

RICARDO DE LIMA SILVA

**COPROCESSAMENTO DE MORTALIDADES  
E SUBPRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL EM  
FÁBRICA DE CIMENTO**

INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS

CAMPUS BAMBUI

Bambui

Novembro de 2016

RICARDO DE LIMA SILVA

# **COPROCESSAMENTO DE MORTALIDADES E SUBPRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL EM FÁBRICA DE CIMENTO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - IFMG, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental.

Linha de Pesquisa: Tecnologias Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Carrasco Carpio.

S586c Silva, Ricardo de Lima.  
Coprocessoamento de mortalidades e subprodutos de origem animal em fábrica de cimento. / Ricardo de Lima Silva. – 2016. 145 f.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Carrasco Carpio.

Trabalho de conclusão de curso (Pós-graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2016.

1.Coprocessoamento de resíduos. 2. Subprodutos de origem animal. 3. Farinha de carne e ossos. 4. Viabilidade Econômica. I. Carpio, Ricardo Carrasco. II. Título.

CDD 333.72



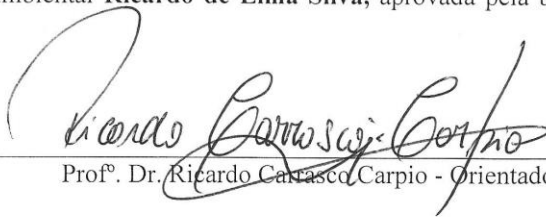
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DE MINAS GERAIS

Avenida Professor Mário Werneck, nº. 2590, Bairro Buritis, Belo Horizonte, CEP 30575-180,  
Estado de Minas Gerais



## FICHA DE APROVAÇÃO

Dissertação de Mestrado, intitulada “**Coprocessamento de mortalidades e subprodutos de origem animal em fábrica de cimento**”, de autoria do mestrando em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental **Ricardo de Lima Silva**, aprovada pela banca examinadora, em 25/11/2016.




---

Prof. Dr. Ricardo Carrasco Carpio - Orientador



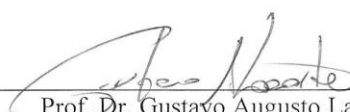
---

Prof. Dr. Rogério José da Silva – UNIFEI - MG



---

Prof. Dr. Lélis Pedro de Andrade – IFMG/Formiga



---

Prof. Dr. Gustavo Augusto Lacorte

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental  
do IFMG

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus filhos: Caio, Victor e Marcos pelos momentos de ausência para os estudos. Dedico especialmente a minha esposa Alessandra, pela paciência e ao Professor Ricardo Carrasco Carpio pela grande dedicação dispensada para o sucesso do Trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Equipe do Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental pela oportunidade e pelo empenho em busca do sucesso do Programa e dos estudantes.

Meus sinceros agradecimentos.

*“Esta irmã clama contra o mal que lhe provocamos por causa do uso irresponsável e do abuso dos bens que Deus nela colocou.”*

*(Papa Francisco)*

## RESUMO

Carcaças de animais e subprodutos de origem animal não possuem regulamentos ambientais adequados em relação à sua eliminação no Brasil. A grande ocorrência de abate clandestino de animais e a destinação inadequada dos subprodutos de origem animal rejeitados são grandes problemas ambientais e de saúde pública. Mortalidades ocorridas por acidentes, doenças e descargas elétricas também geram passivos ambientais ao não serem coletados e descartados corretamente. Em outros países estes resíduos possuem regulamentação e classificação específica para serem coprocessados como combustível alternativo na indústria de cimento, sendo queimados na forma de farinha de carne e ossos. O objetivo deste trabalho é realizar um estudo da viabilidade técnica e econômica de se coprocessar farinha de carne e ossos em uma fábrica de cimento da região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais. Foram calculados os volumes de mortalidades gerados a partir de dados estatísticos dos rebanhos. Foi verificada uma composição de combustíveis alternativos coprocessados em uma fábrica de cimento da região e o impacto financeiro para introdução da farinha de carne e ossos. Uma análise de viabilidade técnica e econômica para implantação de uma unidade de processamento de mortalidades e subprodutos de origem animal foi realizada. Essa unidade produzirá farinha de carne e ossos, destinada para fábricas de cimento, e sebo, destinado para a fabricação de biodiesel. Conclui-se que a construção da nova unidade de processamento de mortalidades e subprodutos de origem animal é viável, e o impacto financeiro da introdução da farinha de carne e ossos para coprocessamento na fábrica de cimento é favorável, demonstrando a possibilidade de ganhos ambientais, sociais e econômicos para a região.

**Palavras-chave:** Coprocessamento de resíduos; subprodutos de origem animal; farinha de carne e ossos; cimento; Viabilidade Econômica.

## **ABSTRACT**

Animal carcasses and animal by-products do not have suitable environmental regulations regarding their disposal in Brazil. The huge amount of illegal animal slaughter and the inappropriate disposal of animal by-products are huge environmental and public health problems. Moreover, the animal deaths caused by accidents, illnesses and electrocution also produce environmental liabilities, whether the tailing is not suitably collected and disposed. In other countries, such waste is regulated and specifically classified in order to be co-processed as alternative fuel for the cement industry, rendered as meat and bone meal. This work aims at carrying out a study on the technical and economical possibilities of co-processing meat and bone meal at a cement factory in the central west of the State of Minas Gerais. The volumes of deaths were calculated from the statistical data of the herds. A composition of alternative fuels co-processed at a cement factory in the region and the financial impact of the introduction of the meat and bone meal were verified. An analysis of the technical and economical possibilities of the implementation of animal carcasses and by-products processing unity was carried out. That unit will produce meat and bone meal which will be headed to the cement and tallow factories for biodiesel production. Both viability of the construction of a deaths and by-products processing unity and the financial impact of the introduction of meat and bone meal were confirmed, showing that the possibilities of environmental, social and economical profits are possible for the region.

**Key words:** Waste Co-processing; Animal by-products; meat and bone meal; cement; Feasibility Study.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Forno rotativo utilizado na fabricação de cimento. ....	19
Figura 2 - Exemplo de destinação inadequada de mortalidades.....	20
Figura 3 - Distribuição das 233 fábricas processadoras de subprodutos de origem animal ativa por região no Brasil.....	21
Figura 4 - Cadáveres de bois naufragados no Porto de Vila do Conde - PA. ....	24
Figura 5 - Etapas do processo de fabricação do cimento Portland.....	32
Figura 6 - Esquema de uma instalação de um forno rotativo com pré-calcinador e resfriador de grelhas. ....	34
Figura 7 - Principais combustíveis utilizados na indústria de cimento. ....	37
Figura 8 - Processo simplificado da indústria de cimento.....	39
Figura 9 - Forno rotativo com ciclone pré-aquecedor e coletor de material particulado dos gases.....	42
Figura 10 - Fluxograma do processo de injeção de combustíveis alternativos e FCO em uma fábrica de cimento.....	53
Figura 11 - Caminhão Silo descarregando FCO na fábrica de cimento.....	54
Figura 12 - Situação dos abatedouros municipais cadastrados na FEAM no ano de 2002 e 2008. ....	60
Figura 13 - Licenças ambientais em vigor na FEAM no ano de 2002 e 2008, conforme FOBI: Formulário Integrado de Orientação Básica.....	61
Figura 14 – Fluxograma geral de uma unidade de processamento de subprodutos de origem animal (UPSOA). ....	62
Figura 15 - Manipulação de rejeitos de animais abatidos na propriedade rural. ....	69
Figura 16 - Rejeitos de ossos queimados e lançados ao solo na propriedade rural. ....	70
Figura 17 – Vista parcial do frigorífico localizado em Bambuí-MG .....	71
Figura 18 - Distribuição do rebanho bovino no estado de Minas Gerais por regiões. ....	72
Figura 19 - Distribuição do plantel da suinocultura no estado de Minas Gerais por regiões. ....	74
Figura 20- Distribuição da atividade de avicultura no estado de Minas Gerais por regiões. ....	75
Figura 21 - Compostagem de um ruminante de grande porte. ....	78
Figura 22 - Gráfico da comparação de custos variáveis para as alternativas para eliminação de mortalidades em US\$/t.....	80
Figura 23 - Alternativas de destinação para mortalidades e subprodutos de origem animal. ....	82
Figura 24 - Fluxograma da nova unidade de processamento de mortalidades e subprodutos de origem animal (UPSOA). ....	88
Figura 25 - Principais insumos e seus impactos financeiros nas despesas operacionais totais da nova fábrica.....	99

Figura 26 - Mapa do estado de Minas Gerais, onde está destacada a região Centro-Oeste e a cidade de Arcos.....	102
Figura 27 - Mapa parcial da localização de fábricas de cimento FCMG, FCB e FCC na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais.....	103
Figura 28 - Composição típica de combustíveis: percentuais dos principais resíduos coprocessados na FCMG.....	106
Figura 29 - Mistura típica de combustíveis: produção diária (t/d); energia (Gcal/kg) e preço para destinação na FCMG (R\$/t).....	106
Figura 30 - Planilha de simulação de resíduos.....	107
Figura 31 - Análise de sensibilidade: $TIR \times VPL = f(i)$ .....	116
Figura 32 - Análise de sensibilidade da variação no preço para destinação de mortalidades. ....	117
Figura 33 - Análise de sensibilidade da variação no custo de energia elétrica. ....	118
Figura 34 - Análise de sensibilidade da variação no custo de gás natural. ....	119
Figura 35 - Estimativas de custo para destinação de 20t de MSOA na região de Bambuí-MG.....	121

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais tipos de cimento fabricados no Brasil e limites máximos dos componentes químicos. ....	31
Tabela 2 - Principais etapas da fabricação do cimento. ....	33
Tabela 3 - Média de longa duração dos valores de emissão de fábricas de cimento europeias.....	44
Tabela 4 - Concentrações de emissão de gases. ....	45
Tabela 5 - Emissões de CO <sub>2</sub> de combustíveis utilizados em indústrias de cimento.....	46
Tabela 6 - Análise comparativa entre propriedades de FCO e Carvão. ....	51
Tabela 7 – Taxas de alimentação testadas no experimento. ....	52
Tabela 8 - Categorias de subprodutos de origem animal conforme normativa europeia ABPR 1774 e procedimentos equivalentes no Brasil. ....	57
Tabela 9 - Alternativas para destinação de SOA.....	58
Tabela 10 - Legislação referente a subprodutos de origem animal no estado de Minas Gerais e no Brasil. ....	59
Tabela 11 - Relação de equipamentos de uma fábrica típica de processamento de SOA. ....	63
Tabela 12 - Principais entradas, saídas, emissões, processos auxiliares para uma UPSOA. ....	66
Tabela 13 - Estimativa de peso bruto de mortalidades de bovinos na Região Centro-Oeste de MG.....	73
Tabela 14 - Estimativa de peso bruto de mortalidades de suínos na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais.....	74
Tabela 15 - Estimativa de geração de mortalidades de aves mortas na região Centro-Oeste de MG.....	75
Tabela 16 - Comparação de custos variáveis de destinação de mortalidades. ....	79
Tabela 17 - Alternativas de destinação para tecnologias para destinação de MSOA.....	81
Tabela 18 – Custo de destinação de mortalidades para aterro classe 1, a partir da cidade de Bambuí-MG. ....	83
Tabela 19 - Custo de destinação de MSOA para usina incineradora, a partir da cidade de Bambuí-MG.....	84
Tabela 20 - Custo de destinação de MSOA para compostagem na cidade de Bambuí-MG.....	85
Tabela 21 – Resultado de análise de FCO.....	87
Tabela 22 - Estimativa dos investimentos para a UPSOA para capacidade até 20 t/d.....	89
Tabela 23 – Fluxo de caixa anual projetado da nova UPSOA. ....	97
Tabela 24 - Estimativa de resultado financeiro anual para a nova UPSOA. ....	100
Tabela 25 - Estimativa da produção de clínquer na região Centro-Oeste de MG. ....	103
Tabela 26 - Dados básicos de processo da Fábrica de Cimento Minas Gerais. ....	104

Tabela 27 - Principais resíduos de uma mistura típica de combustíveis alternativos coprocessados na FCMG.....	105
Tabela 28 - Resultados de impactos financeiros de uma fábrica de cimento.....	108
Tabela 29 - Cálculo da EFC - Composição típica de combustíveis alternativos na FCMG.....	110
Tabela 30 - Cálculo do aporte térmico do combustível (ATC) de uma composição típica de combustíveis alternativos na FCMG.....	111
Tabela 31 - Cálculo do aporte da destinação do resíduo (ADR) de uma composição típica de combustíveis alternativos na FCMG.....	111
Tabela 32 - Cálculo do impacto financeiro total (IFT). .....	112
Tabela 33 - Cálculo da EFC de uma composição típica de combustíveis alternativos com a introdução de FCO.....	113
Tabela 34 - Cálculo do aporte térmico do combustível (ATC) com a inclusão de FCO. ....	113
Tabela 35 - Impacto da destinação do resíduo (ADR) com adição de FCO. ....	114
Tabela 36 - Impacto financeiro total (IFT) com adição de FCO.....	114
Tabela 37 - Custo para destinação de FCO na Fábrica de Cimento Minas Gerais FCMG, a partir da cidade de Bambuí-MG. ....	120
Tabela 38 - Comparação de custos totais para destinação de MSOA a partir da cidade de Bambuí-MG. ....	120

## LISTA DE ABREVIATURAS

AAF	Autorização Ambiental de Funcionamento
ADR	Aporte da destinação do resíduo
IFT	Impacto financeiro Total
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CCA	Arseniato de cobre cromatado
CKD	<i>Cement Kiln Dust</i>
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
CPMC	Custo médio ponderado de capital
CTC	Consumo total de combustíveis
COV	Composto orgânico volátil
CSI	Iniciativa do cimento sustentável
DN	Deliberação Normativa
ETE	Estação de tratamento de Efluentes
EEB	Encefalopatia Espongiforme Bovina
EFC	Energia Fornecida pelo Combustível
EUA	Estados Unidos da América
FCMG	Fábrica de Cimentos Minas Gerais.
FCO	Farinha de carne e ossos (MBM - <i>Meat and Bone Meal</i> )
FDA	<i>Food and Drug Association</i> (EUA)
FOB	<i>Free on board</i> (Livre a bordo)

FOBI	Formulário de orientação básica integrado
ETE	Estação de tratamento de efluentes.
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
IEF	Instituto Estadual de Florestas
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
LP	Licença prévia
LI	Licença de instalação
LO	Licença de operação
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil).
MSOA	Mortalidades e subprodutos de origem animal
PCA	<i>Portland Cement Association</i> (EUA)
PCI	Poder Calorífico Inferior
PDC	Produção diária de clínquer
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RDF	<i>Refused Derived Fuel</i> (Rejeito de combustíveis).
RECQ	Relação específica (toneladas de combustíveis/toneladas de clínquer)
RSU	Resíduos sólidos urbanos
SEAPA	Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais.
SNIC	Sindicato nacional da indústria de cimento
SPL	<i>Spent Pot Lining</i>

SUPRAM	Superintendência Regional de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
TAR	Subproduto da fabricação do Di-isocianato de Tolueno
TIR	Taxa interna de retorno
TMA	Taxa mínima de atratividade
UPSOA	Unidade de processamento de subprodutos de origem animal
VPL	Valor presente líquido
WBCSD	Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável

### **Unidades**

a	ano
bar	bar (Pressão)
kg/m <sup>3</sup>	Quilogramas / metros cúbicos
km	Quilômetros
J	joule
m	Metros
Nm <sup>3</sup>	Normal metro cúbico (Equiv. a 1 m <sup>3</sup> de ar, pressão de 100 Kpa e a 20°C ou 293 °K).
kW/h	Quilowatt/hora
Pa	Pascal
rpm	Rotações por minuto
R\$/t	Reais por toneladas

t/a	Toneladas por ano
t/d	Toneladas por dia
t/h	Toneladas por hora
wt %	Porcentagem em peso

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
1.1	JUSTIFICATIVA.....	23
1.2	OBJETIVOS .....	26
1.2.1	Objetivo geral .....	26
1.2.2	Objetivos específicos .....	26
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	27
2	COPROCESSAMENTO DE RESÍDUOS EM FORNOS DE CIMENTO.....	29
2.1	INTRODUÇÃO .....	29
2.2	PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE CIMENTO.....	30
2.2.1	Produção de clínquer no forno rotativo .....	34
2.3	COMBUSTÍVEIS UTILIZADOS NA INDÚSTRIA DO CIMENTO .....	35
2.4	COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS.....	39
2.5	ASPECTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO DE CIMENTO.....	41
2.5.1	Emissões de gases tóxicos em fábricas de cimento .....	42
2.5.2	Emissões atmosféricas em fábricas de cimento que coprocessam farinha de carne e ossos. ....	44
2.6	LEGISLAÇÃO REFERENTE AO COPROCESSAMENTO DE RESÍDUOS EM FÁBRICAS DE CIMENTO .....	47
2.6.1	Legislação brasileira .....	47
2.6.2	Legislação do estado de Minas Gerais.....	48
2.7	COPROCESSAMENTO DE FARINHA DE CARNE E OSSOS NA INDÚSTRIA DE CIMENTO .....	50
3	MORTALIDADES E SUBPRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL.....	56
3.1	PROCESSAMENTO DE SUBPRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL.....	56
3.2	DESTINAÇÃO DE MORTALIDADE ANIMAL.....	58
3.3	LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E ESTADUAL REFERENTES AOS SUBPRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL .....	59

3.4	LICENCIAMENTO AMBIENTAL PARA PROCESSAMENTO DE SUBPRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL NO ESTADO DE MINAS GERAIS .....	60
3.5	TECNOLOGIAS DE PROCESSAMENTO DE SUBPRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL .....	62
3.6	EMISSÕES E EFLUENTES NA UPSOA.....	65
4	ELIMINAÇÃO DE MORTALIDADES NA REGIÃO CENTRO-OESTE DO ESTADO DE MINAS GERAIS .....	67
4.1	INTRODUÇÃO .....	67
4.2	LEVANTAMENTOS DE CAMPO.....	68
4.2.1	Visita à propriedade rural que pratica abate de animais .....	68
4.2.2	Visita à fábrica de subprodutos de origem animal.....	70
4.2.3	Visita ao frigorífico.....	71
4.3	ESTIMATIVAS DE PESO BRUTO DE MORTALIDADES (PB <sub>MR</sub> ) NA REGIÃO CENTRO-OESTE DO ESTADO DE MINAS GERAIS .....	72
4.3.1	Estimativa de peso bruto de mortalidades nos rebanhos bovinos (PBM <sub>B</sub> ) na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais.....	72
4.3.2	Estimativa de peso bruto de mortalidades nos rebanhos de suínos (PBM <sub>S</sub> ) da região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais .....	73
4.3.3	Estimativa do peso bruto de mortalidades na atividade de avicultura de corte (PBM <sub>A</sub> ) da região.....	75
4.3.4	Peso total bruto de mortalidades geradas na região.....	76
4.4	PRINCIPAIS ALTERNATIVAS DE ELIMINAÇÃO DE MORTALIDADES.....	76
4.4.1	Enterro de carcaças .....	77
4.4.2	Aterro sanitário .....	77
4.4.3	Incineração.....	77
4.4.4	Compostagem .....	78
4.5	COMPARAÇÕES ENTRE ALTERNATIVAS DE DESTINAÇÃO DE MORTALIDADES.....	79
4.6	CUSTO DAS ALTERNATIVAS DE DESTINAÇÃO DE MORTALIDADES NA REGIÃO CENTRO-OESTE DE MINAS GERAIS .....	83

4.6.1	Custos para destinação de mortalidades em aterro classe 1.....	83
4.6.2	Custos para destinação de mortalidades em usina incineradora.....	84
4.6.3	Custos para destinação de mortalidades em compostagem.....	84
5	VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UMA NOVA UNIDADE DE PROCESSAMENTO DE MORTALIDADES E SUBPRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL.....	86
5.1	ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA.....	86
5.1.1	Escolha dos locais para construção da UPSOA.....	86
5.1.2	Material a ser processado e parâmetros de processo.....	86
5.1.3	Definição das capacidades e do fluxograma.....	88
5.1.4	Estimativas de investimentos.....	89
5.2	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA – PARÂMETROS A SEREM AVALIADOS.....	91
5.2.1	Fluxo de caixa projetado.....	91
5.2.2	Taxa mínima de atratividade (TMA) e custo médio ponderado de capital (CMPC).....	93
5.2.3	Valor presente líquido (VPL).....	93
5.2.4	Taxa interna de retorno (TIR).....	94
5.2.5	Depreciação.....	96
5.2.6	Payback.....	96
5.3	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA NOVA UPSOA.....	97
5.4	FLUXO DE CAIXA PROJETADO DA NOVA UPSOA.....	97
5.5	ESTIMATIVA DE RESULTADO FINANCEIRO DA NOVA UPSOA.....	99
6	VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO COPROCESSAMENTO DE FARINHA DE CARNE E OSSOS NA FÁBRICA DE CIMENTO MINAS GERAIS.....	102
6.1	DEFINIÇÃO DO CASO A SER ESTUDADO E LEVANTAMENTO DE DADOS.....	104
6.2	SIMULAÇÃO DE RESÍDUOS E O IMPACTO FINANCEIRO TOTAL DO COPROCESSAMENTO DE RESÍDUOS NA FÁBRICA.....	107

6.3	CÁLCULO DO IMPACTO FINANCEIRO TOTAL (IFT) DE UMA COMPOSIÇÃO TÍPICA DE COMBUSTÍVEIS NA FCMG (SEM A INTRODUÇÃO DE FARINHA DE CARNE E OSSOS).....	110
6.3.1	Cálculo da energia fornecida pelo combustível (EFC) de uma composição típica de combustíveis na FCMG. ....	110
6.3.2	Cálculo do aporte total do combustível (ATC) de uma composição típica de combustíveis na FCMG .....	111
6.3.3	Cálculo do aporte da destinação do resíduo (ADR) de uma composição típica de combustíveis da FCMG .....	111
6.3.4	Cálculo do impacto financeiro total (IFT) de uma composição típica de combustíveis na FCMG. ....	112
6.4	CÁLCULO DO IMPACTO FINANCEIRO TOTAL (IFT) DE UMA COMPOSIÇÃO DE COMBUSTÍVEIS NA FCMG COM INTRODUÇÃO DE FCO.....	112
6.4.1	Cálculo da energia fornecida pelo combustível (EFC) da composição de combustíveis com introdução de FCO na FCMG.....	113
6.4.2	Cálculo do aporte térmico do combustível ATC da composição de combustíveis com introdução de FCO na FCMG .....	113
6.4.3	Cálculo do aporte da destinação do resíduo (ADR) da composição de combustíveis com introdução de FCO na FCMG. ....	114
6.4.4	Cálculo do impacto financeiro total (IFT) da composição de combustíveis com introdução de FCO na FCMG .....	114
7	RESULTADOS .....	116
7.1	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE .....	116
7.1.1	Análise de sensibilidade da taxa de juros (TIR x VPL).....	116
7.1.2	Análise de sensibilidade da variação no preço para destinação de mortalidades .....	117
7.1.3	Análise de sensibilidade da variação no custo de energia elétrica .....	118
7.1.4	Análise de sensibilidade da variação no custo de gás natural .....	119
7.2	COMPARAÇÃO DOS PREÇOS PARA DESTINAÇÃO DE MORTALIDADES.....	119
7.3	IMPACTO FINANCEIRO DA INTRODUÇÃO DE FCO NA FÁBRICA DE CIMENTO MINAS GERAIS .....	121
8	CONCLUSÕES .....	123
8.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	125

9	REFERÊNCIAS .....	126
10	APÊNDICE 1 – CÁLCULO DO FINANCIAMENTO COM LINHA DE CRÉDITO BNDES-FINAME .....	136
11	ANEXO 1 – ORÇAMENTOS DE MÁQUINAS.....	137
12	ANEXO 2 – CERTIFICADO DE ANÁLISE DA FARINHA DE CARNE E OSSOS.....	145

# 1 INTRODUÇÃO

As principais economias globais correm contra o tempo para reduzir as emissões de gases de efeito estufa de suas matrizes energéticas e reconfigurar seus modelos de produção e consumo (WBCSD, 2009, p. 2). O caminho para a sustentabilidade exigirá mudanças fundamentais nas estruturas de governança, nas estruturas econômicas, nos negócios e no comportamento humano.

O coprocessamento de resíduos como combustíveis alternativos é uma opção eficaz para a destinação adequada e para a redução do consumo de fontes não renováveis. Como os combustíveis derivados de resíduos muitas vezes possuem poder calorífico inferior (PCI) menor do que os combustíveis fósseis, pode ser necessário acrescentar muita energia térmica para se obter as temperaturas operacionais adequadas.

Esta característica pode se apresentar como uma desvantagem no uso de grandes quantidades de combustível derivado de resíduos. No entanto, a partir de uma perspectiva que considere a produção de gases de efeito estufa, este problema é mais do que compensado pela vantagem de redução de emissões de CO<sub>2</sub> quando os combustíveis utilizados são considerados neutros. Embora as emissões brutas possam aumentar, as emissões líquidas diminuirão. Um forno rotativo utilizado na produção de cimento é representado na Figura 1.



**Figura 1 - Forno rotativo utilizado na fabricação de cimento.**

Fonte: Chaeng (2016).

Devido às características dos fornos da indústria de cimento, que operam em altas temperaturas e apresentam tempo de residência adequado, elas são uma das grandes coprocessadoras de resíduos no lugar de combustíveis não renováveis. Promovem a destruição dos resíduos e a incorporação das cinzas do resíduo no cimento, não resultando em passivos ambientais ao final do processo.

