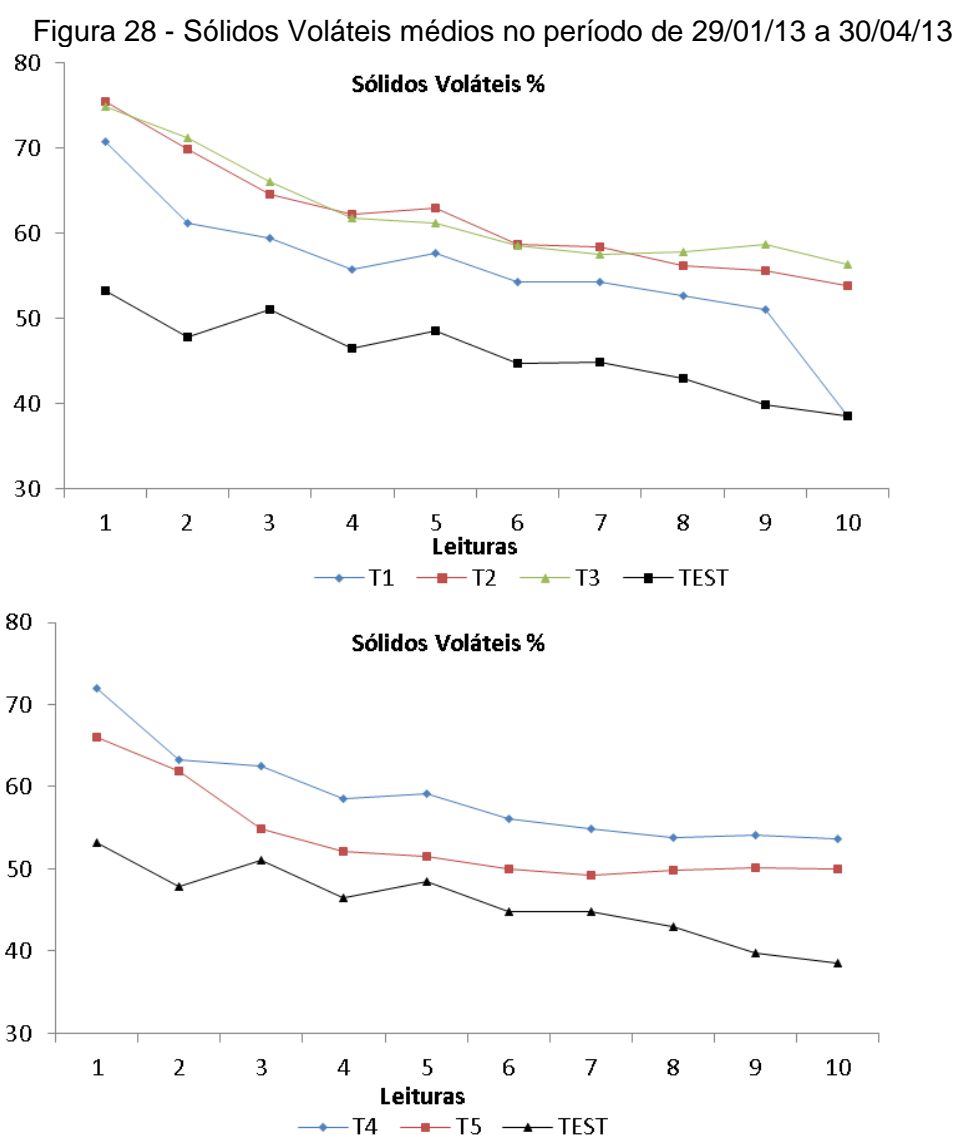
Figura 27 - Taxas de redução da CE no período de 29/01/13 a 30/04/13



4.5 SÓLIDOS VOLÁTEIS (SV)

Na Figura 28 os valores iniciais de sólidos voláteis se apresentam inicialmente próximos a 70 % para os cinco tratamentos, indicando a presença predominante de matéria orgânica na mistura em compostagem. Não se percebe significativas diferenças nos percentuais de matéria orgânica, entre a maioria dos tratamentos, com exceção do T5 com 50 % de borra adicionada ao material rico em nitrogênio. Essa diferença pode ser explicada pelo fato de que no tratamento T5 foi adicionada menor dose de esterco na formação do composto, o que pode ter contribuído para um resultado inferior dos SV.

Observa-se que após aproximadamente um mês e meio de compostagem, nos tratamentos T3, T4 e T5, a redução de matéria orgânica passou de um regime de intensa decomposição para o estado de estabilização com pequena redução apenas para o tratamento T3 no final do processo. Diferentemente dos tratamentos que receberam as maiores doses, T1 e T2 com 10 e 20 % de borra incorporados no material rico em nitrogênio respectivamente, apresentaram durante todo o processo, de forma semelhante à testemunha, redução de matéria orgânica de forma ininterrupta indicando que a atividade microbiológica manteve-se constante e ativa, consumindo intensamente carbono e favorecendo a mineralização de macro e micro nutrientes importantes para o enriquecimento do produto final.



Nas Figuras 29 e 30, a variação dos percentuais de matéria orgânica apresentam valores pouco significativos entre os diferentes tratamentos. Esse comportamento no

início e ao final do processo, sugere ausência de quaisquer influências dos diferentes percentuais de borra de OGR sobre os resultados de SV em ambas as fases.

Figura 29 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR no teor de Matéria Orgânica inicial do composto

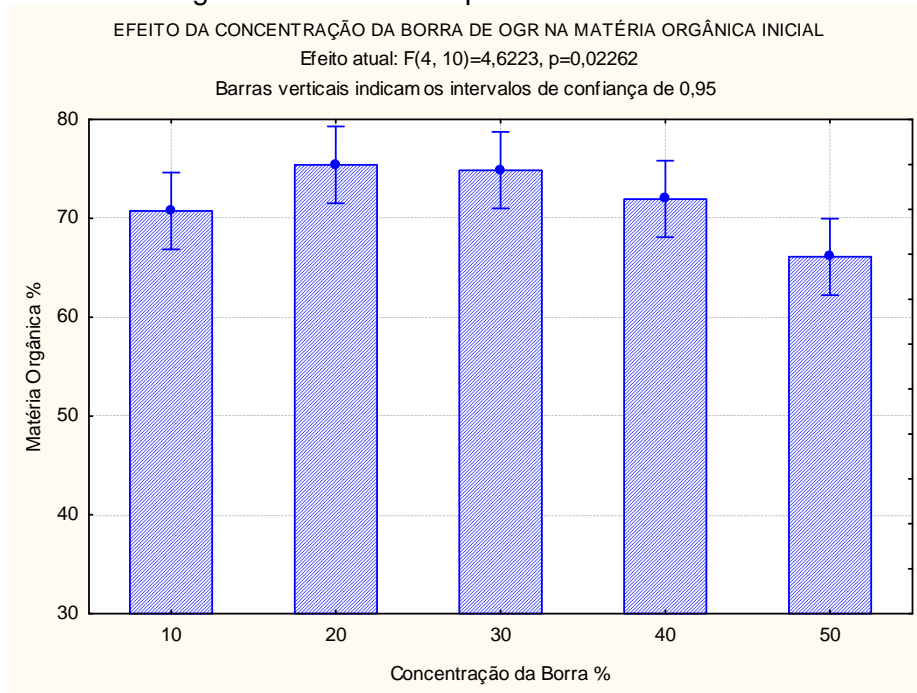
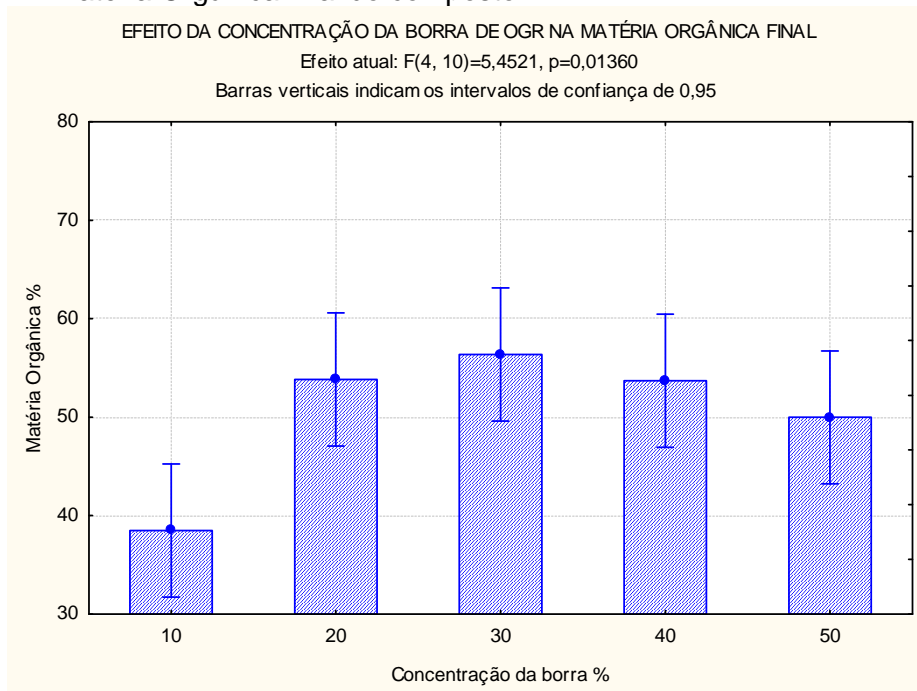


Figura 30 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR no teor de Matéria Orgânica final do composto



Verificou-se também, através de inspeções visuais, a redução dos volumes em cada uma das parcelas experimentais. Essas reduções apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos e mostraram-se mais expressivas nas parcelas experimentais que receberam 10 % da borra de OGR (T1), conforme se pode observar na Figura 31 através da redução dos sólidos voláteis. Tal comportamento pode ser explicado devido a maior intensidade de degradação da matéria orgânica pelos microrganismos, que normalmente ocorre mais intensamente no início do processo, e em ritmo menos intenso nas demais fases (GAO et al., 2010).

Os valores de volume final apresentados na Figura 32, mostraram-se menores para T1, T2 e Testemunha confirmando assim as maiores perdas de massa que geralmente ocorrem devido a redução imediata das fontes de carbono disponíveis (BERNAL; ALBURQUERQUE; MORAL, 2009). Nos tratamentos com doses da borra a partir de 30 %, a atividade microbiológica sofreu prejuízos provavelmente, pela dificuldade no processamento do substrato devido a sua menor condição de solubilidade e elevada relação C/N (RUGGIERI et al., 2008). Além das perdas de massa e volume devido à decomposição da matéria orgânica durante o período de compostagem também ocorreram reduções de volume em menores proporções, em função da retirada periódica de amostras em quantidades iguais para todos os experimentos (média de 200 g / amostra).

Figura 31 - Redução percentual dos Sólidos Voláteis no período de 29/01/13 a 30/04/13

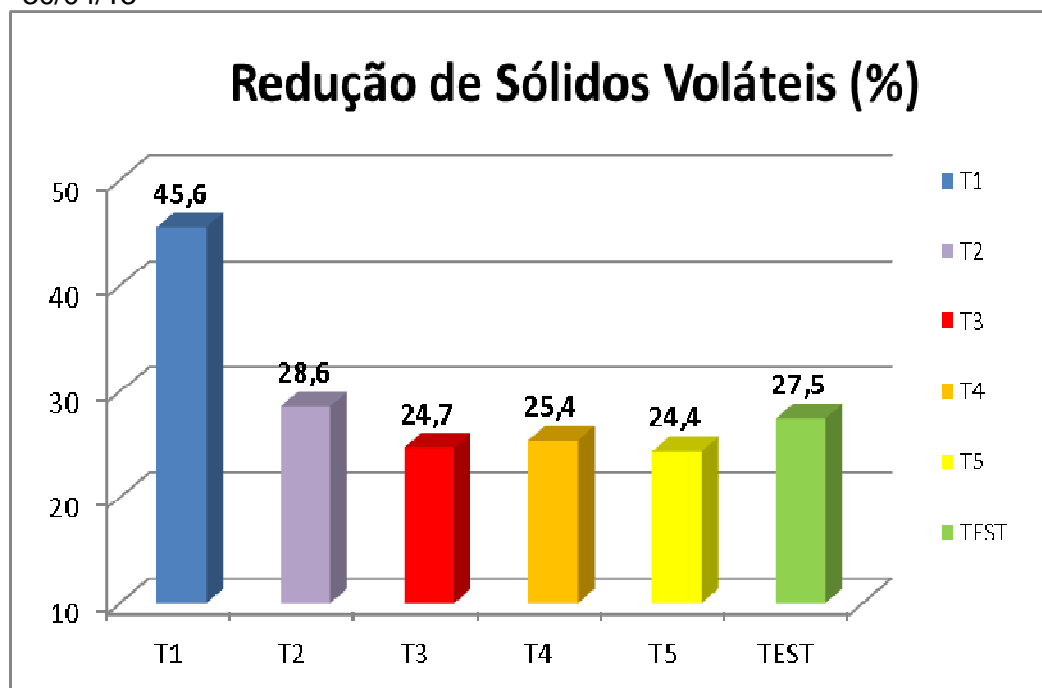
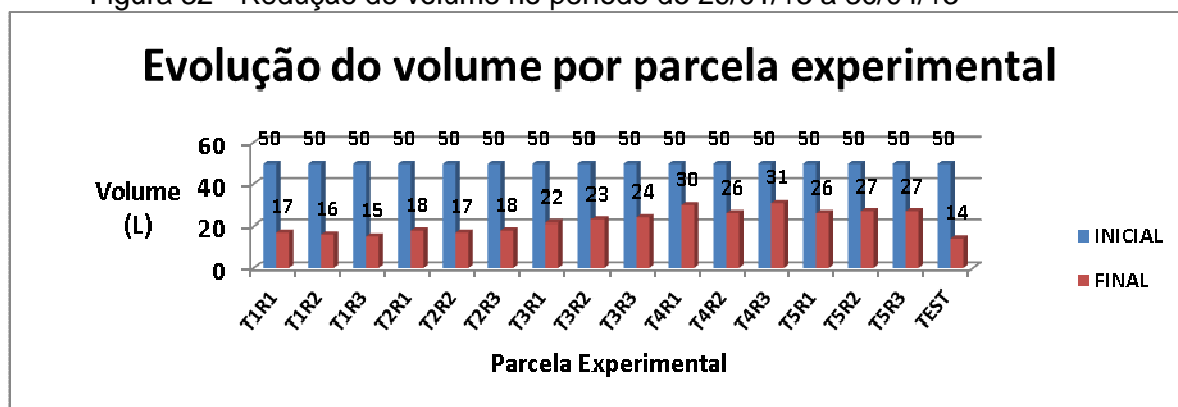
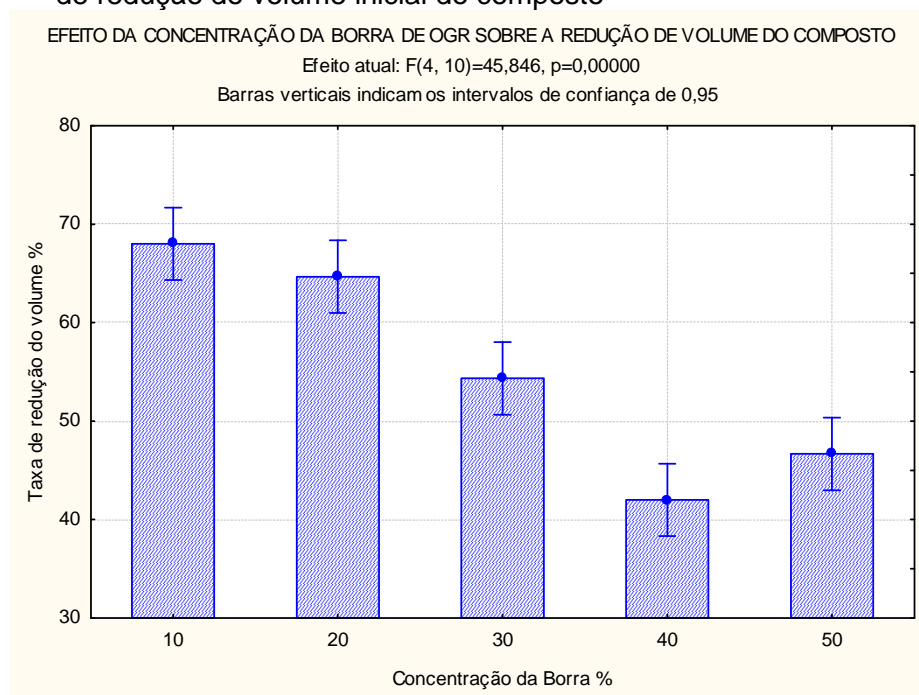


Figura 32 - Redução de volume no período de 29/01/13 a 30/04/13



Comparando-se os cinco tratamentos quanto ao efeito da borra de OGR sobre a taxa de redução de volume, observa-se na Figura 33 que esses valores mostraram-se mais expressivos nos tratamentos T1 e T2 que diferiram dos demais significativamente ao nível de 5 % de probabilidade. A análise prévia desse parâmetro permite, em conjunto com os demais, a comprovação da interferência das altas doses da borra de OGR sobre o desempenho do processo de compostagem.

Figura 33 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR sobre a taxa de redução do volume inicial do composto



4.6 RELAÇÃO C/N

Importante parâmetro para avaliação do desenvolvimento de um processo de compostagem, a relação C/N foi obtida no início e final da compostagem em todas as parcelas experimentais, a fim de se comparar seus valores iniciais e finais. De acordo com os resultados apresentados na Tabela 10, verifica-se que apesar dos cuidados iniciais para equilíbrio da relação C/N em torno de 30/1, os valores da relação para cada tratamento mantiveram-se entre 19 e 28/1 e os tratamentos T4 e T5 mais distantes da faixa ideal que, de acordo com Kiehl (2010), deve ser de 25 a 35/1. Entretanto para Silva et al. (2008), valores iniciais de C/N entre 20 e 70/1 podem ser observados na prática, sem que ocorram interferências negativas para o desenvolvimento dos microrganismos no processo de decomposição da matéria orgânica.

Tabela 10 - Parâmetros iniciais e finais por tratamento no período de 90 dias de compostagem

	pH		M.O. (%)		C.E. (dS m ⁻¹)		C (%)		N (%)		C/N	
	In.	Fin.	In.	Fin.	In.	Fin.	In.	Fin.	In.	Fin.	In.	Fin.
T1	6,1a	7,8a	70,8ab	38,5b	8,6c	3,8d	39,3ab	21,3b	1,7a	2,1a	23	10
T2	5,5b	7,5ab	75,4a	53,8a	11,9c	5,1d	41,9a	29,9a	1,8a	2,1a	24	14
T3	5,3bc	7,0b	74,9a	56,4a	17,3b	9,3c	41,6a	31,3a	1,5a	1,8a	28	17
T4	5,0bc	7,3ab	72,0ab	53,7a	20,4b	12,1b	40,0ab	29,8a	2,1a	1,9a	19	15
T5	4,8c	7,7a	66,1b	50,0ab	29,4a	18,4a	36,7b	27,8ab	1,9a	1,9a	19	15

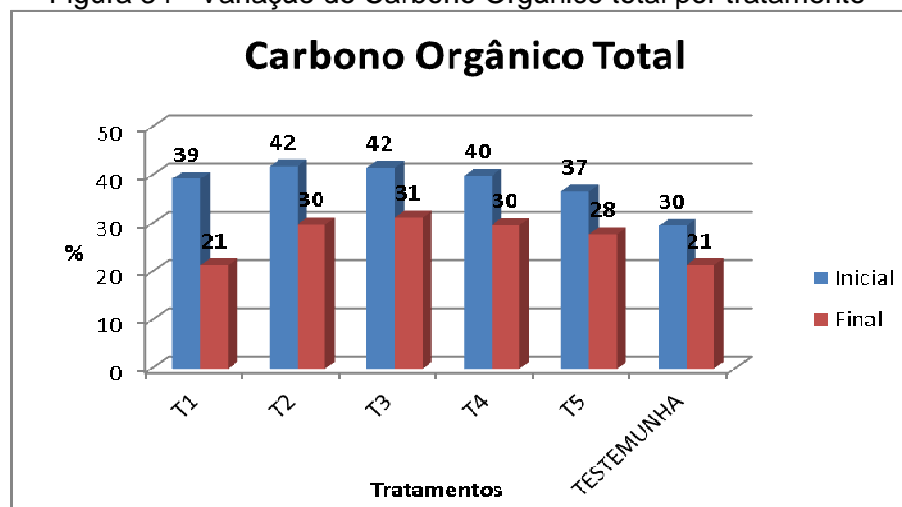
Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %

Com relação aos valores finais de C/N, verifica-se que ficaram mais próximos da faixa ideal (8 a 12/1) os tratamentos T1 e T2 e os demais apresentaram-se ligeiramente afastados dessa faixa para mais. Valores de C/N até o limite de 18/1 podem ser tolerados em um composto, sem riscos de fitotoxicidade uma vez que nesse estágio, o material já se encontra bioestabilizado (KIEHL, 2004).

Observa-se em todos os tratamentos uma redução de C/N que se apresenta mais acentuada para os tratamentos T1, T2 e T3 e com menor intensidade para T4 e T5. Esse comportamento pode ser explicado, pela maior intensidade da atividade microbiológica nos tratamentos que receberam menores doses da borra de OGR, fato que pode também ser constatado nos resultados de sólidos voláteis e na observação da variação de volume nas parcelas experimentais que apresentaram maiores valores quando se empregou doses da borra até 20 % em mistura com o material rico em nitrogênio.