As tecnologias de coprocessamento nas fábricas de cimento são regulamentadas e consolidadas, dando fim a diversos resíduos em grandes escalas e em grandes cadeias beneficiadoras. Um dos resíduos coprocessados em larga escala na Europa e nos EUA é a farinha de carne e ossos (FCO), ou em inglês *Meat and Bone Meal* (MBM), que é proveniente da indústria de abate de processamento de subprodutos de origem animal, que são rejeitos de açougues, frigoríficos, matadouros, propriedades rurais e coletas de mortalidades (cadáveres).

A indústria que processa subprodutos de origem animal representa uma atividade potencialmente poluidora, podendo causar grandes impactos ambientais se ações preventivas e medidas compensatórias não forem adotadas. Os grandes produtores do setor possuem programas de destinação de resíduos, mas muitos produtores de menor porte ainda lançam grandes volumes de resíduos diretamente ao meio ambiente. Um exemplo de destinação inadequada é demonstrado na Figura 2.



**Figura 2 - Exemplo de destinação inadequada de mortalidades.**

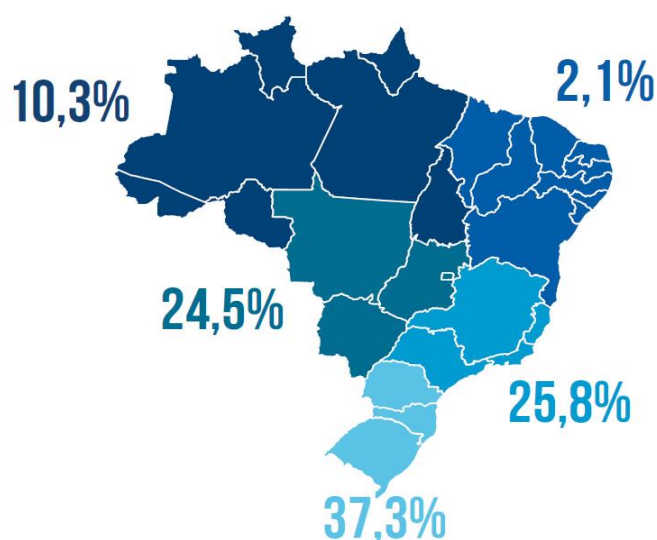
Fonte: Embrapa (2015).

O Brasil possui a segunda maior produção de carne bovina, atrás apenas dos Estados Unidos da América (BNDES, 2014, p. 4). De acordo com Associação Brasileira de Reciclagem Animal (ABRA, 2014, p. 7), o setor de reciclagem animal processou mais de 12 bilhões de quilos de coprodutos em 2014, gerando uma riqueza aproximada de 7.4 bilhões de reais. As indústrias desse setor geralmente possuem bons controles de efluentes líquidos e resíduos sólidos.

As indústrias do setor de reciclagem animal brasileiras geralmente processam somente subprodutos destinados para fins alimentícios e cosméticos. Em geral não são processados subprodutos e rejeitos de mortalidades que possuem classificação 1 e 2 na Europa e nos EUA.

No Brasil existe uma grande quantidade de abatedouros e matadouros de pequeno porte, os quais não possuem condições sanitárias mínimas e nenhum tratamento dos resíduos e efluentes. Muitos abates de animais são realizados de forma clandestina e em situações precárias, mesmo sendo administrados por órgãos públicos municipais.

Na Figura 3, temos a distribuição das 233 fábricas processadoras de subprodutos de origem animal por região do Brasil, no ano de 2015:



**Figura 3 - Distribuição das 233 fábricas processadoras de subprodutos de origem animal ativa por região no Brasil.**

Fonte: ABRA, 2014, p. 33.

Mathias (2008, p. 77) realizou um trabalho visando a oferecer um modelo alternativo para a estimação do abate clandestino de bovinos no país, apontando clandestinidade entre 30 % a 50 % no setor. Os estabelecimentos clandestinos operam em condições precárias de higiene e saúde ocupacional, lançando resíduos sólidos e líquidos a céu aberto e em cursos de água.

Para viabilização do coprocessamento da FCO fabricada a partir de rejeitos da classe 1 e 2 nas fábricas de cimento, as condições técnicas para recepção, beneficiamento, transporte, armazenamento e injeção deverão ser analisadas e comparadas com dados de outros combustíveis alternativos. Em se tratando de processos industriais, as condições econômicas deverão ser avaliadas tendo em vista os investimentos a serem realizados, considerando os custos de beneficiamento e de transporte do novo combustível alternativo.

Foram realizadas pesquisas em toda a cadeia produtiva, iniciando-se pelos estudos da geração e eliminação de mortalidades nas propriedades rurais, passando por visitas à fábrica de processamento de subprodutos de origem animal e à fábrica de cimento, todas localizadas na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais.

Para viabilizar a eliminação das mortalidades, foi necessário realizar uma análise de investimento em uma nova fábrica para receber esse material, processar e fornecer a FCO com preço competitivo em relação aos métodos tradicionais utilizados atualmente, como compostagem, incineração ou enterro.

Para viabilizar a destinação de FCO na fábrica de cimento foi necessário verificar o impacto financeiro desse material em relação aos outros resíduos coprocessados atualmente na fábrica. As tecnologias nacionais e estrangeiras foram verificadas, de forma a adaptar a melhor relação custo-benefício que seja rentável e vantajosa ao meio ambiente e que possa gerar renda para a comunidade local, cumprindo sua função social.

O estudo apresentou resultados satisfatórios, mostrando viabilidade e possibilidade de ser aplicado em diferentes regiões brasileiras.

## 1.1 Justificativa

A fabricação de cimento é um processo intensivo em consumo de energia e recursos, com impactos locais e globais. (WBCSD, 2009, p. 4). Devido a essa elevada demanda de energia, as fábricas de cimento são grandes consumidoras de combustíveis alternativos, provenientes de resíduos industriais, urbanos e agrícolas. As taxas de substituição de combustíveis fósseis aumentam a cada ano com a viabilização de novos combustíveis provenientes de resíduos. A geração de resíduos cresce a cada ano, acompanhando a evolução do consumo de bens e alimentos.

Onde os resíduos não podem ser gerenciados técnica ou economicamente pela prevenção e redução, reutilização e reciclagem, o processo de fabricação de cimento fornece uma solução mais ecologicamente sustentável em relação ao aterro, graças à energia total economizada e a recuperação de materiais no processo. (WBCSD, 2009, p. 4).

O coprocessamento de resíduos em fábricas de cimento é amplamente utilizado no mundo, utilizando tecnologias licenciadas para queima e controle de emissões de poluentes, sendo uma alternativa adequada para destinação de resíduos. No Brasil existem oportunidades para estudo da destinação de resíduos não aproveitados como fontes de energias alternativas. Um desses resíduos é a farinha de carne e ossos (FCO).

O coprocessamento de FCO em fábricas de cimento é realizado em alguns países da Europa e nos EUA, porém ainda não é praticado no Brasil. Trata-se de um combustível alternativo que pode representar grandes oportunidades de ganhos ambientais e financeiros. Diante dessa necessidade e da oportunidade, este trabalho mostra um estudo de viabilidade técnica e econômica de beneficiamento e queima de FCO em um forno de cimento brasileiro.

Atualmente, não existe no Brasil uma legislação específica que trate da destinação de mortalidades ao longo das cadeias produtivas. A preocupação com o tema começa a ser evidente, pois os primeiros debates começam a ser realizados pela Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária).

A normatização dessa atividade proporcionará sustentabilidade à cadeia produtiva, buscando a correta destinação dos cadáveres de mortalidades e visando aos sistemas de produção sustentáveis e seguros. (EMBRAPA, 2015, p. 2-3).

A destinação de animais que morrem em propriedades rurais e rodovias, tendo como causa doenças, intoxicações ou acidentes, não é realizada de forma adequada, causando contaminação do meio ambiente.

Grandes volumes de cadáveres de animais lançados ao meio ambiente ocorrem por desastres ambientais como descargas elétricas e naufrágios, como mostrado na Figura 4.



**Figura 4 - Cadáveres de bois naufragados no Porto de Vila do Conde - PA.**

Fonte: G1 (2015).

Poucos trabalhos foram publicados sobre a destinação de mortalidades e subprodutos de origem animal no Brasil. Este estudo pretende inovar, verificando as possibilidades de beneficiamento e destinação adequada desses resíduos na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais, localizado na região sudeste do Brasil.

Para verificar o potencial de coprocessamento de FCO foram pesquisados os volumes gerados de mortalidades e subprodutos de origem animal (MSOA). Também foram verificadas e comparadas as alternativas de sua destinação na região. Não foram encontrados estudos que descrevem o processo para produção de FCO destinada

para combustível alternativo, fabricada a partir de subprodutos de origem animal e mortalidades impróprias para consumo humano ou animal.

A nova unidade de processamento de FCO pode gerar emprego e renda para a população local, tanto para as atividades de coleta e transporte de resíduos e de FCO, na nova unidade de processamento de mortalidades e subprodutos de origem animal (UPSOA), e eventualmente na operação de armazenamento e injeção de FCO na fábrica de cimento. A fabricação de FCO gera também grande volume de sebo, que pode ser destinado para a fabricação de biodiesel, gerando importante receita para o novo empreendimento.

Para demonstrar a viabilidade econômica do projeto, foi verificado o impacto financeiro em se beneficiar a FCO em uma fábrica de cimento da região, considerando as estimativas de volumes de FCO gerados localmente. Será verificada uma composição típica de resíduos coprocessados nessa fábrica de cimento e a viabilidade financeira em substituir um destes resíduos pelo FCO, mantendo-se o equilíbrio operacional.

Este trabalho foi desenvolvido a partir da necessidade de estudar as melhores alternativas para destinação adequada dos resíduos de mortalidades de animais, avaliando a produção de FCO para destinação exclusiva como combustível alternativo para fábricas de cimento. A pesquisa busca alternativas para suprimir um grande problema ambiental, que é a contaminação dos solos, lençóis freáticos e cursos de água por carcaças de animais mortos e rejeitos de frigoríficos e matadouros, em uma atividade econômica não explorada no Brasil.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

O presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo de viabilidade técnica e econômica para destinação de farinha de carne e ossos (FCO). Será fabricada em uma nova unidade de processamento de subprodutos de origem animal (UPSOA) e utilizada como combustível alternativo em uma fábrica de cimento localizada na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

O presente trabalho tem como objetivos específicos:

Verificar como é realizado o coprocessamento de resíduos em fábricas de cimento em outros países e no Brasil, identificando os aspectos tecnológicos e ambientais e a introdução de FCO como combustível alternativo;

Verificar quais são as alternativas e tecnologias utilizadas para destinação de Mortalidades e Subprodutos de Origem Animal (MSOA) em outros países, no Brasil e na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais;

Desenvolver um estudo dos volumes gerados de MSOA e das alternativas e custos para destinação na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais;

Realizar um estudo de viabilidade técnica e econômica da implantação de uma nova unidade de processamento de subprodutos de origem animal (UPSOA) na cidade de Bambuí;

Analisar o impacto financeiro em se introduzir a FCO produzida na nova UPSOA como combustível alternativo na Fábrica de Cimento Minas Gerais, na cidade de Arcos, localizada na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais.

### 1.3 Organização do trabalho

O trabalho foi desenvolvido nos capítulos descritos abaixo:

No capítulo 1 é feita uma explanação geral do problema a ser discutido.

No capítulo 2 é desenvolvido um estudo sobre o coprocessamento de resíduos e sua utilização em fábricas de cimento. São apresentados as etapas de fabricação de cimento e os tipos de cimentos fabricados no Brasil. A queima de clínquer no forno rotativo, que é o principal processo da fábrica e também o que mais consome energia, é descrita. São apresentados os tipos de combustíveis convencionais e alternativos. São apresentados os países que coprocessam a farinha de carne e ossos e respectivas taxas de substituição de combustíveis fósseis. São demonstrados os aspectos ambientais da produção de cimento como emissões de material particulado, emissões atmosféricas dos gases  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ , VOC e outras. As emissões atmosféricas em fábricas de cimento que coprocessam farinha de carne e ossos também são apresentadas. A legislação referente ao coprocessamento no estado de Minas Gerais e no Brasil é descrita. Por fim, são apresentados os aspectos tecnológicos do coprocessamento de farinha de carne e ossos em fábricas de cimento.

No capítulo 3 são realizados estudos sobre a destinação de mortalidades e de subprodutos de origem animal (MSOA). É apresentada a classificação dos subprodutos nos EUA e na Europa, assim como a legislação relacionada. São apresentadas as alternativas para destinação de mortalidades na região Centro-Oeste de Minas Gerais. São estimados os volumes de resíduos coprocessados nas fábricas de cimento da região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais. A situação do licenciamento ambiental das empresas que processam subprodutos de origem animal no estado de Minas Gerais é apresentada. Também são apresentadas as tecnologias de processamento de subprodutos de origem animal, o fluxograma de uma instalação industrial, uma lista dos equipamentos, as etapas do processo assim como os principais insumos e efluentes gerados.

No capítulo 4 é apresentado um estudo sobre a eliminação de mortalidades na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais, que inclui levantamentos de campo

em propriedades rurais e em uma fábrica de processamento de subprodutos de origem animal em um frigorífico da região Centro-Oeste. São apresentadas estimativas dos volumes gerados de mortalidades na região. São descritas as alternativas e custos de eliminações mais utilizadas em outros países e as alternativas e custos de eliminação a partir da cidade de Bambuí.

No capítulo 5 é realizado um estudo de viabilidade técnica e econômica da implantação de uma nova unidade de processamento de mortalidades e subprodutos de origem animal (UPSOA) na cidade de Bambuí. A capacidade de produção da nova fábrica é definida pelos levantamentos e cálculos realizados no capítulo 4.

No capítulo 6 é realizado um estudo de impacto financeiro da introdução de farinha de carne e ossos na composição de combustíveis alternativos da fábrica de cimento Minas Gerais, localizada na cidade de Arcos, também localizada naquela região. São utilizados dados de volumes de mortalidades calculados no capítulo 4, que serão processados na nova unidade de processamento de mortalidades e subprodutos de origem animal apresentada no capítulo 5, prevista para ser implantada na cidade de Bambuí.

Ao final são feitas comparações da viabilidade técnica e econômica da destinação de mortalidades e subprodutos de origem animal nas categorias 1 e 2 para coprocessamento na fábrica de cimento, entre as alternativas disponíveis na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais.

## 2 COPROCESSAMENTO DE RESÍDUOS EM FORNOS DE CIMENTO

### 2.1 Introdução

De acordo com WBCSD (2009, p. 2), o cimento é o material de construção mais amplamente utilizado no mundo, com consumo *per capita* anual em cerca de 450 kg.

Cembureau (2009, p. 4) define o cimento como um produto essencial, que proporciona à sociedade o que ela precisa em termos de habitação segura, confortável e com infraestrutura moderna e confiável. Para o autor, o coprocessamento na indústria do cimento é a melhor forma de recuperar energia e materiais a partir de resíduos, oferecendo uma solução segura para a sociedade e para o meio ambiente, substituindo recursos não renováveis em condições estritamente controladas.

A crescente geração de resíduos é um grande desafio para a sociedade moderna. A necessidade de aumentar a reutilização de resíduos como recurso se torna mais evidente a cada dia. A gestão dos resíduos sólidos, considerada um dos setores básicos do saneamento, ainda não tem recebido a devida atenção por parte dos gestores públicos, resultando assim nos atuais grandes problemas de cunho social, ambiental, econômico e de saúde (FADE, 2010, p. 20).

A lei brasileira 12.305/10 (Brasil, 2010) instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que dispõe sobre a gestão integrada, o gerenciamento dos resíduos sólidos, e determinando as responsabilidades do poder público, como o suporte frente aos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos.

O coprocessamento de resíduos em fornos de cimento tem como objetivo fornecer energia calorífica para o processo de fabricação de clínquer (componente principal do cimento), que consome cerca de 80% da energia de toda a fábrica.

Carpio (2005, p. 9) explica que o clínquer é obtido a partir da moagem, homogeneização e posterior queima no interior de um forno rotativo de cimento, em

altas temperaturas ( $\approx 1450^{\circ}\text{C}$ ), a partir de uma mistura pulverizada, denominada de cru ou farinha, proveniente da matéria-prima composta de: calcário, argila, areia, minério de ferro, entre outros em menor quantidade.

Devido ao alto consumo de calor no processo de fabricação de clínquer para a produção de cimento, esta indústria sempre se preocupou, ao longo de sua história, com a utilização de combustíveis de baixo custo sem perda de qualidade. Uma das alternativas encontradas para se obter a economia de recursos energéticos foi o coprocessamento de resíduos industriais e urbanos, o que, por outro lado, veio a ser uma solução para o tratamento e disposição desses resíduos (CARPIO, 2005, p. 2).

## **2.2 Processos de fabricação de cimento**

Existem dois tipos principais de processos de produção de clínquer: por via úmida e por via seca. Nas unidades de via úmida, a matéria-prima é moída juntamente com água, cujo conteúdo de umidade pode atingir valores entre 28 e 43% em peso, sendo fornecida ao forno na forma de pasta. (CARPIO, 2005, p. 18).

Os fornos que operam em processo via seca representam a maioria dos fornos em uso atualmente pelas indústrias brasileiras de cimento. No processo seco, as matérias-primas são secas e homogeneizadas em um alimentador primário seco. Geralmente os gases de exaustão do forno são utilizados para a secagem e pré-aquecimento do cru. (RENÓ, 2007, p. 10)

Existem vários tipos de cimento, que são classificados conforme diferentes aplicações possíveis na construção, matérias primas utilizadas, processos de fabricação e desempenho esperado.

Os tipos de cimento fabricados no Brasil e os limites máximos dos componentes químicos são apresentados na Tabela 1, a seguir:

**Tabela 1 - Principais tipos de cimento fabricados no Brasil e limites máximos dos componentes químicos.**

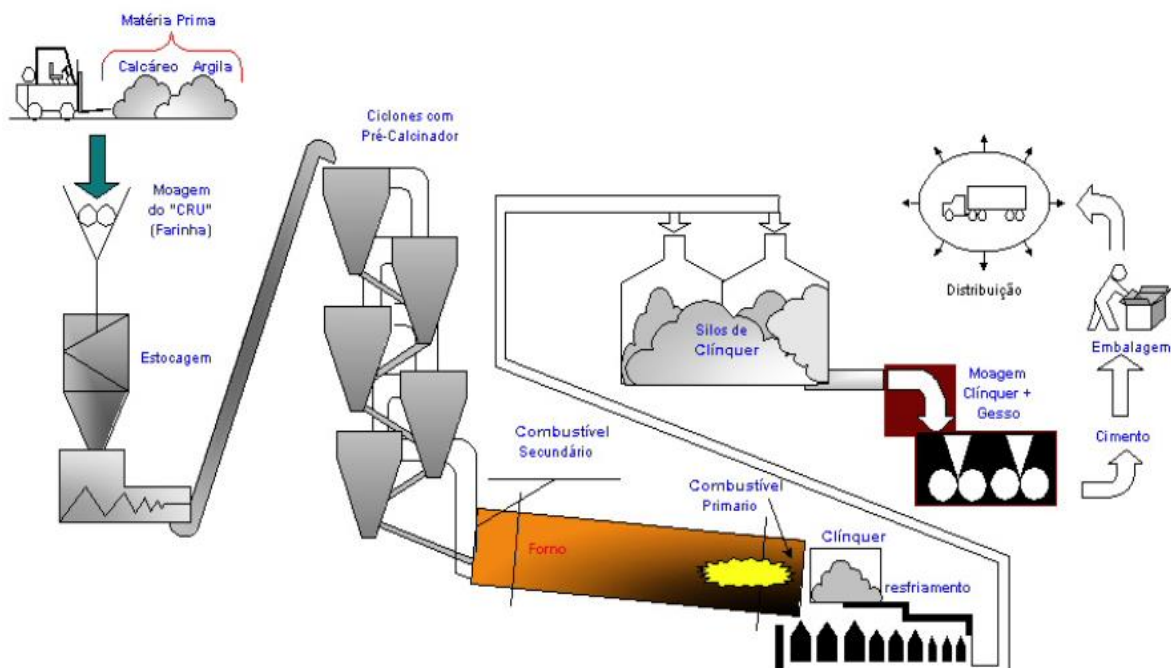
<b>Tipos de Cimento</b> <sup>(3)</sup>	<b>Sigla</b>	<b>Resíduo Insolúvel (%)</b>	<b>Perda ao Fogo (%)</b>	<b>MgO (%)</b>	<b>SO<sub>3</sub> (%)</b>	<b>CO<sub>2</sub> (%)</b>
Cimento Portland Comum	CPI	≤ 1,0	≤ 2,0	≤ 6,5	≤ 4,0	≤ 1,0
	CPI-S	≤ 5,0	≤ 4,5			≤ 3,0
Cimento Portland Composto	CPII-E	≤ 2,5	≤ 6,5	≤ 6,5	≤ 6,5	≤ 5,0
	CPII-Z	≤ 16				
	CPII-F	≤ 2,5				
Cimento Portland de Alto-Forno	CPIII	≤ 1,5	≤ 4,5	-	≤ 4,0	≤ 3,0
Cimento Portland Pozolânico	CPIV	-	≤ 4,5	≤ 6,5	≤ 4,0	≤ 3,0
Cimento Portland de Alta Resistência Inicial	CPV-ARI	≤ 5,0	≤ 4,5	≤ 6,5	≤ 4,5	≤ 3,0
Cimento Portland de Alta Resistência Inicial e Resistente aos Sulfatos	CPV-ARI-RS	≤ 1,0	≤ 4,5	≤ 6,5	≤ 3,5 <sup>(1)</sup> ≤ 4,5 <sup>(2)</sup>	≤ 3,0

<sup>(1)</sup> Quando C<sub>3</sub>A do Clínquer ≤ 8%. <sup>(2)</sup> Quando C<sub>3</sub>A do Clínquer ≥ 8%. <sup>(3)</sup> ABNT: NBR 5732 (1991), NBR 5733 (1991), NBR 5735 (1991), NBR 5736 (1991) e NBR 5737 (1992).

Fonte: CARPIO, 2005, p. 18.

Existem inúmeros aspectos regionais que contribuem para uma diferenciação do perfil das matérias-primas e insumos utilizados na produção do cimento no Brasil e, conseqüentemente, das emissões resultantes de cada fábrica. A composição da matéria-prima, que não se encontra distribuída de forma homogênea na natureza, tem influência direta nas emissões de CO da indústria do cimento. Regiões cujo calcário apresenta maiores teores de magnésio (MgO), como a região Sul por exemplo, apresentam maior fator de emissão por clínquer produzido, comparativamente a outras regiões (CARVALHO, 2010, p. 20).

O diagrama com as etapas do processo de fabricação do cimento Portland é apresentado por Carpio (2005, p. 10) na Figura 5:



**Figura 5 - Etapas do processo de fabricação do cimento Portland.**

Fonte: CARPIO, 2005, p. 10.

Silva (1994, p. 47) explica que os inconvenientes principais deste sistema residem no fato de trabalharem com baixo conteúdo de álcalis, problemas relativos a sua eliminação do circuito e produção de excessivo volume de pó no forno. As principais vantagens deste processo estão na possibilidade de se utilizar qualquer tipo de combustível sólido, ou uma mistura dos mesmos, para se conseguir o poder calorífico necessário ao processo e o baixo consumo específico de calor.

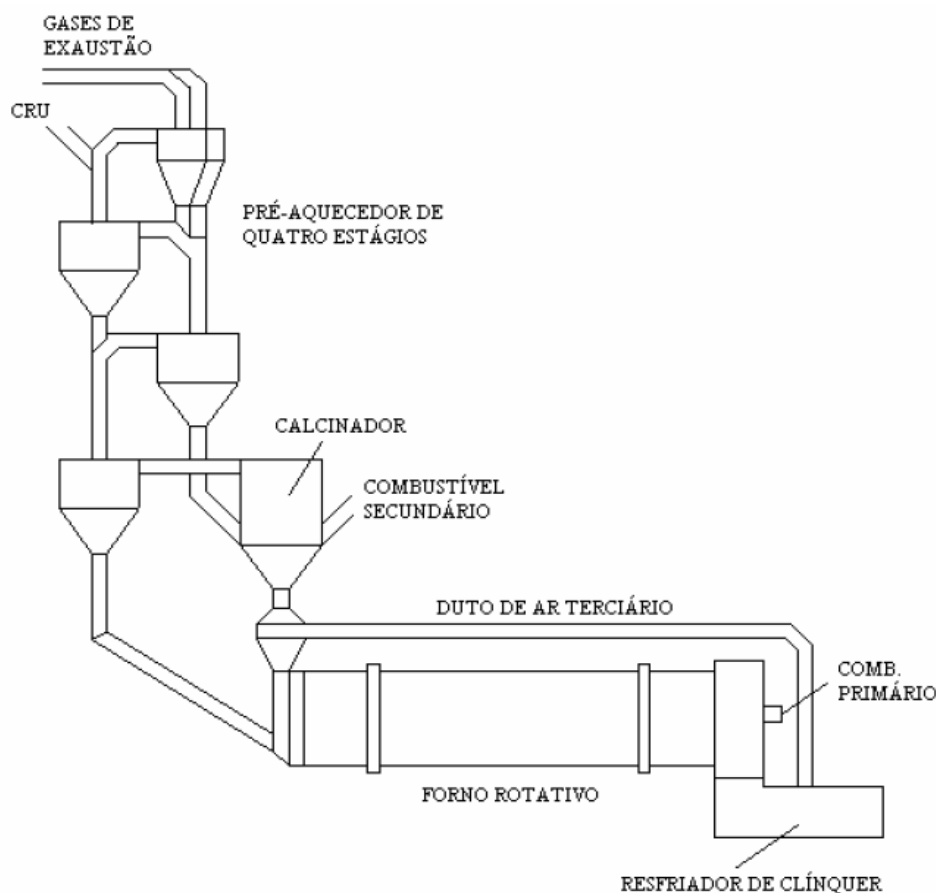
As descrições das principais etapas da fabricação do cimento são apresentadas na Tabela 2, na sequência de produção.

Tabela 2 - Principais etapas da fabricação do cimento.

Etapa	Descrição
1 - Extração de matérias primas	Calcário e argila são as matérias-primas essenciais para a fabricação do clínquer, em uma proporção de 75%- 80% e 20%-25%. O calcário e a argila são lavrados e enviados para serem pré-homogeneizados em pilhas e galpões apropriados.
2 - Moagem do cru e estocagem de farinha	Esses minérios são devidamente dosados nas proporções exatas e depois são moídos e homogeneizados, resultando um material fino e homogêneo, denominado farinha, que é estocada em silos.
3 - Ciclones com pré-aquecedor	A transformação físico-química da farinha em clínquer passa por quatro estágios: pré-aquecimento, calcinação, clinquerização e resfriamento. As torres de pré-aquecedores e/ou pré-calcinadores presentes nos modernos fornos via seca, reaproveitam os gases quentes da saída do forno para aquecer a farinha. Nesse estágio, a matéria-prima atinge uma temperatura aproximada de 800°C, quando se dá o início da calcinação - ou descarbonatação do calcário - e a quebra da estrutura molecular das matérias-primas, passando em seguida para o forno rotativo, onde está localizado o maçarico principal, cuja chama atinge 2.000°C no ponto de maior temperatura.
4 - Forno de clínquer	Nesta etapa o material atinge a temperatura média de 1.450°C, fundindo-se parcialmente, constituindo o processo de clinquerização, em que as moléculas se recombinaem e recristalizam, dando origem a novos compostos.
5 - Moagem e expedição	O clínquer resfriado é então moído em grandes moinhos junto com gesso (3%-6%) e, dependendo do tipo de cimento e Normas Técnicas aplicáveis, demais materiais, como escória siderúrgica, cinzas volantes, pozolanas e <i>filler</i> calcário, para formar o cimento <i>portland</i> , que será armazenado em silos, mantendo suas características físico-químicas até sua comercialização.

Fonte: CARVALHO et al., 2010.

Na Figura 6 temos um diagrama detalhado das etapas 3 e 4, mostrando uma instalação de um forno rotativo com pré-aquecedor e resfriador de clínquer.



**Figura 6 - Esquema de uma instalação de um forno rotativo com pré-calcinador e resfriador de grelhas.**

Fonte: SILVA, 1994, p. 47.

### 2.2.1 Produção de clínquer no forno rotativo

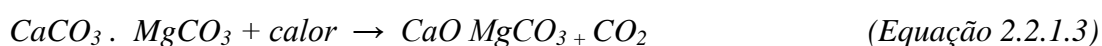
Na etapa 4 da Tabela 2, o movimento rotativo do forno provoca a formação de estruturas nodulares com 5 a 30 mm de diâmetro, denominadas clínquer. Esse material passa, por sua vez, por um sistema de resfriadores com o objetivo de reduzir o mais rápido possível a sua temperatura, estabilizando a nova estrutura química. Após o resfriamento, o clínquer produzido é armazenado em silos.

Há um ponto de injeção de combustíveis secundários na região dos ciclones com pré-aquecedor, além de outro de injeção de combustíveis primários, localizado no queimador principal do forno (CARPIO, 2005, p. 10).

Normalmente a farinha de carne e ossos (FCO) é injetada no ponto de injeção de combustíveis primários, que corresponde ao queimador principal do forno. Carvalho et al. (2010, p. 29) explicam que durante a produção de clínquer, o calcário, que é constituído principalmente de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), é aquecido em fornos junto com outras matérias primas até produzir cal ( $\text{CaO}$ ) e  $\text{CO}$  como subproduto, conforme demonstrado na Equação 2.2.1.1, no processo chamado de descarbonatação ou calcinação.



O  $\text{CaO}$  reage então com sílica ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) para formar o clínquer. Entretanto, existem outros carbonatos presentes na matéria-prima, em menor escala, que não o  $\text{CaCO}_3$ . Calcários magnesianos ( $\text{MgCO}_3$ ) e dolomíticos ( $\text{CaCO}_3$ ;  $\text{MgCO}_3$ ) possuem magnésio em sua composição. Quando submetidos a elevadas temperaturas, estes carbonatos se fracionam também, liberando  $\text{CO}_2$  conforme Equação 2.2.1.2 e 2.2.1.3:



### 2.3 Combustíveis utilizados na indústria do cimento

Conforme a resolução CONAMA 264/1999, temos dois tipos básicos de combustíveis utilizados na fábrica de cimento:

**Combustível Primário:** Combustível alimentado pelo maçarico/queimador principal do forno na zona de combustão primária, sendo comumente utilizado carvão, óleo ou gás;

**Combustível Secundário:** Combustível alimentado na zona de combustão secundária, podendo ser utilizado, além dos combustíveis primários, outros

alternativos, como: casca de arroz, serragem, entre outros. Também podem ser definidos como materiais residuais combustíveis (BRASIL, 1999).

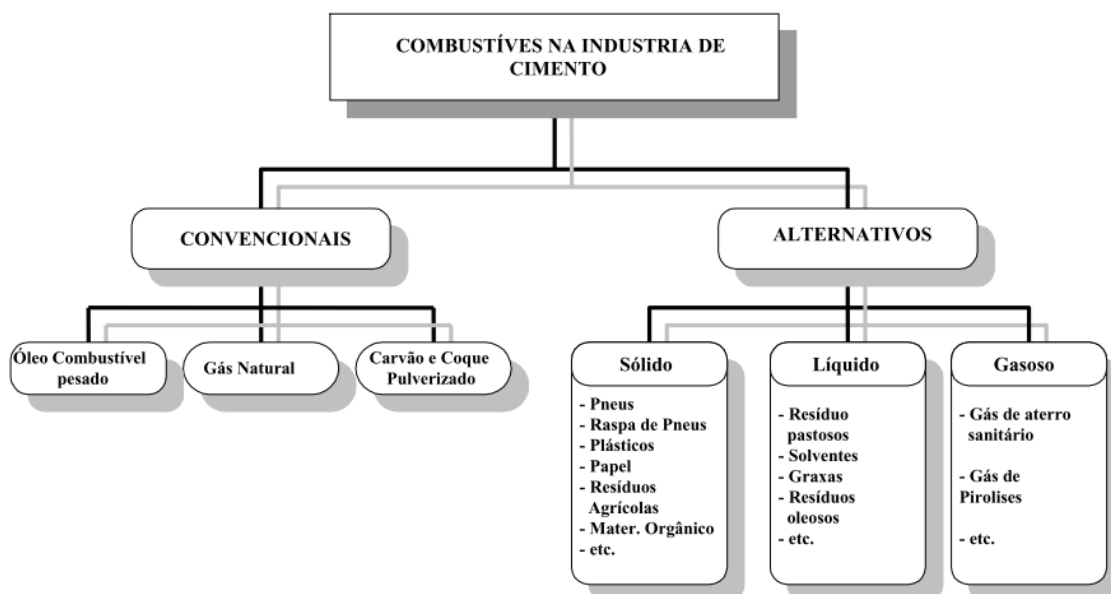
Carpio (2005, p. 61) afirma que a energia térmica necessária para a fabricação de cimento é derivada do combustível utilizado no processo de combustão no interior do forno, sendo correspondente a cerca de 80% da energia total consumida numa fábrica de cimento. Os pontos de injeção dos combustíveis no processo são indicados na Figura 3.

ABCP (2015, p. 7) descreve que grande variedade de resíduos substitutos de combustível podem ser coprocessados, entre eles:

- ✓ Solventes, resíduos oleosos e resíduos têxteis;
- ✓ Óleos usados (de carro e fábricas);
- ✓ Pneus usados e resíduos de picagem de veículos;
- ✓ Graxas, lamas de processos químicos e de destilação;
- ✓ Resíduos de empacotamento e de borracha;
- ✓ Resíduos plásticos, de serragem e de papel;
- ✓ Lama de esgoto, ossos de animais e grão vencidos.

Os processos de fabricação de cimento requerem o aquecimento gradual das matérias-primas (como o calcário e a argila) nos fornos de cimento a uma temperatura máxima de aproximadamente 1500 °C, para o qual são exigidas grandes quantidades de combustível. Tradicionalmente se utiliza óleo combustível, carvão, coque de petróleo e gás natural para alcançar tais temperaturas e, conseqüentemente, as reações químicas associadas, necessárias ao processo.

Os principais combustíveis convencionais e alternativos utilizados na indústria de cimento são demonstrados na Figura 7.



**Figura 7 - Principais combustíveis utilizados na indústria de cimento.**

Fonte: CARPIO, 2005, p. 62.

De acordo com Karstensen (2010, p. 25), os principais combustíveis fósseis (combustíveis “primários”) na indústria de cimento são carvão, coque de petróleo, óleo combustível e – em menor quantidade – o gás natural. Os combustíveis “alternativos” não fósseis derivados de fontes industriais como pneus, resíduos de óleo, plásticos, solventes e muitos outros são comumente utilizados hoje como combustíveis substitutos.

Os componentes químicos das cinzas dos combustíveis sólidos se combinam com as matérias-primas e são totalmente incorporados ao clínquer produzido. Assim, a composição química das cinzas tem de ser considerada no planejamento da mistura crua, que é uma mistura de calcários, argilas e aditivos.

Da mesma forma que os elementos principais, os metais que por ventura sejam introduzidos com os combustíveis líquidos ou sólidos também serão incorporados em grande parte na estrutura do clínquer. As exceções são metais que são parcial ou totalmente volatilizados no sistema do forno, como mercúrio, tálio ou cádmio. Esses elementos serão capturados na poeira do forno (filtro) ou até certo ponto escaparão pelas emissões da chaminé (mercúrio) se não forem tomadas as medidas apropriadas, conforme aponta Karstensen (2010, p. 25).

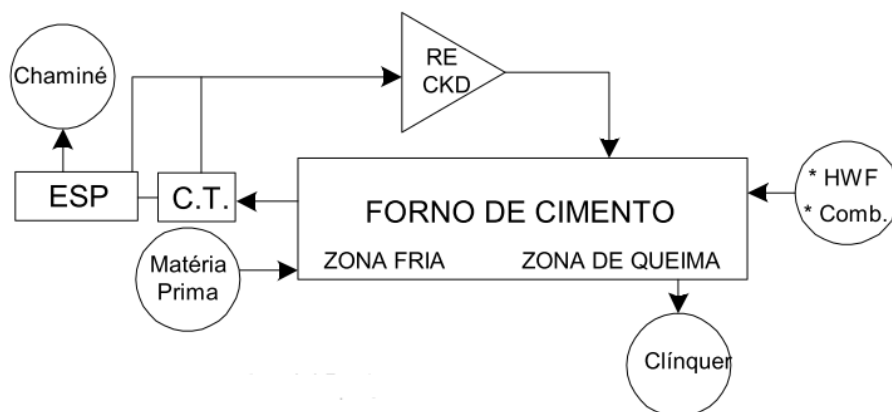
Segundo a Associação Europeia de Cimento (Cembureau), consideram-se metais pesados todos aqueles cujos pesos específicos são maiores que o do titânio ( $4,51 \text{ g/cm}^3$ ). Os metais pesados se encontram em quantidades pequenas nos combustíveis utilizados na indústria de cimento (carvão, coque, óleo ou resíduos combustíveis) e nas matérias-primas (calcário, argila e areia), sendo que alguns destes metais, como ferro e alumínio, são componentes essenciais do cimento. Cabe mencionar que nem todos os metais pesados têm efeitos prejudiciais para o clínquer e para a saúde dos operários (CEMBUREAU, 1999, p. 4).

Carpio (2005, p. 51) explica que, como os metais não podem ser destruídos, o coprocessamento os trata eficientemente de três maneiras:

- ✓ A primeira e mais importante é o cálculo das taxas de alimentação dos resíduos ao forno, de forma a manter as emissões abaixo dos limites estabelecidos pelos órgãos ambientais;
- ✓ Segunda, o material particulado CKD (cement kiln dust) retido na torre de arrefecimento é removido da corrente gasosa, e através de um circuito fechado é retornado ao forno de cimento;
- ✓ Terceira, o material particulado CKD, de granulometria mais fina, é capturado por modernos e eficientes equipamentos, como precipitadores eletrostáticos, filtros de mangas, entre outros, sendo emitida apenas uma quantidade realmente muito pequena, que fica abaixo dos limites estabelecidos pela legislação ambiental; este material retido retorna também ao forno de cimento.

Na Figura 8 temos um diagrama do processo simplificado, onde são apresentados:

- ✓ CKD: Material particulado;
- ✓ ESP: Precipitador eletrostático (filtro);
- ✓ C.T.: Torre de resfriamento ou de ciclones (pré-aquecedor);
- ✓ HWF: Combustíveis de resíduos industriais;
- ✓ RE CKD - Recirculação CKD.



**Figura 8 - Processo simplificado da indústria de cimento.**

Fonte: CARPIO, 2005, p. 51.

As etapas descritas na Figura 5 também podem ser descritas no capítulo 2.2.

## 2.4 Combustíveis alternativos

Raman et al (2015, p. 398) realizaram um estudo sobre combustíveis alternativos e seu uso na indústria de cimento, destacando o seu impacto positivo sobre o meio ambiente. Os autores realizaram um estudo que oferece uma diretriz para planejar e programar o uso de combustível alternativo na indústria de cimento ao redor do mundo, especialmente na Austrália.

Carpio (2005, p. 145) desenvolveu um modelo que calcula os níveis de substituição do combustível primário pelo combustível alternativo derivado de resíduos, considerando-se os níveis aceitáveis de emissões de poluentes. Este modelo se mostrou satisfatório com base nos resultados apresentados, tanto por manter os valores de composição química dentro dos parâmetros de qualidade como também por encontrar custos menores de produção.

As taxas de substituição (%) de alguns resíduos utilizados, como combustíveis em algumas fábricas europeias de cimento, são apresentadas na Tabela 3:

Tabela 3 - Resíduos e taxas de substituição nas fábricas de cimento.

Resíduo usado como combustível alternativo  ( Ano 2011)	Grupo Holcim	Grupo Cemex	Grupo Heidelberg	Grupo Italcement	Grupo Lafarge
	Taxa de substituição (%):				
Resíduo de óleo	5	-	3,7	8,5	22,1
Solventes e resíduos líquidos	11	-	4,7	21,9	-
Pneus	10	16	11,6	14,9	39,7
Serragem contaminada	6	-	-	-	-
Plásticos	9	-	26,4	4,7	-
Resíduos sólidos industriais e urbanos	-	65	-	13,8	-
Combustíveis fósseis	30	-	-	-	-
Farinha de carne e ossos (FCO)	2	4	6,1	15,7	-
Resíduos agrícolas	9	10	4,2	11,1	-
Biomassa e <i>chips</i> de madeira	15	5	24,5	-	25,1
Lodo de ETE	2	-	4,2	1,7	-
RDF	-	-	-	7,8	-
Outros combustíveis alternativos	-	-	14,6	-	-

Fonte: RAHMAN et al., 2015, p. 398.

De acordo com a pesquisa realizada e com entrevistas com colaboradores das fábricas de cimento visitadas, não se coprocessa farinha de carne e ossos no Brasil. De acordo com Carvalho (2010) o Brasil apresentou taxa de substituição média dos combustíveis alternativos em 15% em 2008.

## 2.5 Aspectos ambientais da produção de cimento

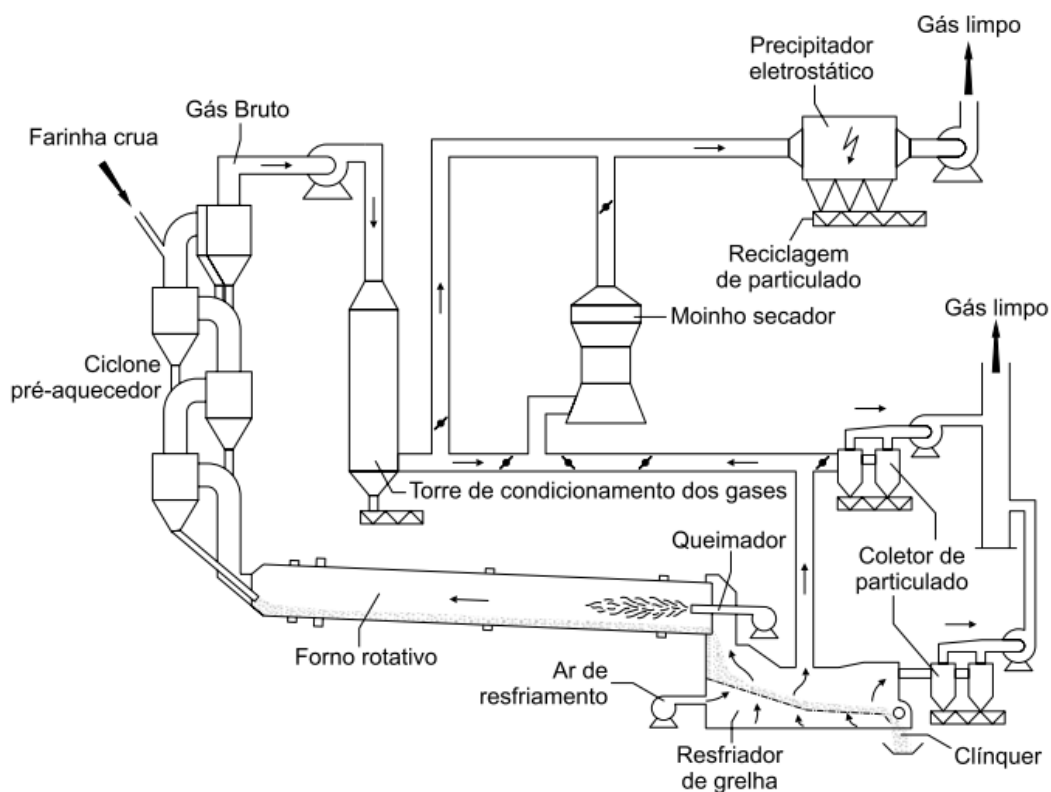
WBCSD (2009, p. 2) afirma que a fabricação de cimento é um processo intensivo em uso de energia de recursos, com impactos locais e globais. De acordo com Karstensen (2010, p. 25), os principais impactos ambientais da produção de cimento estão relacionados às seguintes categorias:

**Emissões de material particulado em chaminés e poeiras fugitivas:** ocorrem mais especificamente das chaminés de fornos e têm sido o aspecto ambiental de maior interesse nas indústrias de cimento. Emissões de particulados de "fontes pontuais" têm origem principalmente nos moinho de cru, no sistema do forno, no resfriador de clínquer e nos moinhos de cimento;

- ✓ Emissões atmosféricas dos gases CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, VOC e outros: são as principais preocupações ambientais na fabricação de cimento nos dias atuais. As principais emissões gasosas são NO<sub>x</sub> e SO<sub>2</sub>. Outras emissões de menor importância são os VOCs (compostos orgânicos voláteis), CO, amônia e metais pesados. O CO<sub>2</sub>, principal gás causador do efeito estufa, é liberado em quantidades consideráveis;
- ✓ Outras emissões como ruídos, vibrações, odores, água de processo, resíduos etc.: maquinário pesado e grandes ventiladores utilizados dão origem a emissões de ruídos e vibrações. Emissões de odores podem estar relacionadas a combustíveis convencionais e alternativos;
- ✓ Consumo de recursos naturais como energia e matérias-primas: trata-se de um "processo de grande escala exige quantidades adequadas de recursos naturais, i.e., matérias-primas, combustíveis térmicos e energia elétrica". Uma planta de "dimensão mediana" com uma produção de clínquer de 3.000 toneladas por dia ou 1 milhão de toneladas por ano corresponde a uma produção de 1,23 milhão de toneladas de cimento por ano (com base nos valores médios para o teor de clínquer do cimento na Europa). É também um processo de uso intensivo de energia. O consumo específico de energia térmica de um forno de cimento varia entre 3000 e 7500

MJ por tonelada de clínquer, em função do projeto do processo básico da planta (KARSTENSEN, 2010, p. 25-33).

Karstensen (2010, p. 9) afirma que o calor de exaustão do sistema do forno é utilizado para secar farinha crua, combustíveis sólidos ou adições minerais nos moinhos. Os gases de exaustão são filtrados utilizando precipitadores eletrostáticos ou sistemas de filtro de mangas antes de serem liberados para a atmosfera. A figura 6 apresenta o sistema do forno rotativo com o ciclone pré-aquecedor, suas entradas de gases e materiais. Nas saídas de gases temos os que passam pelo precipitador eletrostático e coletor de particulados, que são equipamentos de controle ambiental.



**Figura 9 - Forno rotativo com ciclone pré-aquecedor e coletor de material particulado dos gases.**

Fonte: KARSTENSEN, 2010, p. 9.

### 2.5.1 Emissões de gases tóxicos em fábricas de cimento

O resultado do grande consumo de energia da indústria de cimento se apresenta, principalmente, em forma de gases emitidos à atmosfera, como por exemplo dióxido

de carbono ( $\text{CO}_2$ ), óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) e dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), com seus efeitos correspondentes ao meio ambiente (CARPIO, 2005, p. 81).

De acordo com Uson (2013, p. 249), as emissões líquidas de gases de efeito estufa podem ser reduzidos drasticamente por substituição dos combustíveis tradicionais com outros materiais, tais como a biomassa agrícola, resíduos sólidos urbanos (RSU) ou farinha de carne e ossos (FCO). A principal razão é que o carbono contido em combustíveis alternativos é considerado neutro em carbono. No entanto, alguns combustíveis alternativos, tais como plásticos, óleos ou pneus usados, não são inteiramente aprovados como carbono neutro pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC).

O  $\text{SO}_2$  (dióxido de enxofre) constitui a principal substância que causa a acidificação. Outras substâncias, entre elas o  $\text{NO}_x$  (óxido de nitrogênio), presentes nos sistemas de fabricação do cimento, são também responsáveis pelos efeitos acidificantes. Do mesmo modo, o  $\text{NO}_x$ , que também é um ácido anidro, tem seu efeito acidificante na troposfera a partir de sua reação com o ozônio ( $\text{O}_3$ ), transformando-se em um ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), provocando o mecanismo de acidificação do solo (CARPIO, 2005, p. 84).

Outro efeito negativo é a eutrofização, beneficiada pelas mesmas emissões de  $\text{NO}_x$  mencionadas, que favorecem também o enriquecimento das reservas aquáticas e solos agrícolas. A elevação no conteúdo de nitrogênio resulta na liberação do  $\text{NO}_3^-$  (Nitrato) nos ecossistemas, causando um desequilíbrio que favorece o crescimento sem controle de algas nas reservas hidrológicas, as quais acabam por reduzir a quantidade de oxigênio necessário para que os outros seres vivos sobrevivam (CARPIO, 2005, p. 85). A média dos dados de emissões (valores medidos em longo prazo) de fornos de cimento europeus em operação está resumida na Tabela 3. Os valores indicados representam os intervalos para fornos em condições normais de funcionamento.

Em virtude da idade e da concepção das instalações, da natureza das matérias-primas, entre outros, os fornos podem operar fora desses limites. Maquinário pesado e grandes ventiladores utilizados na fabricação de cimento podem dar origem a emissões

de ruídos e vibrações. Emissões de odores raramente são um problema numa planta bem operada, mas, caso ocorra esse tipo de emissão, provavelmente está relacionado com as emissões de movimentação e armazenagem dos combustíveis convencionais e alternativos (KARSTENSEN, 2010, p. 31).

**Tabela 3 - Média de longa duração dos valores de emissão de fábricas de cimento europeias.**

<b>Emissões</b>	<b>Faixa de emissões em mg/Nm<sup>3</sup> (normal metro cúbico)</b>
Material particulado	20-200
NO <sub>x</sub>	500-2000
SO <sub>2</sub>	10/2500
Carbono orgânico total (TOC)	10-100
CO	500-2000
Fluoretos	< 5
Cloretos	< 25
PCDD/F dioxinas e furanos	< 0,1 [ng/Nm <sup>3</sup> ]
<b>Metais pesados:</b>	
- Classe 1 (Hg, Cd, Tl)	≤ 0,1
- Classe 2 (As, Co, Ni, Se, Te)	≤ 0,1
- Classe 3 (Sb, Pb, Cr, Cu, Mn, V, Sn) incl. Zn	≤ 0,3

Fonte: CEMBUREAU, 1999.

### **2.5.2 Emissões atmosféricas em fábricas de cimento que coprocessam farinha de carne e ossos.**

Gulyurtlu et al. (2005, p. 2040) realizaram testes de co-combustão de carvão e FCO, verificando que os níveis relativamente baixos de CO sugerem que a eficiência da combustão era bastante elevada, particularmente quando a FCO foi usada. Os autores usaram analisadores on-line, corrigindo as concentrações a 11% de O<sub>2</sub>, em conformidade com a legislação relativa à incineração de resíduos. Utilizaram-se as mesmas referências de concentração de O<sub>2</sub> para os testes de combustão somente com carvão e em co-combustão com FCO de modo a permitir comparação entre os testes. Os resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Concentrações de emissão de gases.