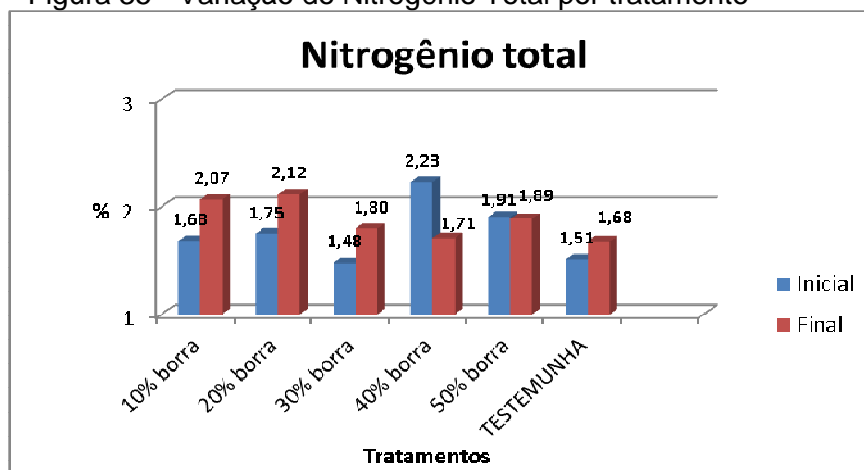
Na Figura 34 observa-se a variação dos teores de carbono entre o início e final do processo. Apesar da queda do volume inicial ter ocorrido em todos os tratamentos, esta foi mais intensa para o tratamento T1 e menos expressiva nos demais, demonstrando assim uma velocidade maior de decomposição da matéria orgânica e maior consumo de carbono pelos microrganismos com a incorporação de até 10 % da borra de OGR no material rico em nitrogênio.

Figura 34 - Variação do Carbono Orgânico total por tratamento



Com relação ao nitrogênio, é possível verificar na Figura 35, entre o início e final do processo, aumento nos teores para os tratamentos T1, T2 e T3, uma pequena redução em T5 e uma redução mais acentuada para T4. Ao final do processo de compostagem, normalmente se observa um ligeiro aumento nos teores de nitrogênio atribuído às perdas de outros compostos e redução do peso total do substrato.

Figura 35 - Variação do Nitrogênio Total por tratamento



Nas Figuras de 36 a 39, ao se comparar os tratamentos com relação aos teores de nitrogênio total e carbono orgânico, verifica-se que os mesmos não apresentaram entre si diferenças significativas ao nível de 5 % de probabilidade, evidenciando assim que a adição da borra não provocou alterações nos teores iniciais e finais desses elementos (KIEHL, 2004; PAREDES et al., 2005; OGUNWANDE; OSUNADE, 2011; SHARMA; SINGH; SHARMA, 2012).

Figura 36 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR no teor de Nitrogênio Total inicial do composto

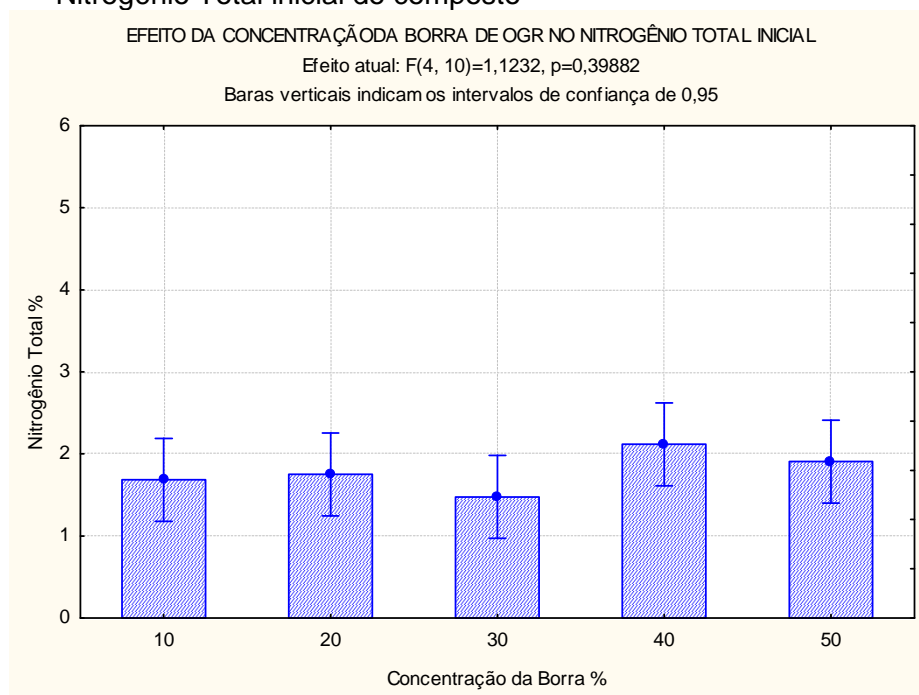


Figura 37 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR no teor de Nitrogênio Total final do composto

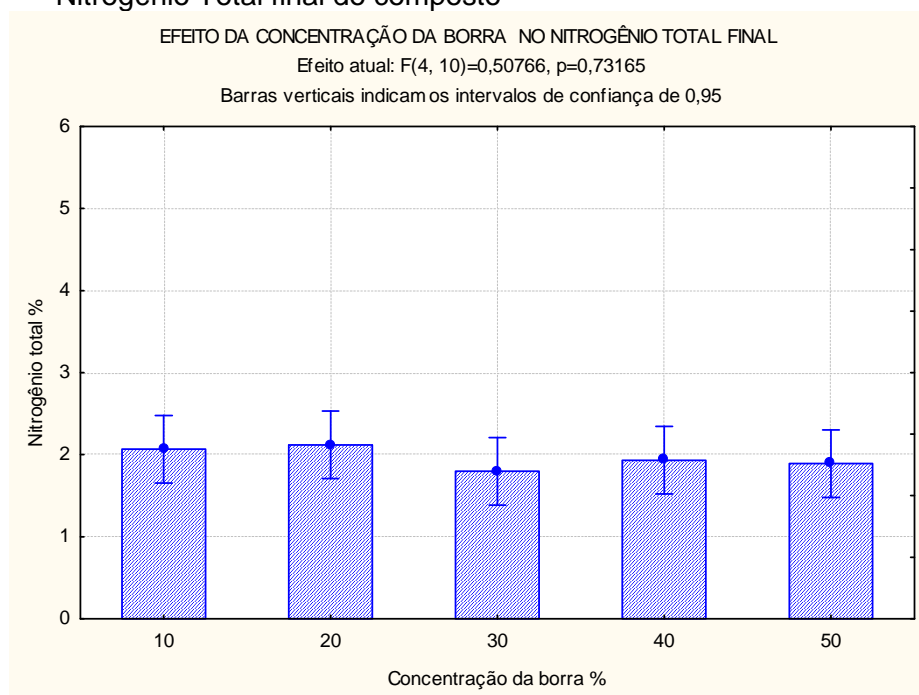


Figura 38 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR no teor de Carbono Orgânico Total inicial do composto

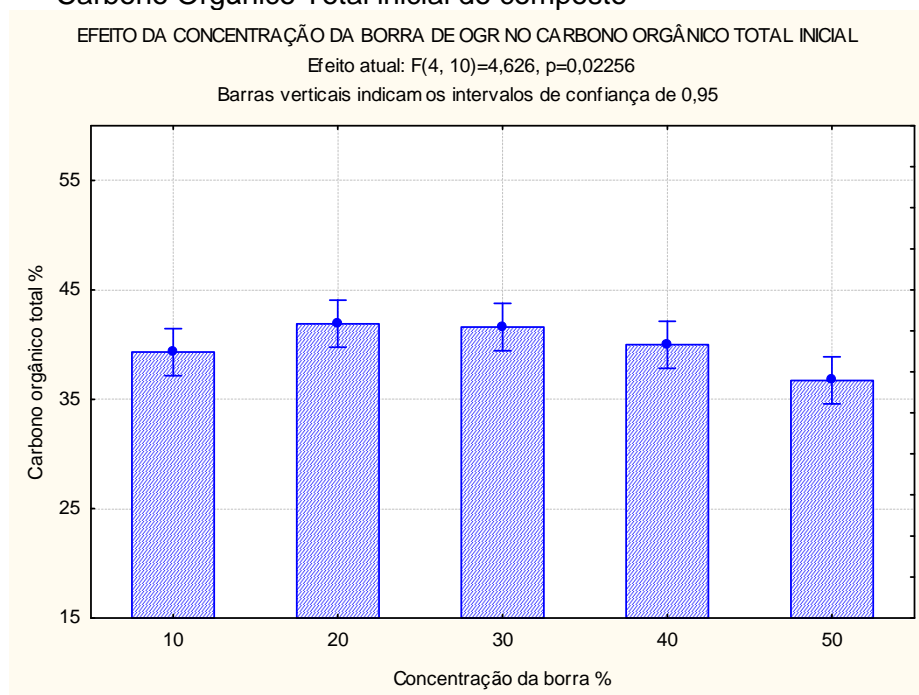
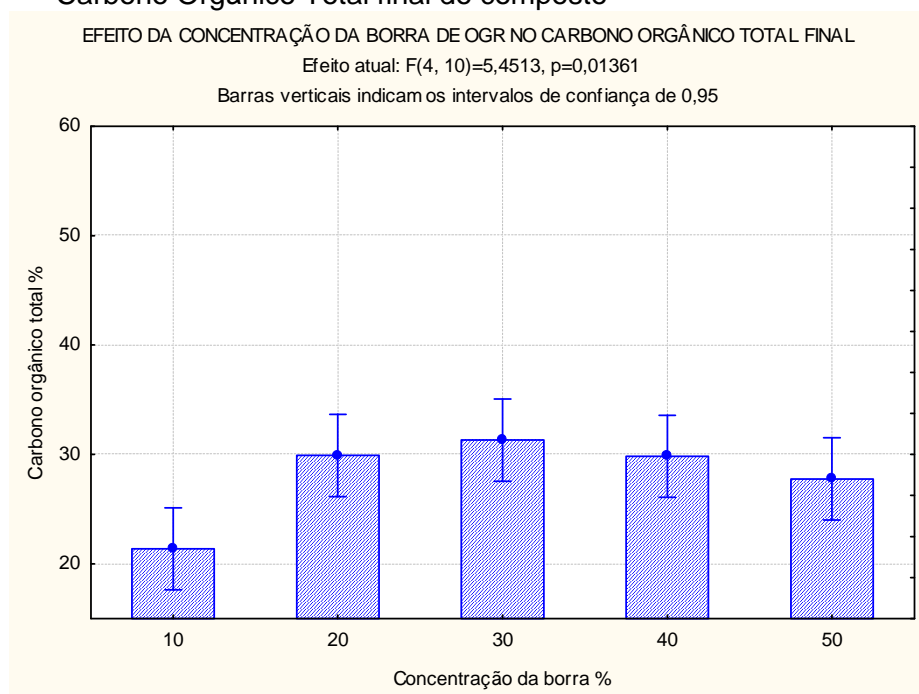


Figura 39 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR no teor de Carbono Orgânico Total final do composto



De acordo com a INSTRUÇÃO NORMATIVA N° 25 DE JULHO DE 2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, os compostos obtidos a partir de 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, são classificados como Classe “B”.

Conforme os resultados finais apresentados na Tabela 11, em todos os compostos obtidos estão atendidas as exigências mínimas do Ministério da Agricultura com relação aos parâmetros pH, N total, C orgânico total e relação C/N.