Concentrações de emissão de gases, após o segundo ciclone (mg/Nm <sup>3</sup> , 11% O <sub>2</sub> ).				
Concentração (mg/Nm <sup>3</sup> , 11% O <sub>2</sub> )	Composição dos combustíveis			
	100%	50%	20%	100%
	FCO	FCO	FCO	Carvão
CO	8	165	281	270
N <sub>2</sub> O	37	115	139	86
NO <sub>x</sub>	398	273	201	259
SO <sub>2</sub>	14	321	502	713
VOC's	10	4	6	2

Fonte: GULYURTLU et al., 2005, p. 2040.

Ariyaratne et al. (2010, p. 2) afirmam que, embora a FCO já seja amplamente usada como um combustível alternativo em queimadores principais dos fornos de cimento, é difícil encontrar investigações científicas da utilização ótima de FCO nesses fornos.

A FCO é um combustível neutro em CO<sub>2</sub> e, portanto, é um bom candidato para a substituição de combustíveis fósseis como o carvão, pulverizado em queimadores forno rotativo e usados em sistemas de fornos de cimento (ARIYARATNE et al, 2010, p. 2).

De acordo com Seboka, Getahun e Haile-Meskel (2009, p. 31), alguns combustíveis de biomassa alternativos têm menores emissões de CO<sub>2</sub> específicas da energia que o carvão; outros têm maiores emissões. Assim, o teor de carbono absoluto não fornece a justificativa para a mudança do carvão para biomassa. Pelo contrário, o aspecto crítico da biomassa a este respeito é que ele pode, em certas circunstâncias, ser considerado como um combustível com fonte zero de emissão líquida.

Seboka, Getahun e Haile-Meskel (2009, p.34) afirmam que a maioria dos combustíveis derivados de resíduos tem poder calorífico mais baixo do que os dos combustíveis fósseis, como carvão, petróleo e gás. Normalmente, os combustíveis derivados de resíduos contêm níveis relativamente altos de umidade e cinzas.

A umidade aumenta o fluxo de gás no sistema, o que significa que uma energia térmica adicional tem de ser adicionada para se obter temperaturas operacionais corretas no sistema. Por isso, a aplicação de uma elevada percentagem de combustíveis de baixo poder calorífico implica em consumo de energia térmica específica elevada e, em consequência, em emissões absolutas mais elevadas de CO<sub>2</sub>.

Esta é uma desvantagem do uso de grandes quantidades de combustível derivado de resíduos. No entanto, a partir de uma perspectiva que considere a emissão de gases de efeito estufa, este problema é mais do que compensado pela vantagem de redução de emissões de CO<sub>2</sub> quando os combustíveis utilizados são neutros em CO<sub>2</sub>. Embora as emissões brutas possam aumentar, as emissões líquidas diminuirão.

Tokheim (2007, p. 6) estudou as emissões de CO<sub>2</sub> dos combustíveis normalmente utilizados em indústrias de cimento, como apresentado na Tabela 5, onde podemos perceber que as emissões líquidas dos combustíveis derivados de resíduos são nulas ou próximas de zero, destacando-se a FCO.

**Tabela 5 - Emissões de CO<sub>2</sub> de combustíveis utilizados em indústrias de cimento.**

Combustível	PCI (GJ/t)	Fator de emissão bruta (kg/GJ)	Fator de emissão bruta de CO <sub>2</sub> (t.CO <sub>2</sub> /t)	Fração de fósseis (%)	Fator de emissão líquida de CO <sub>2</sub> (kg/GJ)	Fator de emissão líquida (t.CO <sub>2</sub> /t)
Carvão	29,3	96,0	2,8	100	96,0	2,8
Petcoque	33,9	92,8	3,1	100	92,8	3,1
Resíduos de óleos	34,0	74,0	2,5	100	74,0	2,5
Plástico	37,7	75,0	2,8	100	75,0	2,8
Resíduos sólidos	14,9	74,0	1,1	100	74,0	1,1
Resíduos líquidos	15,7	74,0	1,2	100	74,0	1,2
Resíduos urbanos	13,5	87,0	1,2	10	8,7	0,1
Resíduos de madeira tratada com CCA	12,6	110,0	1,4	0	0,0	0,0
<b>FCO</b>	<b>16,8</b>	<b>88,0</b>	<b>1,5</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
Madeira	15,7	110,0	1,7	0	0,0	0,0

Fonte: TOKHEIM, 2007. p. 6.

## **2.6 Legislação referente ao coprocessamento de resíduos em fábricas de cimento**

O licenciamento ambiental se constitui no procedimento pelo qual os órgãos públicos ambientais de apoio autorizam e monitoram a implantação e operação das atividades que utilizam recursos naturais, avaliando o que pode ser considerado efetiva ou potencialmente poluidor ou degradador do meio ambiente. As fábricas de cimento devem ser licenciadas para coprocessamento de resíduos.

### **2.6.1 Legislação brasileira**

No Brasil a resolução Conama nº 264, de 26 de agosto de 1999, aplica-se ao licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de coprocessamento de resíduos, excetuando-se os: domiciliares brutos, os resíduos de serviços de saúde, os radioativos, os explosivos, os organoclorados, os agrotóxicos e afins. Essa resolução define que:

- ✓ Art. 2º: O coprocessamento de resíduos deverá atender aos critérios técnicos fixados nesta Resolução, complementados, sempre que necessário, pelos Órgãos Ambientais competentes, de modo a atender às peculiaridades regionais e locais;
- ✓ Art. 3º: As solicitações de licença para o coprocessamento de resíduos em fábricas de cimento já instaladas somente serão analisadas se essas estiverem devidamente licenciadas e ambientalmente regularizadas;
- ✓ Art. 4º: A quantidade de resíduo gerado e/ou estocado deverá ser suficiente para justificar sua utilização como substituto parcial de matéria prima e/ou de combustível, no sistema forno de produção de clínquer, após a realização e aprovação do Teste de Queima;
- ✓ Art. 5º: O coprocessamento de resíduos em fornos de produção de clínquer deverá ser feito de modo a garantir a manutenção da qualidade ambiental, evitar danos e riscos à saúde, e atender aos padrões de emissão fixados nesta Resolução;
- ✓ Art. 6º: O produto final (cimento) resultante da utilização de resíduos no coprocessamento em fornos de clínquer, não deverá

agregar substâncias ou elementos em quantidades tais que possam afetar a saúde humana e o meio ambiente (BRASIL, 1999).

## 2.6.2 Legislação do estado de Minas Gerais

O processo de regularização ambiental passa pela concessão de Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF) ou das Licenças Prévia (LP), de Instalação (LI) e de Operação (LO), expedidas nessa sequência pelo órgão de controle ambiental, passando a ser efetivo na implantação de medidas de controle e mitigação pelos empreendimentos (FEAM, 2010, p. 22).

A Deliberação Normativa nº 154 define quais resíduos podem ser coprocessados, além dos procedimentos técnicos para a fabricação e controle das emissões. Assim, ocorreu uma modernização da legislação pertinente, melhorando-se os critérios técnicos e favorecendo maior proteção do meio ambiente. Esta deliberação tem as seguintes características:

- ✓ A licença para coprocessamento de novos resíduos considera composição química dos resíduos;
- ✓ A concessão da Licença de Operação será para resíduos com concentração de elementos iguais ou inferiores às verificadas em testes de queima, devendo respeitar os limites de entrada e emissão definidos na Deliberação Normativa;
- ✓ Resíduos equivalentes: prevê que o critério de similaridade seja substituído pela equivalência;
- ✓ Substituição de combustíveis sólidos: poder calorífico inferior (PCI) mínimo: 2.000 kcal/kg;
- ✓ Substituição de matéria prima do cimento: somente os elementos Ca, Si, Al, Fe, F, S, K e Na, que quando presentes nos resíduos podem substituir matéria-prima como fundente e/ou mineralizador;
- ✓ Deverá estar implantado monitoramento contínuo, com encaminhamento “online” para o órgão ambiental das informações registradas;
- ✓ Os resultados dos monitoramentos atmosféricos, não contínuos e as análises do clínquer deverão ser encaminhados trimestralmente ao órgão ambiental (MINAS GERAIS, 2010).

De acordo com Minas Gerais (2010) os resíduos a serem coprocessados deverão apresentar poder calorífico inferior (PCI) mínimo de 2000 kcal/kg. A norma também orienta que não será permitido o coprocessamento de resíduos domiciliares brutos, dos serviços de saúde, radioativos, explosivos, organoclorados, agrotóxicos e afins. Também orienta que os resíduos domiciliares pré-tratados ou tratados poderão ser coprocessados, respeitando os limites de emissão, sendo que para estes resíduos será permitido PCI mínimo de 1.500 kcal/kg. Minas Gerais (2010) também orienta que:

- ✓ Art. 3º - Para a obtenção da Licença de Operação para o coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer deverá ser apresentado Plano de Controle Ambiental - PCA contendo, no mínimo:
  - ✓ I - Declaração de Origem e Destino do(s) resíduo(s) antes do início da operação de coprocessamento;
  - ✓ II - Gerador (es) do(s) resíduo(s) e respectiva(s) Licença(s) de Operação;
  - ✓ III - Descrição sucinta do(s) processo(s) gerador (es) do(s) resíduo(s) e fluxograma(s) simplificado com a indicação do ponto de geração do(s) mesmo(s);
  - ✓ IV - Resultados dos ensaios de amostra bruta, incluindo os teores de metais, Poder Calorífico Inferior e, quando se tratar (em) de resíduo(s) substituto(s) de matéria(s)-prima(s), os teores de óxidos que justifiquem tal substituição;
  - ✓ V - Quantidades gerada(s) e estocada(s);
  - ✓ VI - Descrição do sistema de armazenamento de resíduo(s) na UMPCR [unidades de mistura e pré- condicionamento de resíduos] e/ou na unidade onde será realizada a operação de coprocessamento;
  - ✓ VII - A taxa de alimentação do(s) resíduo(s);
  - ✓ VIII - A(s) Ficha(s) de Emergência do(s) resíduo(s);
  - ✓ IX - Metodologia de coprocessamento utilizada com definição dos pontos de alimentação dos resíduos;
  - ✓ X - Condições normais de operação do forno de clínquer, incluindo temperatura de operação do forno, alimentação de

farinha crua (t/h) e desempenho esperada para os sistemas de controle;

- ✓ XI - Plano do Teste de Queima;
- ✓ XII - Estudo de dispersão atmosférica contemplando os principais componentes dos resíduos e comparando-os aos padrões de qualidade do ar previstos, como referência, na Tabela 3 (três) do Anexo I desta Deliberação Normativa;
- ✓ XIII - Apresentar programa de monitoramento atmosférico e do clínquer;
- ✓ XIV - O coprocessador deverá apresentar no [plano de controle ambiental] PCA manual de procedimentos, operação, segurança e emergência;
- ✓ XV - Apresentar os resultados do Teste em Branco do forno;
- ✓ Parágrafo único. O caput deste artigo não se aplica aos resíduos equivalentes (MINAS GERAIS, 2010).

## **2.7 Coprocessamento de farinha de carne e ossos na indústria de cimento**

A farinha de carne e ossos (FCO) pode chegar à taxa de substituição de 15,7% em uma fábrica de cimento localizada na Itália (RAHMAN et al., 2015, p. 396). Ver tabela 3, na página 40.

Ariyaratne et al. (2010, p. 6) realizaram testes com injeção de FCO em forno de clínquer durante 12 horas, variando a taxa de alimentação em intervalos de tempo específicos. Nestes testes, a FCO foi alimentada através do alimentador rotativo, na produção de cimento do tipo Portland. No experimento, os autores mantiveram a taxa bruta de alimentação em 220 t/h. No entanto, a taxa de alimentação teve que ser reduzida em 10 t/h na fase final da experiência para se manter a qualidade do clínquer dentro da especificação desejada (ARIYARATNE et al., 2010, p. 6).

Na Tabela 6 temos as propriedades dos combustíveis testados pelos autores.

**Tabela 6 - Análise comparativa entre propriedades de FCO e Carvão.**

<b>Propriedade</b>	<b>Carvão</b>	<b>FCO</b>
Umidade (wt.%)	1,0	<b>4,0</b>
Voláteis (wt.%)	31,6	<b>60,8</b>
Carbono fixo (wt.%)	56,3	6,0
Cinzas (wt.%)	11,1	<b>27,2</b>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (wt.%)	0,007	13,0
CaO (wt.%)	0,02	13,3
PCI (kcal/kg)	6689,0	4423,0
Densidade aparente (kg/m <sup>3</sup> )	640,0	720,0

Fonte ARIYARATNE et al., 2010, p. 6.

De acordo com Ariyaratne et al. (2010, p. 12), as condições no pré-calcinador e no forno foram mantidas estáveis durante todo o experimento, e também a taxa de alimentação FCO foi gradualmente aumentada com a redução simultânea de fornecimento de carvão, de modo a manter o consumo de energia térmica do forno a um nível quase constante.

Podemos perceber os maiores índices de umidade e de voláteis e cinzas. O poder calorífico inferior (PCI) se encontra acima dos limites mínimos exigidos na legislação.

A tecnologia Biotrix, descrita por Martauz e Strigac (2011, pag. 4), é baseada nos requisitos de granulometria, controle da origem, reatividade da mistura e controle mineral do clínquer, tendo por objetivo controlar a distribuição de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> nas fases do clínquer, inibindo seus efeitos negativos. De acordo com os autores, essa tecnologia permite alcançar taxas de substituição em até 60%.

A Tabela 7 mostra as taxas de alimentação testadas no experimento.

Tabela 7 – Taxas de alimentação testadas no experimento.

Intervalo de tempo (h)	Taxa de alimentação de FCO (t/h)	Taxa de alimentação de carvão (t/h)	Substituição de energia no queimador principal (%)
0	0	7,8	0
2	2	2	16,9
4	4	4	33,5
6	6	5	42,4
8	8	6	50,4
10	10	7	59,1

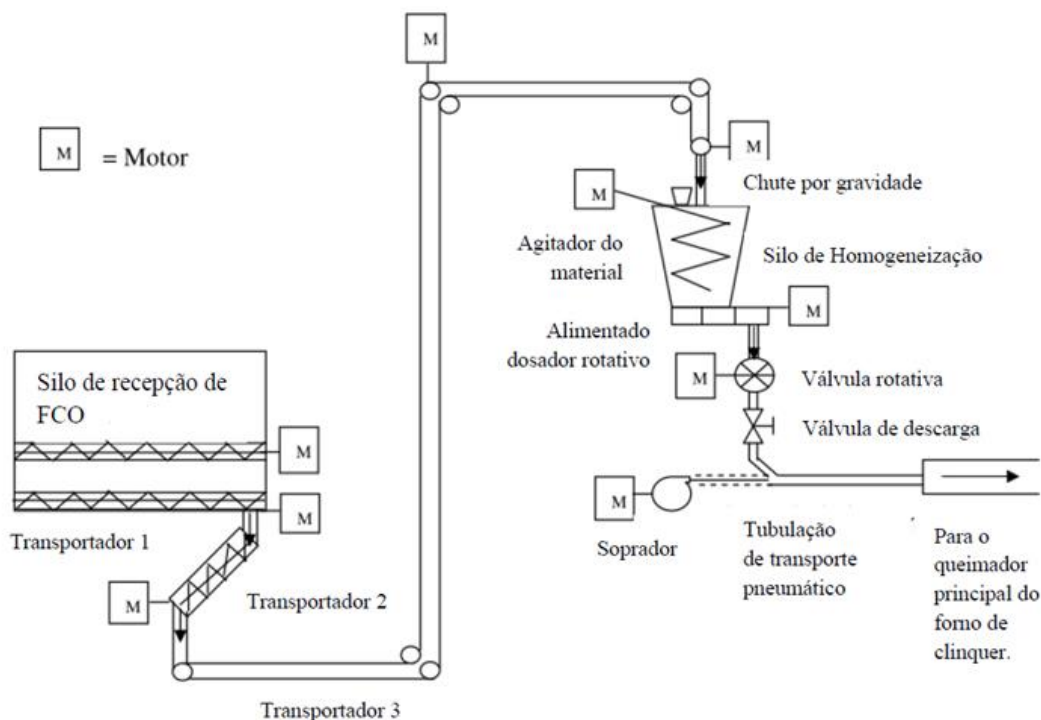
Fonte: ARIYARATNE et al., 2010, p. 12.

Ariyaratne et al. (2010, p. 9) concluíram que há possibilidade de substituição significativa de carvão por FCO no queimador principal forno rotativo sem afetar negativamente a qualidade do produto, taxa de produção e emissões globais da operação. Os autores não observaram impactos significativos sobre as emissões ou o funcionamento do sistema do forno, independentemente da taxa de alimentação FCO. Os autores concluíram ainda que:

- ✓ O teor de  $P_2O_5$  do clínquer aumentou com a alimentação FCO, mas ainda estava dentro do limite de qualidade interno;
- ✓ Ao substituir mais de 50% do carvão (6 t/h de alimentação FCO), o nível de cal livre aumentou para mais do que 3%, o que não é aceitável de um ponto de vista da qualidade do produto;
- ✓ Para garantia do processo, considerando a operação em longo prazo, o índice de reposição não deve exceder 40%, causando redução no total das emissões anuais de  $CO_2$  da planta em 10% (ARIYARATNE et al., 2010, p. 9).

Mcglashan (2006, p. 229) reporta que as fábricas britânicas Lagan Cimento e Castle Cement planejaram coprocessar em torno de 45% de FCO misturado com carvão em seus fornos naquele ano.

Ariyaratne (2009, p. 66) descreve o processo de dosagem de combustíveis alternativos em uma fábrica de cimento através do fluxograma do processo de injeção de FCO, representado na Figura 10:



**Figura 10 - Fluxograma do processo de injeção de combustíveis alternativos e FCO em uma fábrica de cimento.**

Fonte: adaptado de ARIYARATNE, 2009, p. 66.

A FCO pode ser transportada em caminhões tanque ou em *big-bags*. No caso dos caminhões silo, a FCO é descarregada pneumaticamente por um sistema automático selado para o silo de recepção, sendo extraída pelo transportador 1 e conduzida pelos transportadores 2 e 3 até o silo de homogeneização.

Este silo possui um sistema agitador e é acoplado ao alimentador dosador rotativo. Este, por sua vez, descarrega na válvula rotativa, que alimenta a linha de transporte pneumático, e que leva o combustível para o queimador do forno. O sistema é totalmente fechado para evitar emissões de odores. Como alternativa, um filtro de carbono deverá ser instalado para remover odores de gases exalados (MARTAUZ E STRIGAC, 2011, p. 5).

Na Figura 11 temos a imagem de um caminhão silo descarregando FCO na fábrica de cimento:



**Figura 11 - Caminhão Silo descarregando FCO na fábrica de cimento.**

Fonte: MARTAUZE STRIGAC, 2011, p. 5.

O bombeamento entre os silos e o queimador se torna mais difícil para teores de gorduras mais elevados, o que pode ser resolvido utilizando transportadores de corrente, transportadores helicoidais e elevadores de caçamba. Este último exige limpeza regular nos cantos, para evitar o acúmulo de resíduos em decomposição. O sebo é alimentado para os fornos rotativos em forma similar à do óleo de aquecimento (NOTTRODT et al., 2001, p. 34).

De acordo com Pecchio (2013, p. 38), os exemplos recentes de destruição de carcaças de animais contaminados em fornos de clínquer resultam em aporte de fosfato ( $P_2O_5$ ), pois os ossos são compostos por fosfato hidratado de cálcio, que é incorporado à fração inorgânica das matérias-primas do clínquer, substituindo em parte o calcário. Entretanto, o autor explica que não há um consenso a respeito dos

níveis máximos de fosfato que podem ser incorporados ao clínquer sem comprometimento de sua qualidade final.

A FCO é considerada combustível de carbono neutro porque o carbono liberado na combustão foi absorvido pela atmosfera durante o crescimento do animal. Além disso, o tratamento a altas temperaturas tem sido demonstrado que tem os melhores resultados na desativação do *prion* responsável pela encefalia espongiforme bovina (EEB).

A cinza resultante é incorporada no cimento, reduzindo a quantidade de resíduos sólidos que acabaria sendo enviada para aterros e a substituição oferece várias vantagens sobre outras opções de eliminação, pois não só fornece um método de recuperação de energia, mas reduz as emissões líquidas de gases de efeito estufa em substituição do carvão por um combustível "carbono neutro". (MCGLASHAN, 2006, p. 229).

Mcglashan (2006, p. 229) relata que as emissões ao se utilizar FCO como combustível são mínimas, pois os conteúdos de elementos traço no FCO são comparáveis ao de combustíveis regulares, ou até são significativamente mais baixos. De acordo com o autor, isso foi confirmado por medições em plantas de cimento. No entanto, a FCO contém compostos de nitrogênio, de modo que o  $\text{NO}_x$  poderia, teoricamente, ser formado na queima do combustível. Uma vez que o nível de emissões de óxidos de nitrogênio é determinado principalmente pela formação de  $\text{NO}_x$ , pode-se supor que as emissões totais permanecerão inalteradas, ou que os limites legais não serão ultrapassados.

### 3 MORTALIDADES E SUBPRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL

As mortalidades animais se referem a animais mortos por doenças, descargas elétricas ou catástrofes naturais (cadáveres). Os subprodutos de origem animal (SOA) são os rejeitos que sobram do abate de animais em frigoríficos e abatedouros, que incluem: farinha de sangue e ossos, sebo, triparia, bucharia, couro, entre outras.

O Brasil não possui uma normativa que permita sua classificação e aproveitamento em qualquer uma das classes existentes no exterior. Ambos os materiais podem ser destinados para produção de farinha de carne e ossos (FCO) para uso como combustível alternativo. Caso sejam descartados inadequadamente, esses materiais são altamente poluentes e contaminantes do meio ambiente.

#### 3.1 Processamento de subprodutos de origem animal

Woodgate (2006, p. 279) explica que as opções para processamento de SOA na União Europeia são:

- ✓ Fabricação de farinha de carne e ossos (FCO);
- ✓ Fabricação de matérias-primas para alimentação animais de estimação;
- ✓ Outras alternativas regulamentadas como digestão anaeróbica de biogás, compostagem, incineração e coprocessamento.

Para evitar qualquer risco associado à alimentação animal, o órgão federal norte-americano *Food and Drug Administration* (FDA) definiu regras estritas para a utilização de mortalidades como matérias-primas para a produção rações para animais (AMÉRICA, 2005). A FCO não pode ser usada para a alimentação de gado na Europa. Como consequência, as alternativas de destinação dos subprodutos, como a incineração, são necessárias.

Woodgate (2006, p. 281) apresentou as categorias de subprodutos de origem animal conforme Regulamento n.º 1774/2002 (EUROPA, 2002), na Tabela 8.

**Tabela 8 - Categorias de subprodutos de origem animal conforme normativa europeia ABPR 1774 e procedimentos equivalentes no Brasil.**

<b>Categoria<sup>1</sup></b>	<b>Descrição<sup>1</sup></b>	<b>Destinação na Europa e nos EUA<sup>1</sup></b>	<b>Destinação equivalente no Brasil<sup>2</sup></b>
<b>Categoria 1</b> Risco muito elevado	Carcaças suspeitas de EEB <sup>1</sup> . Risco específico em resíduos de alimentação em transporte internacional.	Deve ser destituído, não adequada para compostagem ou plantas de biogás. Coprocessamento em fábricas de cimento.	Lançados na natureza, enterro e compostagem, e queima em caldeiras.
<b>Categoria 2</b> Alto risco	Carne condenada. Conteúdos de intestino e estrume.	Adequada para compostagem ou plantas de biogás após processamento (133°C@ 3 bar de pressão). Estrume e conteúdo de intestino só podem ser usados sem pré-tratamento. Coprocessamento em fábricas de cimento.	Lançados na natureza, enterro e compostagem, e queima em caldeiras.
<b>Categoria 3</b> Baixo Risco	Restos de gêneros alimentícios. Resíduos de abate, como resíduos de sangue e penas.	Pode ser usado em compostagem e plantas de biogás sem pré-tratamento.	Fabricação de rações e cosméticos.

<sup>(1)</sup> EEB = Encefalopatia Espongiforme Bovina. Fonte: 1:Adaptado de WOODGATE, 2006, p. 281 e Elaborado pelo autor.

O Brasil não possui a classificação similar às legislações europeia e norte-americana. Por esse motivo, o licenciamento para destinações alternativas não possui o amparo legal adequado. Grande parte desses resíduos é lançada diretamente no meio ambiente por abatedouros clandestinos. Esses resíduos também são enterrados de forma inadequada, causando contaminação dos lençóis freáticos e cursos d'água.

As alternativas para cada classificação de SOA são apresentadas na Tabela 9:

**Tabela 9 - Alternativas para destinação de SOA.**

<b>Proteínas animais processadas</b>		<b>Gorduras processadas</b>	
<b>Convencional</b>	<b>Alternativa</b>	<b>Convencional</b>	<b>Alternativa</b>
Alimentação de animais	Combustível	Alimentação de animais	Combustível
Alimentação de animais domésticos	Agregados	Sabão	Biodiesel
Fertilizantes	Oleoquímica	Oleoquímica	Plásticos

Fonte: WOODGATE, 2006, p. 279.

As fábricas de processamento de SOA normalmente queimam os rejeitos da produção dos processos de fabricação nas caldeiras de geração de vapor. Como alternativa, os rejeitos são destinados para compostagem, por não haver outra opção mais viável. Uma nova regulamentação brasileira é necessária para viabilizar o beneficiamento e destinação de FCO para coprocessamento em fornos de cimento.