Tabela 11 – Comparação entre os parâmetros exigidos pelo Ministério da Agricultura e os resultados obtidos nos compostos com a borra de OGR

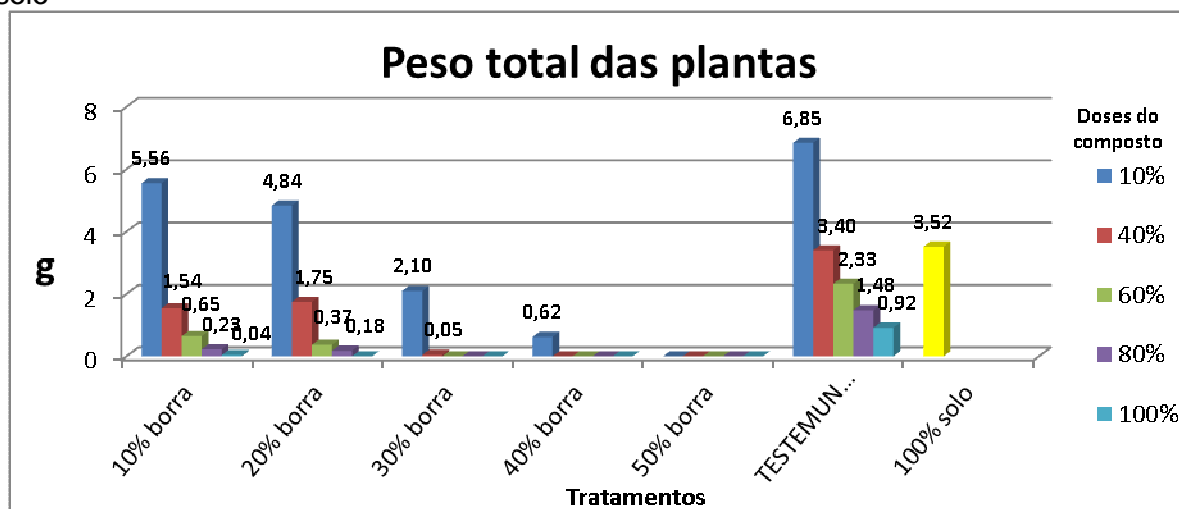
	Ministério da Agricultura ¹	T1	T2	T3	T4	T5
Parâmetros						
pH (min.)	6,0	7,8	7,5	7,0	7,3	7,7
N total (min.) %	0,5	2,1	2,1	1,8	1,9	1,9
C org. total (min.) %	15	21,3	29,9	31,3	29,8	27,8
C/N (máx.)	20/1	10/1	14/1	17/1	15/1	15/1

¹Parâmetros extraídos do anexo III da Instrução Normativa Nº 25 do MAPA

4.7 TESTE BIOLÓGICO

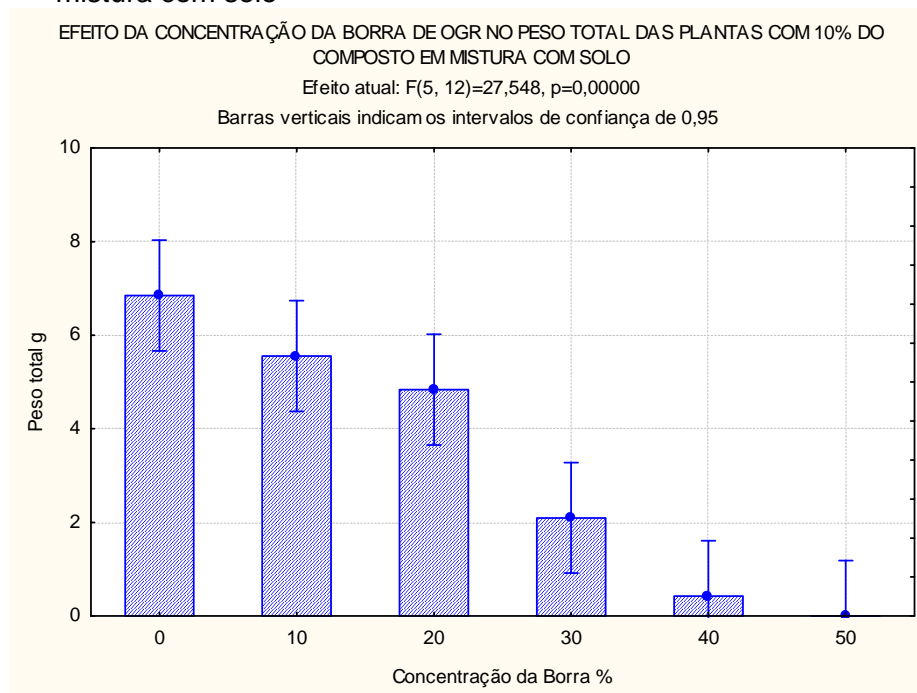
Algumas conclusões importantes a respeito do nível de interferência da borra sobre o composto, anteriormente apresentadas na análise individual de cada um dos parâmetros acompanhados durante o processo, tiveram sua pertinência comprovada pelo teste biológico de crescimento. Conforme os resultados apresentados na Figura 40, a partir do peso total das plantas de cada um dos experimentos nos quais se utilizou como planta indicadora o *Licopersicum esculentum* Mill, é possível constatar a ação fitotóxica dos compostos obtidos, quando da incorporação da borra de OGR em doses superiores a 20 % do material rico em nitrogênio. As dificuldades com germinação e crescimento das plantas mostraram-se mais severas para os tratamentos que receberam as doses de 30, 40 e 50 % de borra, demonstrando assim a sua inviabilidade para este fim nessas proporções. Os tratamentos T4 e T5 tiveram índices de germinação nulos, enquanto que T3 obteve germinação e algum crescimento das plantas quando incorporado ao solo apenas na proporção de 10 % mesmo assim, com resultados inferiores à testemunha.

Figura 40 - Peso total das plantas para diferentes proporções do composto em mistura com solo



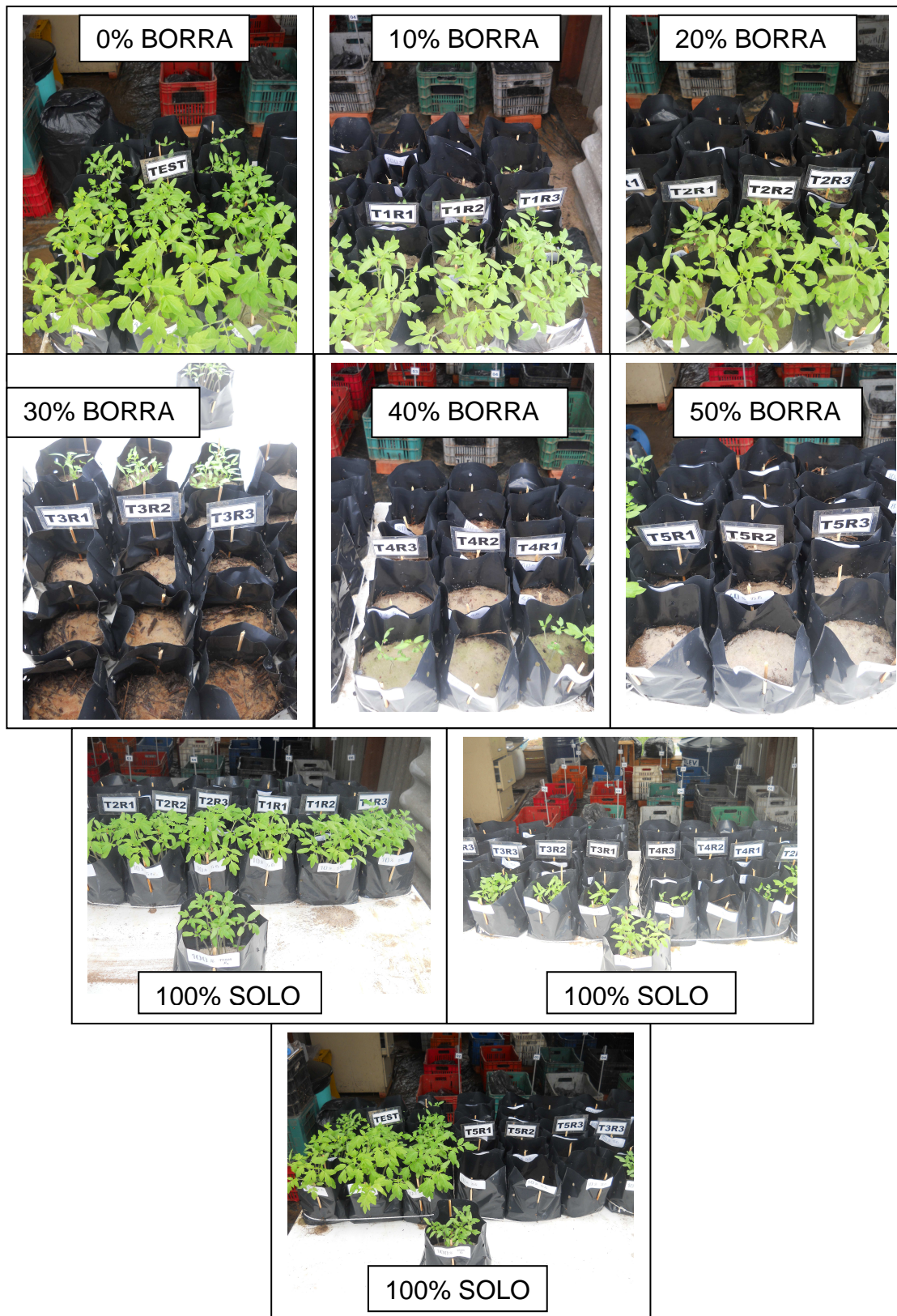
Conforme os dados apresentados na Figura 41, não foram observadas variações significativas de peso das plantas entre a testemunha, e os tratamentos T1 e T2. Para os tratamentos de T3 a T5 ocorreram variações mais significativas apresentando na maioria dos resultados, valores nulos o que evidencia ocorrência de efeito negativo da borra de OGR sobre o crescimento das plantas para os tratamentos com doses do resíduo superiores a 20 %. Comparativamente às provas em branco, nas quais foi utilizado apenas solo como substrato, foram obtidas respostas positivas aos tratamentos T1 e T2 com ganhos em peso de 58,0 e 37,5 % quando incorporados ao solo na concentração de 10 %. Para as demais concentrações, os valores obtidos demonstram importantes interferências tanto na germinação quanto no crescimento das plantas.

Figura 41 - Efeito de diferentes concentrações da borra de OGR no crescimento de *Licopersicum Sculentum* Mill para 10 % do composto em mistura com solo



Como o teste biológico foi realizado com os compostos após 90 dias de compostagem, os efeitos negativos sobre as sementes e plantas observadas podem ter ocorrido pela ação dos sais solúveis em excesso ou pela presença de matéria orgânica ainda em decomposição principalmente a celulose e a lignina as quais necessitam de período longo de maturação para que fungos e actinomicetos possam reduzi-las ao estado de húmus. A presença de matéria orgânica não decomposta em grandes quantidades próxima a região radicular das plantas leva a competição por nitrogênio por parte dos microorganismos, com prejuízos aos vegetais em crescimento que também necessitam do elemento (KIEHL, 2010). A Figura 41 mostra o experimento com *Licopersicum esculentum* Mill, submetido ao composto obtido a partir da mistura com bagaço de cana-de-açúcar com esterco bovino e a borra de OGR em cinco proporções. Nos tratamentos que receberam 30, 40 e 50 % da borra na composição do composto observa-se o efeito negativo do excesso de sais sobre a germinação e desenvolvimento das plantas.

Figura 42 - Teste de crescimento com a mistura do composto nas proporções de 10, 40, 60, 80 e 100 %



5 CONCLUSÕES

A destinação da borra de OGR para composição de processos de compostagem mostrou-se tecnicamente viável, desde que sejam tomadas algumas precauções a fim de se evitar interferências no processo e prejuízos ao produto final. Doses acima de 20 % não devem ser utilizadas quando se deseja um processo de compostagem rápido devido a dificuldade de degradação de componentes da borra e seus efeitos sobre o pH e a Condutibilidade elétrica do substrato.