As condições de combustão em um forno de cimento são ideais para a destruição de categorias 1 e 2 de FCO, sem geração de cinzas, pois o material é incorporado ao clínquer, como parte do processo de fabricação de cimento. As fábricas de cimento europeias, por exemplo, podem ser licenciadas para processar FCO das classes 1 e 2, bem como produtos de categoria 3 rebaixados para categorias 1 e 2.

### **3.2 Destinação de mortalidade animal**

Na Europa e nos EUA já existem empresas especializadas em coleta e processamento de mortalidades, ao contrário do Brasil, que não dispõe desse serviço. Vanier et al. (2009, p.9) afirmam que, em muitas situações, a destinação de mortalidades para produção de FCO é a melhor opção disponível, pois a infraestrutura industrial e os controles de processo atendem com segurança aos regulamentos

ambientais. A destinação dessa FCO para coprocessamento também é uma excelente opção, pois fábricas de cimento em geral possuem rigorosos licenciamentos e monitoramentos ambientais, adquiridos em décadas em experiência na utilização de combustíveis alternativos.

### 3.3 Legislação brasileira e estadual referentes aos subprodutos de origem animal

Na Tabela 10, temos a legislação referente a subprodutos de origem animal no estado de Minas Gerais e no Brasil.

**Tabela 10 - Legislação referente a subprodutos de origem animal no estado de Minas Gerais e no Brasil.**

<b>Legislação/ano</b>	<b>Descrição</b>
<b>Instrução Normativa nº 34/1998</b> - Ministério de Agricultura e Pecuária (BRASIL, 1998).	Define os procedimentos básicos para fabricação de farinhas e produtos gordurosos destinados à alimentação animal e outros produtos derivados, para os estabelecimentos que processam resíduos animais não comestíveis. <b>Abrangência:</b> nacional.
<b>RIISPOA/1952</b> - Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (BRASIL, 1952).	Descreve as normas que regulam, em todo o território nacional, a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. <b>Abrangência:</b> nacional.
<b>Lei nº 12.305/2010</b> - Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).	Prevenção e a redução na geração de resíduos, consumo sustentável, reciclagem, reutilização, destinação ambientalmente adequada e logística reversa. <b>Abrangência:</b> nacional.
<b>Deliberação Normativa (DN) COPAM 74/2004</b> - Processamento de subprodutos de origem animal (MINAS GERAIS, 2004).	Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor dos empreendimentos e das atividades modificadoras do meio ambiente. <b>Abrangência:</b> estado de Minas Gerais.

Fontes: BRASIL, 1952; BRASIL, 1998; BRASIL, 2010; e MINAS GERAIS, 2004.

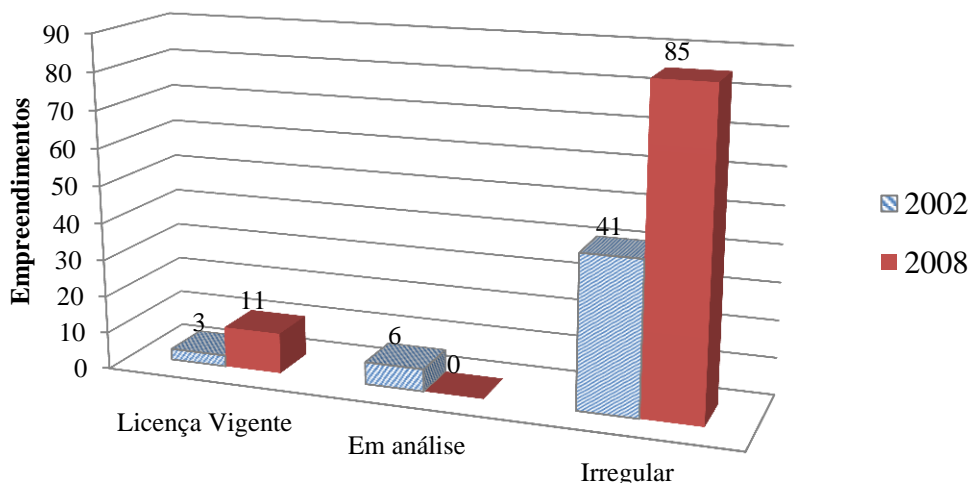
De acordo com a pesquisa realizada, não foram encontradas legislações brasileiras específicas que classificam os subprodutos de origem animal para as

categorias 1 e 2 equivalentes à legislação europeia e norte-americana, conforme apresentado na Tabela 10.

### 3.4 Licenciamento ambiental para processamento de subprodutos de origem animal no estado de Minas Gerais

A atividade de processamento de subprodutos de origem animal para produção de sebo, óleos e farinha é classificada como D-01-05-8 - médio poluidor/degradador do ar e da água e médio poluidor/degradador do solo, obtendo um grau geral médio na classificação geral (MINAS GERAIS, 2004, p. 37).

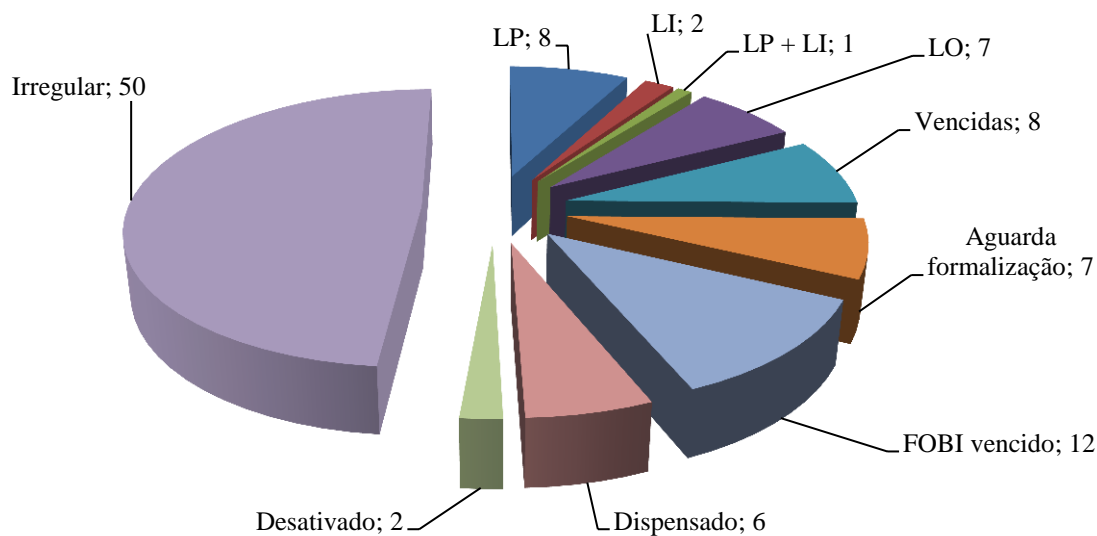
FEAM (2010, p. 57) demonstra que existem muitos abatedouros, também chamados de matadouros municipais, com licenciamento ambiental irregular. Os dados apresentam uma evolução na efetividade de fiscalização, porém o número de estabelecimentos irregulares ainda é alto, em torno de 85%. Existe uma grande ocorrência de abate clandestino de animais, colaborando para o agravamento dos problemas de saúde pública e meio ambiente em Minas Gerais, como podemos verificar na Figura 12:



**Figura 12 - Situação dos abatedouros municipais cadastrados na FEAM no ano de 2002 e 2008.**

Fonte: FEAM, 2010, p. 57.

Na Figura 13 temos o levantamento das situações das licenças ambientais no estado de Minas Gerais:



**Figura 13 - Licenças ambientais em vigor na FEAM no ano de 2002 e 2008, conforme FOBI: Formulário Integrado de Orientação Básica.**

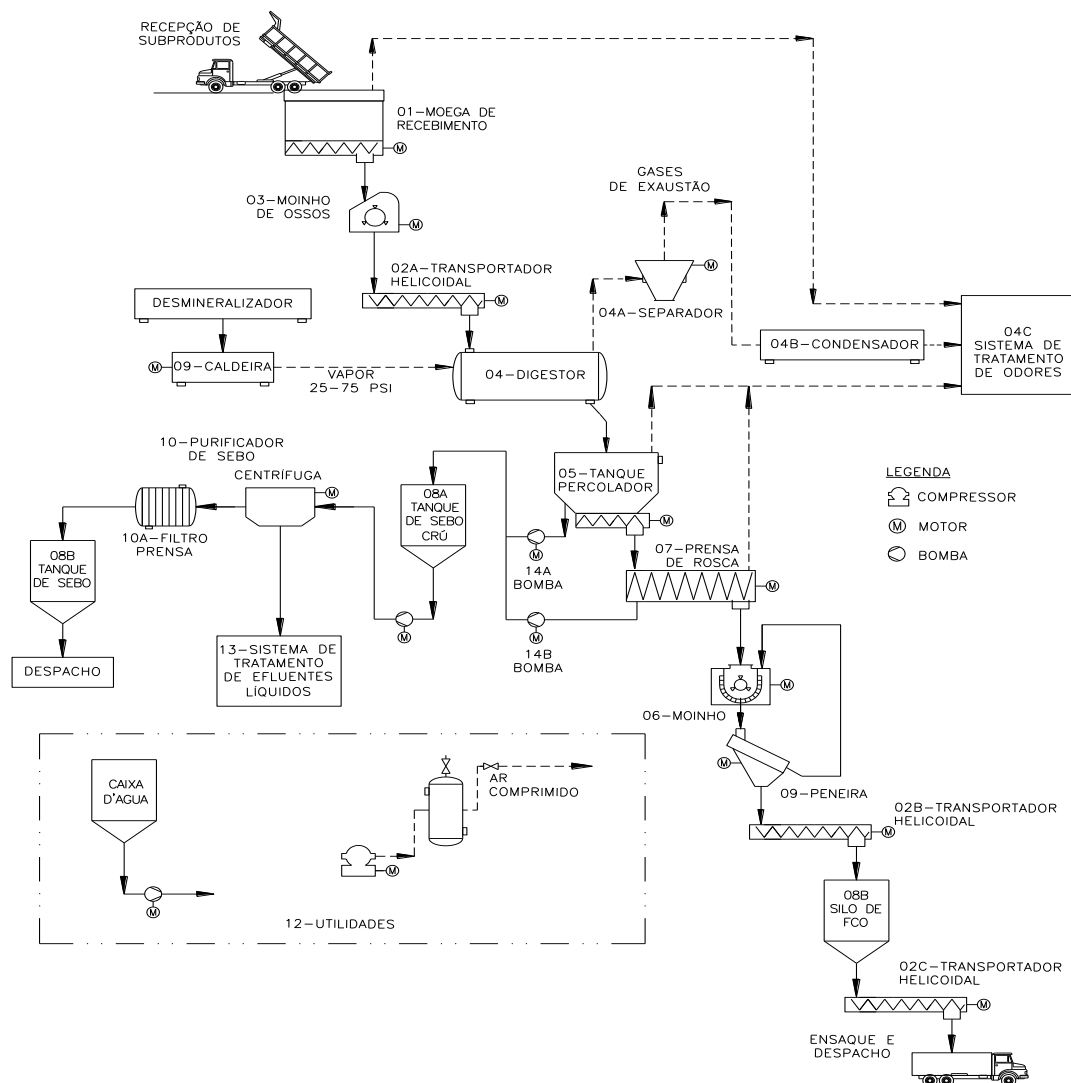
Fonte: FEAM, 2010, p. 57.

De acordo com FEAM (2010, p. 57), dos 96 abatedouros municipais, apenas 12 estão com licença ambiental vigente, das quais quatro obtiveram a licença prévia e/ou de instalação, e que destes 96, dois estão desativados e seis dispensados de licenciamento no nível estadual. Além da destinação inadequada de resíduos de abatedouros clandestinos, outro grande problema nas propriedades rurais é a destinação de carcaças de mortalidades. Os motivos são diversos: doenças, quedas, infecções, descargas elétricas, entre outros.

Podemos observar que é uma situação desfavorável devido ao grande número de estabelecimentos irregulares, que são responsáveis por grandes lançamentos de subprodutos de origem animal ao meio ambiente. Esses rejeitos poderiam ser destinados sem restrições para reaproveitamento, desde que as classes 1 e 2 fossem regulamentadas.

### 3.5 Tecnologias de Processamento de Subprodutos de Origem Animal

O fluxograma básico de uma unidade de processamento de subprodutos de origem animal (UPSOA) para produção de até 20,8 t/d é apresentado na Figura 14:



**Figura 14 – Fluxograma geral de uma unidade de processamento de subprodutos de origem animal (UPSOA).**

Fonte: adaptado de D.A. FRANCO – The original Recyclers apud BRGLEZ, 2003, p.233-258.

A relação de equipamentos apresentados e numerados na Figura 11 é apresentada na Tabela 11:

Tabela 11 - Relação de equipamentos de uma fábrica típica de processamento de SOA.

Item	Quant.	Descrição
01	01	Moega de recebimento mecanizada para ossos verdes ( <i>Tolva</i> ).
01A	01	Transportador helicoidal: 14" x 7.000mm. Aplicação: retirar o produto do triturador.
02A	01	Transportador helicoidal: 12" x 6.000mm. Aplicação: Abastecer o digestor.
02B	01	Transportador helicoidal: 12" x 5.000mm. Aplicação: Abastecer o silo de Farinha .
02C	01	Transportador helicoidal: 12" x 5.000mm. Aplicação: Rosca pra retirada de farinha do silo. (ensaque e despacho).
03	01	Moinho de ossos
04	01	Digestor / esterilizador para vísceras e triturados
04A	01	Caixa decantadora de óleo
04 B/C	01	Condensador e sistema de tratamento de odores
05	01	Tanque percolador
05 A	01	Transportador helicoidal: 12" x 6.000mm. Aplicação: Abastecer a prensa.
06	01	Moinho de farinha com sistema de peneiramento
07	01	Prensa <i>expeller</i>
08 A/B	01	Tanques e silos
09	01	Caldeira
10	01	Clarificador de óleo. Aplicação: clarificar e retirar umidade do sebo
10A	01	Filtro prensa mecânico manual 650 x 650
11	01	Tanque (reservatório de óleo pronto)

Fonte: pesquisas próprias de mercado e LDS, 2016.

O processo de fabricação apresentado no fluxograma segue as etapas a seguir:

1. Os subprodutos de origem animal são coletados nos frigoríficos, abatedouros e propriedades rurais por caminhões e são descarregados na moega de recebimento (01);
2. Os ossos passam pelo moinho de ossos (03), enquanto os materiais cárneos, como vísceras, vão diretamente para o digestor, que é suprido de energia térmica pela caldeira (09), e seguem para o digestor (04), transportados pelo transportador helicoidal (02A);
3. Após o cozimento no digestor (04), a gordura líquida é separada no tanque percolador (05) e armazenada no tanque (08A), seguindo para o clareador purificador de sebo (10) e, na sequência, para o tanque (11) pronto para o despacho;
4. A parte sólida produzida no digestor (04) é prensada na prensa de rosca (07), ou centrifugada, a fim de aproveitar o resto de gordura nela contida e obter a parte sólida com baixo teor de gordura, chamada torta seca;
5. A torta seca é então triturada no moinho (06) e peneirada, de onde sai em forma de farinha para ser armazenada no silo de farinha (08B) e transportada pelo transportador helicoidal (02C) para ser embalada e despachada.

Este é o processo tradicional utilizado em uma UPSOA. Atualmente, a prensagem realizada na etapa (4) pode ser realizada em processo contínuo, em lugar da centrifugação por bateladas. O processo contínuo tem como vantagens menor necessidade de mão-de-obra, extrair maior quantidade de óleo e permitir que a matéria-prima cozinhe por menos tempo no digestor, contribuindo com uma importante economia de energia térmica. O processo contínuo é um processo mais sofisticado e mais caro.

De acordo com Nottrodt et al. (2001, p. 45), os seguintes cuidados devem ser tomados durante a recepção e armazenamento de materiais a serem processados na UPSOA:

- ✓ Além dos riscos potenciais de patógenos de EEB, o armazenamento e a composição da FCO pode implicar riscos de surgimento de parasitas, vermes, bactérias e fungos. Para minimizar esses riscos, um aumento no teor de água deve ser evitado durante o armazenamento;
- ✓ Se a temperatura de armazenamento exceder certos níveis, a FCO pode aquecer e entrar em combustão espontânea;
- ✓ A FCO pode endurecer, se for armazenada por longos períodos;
- ✓ Desinfetantes comuns não oferecem garantia de que os agentes patogênicos da EEB serão inativados;
- ✓ Certas composições ou misturas podem ocasionar risco de explosão;
- ✓ Depois de serem esvaziados, e no final de cada dia de trabalho, os veículos devem ser lavados e desinfetados com hidróxido de sódio ou água sanitária (hipoclorito de sódio).

O digestor é a principal máquina utilizada na UPSOA, sendo indispensável à fabricação, desde as menores fábricas até as mais completas e automatizadas. Esse equipamento é projetado para realizar transferência de calor do vapor fornecido pela caldeira para o cozimento do produto sobre pressão (FERROLI et al., 2000, p. 8). Rebouças et al. (2010, p. 502) enfatizam que a caldeira e o digestor devem atender à Norma Regulamentadora NR-13 – Caldeiras e vasos de pressão. Essa norma é relativa à medicina e à segurança do trabalho (BRASIL, 2014).

Silos estreitos são inadequados para o armazenamento, e quanto maior o teor de gordura, mais a FCO tende a se compactar, formando uma massa pegajosa. Problemas com o fluxo não podem ser resolvidos com injeção de ar comprimido, embora sopradores de choque possam ser usados para limpar os cantos de silos de fundo plano, que devem ser limpos continuamente (NOTTRODT et al., 2001, p. 34).

### **3.6 Emissões e efluentes na UPSOA**

O descarte de efluentes orgânicos de forma inadequada pode trazer prejuízos irreparáveis, tanto do ponto de vista de saúde pública como também ambiental. Como se tratam de resíduos orgânicos altamente putrescíveis, os odores são permanentes e

devem ser controlados. CETESB (2006, p. 36) apresentou as principais entradas, saídas e emissões para cada área da UPSOA, as quais são apresentadas na Tabela 12:

**Tabela 12 - Principais entradas, saídas, emissões, processos auxiliares para uma UPSOA.**

<b>Entradas (insumos)</b>	<b>Processo</b>	<b>Saídas, emissões e efluentes</b>
Água combustível, produtos químicos e eletricidade.	Caldeira	Vapor, emissões atmosféricas (gases da combustão, material particulado), resíduos sólidos (cinzas) e ruídos.
Água bruta, produtos químicos, filtros, material filtrante e eletricidade.	Sistemas de tratamento de água	Água tratada e resíduos sólidos (lodos, filtros, material filtrante usado).
Gases refrigerantes, água, óleo lubrificante e eletricidade.	Sistemas de refrigeração	Refrigeração, emissões atmosféricas (escapes de gases refrigerantes), efluentes líquidos (água + óleo) e ruído.
Óleo lubrificante, eletricidade, filtros de ar e água para resfriamento.	Sistemas de ar comprimido	Ar comprimido, óleo usado, filtros de ar usados, ruído e água aquecida.
Água, produtos químicos e eletricidade.	Torres de resfriamento	Água fria, emissões atmosféricas, vapor de água, efluentes líquidos e ruídos.
Efluentes líquidos brutos, produtos químicos, água e eletricidade.	Sistema de tratamento de efluentes	Efluentes líquidos tratados, emissões atmosféricas, odores, resíduos sólidos (lodos e outros) e ruídos.
Metais, peças elétricas, produtos para limpeza, lubrificantes, tintas, solventes e água.	Oficinas de manutenção	Peças de reparos e manutenção, efluentes líquidos (água, óleos etc.), emissões atmosféricas, resíduos sólidos (metais, solventes usados, materiais impregnados com solventes, tintas, óleos, graxas usadas etc.) e ruído.
Insumos diversos, eletricidade e água.	Áreas de produção e almoxarifado	Efluentes líquidos (água de eventuais vazamentos ou derramamentos), emissões atmosféricas (COV) e resíduos sólidos (rejeitos, embalagens e pallets).

Fonte: Adaptado de CETESB, 2006, p. 36.

## **4 ELIMINAÇÃO DE MORTALIDADES NA REGIÃO CENTRO-OESTE DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

### **4.1 Introdução**

Na virada do século ocorreu um aumento dos rebanhos, e, em consequência disso, houve aumento proporcional de animais encontrados mortos nas propriedades rurais. Açougues localizados em áreas urbanas começaram a gerar um volume crescente subprodutos, como gorduras e ossos (BISPLINGHOFF, 2006, p. 21).

Em 2011, o rebanho efetivo brasileiro de bovinos era de 212,79 milhões de cabeças (IBGE, 2016, p. 18). O estado de Minas Gerais tem o segundo e o quarto maior rebanho de bovinos e suínos, e se apresenta na quarta e na sexta posição, respectivamente, quanto ao número de suínos, aves e bovinos abatidos (FEAM, 2010, p. 7).

Macedo (2005, p. 84) afirma que a pecuária brasileira se destaca no cenário internacional, primeiramente, pelo rebanho de 170 milhões de cabeças e a produção de 8,5 milhões de toneladas equivalentes às carcaças; e, em segundo lugar, pelos baixos índices de produtividade comparativamente a outros países com tradição no setor. O autor também afirma que a taxa média de abate da bovinocultura nacional entre 2000 e 2004 foi de 22,8%, inferior às dos principais concorrentes externos, como Argentina, que apresentou taxa média de 25,8%, Austrália, de 32,6%, e os EUA, de 38%.

De acordo com IBGE (2016, p. 7), no 4º trimestre de 2014 foram abatidas 8,525 milhões de cabeças de bovinos sob algum tipo de serviço de inspeção sanitária. Ainda de acordo com a publicação, esse valor foi 0,7% maior que o registrado no trimestre imediatamente anterior (8,470 milhões de cabeças) e 4,1% menor que o registrado no 4º trimestre de 2013 (8,888 milhões de cabeças).

Geralmente, os métodos adequados para a eliminação de mortalidades (cadáveres) de gado nos EUA incluem enterrar a carcaça em pelo menos 1,21 m de profundidade, a queima da carcaça em um incinerador licenciado, a remoção feita por uma empresa licenciada ou compostagem (SPARKS, 2002, p. 10).

De acordo com Roque et al. (2014, p. 8), as mortalidades deixadas nos terrenos não preparados são fontes potenciais de contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas, sendo que essa contaminação pode gerar riscos epidemiológicos, por inserir no meio ambiente uma nova fauna de microrganismos presentes nos corpos dos animais.

Neste capítulo são verificadas quais são as alternativas para destinação adequada de mortalidades na região Centro-Oeste de Minas Gerais, através do levantamento de volumes gerados e respectivos custos.

## **4.2 Levantamentos de campo**

Com o objetivo de conhecer a cadeia produtiva dos subprodutos de origem animal na região Centro-Oeste de Minas Gerais, foram realizados levantamentos de campo. O trabalho se iniciou em uma pequena propriedade rural. Em seguida, foi visitada uma unidade de processamento de subprodutos de origem animal (UPSOA) localizada na cidade de Itaúna-MG. Ao final, foi visitado um frigorífico que destina os rejeitos para esta UPSOA citada, localizado na cidade de Bambuí.

Os levantamentos de campo tiveram como foco as tecnologias ambientais praticadas em fábricas de cimento, em abatedouros, em frigoríficos, em uma UPSOA e em pequenas propriedades rurais.

Experimentos foram realizados como forma de verificar as características químicas e físicas da FCO produzida na região, comparando com outras publicações. Esses dados têm como objetivo verificar possíveis impactos ambientais, assim como o comportamento do processo de fabricação, transporte, dosagem e injeção no forno de clínquer.

### **4.2.1 Visita à propriedade rural que pratica abate de animais**

Foi realizada uma visita a uma propriedade rural na região para verificação dos procedimentos adotados em relação aos resíduos de abates e mortalidades gerados. O

proprietário também é dono de um açougue na cidade, que é abastecido pela atividade pecuária da fazenda.

Foi verificado que existe a preocupação em não lançar os rejeitos em matas ao redor da propriedade. Os rejeitos dos abates são cozidos em um caldeirão, conforme mostrado na Figura 15. O proprietário também relatou que já enviou rejeitos para uma UPSOA, localizada a 191 km de distância, o que inviabiliza a destinação. Observou-se a situação precária das instalações e a falta de condições sanitárias na manipulação dos rejeitos.



**Figura 15 - Manipulação de rejeitos de animais abatidos na propriedade rural.**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em contrapartida, os ossos que sobram do cozimento são empilhados em montes de resíduos de cinzas, caracterizando um passivo ambiental. O registro do local usado para lançamento do resíduo é mostrado na Figura 16:



**Figura 16 - Rejeitos de ossos queimados e lançados ao solo na propriedade rural.**

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### **4.2.2 Visita à fábrica de subprodutos de origem animal**

Foi realizada uma visita a uma fábrica de subprodutos de origem animal que atualmente processa os seguintes materiais diariamente, localizada na cidade de Itaúna-MG:

- ✓ 450 t/dia de subprodutos de bovinos e suínos;
- ✓ 200 t/dia de vísceras;
- ✓ 120 t/dia de sangue;
- ✓ 90 t/dia de penas de aves.

Essa unidade se destina a processar subprodutos de origem animal (bovinos, suínos e aves), de onde se obtêm os produtos finais, sebo e gordura animal, FCO, e farinha de sangue. Entre os abatedouros que fornecem os subprodutos de carne e ossos para a referida fábrica, está o matadouro de Bambuí, que também foi visitado (ver capítulo 4.2.3).