Portanto:

- Os parâmetros de compostagem analisados como pH, Condutividade Elétrica, Sólidos Voláteis e relação C/N, demonstraram interferências significativas da borra de OGR sobre o desenvolvimento do processo, as quais mostraram-se mais severas para doses mais elevadas do resíduo.
- A compostagem pode ser uma alternativa viável para a destinação ecológica da borra de OGR contanto que seja observado o limite máximo em torno de 20 % de sua incorporação ao material rico em nitrogênio a fim de se assegurar que não ocorram interferências significativas durante o processo e que seu uso não venha trazer prejuízos aos solos e plantas cultivadas.
- Os compostos obtidos com adição da borra de OGR, apresentaram os parâmetros mínimos exigidos pelo Ministério da Agricultura para comercialização como fertilizante orgânico na classe “B”.

Há necessidade de estudos complementares para avaliação do processo com um período superior a 90 dias devido à dificuldade de degradação das gorduras provenientes da borra de OGR e a forte presença de sais solúveis e uma avaliação da composição química em termos de macro e micronutrientes necessita ser realizada a fim de se obter dados a respeito de ganhos em termos desses elementos nos compostos obtidos.

Ações urgentes no âmbito do poder público, são necessárias a fim de haja fomento a pesquisas para o desenvolvimento de novas tecnologias que agreguem valor ao resíduo coletado ou por meio de programas de educação ambiental voltados para as

populações dos grandes centros urbanos e comunidades cuja principal fonte de renda é proveniente dessa atividade.

Para que a atividade de coleta de resíduos urbanos obtenha êxito e torne-se autossustentável do ponto de vista econômico com a geração de trabalho e renda, deve-se instrumentalizá-la com infraestrutura adequada e a formação de recursos humanos, no nível de gerenciamento para as cooperativas de catadores de resíduos. Essas iniciativas são de fundamental importância para que aqueles profissionais tenham melhores condições de administrar suas atividades em iguais condições com as empresas do segmento de coleta e processamento de óleos de fritura, hoje estabelecidas nos grandes centros urbanos.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R. (Org.). **Biocombustíveis**: a energia da controvérsia. São Paulo: Editora SENAC, 2009. 184 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL. **ASTM D 6751**: Standard specification for biodiesel fuel blend stock (B100) for middle distillate fuels. Pensilvania, 2009.
- ARAUJO, V. K. W. S.; HAMACHER, S.; SCAVARDA, L. F. Economic assessment of biodiesel production from waste frying oils. **Bioresource Technology**. Rio de Janeiro, v.101, p. 4415-4422, fev. 2010.
- ATAÍDE, L. M. S. et al. Avaliação da fitotoxicidade do composto orgânico realizada a partir de ensaios envolvendo sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Scientia Plena**. Belo Horizonte, v. 7, n. 8, p. 1-12, ago. 2011.
- BARBIERI, R. H. T.; BARCELOS, I. S. Produção de fertilizante orgânico a partir do bagaço de cana-de-açúcar: Uma alternativa para o gerenciamento do resíduo oriundo de indústrias sucroalcooleiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8., Uberlândia. **Anais...** Minas Gerais: ABEQ, 2009.
- BARNABÉ, G. A. et al. Avaliação de compostos orgânicos durante o processo de compostagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ANÁLISE TÉRMICA E CALORIMETRIA, 7., 2010, São Pedro. **Anais...** São Paulo: ABRATEC, 2010.
- BERNAL, M. P.; ALBURQUERQUE, J. A.; MORAL, R.; Composting of animal manures and chemical criteria of compost maturity assessment: A review. **Bioresource Technology**, Murcia, v.100, p.5444-5453, 2009.
- BIODIESELBR. **História do biodiesel**. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/história/biodiesel-história.htm>>. Acesso em: 17 out. 2013.
- BLEY JUNIOR, C. et al. **Agroenergia da biomassa residual**: perspectivas energéticas, sócio-econômicas e ambientais. 2. ed. rev. Foz de Iguaçu; Brasília: Itaipu Binacional/FAO; Techno Politik, 2009. 138 p.
- BRASIL, N. A. et al.; Compostagem da borra residual do processo de pré-tratamento do óleo de fritura. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 5, CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 8., 2012, Salvador. **Anais...** Bahia: G-ÓLEO/UFLA, RBTB/MCTI, SECTI-BA, 2012. p. 1631-1632.
- BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis. Superintendência de Refino e Processamento de Gás Natural – SRP. **Boletim Mensal de Biodiesel**. jan./dez. 2010.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis. Resolução Nº 25, de 2 set 2008. **Diário Oficial de União**, 3 set 2008. Disponível em: <http://www.udop.com.br/.../res_25_autorizacao_producao_biodiesel.pdf>. Acesso em: 6 set. 2012.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis. Resolução Nº 7, de 19 mar. 2008. **Diário Oficial da União**. 3 set. 2008, Disponível em: <http://www.udop.com.br/download/.../res_7_comercializacao_biodiesel.pdf>. Acesso em: 6 set. 2012.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis. Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel. Apresentação realizada na Comissão de Agricultura e Reforma Agrária do Senado Federal, em 14 de julho de 2011. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/atividade/comissoes/CRA/AudPub.asp>> . Acesso em: 14 set. 2012.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis. Editais dos Pregões Eletrônicos de Biodiesel de 2005 a 2011: Disponível em <<http://www.anp.gov.br/?pg=68188&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=1382127234299>>. Acesso em: 20 abr. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa Nº 25 de 23 de julho de 2009. **Diário Oficial da União**. 28 jul. 2009. Disponível em: <http://www.ibd.com.br/Media/arquivo_digital/dd2e91b3-9eb6-4471-b9e1-f829190201de.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2013.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Lei 11.097 de 13 de janeiro de 2005. **Diário Oficial da União**. 14 jan. 2005. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/.../Lei/L11097.html>. Acesso em: 5 maio 2012.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Lei 8.666 de 21 de julho de 1993. **Diário Oficial da União**. 22 jun. 1993. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm>. Acesso em: 4 nov.2012.

COSTA, M. S. S. de. et al. Compostagem de resíduos da indústria de desfibração de algodão, **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 540-548, maio/ago. 2005.

COSTA, M. S. S. de. et al. Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n.1, p. 100-107, 2009.

CRAUL, P. J.; SWITZBAUM, M. S. Developing biosolids compost specifications. **BioCycle**, Emmaus, v.37, n.12, p. 44-47, dec. 1996.

DIAS, N. da S. et al. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se extratores de solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 496-504, 2005.

DINIZ FILHO, E. T. et al. A prática da compostagem no manejo sustentável de solos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa (GVAA)**, Mossoró, v.2, n.2, p.27-36, jul./dez. 2007.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Preparo de Composto Orgânico na Pequena Propriedade Rural**. Petrolina, EMBRAPA – SEMI-ÁRIDO 2001. 4.p. (Instruções Técnicas, 53).

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Informação Tecnológica, 2009. 628p.

EMBRANDIRI, A. et al. Land application of biomass residue generated from palm oil processing: its potencial benefits and threats. **Environmentalist**, Penang, v.32, p. 111-117, 2012.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **Em 14214: Automotive Fuels – Fatty Acid Methyl Esters (FAME) For Diesel Engines – Requeriments and test methods**. Brussels, 2008. 15 p.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. S. **Manual prático para a compostagem de biosólidos**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, Grupo de pesquisa em saneamento básico – PROSAB, Coordenação Nacional da Rede Tema IV, 1996. 91 p.

FIORI, M. G. S.; SCHOENHALS, M.; FOLLADOR, F. A. C.; Análise da evolução tempo-eficiência de duas composições de resíduos agroindustriais no processo de compostagem aeróbia. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n. 3, p. 179-191, set./dez. 2008.

FRANÇA, F. C. C.; ARICA, G. G. M. de. Tratamento Sustentável do Lixo Eletrônico em Instituições de Ensino Superior: estudo de Caso. In. ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 12., 2010, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FEA/USP, 2010.

FREITAS, C. H.; PENTEADO, M. S. **Biodiesel: energia do futuro**. Monte Alto: Letra Boreal, 2006. 142 p.

GAO, M. et. al. The effect of aeration rate on forced-aeration composting of chicken manure and sawdust. **Bioresource Technology**, Beijing, v. 101 p.1899–1903, 2010.

GARCIA, C.; HERNANDEZ, T.; COSTA, F. Study on water extract of sewage sludge composts. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 37, p. 399-408, 1991.

GERIS, R. et al. Biodiesel de soja: reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica. **Química Nova**, São Paulo, v.30, n.5, p. 1369-1373, sep./oct. 2007.

GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de. **Manejo da salinidade na agricultura**: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade – INCTSal, 2010. 27 p.

GRIGATII, M.; CAVANI, L.; CIAVATTA C. The evaluation of stability during the composting of different starting materials: Comparison of chemical and biological parameters. **Chemosphere**, Bologna, v. 83, p. 41-48, 2011.

GONÇALVES, M. F.; EVANGELISTA, F. R. Os descompassos do programa nacional de produção e uso de biodiesel (PNPB) no nordeste. In. CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., Rio Branco. **Anais...** Acre: SOBER, 2008.

GUABIROBA, R. C. S.; D'AGOSTO, M. A. O impacto do custo de coleta do óleo residual de fritura disperso em áreas urbanas no custo total de produção de biodiesel: estudo de caso. **Transportes**, São Carlos, v. 19, n. 1, p. 68-76, 2011.

GUERRA, R. L. H. et al. Glicerina bruta mista na alimentação de frangos de corte (1 a 42 dias). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 12, n. 4, p. 1038-1050, out./dez. 2011.

GUO R., et al. Effect aeration rate, C/N ratio, and moisture content on the stability and maturity of compost. **Bioresource Technology**, Beijing, v. 112, p. 171-178, 2012.

HALL, L. B. et al. Bio-degradation of olive oil husks in composting aerated piles. **Bioresource Technology**, Lisboa, v. 96, p. 69-78, 2005.

HILL, K. Fats and oils as oleochemical raw materials. **Pure and Applied Chemistry**, Alemanha, v. 72, n. 7, p. 1255–1264, 2000.

HOCEVAR, L. Biocombustível de óleos e gorduras residuais: A realidade do sonho. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2., 2005, Varginha. **Anais...** Minas Gerais: Universidade Federal de Lavras e Prefeitura Municipal de Varginha, 2005.

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

IPNI – INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE. **Evolução do consumo aparente de N, P e K no Brasil**. Disponível em: <<http://brasil.ipni.net/article/BRS-3132>>. Acesso em: 17 dez. 2012.

JURAS, I. da A. G. M. Legislação sobre resíduos sólidos: exemplos da Europa, Estados Unidos e Canadá. Brasília: Câmara dos Deputados, 2005.

KIEHL, J. E. **Manual de Compostagem**: maturação e qualidade do composto. 4. ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2004. 173 p.

KIEHL, J. E. **Novo fertilizantes orgânicos**. 1. ed. rev. atual. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2010. 247 p.

- KNOTHE, G. et al. **Manual de biodiesel**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2006. 340 p.
- KOLESÁROVÁ, N. et al. Utilization of Biodiesel by Products For Biogás Production. **Journal of Biomedicine and Biotechnology**, Bratislava, v. 2011, p. 1-15, 2011.
- KUTER, G. A. (Coord.). **Biosolids composting**. Alexandria, VA: Water Environmental Federation, 1995. 187 p.
- LEITE, A. D. **A energia do Brasil**. 4. ed. Rio de Janeiro: Nova fronteira, 1997. 528 p.
- LEONETI, B. L.; LEONETI, V. A.; OLIVEIRA, S. V. W. B. Glycerol as a by-product of biodiesel production in Brazil: Alternatives for the use of unrefined glycerol. **Renewable Energy**, Ribeirão Preto, v. 45, p. 138-145, 2012.
- LIMA Jr, J. A.; SILVA, A. L. P. Estudos do processo de salinização para indicar medidas de prevenção de solos salinos. **Enciclopédia Biosfera - Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 6, n. 11, 21 p., 2010.
- LIN, L. et al. Opportunities and challenges for biodiesel fuel. **Applied energy**. Zhenjiang. v. 88, n. 4, p. 1020-1031, 2011.
- LÔBO, I. P.; FERREIRA, S. L. C.; CRUZ, R. S. da. Biodiesel: parâmetros de qualidade e métodos analíticos. **Química Nova**. Ilhéus, v. 32, n. 6, p. 1596-1608, 2009.
- LOFRANO, R. C. Z. Uma revisão sobre biodiesel. Pensamento Plural. **Revista Científica do UMIFAE**. São João da Boa Vista, v. 2, n. 2, p. 83-89, 2008.
- LOPES, J. da S. **Análise de culturas energéticas oleaginosas para produção de biodiesel no território de Irecê no semi-árido baiano**. Regulação da indústria de energia. 2010. 150 p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Salvador – UNIFACS, Salvador, 2010.
- LOVATO, G., Effect of feed strategy on methane production and performance of an AnSBBR treating effluent from biodiesel production. **Applied Biochemical Biotechnology**. São Caetano do Sul, v. 166, p. 2007–2029, 2012.
- MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 1989. 292 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. ver e atual. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MARAGNO, E. S.; TROMBIN, D. F.; VIANA, E. O uso da serragem no processo de minicompostagem. **Engenharia Sanitária Ambiental**. Rio de Janeiro. v. 12, n. 4, p. 355-360, out./dez. 2007.

MENEGALE, V. L. C. et al. Resíduos agroindustriais para enriquecimento de fertilizante orgânico. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.27. n.2, p. 113-123, abr.-jun.2012.

MENEZES, C. G. P.; FIDALGO, J. L. G.; SILVA, T. D. Produção de biodiesel a partir de óleos residuais de fritura: Sustentabilidade e maior demanda energética. **Bolsista de Valor: Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**. Rio de Janeiro, v.1, p.279-283, 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Política Nacional de Resíduos Sólidos / PNRS**. 2013. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidas>> Acesso em: 19 ago. 2013.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO (MDA). O que é o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel / PNPB. 2011. Disponível em: <<http://portal.mda.gov.br/portal/saf/programas/biodiesel/2286217>> Acesso em: 27 maio 2012.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Balanço Energético Nacional 2011: ano base 2010/ Empresa de Pesquisa Energética (EPE)**. Rio de Janeiro, 2011. 266p. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/resultados_pre_ben_2011.pdf> , Acesso em: 27 maio 2012.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Boletim Mensal dos Combustíveis Renováveis**, n.61, fev. 2013. Disponível em:<http://www.mme.gov.br/spg/menu/boletim_combustivel.html>. Acesso em: 5 abr .2012.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Cultura da cana-de-açúcar**. 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cana-de-açúcar>>. Acesso em: 15 dez. 2013.

MORAIS, M.M. et al. Degomagem ácida de óleos vegetais para processamento de biodiesel. In. SIMPÓSIO NACIONAL DE BIOCOMBUSTÍVEIS, 5., 2012, Canoas. **Anais...** Rio Grande do Sul: ULBRA, 2012.

MOTA, C. J.; PESTANA, C. F. M. Co-produtos da produção de biodiesel. **Revista Virtual Química**. São Paulo, v. 3, n. 5, p. 416-425, 2011.

OGUNWANDE, G. A.; OSUNADE, J. A. Passive aeration composting of chicken litter: Effects of aeration pipe orientation and perforation size on losses of compost elements. **Journal of Environmental Management**. lfe, v. 92, p. 85-91, 2011.

OLADIRAN, M. T.; GANDURE, G. Biodiesel for sustainable energy provision in developing countries. **Low Carbon Economy**, Botswana, v. 2, p.138-143, 2011.

OLIVEIRA, B. M. G. de.; SOMMERLATTE, B. R. **Plano de Gerenciamento Integrado do Resíduo de Óleo de Cozinha – PGIROC**. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente: Fundação Israel Pinheiro, 2009. 23 p.

OLIVEIRA, C. R. **Avaliação da qualidade de compostos de borras de café, na produção de plantas aromáticas.** 54 p. 2011. Dissertação (Mestrado)-Engenharia do Ambiente: Tecnologias Ambientais. Instituto Superior de Agronomia - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011.

OLIVEIRA, J. N. **Compostagem e vermicompostagem de bagaço de cana-de-açúcar da produção de cachaça de alambique, Salinas – MG.** 62 p. 2010. Dissertação (Mestrado)- Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente. Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2010.

OLIVEIRA, V. F, da S. **Valorização de resíduos da indústria da pasta e papel: compostagem e aplicação do composto no solo.** 128 p. 2009. Dissertação (Mestrado)- Engenharia do Ambiente - Tecnologias Ambientais. Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade do Algarve, Faro, 2009.

ORRICO JUNIOR., M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; LUCAS JUNIOR. J. Compostagem da fração sólida da água residuária de suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 483-491, jul./set. 2009.

PARAÍSO. **Programa de coleta seletiva de óleo de cozinha usado.** Disponível em:
<www.paraíso.mg.gov.br>. Acesso em: 10 abr. 2012.

PAREDES, C., et al. Influence of olive mil wastewater in composting and impact of the compost on a Swiss chard crop and soil properties. **Environment International**, Espinardo, v. 31, p. 305-312, 2005.

PATILL, P. D., et al. Biodiesel Production from Waste Cooking Oil Using Sulfuric Acid and Microwave Irradiation Processes. **Journal of Environmental Protection**, Las Cruces, v. 3, p. 107-113, 2012.

PAULA, L. G. A. de.; CEZAR, V. R. S. Compostagem de resíduos orgânicos da área verde do campus Marechal Deodoro – IFAL em função do número de revolvimentos. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 4, p. 155-163, out./dez. 2011.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo.** Viçosa, MG: UFV, 2007, 81 p.

PHAN, A. N.; PHAN, T. M. Biodiesel production from waste cooking oils. **Fuel**. Ho Chi Minh. v. 87, p. 3490-3496, 2008.

PESSOA, P. M. A. **Biomassa microbiana, frações de carbono e fósforo orgânico de um latossolo húmico sob diferentes usos.** 87p. 2011. Dissertação (Mestrado)- Programa de pós graduação em ciência do solo. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

PGIROC – PLANO DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DO RESÍDUO ÓLEO DE COZINHA. FIP/ Governo de Minas Gerais. [Portal institucional] 2013. Disponível em:

<http://www.projetoreciclar.ufv.br/docs/cartilha/pgi_oleo_cozinha.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2013.

PROL - PROGRAMA DE RECICLAGEM DE ÓLEO DE FRITURA. [Portal institucional] 2009. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=82>>. Acesso em: 12 jan. 2013.

RABELO, R. A.; FERREIRA, O. M. **Coleta seletiva de óleo residual de fritura para aproveitamento industrial**. Goiânia: Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental – Universidade Católica de Goiás, 2008.

RECOL. Programa de Reciclagem de Óleo: Programa de Coleta de Óleos Residuais de Cozinha. Disponível em: <http://www.pmcg.ms.gov.br/meioambiente/canaisTexto?id_can=4027>. Acesso em: 12 jan. 2013.

REZENDE, F. A. **Aproveitamento da casca de café e borra de purificação de gorduras e óleos residuários em compostagem**. 76p. 2010. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em produção vegetal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

ROLZ, C. et al. Windrow composting of sugarcane and coffee byproducts. **Sugar Tech**. Sololá, v. 12, n. 1, p. 15-20, 2010.

RUGGIERO, J. K. C. et al. Distribuição espacial do carbono orgânico em solos cultivados com Aveia Preta (*Avena strigosa*). In. SIMPÓSIO DE GEOESTATÍSTICA APLICADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 2., 2011, Botucatu. **Anais...** São Paulo: FCA/UNESP, 2011.

RUGGIERI, L.; ARTOLA, A.; GEA, T.; SÁNCHEZ, A. Biodegradation of animal fats in a co-composting process with wastewater sludge. **International Biodeterioration & Biodegradation**, n. 62, p. 297-303, 2008.

SABUDAK, T., YILDIZ, M. Biodiesel production from waste frying oils and its quality control. **Waste Management**. Tekirdag, v. 30, p. 799-803, 2010.

SANTOS, A. G., et al. Alterações ocorridas no óleo de cozinha durante o processo de fritura. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, ÓLEO, GORDURAS E BIODIESEL, 6., 2009, Montes Claros. **Anais...** Minas Gerais: UFLA, 2009.

SANTOS, J. L. D. **Caracterização físico-química e biológica em diferentes laboratórios de produtos obtidos a partir da compostagem de resíduos orgânicos biodegradáveis**. 122 p. 2007. Dissertação (Mestrado)- Departamento de Ciências e Antropologia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto 2007.

SHARMA, B. L.; SINGH, S. P.; SHARMA, M. L. Bio-degradation of Crop Residues by Trichoderma Species vis-à-vis Nutrient Quality of the Prepared Compost. **Sugar Tech**, Índia, v. 14, n. 2, p. 174-180, abr./jun. 2012.

SHEPHERD JUNIOR, M. W. et al. **Effect of heat-shock treatment on the survival of Escherichia coli O157:H7 and Salmonella enterica Typhimurium in dairy manure co-composted with vegetable wastes under field conditions.** *Biosource Technology*, Clemson, v. 101, p. 5407-5413, 2010.

SILVA FILHO, J. B. da. **Produção de biodiesel etílico de óleos e gorduras residuais (OGR) em reator químico de baixo custo.** 73 p. 2010. Dissertação (Mestrado)-Programa de pós graduação em engenharia mecânica e de materiais. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010. 73 p.

SILVA, A. G. et al. Compostagem aeróbia conjugada de lodo de tanque séptico e resíduos sólidos vegetais. **Engenharia Sanitária. Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 4, p. 371-379, out./dez. 2008.

SILVA, F. A. de M.; VILAS BOAS, R. L.; SILVA, R. B. da. Parâmetros de maturação para diferentes compostos orgânicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 67-78, 2009.

SILVA, V. S.; GARCIA, C. A.; SILVA, C. M. O destino do bagaço de cana-de-açúcar: Um estudo a partir das agroindústrias sucroalcooleiras do Paraná. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá, v. 3, n. 1, p. 59-76, jan./abr. 2010.

SIRONI, S. et al. Continuous monitoring of odours from a composting plant using electronic noses. Londres: Waste Management 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>,>. Acesso em: 20 jun. 2006.