A indústria possui um sistema de tratamento para suas águas residuais, composto por sistema de flotação com ar dissolvido destinado à remoção do material graxo presente nos despejos, com capacidade para 25 m<sup>3</sup>/h. A planta dispõe de uma lagoa anaeróbia com volume útil de 3.920 m<sup>3</sup>, profundidade útil de 5,0 m e área superficial de 1.260 m<sup>2</sup>. A unidade também possui sistema de *fertirrigação* para a disposição no solo do efluente da lagoa anaeróbia.

#### 4.2.3 Visita ao frigorífico

Foi realizada visita a um frigorífico localizado em Bambuí. A empresa executa o abate de animais de médio e grande porte, ou seja, suínos e bovinos, prestando serviço a 12 açougues do município de Bambuí, sendo licenciada para abate de 35 animais por dia, 20 bovinos e 15 suínos. A capacidade nominal instalada é o abate de 16 animais/dia. A área construída é de 300 m<sup>2</sup> e a área total do imóvel é de 30.000 m<sup>2</sup>.

Verificou-se que existe grande área disponível para uma proposta de nova unidade de processamento de subprodutos de origem animal (UPSOA) integrada. Assim, as estruturas de tratamento de efluentes poderiam ser compartilhadas. A vista parcial da empresa pode ser encontrada na Figura 17:



**Figura 17 – Vista parcial do frigorífico localizado em Bambuí-MG**

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 4.3 Estimativas de peso bruto de mortalidades ( $PB_{MR}$ ) na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais

Para verificação das estimativas dos volumes de mortalidades que são geradas poderiam ser gerados na região Centro-Oeste de Minas Gerais, foram realizados levantamentos de dados quantitativos dos rebanhos totais de aves, suínos e bovinos, multiplicados pelas taxas de mortalidade publicadas por Minas Gerais (2016) e Gottschall (2010, p. 329).

#### 4.3.1 Estimativa de peso bruto de mortalidades nos rebanhos bovinos ( $PBM_B$ ) na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais

A distribuição do rebanho bovino no estado de Minas Gerais região é mostrada na Figura 18:



Figura 18 - Distribuição do rebanho bovino no estado de Minas Gerais por regiões.

Fonte: MINAS GERAIS, 2016.

As estimativas de peso bruto de mortalidades de bovinos ( $PBM_B$ ) na região Centro-Oeste de Minas Gerais são demonstradas na Tabela 13:

**Tabela 13 - Estimativa de peso bruto de mortalidades de bovinos na Região Centro-Oeste de MG.**

	Unid.	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Faixas etárias	Ano	0 a 1	1 a 2	2 a 3	> 3
<b>R<sub>FE</sub></b> : Rebanho total de animais na faixa etária	Cabeça	383.909	387.228	414.368	715.046
<b>TM<sub>FE</sub></b> : Taxa de mortalidade por faixa etária.	%	1,60	1,33	0,60	0,50
<b>PMA<sub>FE</sub></b> : Peso médio do animal por faixa etária.	t	0,062	0,250	0,420	0,470
<b>P<sub>NA</sub></b> : Peso não aproveitado	%	14%			
<b>PBM<sub>B</sub></b> : Peso bruto de mortalidades de bovinos	t/ano	3778			

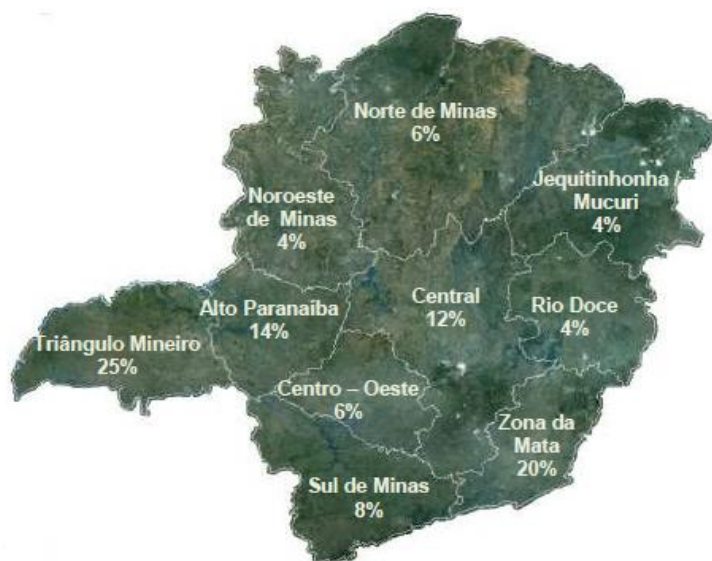
Fonte: adaptado de MINAS GERAIS, 2016, GOTTSCHALL, 2010, e UNEP, 2000.

O peso bruto de mortalidades de bovinos (PBM<sub>B</sub>) pode ser calculado pela fórmula:

$$PBM_B = \Sigma [R_{FE} \times TM_{FE} \times PMA_{FE}] - P_{NA} \quad (\text{Equação 4.3.1.1})$$

#### **4.3.2 Estimativa de peso bruto de mortalidades nos rebanhos de suínos (PBM<sub>S</sub>) da região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais**

A distribuição dos rebanhos de suínos de corte no estado de Minas Gerais é mostrada na Figura 19:



**Figura 19 - Distribuição do plantel da suinocultura no estado de Minas Gerais por regiões.**

Fonte: MINAS GERAIS, 2016.

As estimativas de peso bruto de mortalidades de suínos na região Centro-Oeste de Minas Gerais são demonstradas na Tabela 14:

**Tabela 14 - Estimativa de peso bruto de mortalidades de suínos na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais.**

Classes de Suínos	Unidade	Porcas Matrizes	Porcos e Porcas
<b>R<sub>FE</sub></b> : Rebanho total de animais na faixa etária	Cabeças	33.700	296.600
<b>TM<sub>FE</sub></b> : Taxa de mortalidade por faixa etária.	%	1	1
<b>PMA<sub>FE</sub></b> : Peso médio do animal por faixa etária.	t	0,200	0,084
Peso estimado de suínos mortos na região por grupo	t/a	67,4	249,1
<b>P<sub>NA</sub></b> : Peso não aproveitado	%	2,8	
<b>PBM<sub>S</sub></b> : Peso bruto de mortalidades de suínos	t/a	307,5	

Fonte: Elaborado pelo autor e adaptado de Minas Gerais, 2016.

O cálculo do peso bruto de mortalidades de suínos (PBM<sub>S</sub>) pode ser feito pela fórmula:

$$PBM_S = \Sigma[R_{FE} \times TM_{FE} \times PMA_{FE}] - P_{NA} \quad (\text{Equação 4.3.2.1})$$

### 4.3.3 Estimativa do peso bruto de mortalidades na atividade de avicultura de corte ( $PBM_A$ ) da região

A distribuição do plantel da avicultura de corte no estado de Minas Gerais é mostrada na Figura 20:



Figura 20- Distribuição da atividade de avicultura no estado de Minas Gerais por regiões.

Fonte: MINAS GERAIS, 2016.

As estimativas de geração de mortalidades de aves na região Centro-Oeste de Minas Gerais são demonstradas na Tabela 15:

Tabela 15 - Estimativa de geração de mortalidades de aves mortas na região Centro-Oeste de MG.

	Unidade	Aves (idade: 29 a 49 dias)
$R_{FE}$ : Rebanho total de animais na faixa etária no ano de 2015	Cabeça	20.800
$TM_{FE}$ : Taxa de mortalidade por faixa etária.	%	0,35
$PMA_{FE}$ : Peso médio da ave por faixa etária.	kg	2,1
$PBM_A$ : Peso bruto de mortalidades de aves	t/a	153

Fonte: Elaborado pelo autor e adaptado de Minas Gerais, 2016.

O peso bruto de mortalidades de aves ( $PBM_A$ ) pode ser calculado pela fórmula:

$$PBM_A = R_{FE} \times TM_{FE} \times PMA_{FE} \quad (\text{Equação 4.3.2.1})$$

#### 4.3.4 Peso total bruto de mortalidades geradas na região

O cálculo do peso bruto de mortalidades total ( $PBM_{Total}$ ) pode ser feito pela fórmula:

$$PBM_{Total} = PBM_B + PBM_S + PBM_A \quad (\text{Equação 4.3.4.1})$$

Aplicando os valores calculados nos capítulos anteriores teremos  $PBM_{Total} = 3778 + 307 + 153 = 4.238$  t/a. Não são consideradas perdas devido ao porte das aves.

Dividindo-se por 365 dias, obtemos  $PBM_{Total} = 11,7$  t/d de mortalidades geradas na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais.

#### 4.4 Principais alternativas de eliminação de mortalidades

A eliminação de mortalidades é um grande problema para os produtores rurais, pois deve ser realizada como o menor custo possível e sem contaminar o meio ambiente. Em caso de catástrofes naturais e epidemias, torna-se necessária uma complexa estratégia para o planejamento da eliminação das mortalidades, como ocorreu no surto de febre aftosa em 1997, em Taiwan. Nesse evento, aproximadamente cinco milhões de carcaças necessitaram de eliminação, com custos estimados em US\$ 187,5 milhões, sendo US \$ 24,6 milhões gastos com as despesas de eliminação. (NUTSCH, MCCLASKEY E KASTNER, 2004, p. 40).

Vanier et al. (2009, p. 9) afirmam que o custo de eliminação depende da localização, os custos de energia e o preço de processamento. Nos EUA, a tarifa média cobrada por prestadores desse serviço para recolher um bovino morto é de US\$ 25,00. Se a mortalidade (cadáver) não puder ser utilizada para fabricar ração, o custo pode aumentar para US\$ 100,00 por cabeça.

Podemos perceber a grande diferença de custos entre simplesmente eliminar a mortalidade ou aproveitar a mortalidade para transformá-la em algum produto comercial.

#### **4.4.1 Enterro de carcaças**

Nutsch, McClaskey e Kastner (2004, p. 2) afirmam que apesar das potenciais vantagens logísticas e econômicas, as preocupações sobre possíveis efeitos sobre o ambiente e na saúde pública, posteriormente, resultaram em uma posição menos favorável para o enterro de mortalidades.

De acordo com Sparks (2002, p. 3), as alternativas de enterrar o gado ou de fabricar farinha de carne e ossos são os métodos mais utilizados para a eliminação de mortalidades. No entanto, os autores enfatizam que o enterro é o método que cria maiores riscos à saúde humana e ao meio ambiente, por causa do potencial de contaminação do solo e da água, quando não são seguidas as técnicas adequadas. As carcaças de animais devem ser enterradas pelo menos 1,2 m abaixo da terra, dentro do prazo de 36 horas após a morte.

#### **4.4.2 Aterro sanitário**

Nutsch, McClaskey e Kastner (2004, p. 3) indicam que aterros sanitários são operações altamente regulamentadas, projetadas e construídas com sistemas tecnicamente complexos, projetados especificamente para proteger o meio ambiente. Vanier et al. (2009, p.6) afirmam que os custos de eliminação de carcaças em um aterro sanitário variam de acordo com a localização do aterro, estado operacional e práticas de manejo necessárias.

Podemos observar que se trata de uma boa alternativa para eliminação de carcaças, porém os aterros sanitários ainda não estão presentes na maioria das cidades brasileiras, o que torna os custos elevados devido aos gastos com transporte e destinação.

#### **4.4.3 Incineração**

Nutsch, McClaskey e Kastner (2004, p. 9) afirmam que, historicamente, a incineração tem desempenhado um papel importante na eliminação das carcaças. Sparks (2002, p. 11) explica que a incineração é reconhecida como um dos métodos

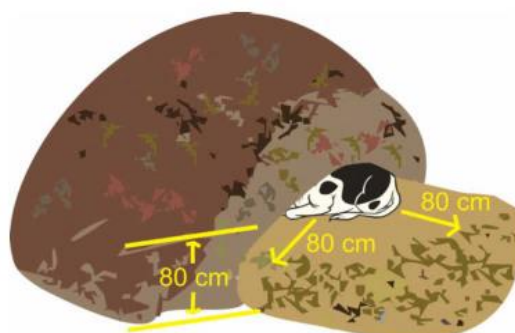
mais seguros de descarte, do ponto de vista biológico. Desde que executada corretamente, reduz a propagação de doenças e minimiza a poluição da água, produzindo apenas uma pequena quantidade de resíduos subprodutos (cinzas) que não atraem insetos e catadores.

As unidades industriais de incineração ainda são raras no Brasil, existindo em sua maioria nas grandes capitais, em geral longe dos médios e grandes produtores rurais. Por isso, o custo desse serviço ainda é elevado.

#### 4.4.4 Compostagem

Nutsch, McClaskey e Kastner (2004, p. 15) afirmam que a compostagem de carcaças é um processo de decomposição biológica natural que ocorre na presença de oxigênio (ar). Os autores explicam ainda que esse processo requer uma variedade de ingredientes, incluindo fontes de carbono, agentes de volume e camadas de biofiltro.

Silva e Andeoli (2010, p. 37) afirmam que a operação de compostagem requer grandes áreas para operação, podendo contaminar o lençol freático por produzir chorume. Os autores também alertam que a operação pode ser afetada por condições climáticas e tem tempo alto de bioestabilização da matéria orgânica: cerca de 120 dias. O composto orgânico gerado é reutilizado na agricultura como adubo, trazendo benefícios. A Figura 21 ilustra o layout para compostagem de um ruminante de grande porte:



**Figura 21 - Compostagem de um ruminante de grande porte.**

Fonte: OTENIO, CUNHA e ROCHA, 2010, p. 2.

A compostagem de mortalidades é amplamente utilizada no Brasil, sendo realizada na propriedade rural. Essa alternativa tem como vantagem a praticidade de ser realizada internamente, mas também apresenta um custo elevado de manutenção, além de utilizar grandes áreas.

#### 4.5 Comparações entre alternativas de destinação de mortalidades

Jin et al. (2006, p. 1), da Universidade A&M do Texas (EUA), afirmam que a escolha do método de disposição otimizado levanta uma série de implicações, incluindo a disponibilidade e a capacidade das instalações de eliminação, e os requisitos ambientais e regulamentares. As estimativas de custos variáveis de destinação por método de disposição estão representadas na Tabela 16:

**Tabela 16 - Comparação de custos variáveis de destinação de mortalidades.**

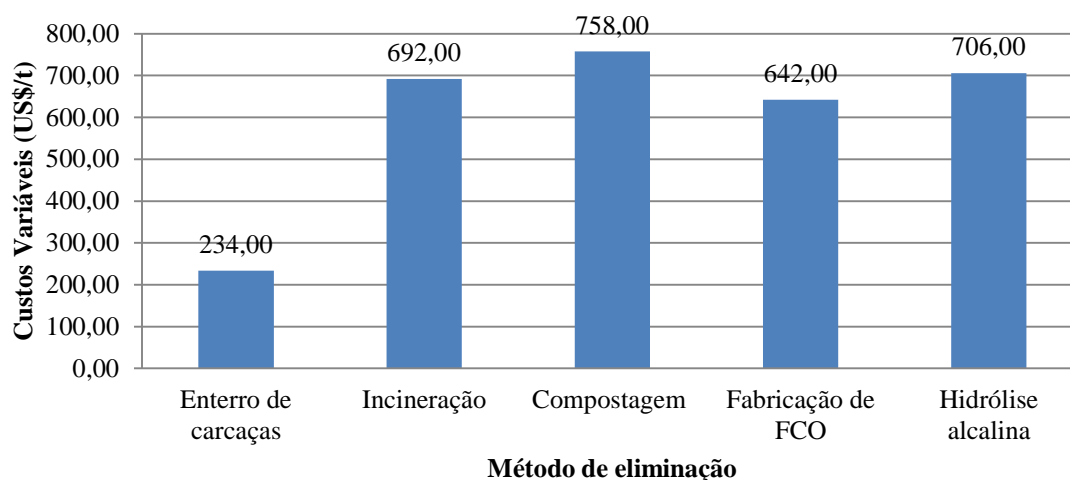
<b>Método de eliminação</b>	<b>Tipo</b>	<b>Custo (US\$/t)</b>
Compostagem	Rural	758,00
Hidrólise alcalina	Industrial	706,00
Incineração	Industrial	692,00
Fabricação de farinha de carne e ossos (FCO)	Industrial	642,00
Enterro das carcaças.	Rural	234,00

Fonte: adaptado de JIN et al., 2006, p. 1.

As alternativas foram classificadas como industrial ou rural. No caso da alternativa rural, considerou-se a alternativa realizada na propriedade de origem, nesse caso realizada com recursos próprios. Conforme levantamentos de campo realizados, a eliminação por hidrólise alcalina e a incineração ainda são realizadas no Brasil em escala comercial.

Podemos observar que a alternativa de compostagem tem o maior custo por tonelada, e que a fabricação de farinha de carne e ossos (FCO) apresenta o menor custo nos EUA, o que representa uma motivação para estudo da viabilidade dessa alternativa no Brasil. Deve-se observar que a alternativa de enterro de carcaças representa menor custo, porém representa os maiores impactos ao meio ambiente.

Baseado nos resultados de JIN et al. (2006, p. 3) representados na Tabela 17, foi construído o gráfico apresentado na Figura 22:



**Figura 22 - Gráfico da comparação de custos variáveis para as alternativas para eliminação de mortalidades em US\$/t**

Fonte: adaptado de JIN et al., 2006, p. 3.

Os custos variáveis por mortalidades são maiores para os bois e bezerros, devido a sua maior massa, podendo alcançar o custo de US\$ 30 por cabeça. Em comparação, as taxas de processamento de animais menores estão estimadas em US\$ 8,25 por cabeça, podendo variar muito com base, especialmente, em economias de escala (SPARKS, 2002, p. 13).

Podemos observar que o custo de manipulação de animais grandes é muito maior. Devido ao peso elevado, podemos concluir que são necessários equipamentos adicionais para movimentação e transporte. Os equipamentos para processamento das carcaças também terão de ser maiores, além de exigir mais insumos e energia.

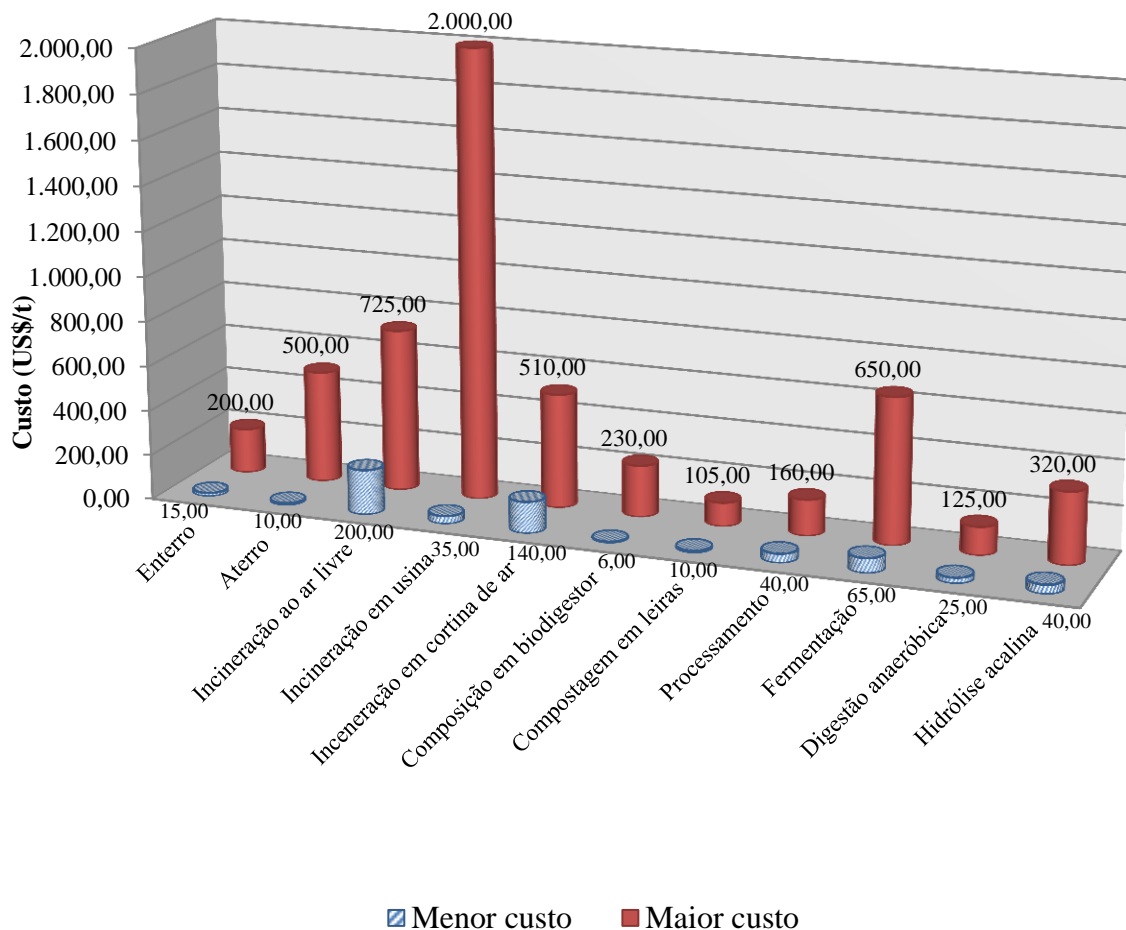
Nutsch, Mcclaskey e Kastner (2004, p. 41) apresentaram um resumo dos custos máximos e mínimos de cada tecnologia. O estudo foi realizado na Universidade do estado do Kansas, nos EUA. Os resultados estão apresentados na Tabela 17:

Tabela 17 - Alternativas de destinação para tecnologias para destinação de MSOA.

<b>Alternativa de destinação</b>	<b>Tipo</b>	<b>Menor custo (US\$/t)</b>	<b>Maior custo (US\$/t)</b>
Incineração em usina	Industrial	35,00	2.000,00
Incineração ao ar livre	Rural	200,00	725,00
Fermentação	Rural	65,00	650,00
Aterro	Industrial	10,00	500,00
Incineração em cortina de ar	Industrial	140,00	510,00
Hidrólise alcalina	Industrial	40,00	320,00
Composição em biodigestor	Rural	6,00	230,00
Enterro	Rural	15,00	200,00
Fabricação de FCO	Industrial	40,00	160,00
Digestão anaeróbica	Industrial	25,00	125,00
Compostagem em leiras	Rural	10,00	105,00

Fonte: Nutsch, Mcclaskey e Kastner, 2004, p. 41.

Os dados da Tabela 17 foram representados na Figura 23:



**Figura 23 - Alternativas de destinação para mortalidades e subprodutos de origem animal.**

Fonte: adaptado de NUTSCH, MCCLASKEY E KASTNER, 2004, p. 41.

Podemos observar a grande variação que pode existir nos custos entre as diversas alternativas de disposição de mortalidades. Fatores como distâncias, insumos, mão de obra e tecnologias empregadas influenciam diretamente nos custos de uma mesma destinação.

## 4.6 Custo das alternativas de destinação de mortalidades na região Centro-Oeste de Minas Gerais

Foi realizado um levantamento do custo de destinação de mortalidades de bovinos, suínos e aves, tomando-se como base a cidade de Bambuí-MG. Foram verificadas as opções existentes, considerando-se os valores de fretes e de horas de locação de máquinas para movimentação de terra, movimentação das mortalidades e da mão de obra necessária.

Na região Centro-Oeste de Minas Gerais, assim como na maioria das localidades rurais do Brasil, não existem disponíveis todas as opções de destinação ambiental. No estado existe apenas uma planta de incineração de grande porte, localizada no município de Ibirité, na região Central do estado de Minas Gerais. Não foram considerados os custos de licenciamento ambiental da empresa geradora e da empresa de transporte, que devem ser licenciadas para o transporte de resíduos.

### 4.6.1 Custos para destinação de mortalidades em aterro classe 1

As estimativas de custos para destinação de mortalidades em aterro classe 1 estão indicadas na Tabela 18:

**Tabela 18 – Custo de destinação de mortalidades para aterro classe 1, a partir da cidade de Bambuí-MG.**

	<b>Unidade</b>	<b>Local: Cidade de Campo Belo-MG</b>
Peso das mortalidades	t	20,00
Valor do frete	R\$/Km	14,51
Distância até o local de destinação	Km	143,00
Custo do frete (Carreta com 20t)	R\$	2.074,93
Custo para disposição	R\$/t	300,00
Custo total de disposição	R\$	8.074,93

Fonte: Elaborado pelo autor e adaptado de PORTALNTC, 2016.

#### 4.6.2 Custos para destinação de mortalidades em usina incineradora

Entre as alternativas, a incineração se apresenta como a alternativa mais sofisticada e de tecnologia mais complexa, o que justifica a menor disponibilidade dessa opção. As estimativas de custos para destinação de mortalidades em usina incineradora estão indicadas na Tabela 19:

**Tabela 19 - Custo de destinação de MSOA para usina incineradora, a partir da cidade de Bambuí-MG.**

	<b>Unidade</b>	<b>Local: Cidade de Ibitaré-MG</b>
Peso de MSOA a incinerar	t	20,00
Valor do frete	R\$/km	7,83
Distancia até a unidade de incineração	km	246,00
Custo do frete (Carreta com 20 t)	R\$	1926,18
Custo para disposição	R\$/t	700,00
Custo total de disposição (R\$)	R\$	15.926,18

Fonte: Elaborado pelo autor e adaptado de PORTALNTC, 2016.