SOUZA, F. C. de; PEREIRA NETO, J. T.; CEBALLOS, B. S. O.de. Avaliação da compostagem mesofílica e termofílica. In. SIMPÓSIO ÍTALO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 6., 2002, Vitória. **Anais...** Espírito Santo: ABES, 2002.

SOUZA JUNIOR, M. A. de. **Análise das características físico-químicas, organolépticas e recicláveis dos óleos e gorduras residuais e seu gerenciamento no Brasil.** 141 p. 2011. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologias Aplicáveis à Bioenergia)- Faculdade de Tecnologia e Ciências, Salvador 2011.

SOUZA, P. V. D. de.; SPIER, M.; SILVA, D. S. da. SCHAFFER, G. Caracterização química do bagaço de cana-de-açúcar com diferentes tamanhos de partículas e períodos de compostagem. In. ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 6., 2008, Fortaleza. **Anais...** Ceará: EMBRAPA/SEBRAE/UFC. 2008.

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION - IEA. **International Energy Outlook 2011.** Disponível em: <[http://www.eia.gov/forecasts/archive/ieo11/pdf/0484\(2011\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/archive/ieo11/pdf/0484(2011).pdf)>. Acesso em: 9 jul 2012.

UZUN, B. B. et al. Biodiesel production from waste frying oils: Optimization of reaction parameters and determination of fuel properties. **Energy**, Eskisehir, v. 44, p. 347-351, 2012.

ZHU, N. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. **Biosource Tecnology**, Guangzhou, v. 98, p. 9-13, 2007.

ANEXO B - Planilhas de umidade

COLETA DE DADOS: UMIDADE (%)

DATA	Horas	E1	T2R2	E2	T3R1	E3	T4R3	E4	T5R3	E5	TEST	E6	T3R3
		P. seco (g)	Umidade %	P. seco (g)	Umidade %	P. seco (g)	Umidade %	P. seco (g)	Umidade %	P. seco (g)	Umidade %	P. seco (g)	Umidade %
29/jan	15:00	6,92	30,80	6,18	38,20	5,41	45,90	4,69	53,10	7,16	28,40	6,06	39,40
06/fev	15:00	7,03	29,70	6,96	30,40	6,62	33,80	5,80	42,00	5,53	44,70	7,03	29,70
19/fev	15:00	4,13	58,70	5,82	41,80	6,64	33,60	5,15	48,50	3,86	61,40	5,67	43,30
25/fev	15:00	3,54	64,60	3,52	64,80	5,91	40,90	4,98	50,20	3,59	64,10	4,34	56,60
05/mar	15:00	4,01	59,90	4,31	56,90	6,93	30,70	4,89	51,10	4,03	59,70	4,94	50,60
12/mar	15:00	4,73	52,72	4,43	55,70	5,63	43,70	5,13	48,70	4,40	56,00	5,04	49,60
19/mar	16:00	3,69	63,10	3,62	63,80	3,58	64,20	3,99	60,10	4,30	57,00	4,15	58,50
26/mar	16:00	3,92	60,80	3,97	60,30	4,38	56,20	4,30	57,00	4,37	56,30	4,63	53,70
16/abr	21:00	4,08	59,20	3,87	61,30	4,03	59,70	4,37	56,30	4,74	52,60	4,22	57,80
30/abr	22:00	4,61	53,90	4,55	54,50	5,44	45,60	4,83	51,70	4,80	52,00	4,51	54,90

COLETA DE DADOS: UMIDADE (%)

DATA	Horas	E7		E8		E9		E10		E11		E12	
		T5R2	P. seco (g)	T1R2	P. seco (g)	T3R2	P. seco (g)	T2R1	P. seco (g)	T4R1	P. seco (g)	T2R3	P. seco (g)
		Umidade %		Umidade %		Umidade %		Umidade %		Umidade %		Umidade %	
29/jan	15:00	4,73	52,7	6,21	37,9	6,03	39,7	6,15	38,5	5,66	43,4	6,50	35,0
06/fev	15:00	5,08	49,2	7,16	28,4	7,28	27,2	7,21	27,9	6,22	37,8	5,97	40,3
19/fev	15:00	5,07	49,3	4,16	58,4	6,17	38,3	3,96	60,4	6,10	39,0	4,07	59,3
25/fev	15:00	4,60	54,0	3,93	60,7	4,65	53,5	3,77	62,3	5,72	42,8	3,06	69,4
05/mar	15:00	4,60	54,0	4,64	53,6	5,59	44,1	4,35	56,5	6,41	35,9	4,20	58,0
12/mar	15:00	5,33	46,7	4,98	50,2	4,94	50,6	4,25	57,5	5,76	42,4	5,04	49,6
19/mar	16:00	4,25	57,5	3,91	60,9	3,95	60,5	3,18	68,2	4,36	56,4	3,53	64,7
26/mar	16:00	4,55	54,5	4,46	55,4	4,25	57,5	3,58	64,2	4,75	52,5	3,73	62,7
16/abr	21:00	4,44	55,6	4,25	57,5	4,19	58,1	3,61	63,9	4,70	53,0	4,08	59,2
30/abr	22:00	4,56	54,4	4,33	56,7	4,07	59,3	5,59	44,1	4,51	54,9	4,23	57,7

COLETA DE DADOS: UMIDADE (%)

DATA	Horas	E13	T1R1	E14	T1R3	E15	T5R1	E16	T4R2
		P. seco (g)	Umidade %	P. seco (g)	Umidade %	P. seco (g)	Umidade %	P. seco (g)	Umidade %
29/jan	15:00	6,90	31,0	6,94	30,6	4,84	51,6	5,43	45,7
06/fev	15:00	6,63	33,7	4,92	50,8	4,70	53,0	5,79	42,1
19/fev	15:00	3,97	60,3	3,59	64,1	4,92	50,8	6,30	37,0
25/fev	15:00	3,45	65,5	3,73	62,7	4,54	54,6	5,36	46,4
05/mar	15:00	4,39	56,1	3,71	62,9	4,78	52,2	5,97	40,3
12/mar	15:00	4,95	50,5	4,46	55,4	5,16	48,4	5,05	49,5
19/mar	16:00	3,85	61,5	4,18	58,2	4,28	57,2	4,55	54,5
26/mar	16:00	4,16	58,4	4,32	56,8	4,52	54,8	4,95	50,5
16/abr	21:00	3,97	60,3	3,78	62,2	4,42	55,8	4,94	50,6
30/abr	22:00	3,80	62,0	4,63	53,7	4,81	51,9	5,47	45,3

ANEXO C - Coleta de Dados: pH

3 PLANILHAS DE pH

COLETA DE DADOS: pH

		T2R2	T3R1	T4R3	T5R3	TEST	T3R3	T5R2	T1R2	T3R2	T2R1	T4R1	T2R3	T1R1	T1R3	T5R1	T4R2
DATA	Hora	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16
29/jan	15:00	5,7	5,4	4,9	4,7	7,6	5,3	4,7	5,7	5,3	5,3	5,2	5,5	6,3	6,2	5,1	4,8
06/fev	14:50	6,0	5,7	5,6	6,1	7,7	5,7	5,6	6,3	5,7	5,8	5,7	6,0	6,3	6,8	5,9	5,6
19/fev	11:00	7,0	6,0	5,8	6,1	8,3	6,0	6,2	7,5	6,0	7,0	6,2	6,8	7,3	7,7	6,8	6,2
25/fev	15:00	7,8	6,7	5,9	7,1	8,5	6,6	6,8	7,8	6,5	7,4	6,6	7,3	7,9	8,0	8,0	6,3
05/mar	15:00	7,5	6,7	5,9	7,5	8,3	6,8	7,9	7,6	6,6	7,6	6,3	7,1	8,0	7,9	7,7	6,4
12/mar	15:00	7,4	6,9	6,4	7,8	8,3	7,2	7,6	7,7	7,2	7,6	7,1	7,3	7,6	8,0	8,0	7,4
19/mar	16:00	7,6	7,3	7,5	7,9	8,4	7,5	7,8	7,7	7,3	7,6	7,8	7,6	7,6	8,0	8,1	7,5
26/mar	16:00	7,9	7,3	7,6	8,4	8,6	7,7	8,4	8,2	7,5	8,0	8,2	7,9	8,1	8,2	8,5	7,9
16/abr	21:00	8,0	7,3	7,9	8,4	8,8	7,8	8,5	8,4	7,7	8,3	8,3	8,1	8,1	8,6	8,5	7,8
30/abr	22:00	7,4	6,7	7,0	7,6	7,8	7,1	7,9	7,8	7,3	7,6	7,5	7,6	7,8	7,9	7,7	7,3

ANEXO D - Coleta de Dados: Condutividade Elétrica

4 PLANILHAS DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (mS cm^{-1})

COLETA DE DADOS: Condutividade Elétrica

		T2R2	T3R1	T4R3	T5R3	TEST	T3R3	T5R2	T1R2	T3R2	T2R1	T4R1	T2R3	T1R1	T1R3	T5R1	T4R2
DATA	Hora	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16
29/jan	15:00	10,0	17,2	21,9	28,1	4,4	17,0	29,1	10,8	17,8	11,1	19,5	14,5	7,1	7,9	31,0	19,7
06/fev	14:50	6,8	10,6	11,9	16,0	2,6	11,5	18,2	6,9	11,8	8,9	12,2	7,3	6,1	4,3	12,2	15,9
19/fev	11:00	4,1	9,9	14,5	16,5	2,1	9,9	19,2	4,5	10,3	5,1	14,3	5,4	4,3	4,3	17,8	16,1
25/fev	15:00	3,9	6,7	13,1	17,3	1,8	8,5	9,6	4,5	10,0	5,1	14,2	4,2	4,5	3,1	18,8	14,1
05/mar	15:00	4,8	8,8	8,8	17,7	1,8	8,3	17,6	4,7	9,4	5,6	14,1	5,4	3,6	3,9	18,1	13,6
12/mar	15:10	4,3	7,3	10,1	17,0	2,0	9,5	18,8	4,5	8,7	5,0	11,1	5,9	4,6	4,3	17,0	13,0
19/mar	13:00	4,3	7,8	8,9	14,7	2,1	8,6	16,7	4,2	7,4	4,6	11,0	4,8	4,1	3,5	16,3	10,8
26/mar	14:00	4,5	9,0	8,8	16,4	2,3	8,9	16,1	5,0	7,8	4,3	11,8	5,0	3,9	4,8	16,6	12,3
16/abr	13:40	4,7	8,5	8,9	17,4	3,3	9,0	20,6	4,8	8,3	5,2	12,2	5,7	4,1	3,9	19,3	12,7
30/abr	08:00	5,2	9,4	12,9	19,5	2,8	9,3	17,9	4,9	9,4	4,5	13,0	5,6	2,9	3,7	18,0	10,2