#### 4.6.3 Custos para destinação de mortalidades em compostagem

As estimativas de custos para destinação de mortalidades em compostagem, realizada dentro da propriedade rural, estão indicadas na Tabela 20:

**Tabela 20 - Custo de destinação de MSOA para compostagem na cidade de Bambuí-MG.**

	<b>Unidade</b>	<b>Local: na propriedade do gerador</b>
Peso de mortalidades	t	20
Custo	R\$/h	194,70
Custo total de disposição	R\$	3.894,00

Fonte: Elaborado pelo autor e adaptado de GIBSON, 2009.

## **5 VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE UMA NOVA UNIDADE DE PROCESSAMENTO DE MORTALIDADES E SUBPRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL**

Neste capítulo, foi realizado um estudo de viabilidade para uma nova unidade de processamento de mortalidades e subprodutos de origem animal (UPSOA), a ser instalada na cidade de Bambuí-MG e destinada para fabricação de FCO (farinha de carne e ossos) e abastecimento da fábrica de cimento FCMG.

Foram realizados levantamentos de campo e pesquisas junto a fabricantes de equipamentos para obtenção de informações necessárias para o dimensionamento da nova unidade fabril. Foi considerada atenção especial para as tecnologias ambientais mais atualizadas para tratamento adequado dos efluentes e emissões.

### **5.1 Análise de viabilidade técnica**

#### **5.1.1 Escolha dos locais para construção da UPSOA**

Foi visitado um frigorífico localizado na entrada da cidade de Bambuí que apresenta espaço para implantação de um novo galpão integrado aos processos produtivos existentes, além de possuir estruturas de tratamento de efluentes que podem ser ampliadas.

A alternativa a ser considerada seria a construção da fábrica dentro do IFMG campus Bambuí, que apresenta áreas de criação e abate de gado e apresenta áreas adequadas para construção das estruturas de tratamento de efluentes.

#### **5.1.2 Material a ser processado e parâmetros de processo**

Uma amostra de FCO foi analisada no Centro de Inovação e Tecnologia do SENAI, no campus CETEC (ver anexo 2).

Os resultados estão na Tabela 21:

.

Tabela 21 – Resultado de análise de FCO.

Item analisado	% em peso ou mg/kg, onde indicado CIT SENAI CETEC	% em peso GULYURTLU (2005, p.2138)
Al	0,014	0,02
Ca	10,28	18,4
Fe	0,14	0,033
Mg	0,208	-
K	0,034	0,28
Cr	<8,0	-
Cu	6,43	-
C	-	42,1
S	0,14	0,38
O	<0,75	15,3
Cinzas	29,85	28,3
SiO <sub>2</sub>	0,1	0,45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	41,2
Cd	0,12 (mg/kg)	-
Cr	<8,0 (mg/kg)	-
Ni	<8,0 (mg/kg)	-
Pb	54,02 (mg/kg)	-
Ti	<5,0 (mg/kg)	-
Hg	<0,02 (mg/kg)	-
As	<0,75 (mg/kg)	-
V	<2,0 (mg/kg)	-
Umidade (%)	3,75	8,09
Matéria volátil	62,31	64,5
Carbono fixo	7,83	7,20
PCI (MJ/Kg)	-	16,2

Fontes: ensaios realizados no CIT SENAI, no campus CETEC, encomendada pelo autor; USON et al., 2013, p. 248; GULYURTLU, 2005, p. 2138; e LOPES et al., 2009.

Alguns elementos presentes na FCO como o cálcio (Ca) são incorporados ao clínquer substituindo uma parcela da mineração de calcário, minério que é extraído em grandes quantidades para fabricação de cimento.

Syamsu, Yusuf e Abdullah (2015, p. 149) estudaram características físicas da FCO, definindo parâmetros úteis no processamento e manuseio. Os autores realizaram experimentos que definiram o ângulo de repouso em 40,8° e a densidade a granel em 620,2 kg/m<sup>3</sup>.

### 5.1.3 Definição das capacidades e do fluxograma

O dimensionamento foi realizado em função do digestor, que é o principal equipamento. A capacidade da nova fábrica poderá atingir até 20,8 t/d em regime de bateladas, considerando operação noturna do digestor. De acordo com as tecnologias avaliadas para a nova fábrica, foi definido o fluxograma representado na Figura 24:

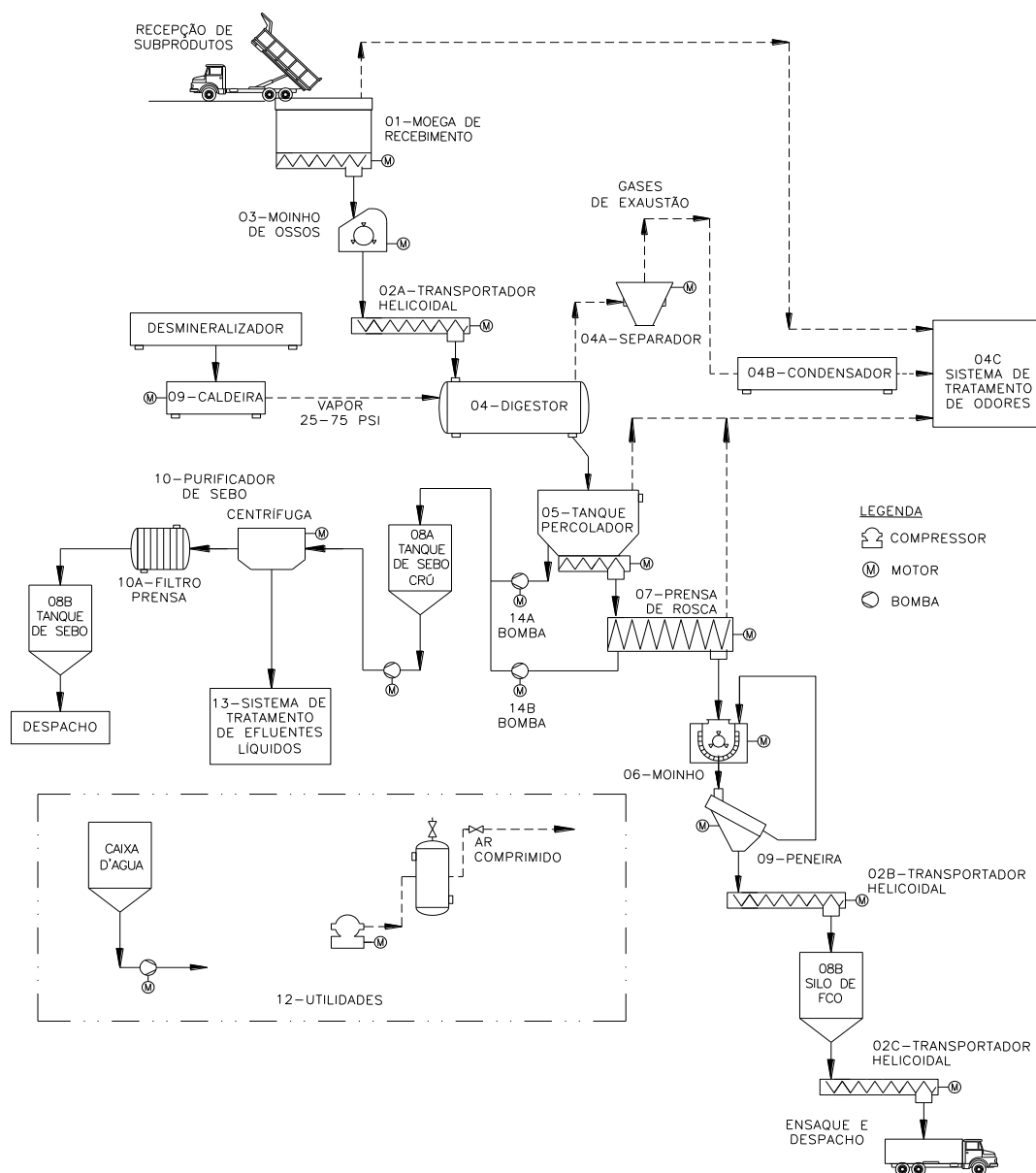


Figura 24 - Fluxograma da nova unidade de processamento de mortalidades e subprodutos de origem animal (UPSOA).

Fonte: adaptado de FRANCO, *The original Recyclers*, apud BRGLEZ, 2003, p. 233-258.

Não foi considerado custo de aquisição de terrenos e terraplanagens. A nova fábrica proposta é adequada para ser construída como anexo de matadouros, aproveitando os equipamentos existentes, diminuindo impactos ambientais e colaborando para a modernização da construção existente.

#### 5.1.4 Estimativas de investimentos

Os dados foram verificados junto a fabricantes especializados em equipamentos de processamento de subprodutos de origem animal (fábricas de farinha de ossos). Detalhes das consultas se encontram no anexo 1. A lista de investimentos está representada na Tabela 22.

Os equipamentos estão numerados conforme figura 24.

**Tabela 22 - Estimativa dos investimentos para a UPSOA para capacidade até 20 t/d.**

Item	Quant.	Descrição	Capacidade	Potencia (kW)	Custo (R\$)
01	01	Moega de recebimento mecanizada para ossos verdes ( <i>Tolva</i> ).	20 m <sup>3</sup>	7,3	79.000,00
01A	01	Transportador helicoidal 14" x 7.000mm. Aplicação: retirar o produto do triturador.	Variável	5,5	17.900,00
02A	01	Transportador helicoidal 12" x 6.000mm. Aplicação: Abastecer o digestor.	Variável	3,7	14.950,00
02B	01	Transportador helicoidal 12" x 5.000mm. Aplicação: Abastecer o silo de Farinha .	Variável	3,7	13.200,00
02C	01	Rosca transportadora: 12" x 5.000mm. Aplicação: Rosca pra retirada de farinha do silo. (ensaque e despacho).	Variável	2,2	12.900,00
03	01	Moinho de ossos	10 t/h	36,7	50.000,00
04	01	Digestor / esterilizador para vísceras e triturados	10 t/h	29,4	210.000,00

Item	Quant.	Descrição	Capacidade	Potencia (kW)	Custo (R\$)
04A	01	Caixa decantadora de óleo	3.000 l	1,1	8.900,00
04 B/C	01	Condensador e sistema de tratamento de odores	Variável	7,3	19.200,00
05	01	Tanque percolador	10 t/h	5,1	36.900,00
05 A	01	Transportador helicoidal 12" x 6.000mm. Aplicação: Abastecer a prensa.	Variável	3,7	14.600,00
06	01	Moinho de farinha com sistema de peneiramento	2 t/h	29,4	15.900,00
07	01	Prensa <i>expeller</i>	2,5 t/h	42,7	90.000,00
08 A/B	01	Tanques e silos	Dimensionar	NA	15.000,00
09	01	Caldeira	1800 kg/h@8 kgf/cm <sup>2</sup>	2	35.000,00
10	01	Clarificador de óleo. Aplicação: clarificar e retirar umidade do sebo	6.000 l	5,5	45.000,00
10A	01	Filtro prensa mecânico manual 650 x 650	Variável	29,4	50.000,00
11	01	Tanque (reservatório de óleo pronto)	40.000 l	NA	38.900,00
12		Utilidades (Ar comprimido, água, etc)	-	NA	13.000,00
13	01	Equipamentos de manutenção e tratamento de efluentes.	-	NA	25.000,00
14 A/B	02	Bombas de Engrenagem Ø2"	8.000 l/h	3,7	9.800,00
15	01	Instalações elétricas e automação	-	NA	5.000,00
16	01	Construção do Galpão Industrial	200 m <sup>2</sup>	NA	35.000,00
17	01	Construção de áreas externa coberta para armazenamentos	150 m <sup>2</sup>	NA	15.000,00
18	01	Montagens mecânicas e tubulações	-	NA	15.000,00

Item	Quant.	Descrição	Capacidade	Potencia (kW)	Custo (R\$)
19	01	Montagens elétricas	-	NA	5.000,00
20	01	Projetos de engenharia	-	NA	7.000,00
21	01	Serviços contábeis e administrativos iniciais, outros registros.	-	NA	2.000,00
22	01	Estudo de impacto ambiental - EIA-RIMA. Licenciamento ambiental.	-	NA	5.000,00
23	01	Equipamentos para escritório e informática	-	1,5	10.000,00
24	01	Fretes, movimentação, descargas e seguros (FOB Jaú-São Paulo).	-	NA	18.196,00
Totais				219,9	937.346,00

Fontes: Elaborado pelo autor; PORTALNTC, 2016; LDS, 2016; e CEMIG, 2016.

As capacidades dos equipamentos serão definidas acima da capacidade calculada no capítulo 5.4 (em 11,7 t/d), considerando tamanhos de máquinas existentes e possibilidade de ampliação futura para até 20 t/d.

## 5.2 Análise de viabilidade econômica – parâmetros a serem avaliados

Gitman (2013, p. 105) explica que o planejamento financeiro é um aspecto importante das operações das empresas porque fornece um mapa para a orientação, a coordenação e o controle dos passos que a empresa dará para atingir seus objetivos. Dois aspectos fundamentais do processo de planejamento financeiro são o planejamento de caixa e o planejamento de lucros, como veremos a seguir.

### 5.2.1 Fluxo de caixa projetado

O fluxo de caixa permite distinguir os fluxos de caixa das operações, de investimentos e de financiamentos da empresa e os concilia com variações do caixa e títulos negociáveis durante o período (GITMAN, 2013, p. 24).

Cury (2002, p. 28) explica que o fluxo de caixa é utilizado, indistintamente, para indicar as entradas e saídas de recursos de caixa de um projeto, ou mesmo de uma empresa, tanto em curto prazo como nas projeções de longo prazo, nas quais são reproduzidos, em cada período de tempo, os investimentos, receitas, custos, lucros e recursos gerados. Em relação ao fluxo de caixa, o autor explica que:

- ✓ Admite-se que a geração do lucro e o desembolso para pagamento do respectivo imposto de renda ocorram no mesmo período;
- ✓ Adota-se a ótica “com” e “sem” o projeto para a estimativa dos fluxos de caixa, de forma que ocorra sempre a comparação entre, pelo menos, duas alternativas, isto porque sempre existirá a alternativa de nada fazer, ou seja, o status quo;
- ✓ Admite-se que a geração do lucro e o desembolso para pagamento do respectivo imposto de renda ocorram no mesmo período;
- ✓ Considera-se o capital de giro necessário à operação do projeto em análise;
- ✓ Considera-se que a produção e a venda ocorram no mesmo período, ou seja, não há formação de estoques além do previsto no cálculo do capital de giro; considera-se a inflação prevista somente no caso de um projeto com o fluxo de caixa definido, ou seja, com valores fixos e irrealizáveis ao longo de sua vida;
- ✓ Considera-se a elaboração do fluxo de caixa a preços constantes, em condições de grande incerteza a respeito do comportamento futuro da inflação, com base na pressuposição de que a inflação atua igualmente nas receitas e custos, anulando, portanto, os seus efeitos;
- ✓ Adota-se o custo de oportunidade do projeto como a medida do quanto a empresa está perdendo por não aplicar o investimento considerado numa melhor alternativa disponível, fora o projeto em questão (CURY, 2002, p. 28).

### 5.2.2 Taxa mínima de atratividade (TMA) e custo médio ponderado de capital (CMPC).

Cury (2002, p.28) explica que a taxa mínima de atratividade - TMA, também denominada de taxa de desconto ou de custo de oportunidade do capital, pode ser definida como a taxa de juros que o capital seria remunerado numa outra melhor alternativa de utilização, além do projeto em estudo. O autor afirma também que a partir de trabalhos realizados, pode-se concluir, razoavelmente, que a taxa social de desconto no Brasil oscila, em média, entre 12 e 18% aa.

Como referência para taxa de mercado temos o CDI (Certificados de Depósito Interbancário), cotada em 14% aa. (VALOR, 2016).

Araújo e Neto (2003, p. 22) afirmam que o custo de capital permite a identificação de uma taxa mínima de atratividade dos investimentos de uma empresa e sua capacidade de agregar valor. Os autores explicam ainda que o CMPC (custo médio ponderado de capital das várias fontes de financiamento utilizadas) é obtido pelo custo de cada fonte de capital ponderado por sua respectiva participação na estrutura de financiamento. Sua fórmula básica é a seguinte:

$$\text{CMPC} = W_1 \times K_i + W_2 \times K_e \quad (\text{Equação 5.2.2.1})$$

Onde:

- ✓  $W_1$  e  $W_2$ : proporção de fundos de terceiros e próprios na estrutura de capital;
- ✓  $K_i$ : custo do capital de terceiros;
- ✓  $K_e$ : custo do capital próprio.

### 5.2.3 Valor presente líquido (VPL)

Gitman (2013, p. 371) afirma que o valor presente líquido (VPL) considera explicitamente o valor do dinheiro no tempo, e é considerada uma técnica sofisticada de orçamento de capital. O autor também explica que todas as técnicas desse tipo descontam de alguma maneira os fluxos de caixa da empresa a uma taxa especificada.

O valor presente líquido (VPL) é encontrado ao se subtrair o investimento inicial de um projeto ( $FC_0$ ) do valor presente de suas entradas de caixa ( $FC_t$ ), descontadas as taxas de custo de capital da empresa ( $r$ ) (GITMAN, 2013, p. 369).

VPL = Valor presente das entradas de caixa – investimento inicial

$$VPL = \sum_{t=1}^n FC \frac{FC_t}{(1+r)^t} - FC_0 \quad (\text{Equação 5.2.3.1})$$

$$= \sum_{t=1}^n (FC_t \times FVP) - FC_0 \quad (\text{Equação 5.2.3.2})$$

Cury (2002, p. 29) explica que o critério do VPL estabelece que enquanto o valor presente das entradas for maior que o valor presente das saídas, calculados com a TMA, que mede o custo de oportunidade do capital, o projeto deve ser aceito. Conclui-se que quando:

- ✓ VPL > 0 o projeto deve ser aceito;
- ✓ VPL = 0 é indiferente aceitar ou rejeitar projeto;
- ✓ VPL < 0 o projeto deve ser rejeitado.

Se o VPL for maior que zero, a empresa obterá um retorno maior do que o custo de seu capital. Isso aumentaria o valor de mercado da empresa e, portanto, a riqueza de seus proprietários, em um valor correspondente ao VPL (CURY, 2002, p. 29). O autor descreve também que “talvez a única desvantagem deste indicador seja a dificuldade da escolha da taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade” e que “os pontos fortes do VPL são a inclusão de todos os capitais do fluxo de caixa e o custo do capital, além da informação sobre o aumento ou decréscimo do valor da empresa”.

#### 5.2.4 Taxa interna de retorno (TIR)

A taxa interna de retorno (TIR) é, provavelmente, a mais usada das técnicas sofisticadas de orçamento de capital, e consiste na taxa de desconto que faz com que o VPL de uma oportunidade de investimento seja igual a \$ 0 (já que o valor presente das entradas de caixa se iguala ao investimento inicial) (GITMAN, 2013, p. 371).

Se investir no projeto e receber as entradas de caixa previstas, a empresa obterá a taxa de retorno anual composta. Matematicamente, a TIR é o valor de  $r$  na Equação 5.2.3.1, que faz com que o VPL seja igual a \$ 0. Quando usamos a TIR para tomar decisões de aceitação ou rejeição de projeto, os critérios são:

a) se a TIR for maior do que o custo de capital, aceita-se o projeto; b) se a TIR for menor do que o custo de capital, rejeita-se o projeto. Esses critérios garantem que a empresa receba, pelo menos, o retorno requerido (GITMAN, 2013, p. 371).

$$\$0 = \sum_{t=1}^n FC \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} - FC_0 \quad (\text{Equação 5.2.4.1})$$

$$\sum_{t=1}^n FC \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} = FC_0 \quad (\text{Equação 5.2.4.2})$$

Cury (2002, p. 32) afirma que “um projeto de investimento será considerado viável, segundo este critério, se sua TIR for igual ou maior ao custo de oportunidade dos recursos para sua implantação. Assim, quanto maior a TIR, maior a atratividade do projeto”, sendo que:

- ✓ TIR > TMA, o projeto deve ser aceito;
- ✓ TIR = TMA, é indiferente aceitar ou rejeitar projeto;
- ✓ TIR < TMA, o projeto deve ser rejeitado.

A maior vantagem do método da TIR é apresentar como resultado o valor de uma taxa de juros, caracterizando-se como um indicador de rentabilidade, enquanto o método do VPL pode ser considerado como um indicador de lucratividade (CURY, 2002, p. 32).

A VPL é a quantia máxima a que se poderia elevar o custo do investimento hoje, para que esse ainda continuasse viável. Já a TIR é a taxa de desconto para o qual o VPL de um projeto seja igual a zero e que, para o caso onde a TIR existe e é única, possa ser vista como a maior taxa de juros que pode ser paga se todos os recursos necessários fossem obtidos via empréstimo (CURY, 2002, p. 32).

### **5.2.5 Depreciação**

A legislação brasileira do imposto de renda regulamenta a depreciação anual de ativos a partir da fixação de taxas-limites anuais de depreciação, como, por exemplo: 10% para móveis e utensílios; 10% para máquinas e acessórios industriais; 20% para veículos; 4% para edifícios e construções etc., (CURY, 2002, p. 38).

### **5.2.6 Payback**

Gitman (2013, p. 366) afirma que o período de *payback* é o tempo necessário para que a empresa recupere o investimento inicial em um projeto, calculado a partir das entradas de caixa. O autor afirma ainda que embora seja popular, o período de *payback* costuma ser considerada uma técnica pouco sofisticada de análise de orçamento de capital, por não considerar explicitamente o valor do dinheiro no tempo.

### 5.3 Análise de viabilidade econômica da nova UPSOA

Foi realizada a análise de viabilidade da UPSOA (considerando-se a lista de investimentos do capítulo 5.2.4), estimada em R\$ 937.346,00 + R\$ 80.000,00 de capital de giro, totalizando o aporte de R\$ 1.017.346,00. O capital de giro cobre despesas operacionais estimadas em R\$ 67.598,00 e arredondadas para R\$ 80.000,00.

No capítulo 5.4 temos o fluxo de caixa projetado, considerou-se 18,16% de capital próprio e 81,84% de capital financiado, com taxas de 18% aa e 12,00% respectivamente. A TMA foi calculada em 13,09%.

### 5.4 Fluxo de caixa projetado da nova UPSOA

Na Tabela 23 temos o fluxo de caixa anual projetado para a nova UPSOA:

**Tabela 23 – Fluxo de caixa anual projetado da nova UPSOA.**

Fluxo de caixa anual calculado (valores em R\$)						
Preço para destinação da MSOA (R\$/t): <b>132,95</b>						
Período	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Investimento	(937.346)	Financiamento: 767.150,00				
Capital de Giro	(80.000)	Capital próprio: 250.196,00				
Receita bruta	767.150	1.038.293	1.038.293	1.038.293	1.038.293	1.038.293
Custos totais		(979.871)	(979.871)	(979.871)	(979.871)	(979.871)
Lucro operacional		58.422	58.422	58.422	58.422	58.422
Depreciação (% ; Vida útil : 5 anos)	5	(186.469)	(186.469)	(186.469)	(186.469)	(186.469)
Lucro tributável		(128.048)	(128.048)	(128.048)	(128.048)	(128.048)
Imp. Renda / Contribuição Social	30,0%	-	-	-	-	-
Lucro líquido		(128.048)	(128.048)	(128.048)	(128.048)	(128.048)

Fluxo de caixa anual calculado (valores em R\$)						
Preço para destinação da MSOA (R\$/t): <b>132,95</b>						
Período	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5
Ajustes						
Depreciação		186.469	186.469	186.469	186.469	186.469
Valor residual (Venda de ativo: renovação de máquinas):						5.000
Recuperação capital de giro						80.000
Fluxo caixa do projeto	(250.196)	58.422	58.422	58.422	58.422	143.422
TIR (%)		13,20% aa		<i>Payback para</i> : 4,48 anos		
VPL do projeto (R\$)		791,48		:		
TMA (CMPC-%)		13,09% aa				
Capital de Terceiros - taxa correspondente (%)		W <sub>1</sub> :81,84% Ki:12,00%				
Capital Próprio - taxa correspondente (%)		W <sub>2</sub> :18,16% Ke:18,00%				

Fontes: CURY, 2002, p. 29-38; GITMAN, 2013, p. 24, 366, 369 e 371; ARAUJO E NETO, 2003, p. 22.; Elaborado pelo autor.