ANEXO E - Coleta de Dados: Sólidos Voláteis

4 PLANILHAS DE SÓLIDOS VOLÁTEIS (%)

COLETA DE DADOS: Sólidos Voláteis

DATA	Horas	E1 T2R2			E2 T3R1			E3 T4R3			E4 T5R3			E5 TEST			E6 T3R3		
		M 103°	S.V.%	M 550°	M 103°	S.V.%	M 550°	M 103°	S.V.%	M 550°	M 103°	S.V.%	M 550°	M 103°	S.V.%	M 550°	M 103°	S.V.%	M 550°
29/jan	15:00	3,380	75,89	0,815	2,973	75,38	0,732	2,653	73,20	0,711	2,299	67,03	0,758	3,484	53,21	1,630	2,901	76,53	0,681
06/fev	15:00	3,289	72,64	0,900	3,508	72,58	0,962	3,182	70,21	0,948	2,860	57,38	1,219	2,61	47,85	1,361	3,439	73,36	0,916
19/fev	15:00	2,012	62,62	0,752	2,83	65,76	0,969	3,289	67,62	1,065	2,493	57,12	1,069	1,883	51,04	0,922	2,782	68,08	0,888
25/fev	16:00	1,764	62,19	0,667	1,738	62,31	0,655	2,932	65,31	1,017	2,407	52,18	1,151	1,746	46,45	0,935	2,089	62,90	0,775
05/mar	17:00	1,740	63,85	0,629	1,677	63,39	0,614	2,803	67,78	0,903	2,446	50,94	1,200	1,739	48,48	0,896	2,152	59,94	0,862
12/mar	18:00	2,209	59,03	0,905	2,106	60,45	0,833	2,732	59,00	1,120	2,471	50,14	1,232	2,180	44,77	1,204	2,411	57,53	1,024
19/mar	19:00	1,816	61,95	0,691	1,640	56,65	0,711	1,728	60,47	0,683	2,050	49,07	1,044	2,115	44,82	1,167	2,089	57,35	0,891
26/mar	20:00	1,787	60,38	0,708	1,869	59,82	0,751	2,178	55,19	0,976	2,185	49,43	1,105	2,086	42,95	1,190	2,295	55,82	1,014
16/abr	21:00	1,329	54,63	0,603	1,861	57,76	0,786	2,056	57,30	0,878	2,157	51,14	1,054	2,355	39,83	1,417	2,006	60,12	0,800
30/abr	22:00	1,932	51,92	0,929	2,314	56,14	1,015	2,600	57,81	1,097	2,350	49,40	1,189	2,271	38,57	1,395	2,670	58,91	1,097

COLETA DE DADOS: Sólidos Voláteis

DATA	Horas	E7 T5R2			E8 T1R2			E9 T3R2			E10 T2R1			E11 T4R1			E12 T2R3		
		M 103°	S.V.%	M 550°	M 103°	S.V.%	M 550°	M 103°	S.V.%	M 550°	M 103°	S.V.%	M 550°	M 103°	S.V.%	M 550°	M 103°	S.V.%	M 550°
29/jan	15:00	2,329	68,74	0,728	2,893	72,80	0,787	3,01	72,72	0,821	3,073	77,64	0,687	2,819	69,46	0,861	3,16	72,72	0,862
06/fev	15:00	2,453	62,17	0,928	3,489	61,62	1,339	3,519	67,75	1,135	3,451	68,44	1,089	3,093	61,14	1,202	2,903	68,58	0,912
19/fev	15:00	2,427	55,95	1,069	2,026	59,38	0,823	3,075	64,16	1,102	1,926	64,69	0,68	2,915	59,93	1,168	1,948	66,53	0,652
25/fev	16:00	2,195	53,17	1,028	1,916	57,05	0,823	2,276	59,93	0,912	1,804	62,25	0,681	2,821	53,17	1,321	1,485	62,22	0,561
05/mar	17:00	2,253	52,86	1,062	1,891	58,01	0,794	2,341	60,36	0,928	1,854	61,65	0,711	2,833	53,90	1,306	1,458	63,24	0,536
12/mar	18:00	2,641	50,06	1,319	2,561	54,24	1,172	2,356	57,64	0,998	2,015	59,16	0,823	2,833	53,48	1,318	2,518	58,06	1,056
19/mar	19:00	2,125	50,07	1,061	1,895	52,35	0,903	1,939	58,48	0,805	1,519	56,95	0,654	2,191	52,30	1,045	1,651	56,15	0,724
26/mar	20:00	2,162	51,53	1,048	2,171	49,98	1,086	2,082	57,93	0,876	1,644	54,01	0,756	2,411	54,58	1,095	1,837	54,11	0,843
16/abr	21:00	2,144	49,81	1,076	1,976	51,47	0,959	1,945	58,30	0,811	1,791	54,77	0,81	2,308	52,47	1,097	2,005	57,36	0,855
30/abr	22:00	2,264	48,10	1,175	2,16	49,21	1,097	2,196	54,01	1,01	1,947	51,52	0,944	2,75	49,75	1,382	2,192	58,07	0,919

COLETA DE DADOS: Sólidos Voláteis

DATA	Horas	E13 T1R1			E14 T1R3			E15 T5R1			E16 T4R2		
		M 103°	S.V.%	M 550°	M 103°	S.V.%	M 550°	M 103°	S.V.%	M 550°	M 103°	S.V.%	M 550°
29/jan	15:00	3,780	73,89	0,987	3,393	65,55	1,169	2,374	62,55	0,889	2,697	73,23	0,722
06/fev	15:00	3,189	64,69	1,126	2,372	57,25	1,014	2,817	66,21	0,952	2,301	58,67	0,951
19/fev	15:00	1,938	61,15	0,753	1,737	58,95	0,713	2,37	51,60	1,147	3,140	59,81	1,262
25/fev	16:00	1,721	53,34	0,803	1,813	56,87	0,782	2,266	50,84	1,114	2,660	56,95	1,145
05/mar	17:00	1,670	59,52	0,676	1,789	56,74	0,774	2,267	50,99	1,111	2,641	55,93	1,164
12/mar	18:00	2,412	56,38	1,052	2,169	52,05	1,040	2,467	49,57	1,244	2,500	55,84	1,104
19/mar	19:00	1,833	56,74	0,793	1,911	53,95	0,880	2,084	48,61	1,071	2,234	52,06	1,071
26/mar	20:00	2,017	55,53	0,897	1,999	52,68	0,946	2,195	48,66	1,127	2,451	51,45	1,190
16/abr	21:00	1,916	53,81	0,885	1,843	47,97	0,959	2,107	49,55	1,063	2,400	52,54	1,139
30/abr	22:00	2,419	36,38	1,539	3,123	29,84	2,191	2,282	52,45	1,085	2,479	53,53	1,152

ANEXO F - Coleta de Dados: Sólidos Voláteis

5 PLANILHAS DO TESTE DE CRESCIMENTO

COLETA DE DADOS: Peso total das plantas por tratamento e por repetição (g)

Proporção do Composto (%)	10% borra				20% borra				30% borra			
	T1											
	R1	T1R2	T1R3	MÉD	T2R1	T2R2	T2R3	MÉD	T3R1	T3R2	T3R3	MÉD
10	5,51	5,61	5,55	5,56	4,50	3,66	6,35	4,84	1,14	1,89	3,26	2,10
40	1,19	1,60	1,84	1,54	1,75	3,14	0,36	1,75	0,07	0,03	0,04	0,05
60	0,59	0,95	0,39	0,65	0,31	0,43	0,37	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00
80	0,33	0,00	0,36	0,23	0,00	0,09	0,46	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00
100	0,12	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Proporção do Composto (%)	40% borra				50% borra				TERRA							
	T4R1	T4R2	T4R3	MÉD	T5R1	T5R2	T5R3	MÉD	T. R1	T. R2	T. R3	MÉD	TERRA R1	TERRA R2	TERRA R3	MÉD
10	0,62	0,00	0,66	0,43	0,00	0,00	0,00	0,00	6,94	8,26	5,35	6,85	4,13	3,10	3,33	3,52
40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,10	3,65	3,44	3,40				
60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,92	2,24	1,83	2,33				
80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,48	1,23	1,72	1,48				
100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	0,93	0,88	0,92				

ANEXO G - Planilhas de Nitrogênio Total

6 PLANILHAS DE NITROGÊNIO TOTAL



Análise de Composto Orgânico



Boletim Nº: 0473/2013

Data de entrada: 09/07/2013

Número das amostras: 918-949/13

Cliente: Elieser Parcero Oliveira

Material: Composto

Resultados

IDENTIFICAÇÃO		Teor na matéria seca a 70 °C (g/kg)
Nº LAB.	AMOSTRA	Nitrogênio
13.918	01 / 30/04	24,7
13.919	01 / Umi/pH	13,1
13.920	02 / 30/04	16,8
13.921	02 / Umi/pH	14,2
13.922	03 / 30/04	21,2
13.923	03 / Umi/pH	16,0

IDENTIFICAÇÃO		Teor na matéria seca a 70 °C (g/kg)
Nº LAB.	AMOSTRA	Nitrogênio
13.924	04 / 30/04	16,0
13.925	04 / Umi/pH	18,6
13.926	05 / 30/04	16,8
13.927	05 / Umi/pH	15,1
13.928	06 / 30/04	20,9
13.929	06 / Umi/pH	16,2



CONVÊNIO IPA-VALEXPORT-EMBRAPA
Rua Luís de Souza-B s/n Quadra G- Distrito Industrial- CEP: 56.308-420 – Petrolina-PE
Tel-fax: (87) 3863-1245 – E-mail: lasp@valexport.com.br





IDENTIFICAÇÃO		Teor na matéria seca a 70 °C (g/kg)
Nº LAB.	AMOSTRA	Nitrogênio
13.930	07 / 30/04	16,0
13.931	07 / Umi/pH	16,0
13.932	08 / 30/04	20,6
13.933	08 / Umi/pH	17,4
13.934	09 / 30/04	16,2
13.935	09 / Umi/pH	13,9
13.936	10 / 30/04	17,4
13.937	10 / Umi/pH	24,9
13.938	11 / 30/04	17,1
13.939	11 / Umi/pH	22,3

IDENTIFICAÇÃO		Teor na matéria seca a 70 °C (g/kg)
Nº LAB.	AMOSTRA	Nitrogênio
13.940	12 / 30/04	21,5
13.941	12 / Umi/pH	14,5
13.942	13 / 30/04	19,4
13.943	13 / Umi/pH	15,7
13.944	14 / 30/04	17,4
13.945	14 / Umi/pH	22,0
13.946	15 / 30/04	22,6
13.947	15 / Umi/pH	24,7
13.948	16 / 30/04	25,2
13.949	16 / Umi/pH	19,7

Este boletim é para simples conferência.

Obs: O LASP não se responsabiliza pela metodologia de coleta da (s) amostra (s) acima quantificada (s).
A responsabilidade é exclusiva do requisitante.



CONVÊNIO IPA-VALEEXPORT-EMBRAPA
Rua Luís de Souza-B s/n Quadra G- Distrito Industrial- CEP: 58.308-420 – Petrolina-PE
Tel-fax: (87) 3863-1245 – E-mail: lasp@valeexport.com.br



ANEXO H - ANEXO III da Instrução Normativa N° 25 de julho de 2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ANEXO III

ESPECIFICAÇÕES DOS FERTILIZANTES ORGÂNICOS MISTOS E COMPOSTOS

*(valores expressos em base seca, umidade determinada a 65°C)

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 (mín.)	0,5				
*Carbono orgânico (mín.)	15				10
*CTC ⁽¹⁾	Conforme declarado				
pH (mín.)	6,0	6,0	6,5	6,0	6,0
Relação C/N (máx.)	20				14
*Relação CTC/C ⁽¹⁾	Conforme declarado				
Outros nutrientes	Conforme declarado				

⁽¹⁾ É obrigatória a declaração no processo de registro de produto.