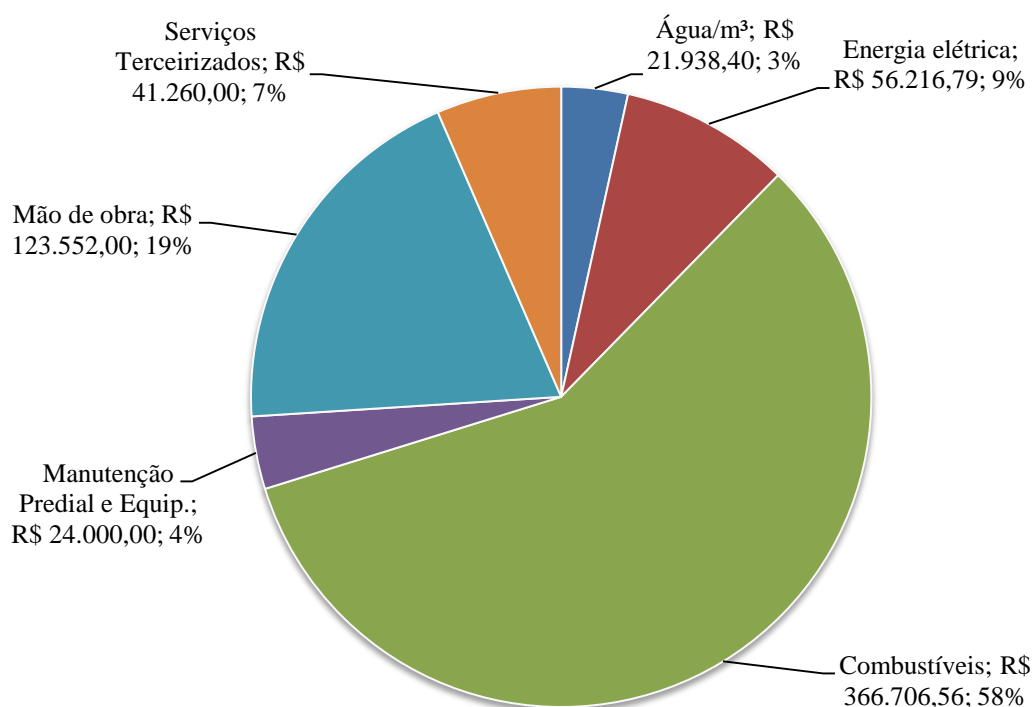
Foi considerado o financiamento de R\$ 767.150,00 em máquinas e equipamentos pela modalidade FINAME, do banco BNDES (BNDES, 2016). Ver cálculo no apêndice 1.

Para definir o preço mínimo de processamento foi utilizado o recurso “atingir meta” do software Microsoft Excel® (Dados; testes de hipóteses; atingir meta). Para isso, programou-se variar receita anual bruta na “Tabela 23 – Fluxo de caixa anual” para obter a TMA, definida em 13,09 %, e estando acima da rentabilidade desejada. Foi obtido o valor mínimo para receita bruta anual em R\$ 1.038.293,00.

## 5.5 Estimativa de resultado financeiro da nova UPSOA

Em seguida, programou-se a “Tabela 24 - Estimativa de resultado financeiro anual para a nova UPSOA” para variar a Receita unitária (t/FCO) e atingir a receita anual de R\$ 1.038.293,00. Assim, foi obtido o valor mínimo de receita unitária em R\$ 132,95 por t/FCO (preço a ser cobrado para destinar a MSOA), atingindo-se a TMA, com VPL em R\$ 791,48 e TIR em 13,20 % aa, para uma taxa mínima de atratividade calculada em 13,09%. Foram consideradas as receitas com a venda de sebo para fabricação de biodiesel. São considerados 22 dias de produção por mês.

Podemos observar, na Figura 25, os principais insumos e seus impactos financeiros nas despesas operacionais totais da nova fábrica. Destacam-se os combustíveis, a energia elétrica e a mão de obra.



**Figura 25 - Principais insumos e seus impactos financeiros nas despesas operacionais totais da nova fábrica.**

Fonte: Elaborado pelo autor (tabela 24).

As estimativas de resultado financeiro anual para produção de 20 t/dia de FCO, processada ao custo de R\$ 132,95 /t, está representada na Tabela 24:

Tabela 24 - Estimativa de resultado financeiro anual para a nova UPSOA.

<b>Estimativa de Resultado Financeiro Anual</b>	<b>Processamento diário (t)</b>	<b>Receita (R\$/t)</b>	<b>Receita Operacional bruta mensal (R\$)</b>	<b>Total (R\$)</b>	<b>%</b>
<b>Receita operacional 1: Processamento de Mortalidades</b>	20,00	<b>132,95</b>	58.498,61	<b>659.864,30</b>	100%
<b>Receita operacional 2: Fornecimento de sebo para fabrica de biodiesel.</b>	0,64	<b>2.800,00</b>	39.424,00	<b>444.702,72</b>	100%
( - ) Deduções Receita Bruta				66.274,02	6%
<b>Receita bruta</b>				<b>1.038.293,00</b>	94%
( - ) Custo dos prod./ vendidos			-		0%
<b>( - ) Despesas operacionais</b>				<b>981.223,54</b>	
- Despesas comerciais				<b>31.148,79</b>	3%
<b>Insumo/unidade</b>	<b>Consumo/dia</b>	<b>Valor unitário</b>	<b>Valor total</b>	<b>444.861,75</b>	<b>67%</b>
Água/m <sup>3</sup> (COPASA, 2016)	10,00	8,31	83,10	21.938,40	
Energia elétrica/Kw (CEMIG, 2016) Bandeira vermelha.	872,00	0,24	212,94	56.216,79	
Combustível: gás natural (m <sup>3</sup> ). GASMIG (2016).	800,00	1,74	1.389,04	366.706,56	
<b>Manutenção Predial e Equipamentos</b>	<b>24.000,00</b>				
Custo 1 Veículo (Financiamento, seguros, taxas e combustível) (EXAME, 2016)	16.849,92				
<b>Mão de obra /Valor total</b>	<b>Quant. de Funcionários</b>	<b>Salário mínimo (R\$)</b>	<b>Encargos (%)</b>	<b>123.552,00</b>	<b>19%</b>
Operador de máquinas: 2 salários mínimos.	1	880,00	195	41.184,00	
Auxiliar de serviços gerais: 1,5 Salários mínimos.	1	880,00	195	30.888,00	
Técnico Administrativo: 2,5 salários mínimos. (BRASIL, 2016.)	1	880,00	195	51.480,00	

<b>Serviços Terceirizados</b>	<b>41.260,00</b>	<b>6%</b>
Contabilidade	5.280,00	
Licenciamentos e taxas anuais	4.200,00	
Conservadora (Limpeza) (MERCADO MINEIRO, 2016)	16.320,00	
Monitoramento de vigilância (MERCADO MINEIRO, 2016)	5.760,00	
Seguros (sobre patrimônio industrial)	9.700,00	<b>2%</b>
<b>( + ) Receitas Financeiras</b>	<b>-</b>	
<b>( + ) Despesas Financeiras</b>	<b>316.401,00</b>	
<b>Resultado líquido do período</b>	<b>57.069,46</b>	<b>9%</b>

Fontes: baseado em CURY, 2002, p. 29-38, e GITMAN, 2013, p. 24, 366, 369 e 371.

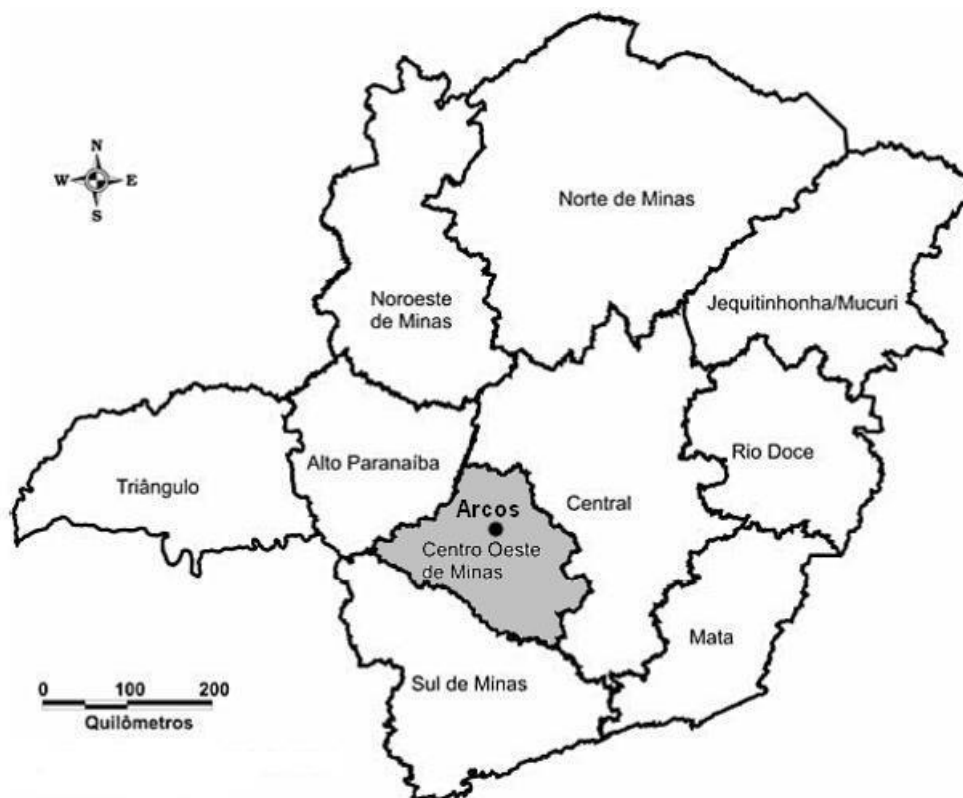
Elaborado pelo autor.

Apesar desse trabalho ter seu foco na produção de FCO, podemos perceber na tabela 24 que a Receita operacional 2 - Fornecimento de sebo para fabrica de biodiesel, tem grande contribuição para as receitas da nova UPSOA, podendo ser destinado para a indústria de biodiesel.

Poderá ser feito um estudo sobre a viabilidade técnica e econômica de uma unidade de fabricação de biodiesel na região, que poderia gerar emprego e rendas para a população local.

## 6 VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO COPROCESSAMENTO DE FARINHA DE CARNE E OSSOS NA FÁBRICA DE CIMENTO MINAS GERAIS

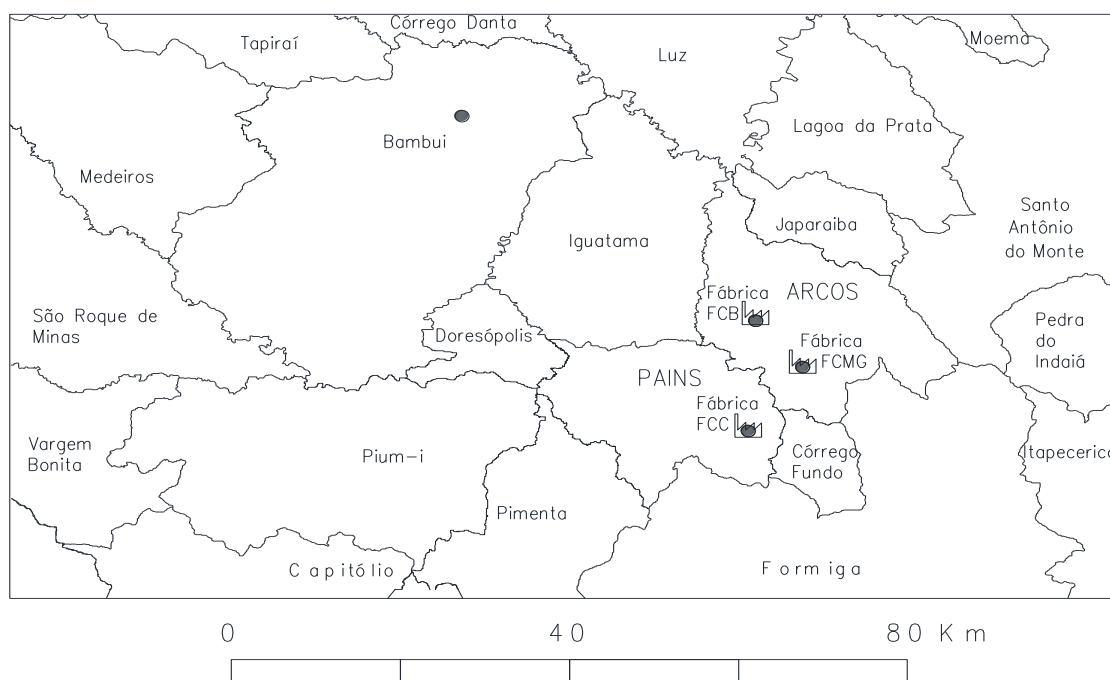
Na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais está localizada a cidade de Arcos-MG, conforme apresentado na Figura 26:



**Figura 26 - Mapa do estado de Minas Gerais, onde está destacada a região Centro-Oeste e a cidade de Arcos.**

Fonte: adaptado de DINIZ, 2006, p. 73.

Nessa região está localizada a fábrica de Cimento Minas Gerais (FCMG), a Fábrica de Cimento B (FCB) e a Fábrica de Cimento C (FCC), que estão apresentadas na Figura 27.



**Figura 27 - Mapa parcial da localização de fábricas de cimento FCMG, FCB e FCC na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais.**

Fonte: adaptado de IBGE, 2015.

Com dados do SNIC (2013, p. 7) e Elaborado pelo autor, foi elaborada a Tabela 25, que registra a produção estimada das três fábricas instaladas na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais.

**Tabela 25 - Estimativa da produção de clínquer na região Centro-Oeste de MG.**

<b>Fábrica</b>	<b>Unidade</b>	<b>Fábrica FCMG</b>	<b>Fábrica FCB</b>	<b>Fábrica FCC</b>
Produção anual de clínquer	t/a	830.000	1.367.528	60.000
Produção diária de clínquer	t/d	2.274	3.747	164
Produção regional total: [FCMG+ FCB+ FCC]	t/a	2.257.528		
Produção regional total	t/d	<b>6.185</b>		

Fonte: adaptado de SNIC, 2013, p. 7.

## 6.1 Definição do caso a ser estudado e levantamento de dados

Para o desenvolvimento do estudo optou-se pela Fábrica de Cimento Minas Gerais (FCMG), que está localizada na cidade de Arcos-MG. A maior capacidade de produção desta fábrica permitirá maior destinação de farinha de carne e ossos para coprocessamento.

A cidade de Arcos é distante em 47 km de Bambuí, onde será implantada a nova unidade de processamento de mortalidades e subprodutos de origem animal (UPSOA), detalhada no capítulo 5. Os dados básicos de processo da fábrica de cimento FCMG estão demonstrados na Tabela 26:

**Tabela 26 - Dados básicos de processo da Fábrica de Cimento Minas Gerais.**

<b>Especificação</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor</b>
Comprimento do forno	m	80
Diâmetro do forno	m	5
Velocidade de rotação do forno	rpm	2,1
Produção diária média de clínquer	t/d	2.274
Consumo diário de combustíveis alternativos na fábrica	t/d	254
Taxa de substituição térmica média	%	15

Fonte: Elaborado pelo autor e SNIC, 2013.

Na Tabela 27 temos os principais resíduos de uma mistura típica de combustíveis alternativos coprocessados na FCMG e suas características.

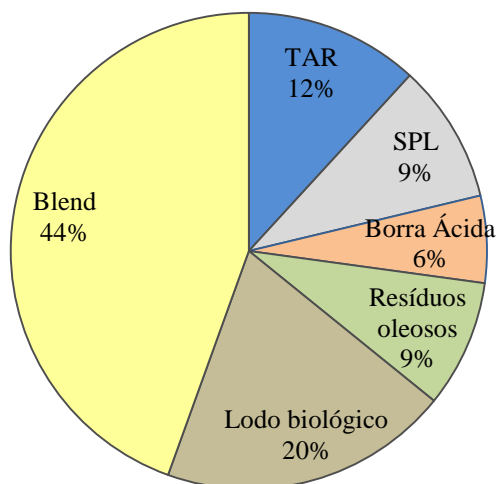
**Tabela 27 - Principais resíduos de uma mistura típica de combustíveis alternativos coprocessados na FCMG.**

TAR	Subproduto da fabricação do Di-isocianato de Tolueno, usado na fabricação de poliuretano. É proveniente de indústrias químicas.
SPL	“ <i>Spent pot lining</i> ”, gerado pela demolição do revestimento das cubas eletrolíticas da produção de alumínio primário, (PRADO et al., 2008).
Borra ácida	Resíduo de reciclagem de óleos lubrificantes usados.
Resíduos oleosos	Resíduos de limpeza de tanques, solos e recipientes de óleos.
Lodo biológico	Lodo proveniente de estações de tratamento de efluentes, (ETE).
<i>Blend</i>	Misturas de resíduos de tintas, EPI (equipamento de proteção individual) usado, materiais têxteis, materiais contaminados etc.

Fonte: Elaborado pelo autor; PRADO et al., 2008; CARPIO, 2005, p. 70-80.

Verificou-se que as 254 t/d de combustíveis alternativos que são coprocessados na FCMG são injetados no pré-calcinador (combustível secundário) e no queimador principal do forno de clínquer (combustível primário). Ver tabela 26.

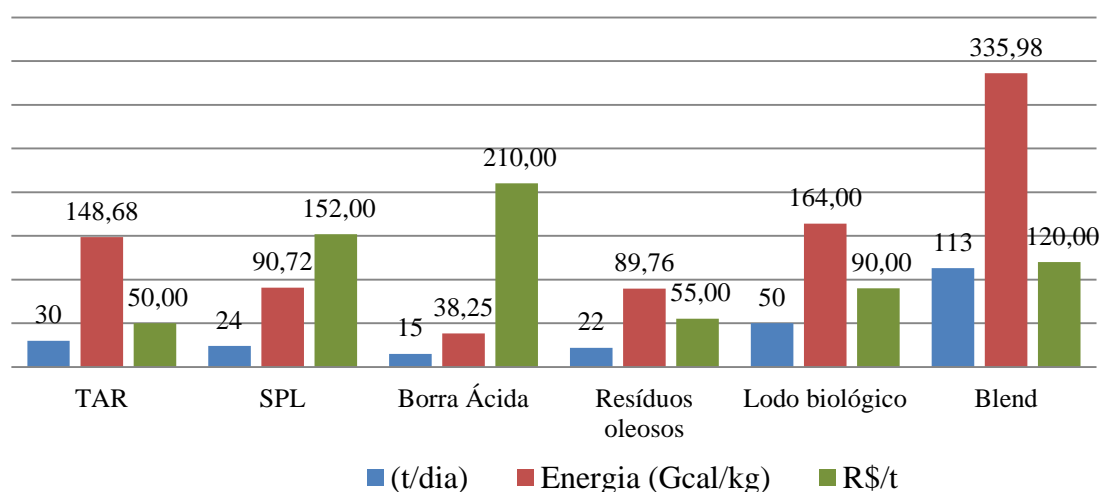
A Figura 28 mostra os percentuais dos principais resíduos coprocessados na FCMG em uma composição típica. As proporções de cada resíduo variam conforme disponibilidade de mercado, aferição de poder calorífico e análises químicas realizadas no ato do recebimento, entre outros parâmetros pontuais na escolha da composição de cada mistura.



**Figura 28 - Composição típica de combustíveis: percentuais dos principais resíduos coprocessados na FCMG**

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 29 apresenta os percentuais de composição de uma mistura típica com os principais resíduos coprocessados na FCMG. São relacionados o consumo diário (t/d), a energia fornecida e o preço médio (R\$) cobrado pela fábrica de cimento da empresa geradora para receber e destinar o resíduo.



**Figura 29 - Mistura típica de combustíveis: produção diária (t/d); energia (Gcal/kg) e preço para destinação na FCMG (R\$/t).**

Fonte: Elaborado pelo autor.



resultado econômico de impacto financeiro total (IFT), que é um indicador da viabilidade do coprocessamento. Na Tabela 28 são apresentados alguns valores de IFT coletados em uma fábrica de cimento entre os anos de 2001 e 2006:

**Tabela 28 - Resultados de impactos financeiros de uma fábrica de cimento.**

Resíduo Coprocessado	Impacto financeiro (R\$/t. clínquer)						
	Ano>	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Petcoque		4,39	4,15	3,08	3,72	3,73	3,8
Lodo de ETE		0,3	0,42	0,45	0,24	0,24	0,23
Óleo usado		-0,95	-1,03	-1,85	-1,84	-1,81	-1,8
FCO		-0,22	0,1	0	-0,58	-0,57	-0,56
Solvente		-0,59	-0,59	-0,82	-0,41	-0,41	-0,4
Cereal		-0,49	-1,56	-1,22	-1,17	-1,15	-1,14
Resíduo sólido		0	0	0	-0,72	-1,01	-1,01

Fonte: VVTN, 2016.

Como exemplo, podemos verificar que o coprocessamento de lodo de ETE proporcionava ganho de 0,30 R\$/t no ano de 2001, valorizando-se para 0,42 R\$/t no ano de 2002 e desvalorizando-se para 0,23 R\$/ ano de 2006. Podemos observar também que ficou menos vantajoso coprocessar esse resíduo entre o ano de 2003 e o ano de 2006. Outro exemplo é o combustível alternativo óleo usado, que apresentou impacto financeiro negativo entre o ano de 2001 e o ano de 2006.

Deve-se considerar que os “serviços de queima” ou “serviços de destinação adequada de resíduos” resolvem o problema das empresas geradoras, ao se evitar multas e embargos pelo descumprimento das leis ambientais. Esses serviços geram ganhos financeiros para fábricas de cimento, porém existem custos internos que devem ser contabilizados como: análises químicas, recepção, armazenagem, misturas, transporte e injeção do combustível no processo.

Optou-se por realizar a avaliação baseada no impacto financeiro total (IFT) da introdução de um novo combustível alternativo, combinado em uma mistura típica utilizada na fábrica de cimento FCMG, com e sem a adição de FCO. A avaliação de impacto financeiro é realizada em softwares especializados de controle de fábrica ou em planilhas utilizadas pelos gestores.

O impacto financeiro total é o saldo resultante da introdução do combustível, considerando a economia obtida na redução das compras de combustíveis fósseis e no benefício do poder calorífico do combustível alternativo. Os cinco passos do cálculo do IFT são demonstrados abaixo:

**Passo 01:** cálculo da energia fornecida pelo combustível (EFC) pela equação:

$$EFC (Kcal) = \frac{PCI \times \text{consumo do resíduo} \times (1 - \text{umidade})}{1000} \quad (\text{Eq. 6.2.1})$$

**Passo 02:** cálculo do aporte térmico do combustível (ATC) pela equação:

$$ATC \left( \frac{US\$}{t} \text{ clínquer} \right) = \frac{EFC \times \text{benefício} \times \text{custo por kcal}}{\text{produção}} \quad (\text{Eq. 6.2.2})$$

A produção de clínquer e o consumo de combustível são representados em t/d.

O benefício, dado em US\$/kcal, está definido em 4,86 e se refere ao custo economizado por Gcal em deixar de comprar combustível fóssil, nesse caso o petcoque, que é uma *commoditie* (ARGUS, 2016). O benefício é calculado pela equação:

$$\text{Benefício} \left( \frac{US\$}{Kcal} \right) = \frac{\text{cotação do combustível}}{PCI} \quad (\text{Eq. 6.2.3})$$

O valor do benefício do petcoque será 4,86, considerando-se a cotação internacional desse combustível em 39,36 U\$/t. (PCI de 8.100 Kcal/kg).

**Passo 04:** cálculo do aporte da destinação do resíduo (ADR) pela equação:

$$ADR \left( \frac{US\$}{t} \right) = \frac{\text{consumo do resíduo} \times \text{preço de destinação}}{\text{produção diária clínquer}} \quad (\text{Eq. 6.2.4})$$

**Passo 05:** cálculo do impacto financeiro total (IFT) pela equação:

$$IFT \left( \frac{US\$}{t} \text{ clínquer} \right) = ATC \left( \frac{US\$}{t} \text{ clínquer} \right) + ADR \left( \frac{US\$}{t} \text{ clínquer} \right) \quad (\text{Eq. 6.2.5})$$

Foram considerados:

- ✓ Taxa de câmbio dólar (EUA) x real (Brasil) = 3,54;
- ✓ Os custos de fabricação da mistura *blend*, transportes e impostos não estão incluídos nos cálculos;
- ✓ As proporções de resíduos variam em função de cada lote de combustíveis recebidos e em função da disponibilidade, custo da destinação e resultados de análises químicas do lote, realizadas na empresa geradora e no ato do recebimento na fábrica de cimento. O poder calorífico inferior e o teor de umidade também são considerados;
- ✓ O poder calorífico inferior (PCI) pode ser obtido ao se deduzir do valor do poder calorífico superior (PCS) a quantidade de calor relativa para condensação do vapor de água.

### 6.3 Cálculo do impacto financeiro total (IFT) de uma composição típica de combustíveis na FCMG (sem a introdução de farinha de carne e ossos).

Neste capítulo é calculado o impacto financeiro total (IFT) de uma composição típica de combustíveis coprocessada na FCMG, baseado nas fórmulas utilizadas em fábricas de cimento, demonstradas no capítulo 6.2.

#### 6.3.1 Cálculo da energia fornecida pelo combustível (EFC) de uma composição típica de combustíveis na FCMG.

Os parâmetros e cálculos da EFC são apresentados na Tabela 29.

Tabela 29 - Cálculo da EFC - Composição típica de combustíveis alternativos na FCMG.

Combustível alternativo	Consumo (t/dia)	PCI médio (kcal/kg)	Umidade média (%)	EFC (Kcal/kg)
TAR	30	6000	17,4	148,68
SPL	24	4200	10	90,72
Borra Ácida	15	3000	15	38,25
Resíduos oleosos	22	4800	15	89,76
Lodo biológico	50	4000	18	164,00
Blend	113	3300	10	335,98
<b>Total</b>	254			

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 6.3.2 Cálculo do aporte total do combustível (ATC) de uma composição típica de combustíveis na FCMG

Os parâmetros e cálculos do ATC são demonstrados na Tabela 30:

**Tabela 30 - Cálculo do aporte térmico do combustível (ATC) de uma composição típica de combustíveis alternativos na FCMG.**

Combustível alternativo	EFC (Kcal/kg)	Benefício US\$/Gcal	Benefício (US\$)	Produção diária (t/d)	ATC (US\$/t clínquer)
TAR	148,68	4,86 (Eq. 6.2.3)	722,58	2274	0,32
SPL	90,72		440,90		0,19
Borra Ácida	38,25		185,90		0,08
Resíduos oleosos	89,76		436,23		0,19
Lodo biológico	164,00		797,04		0,35
Blend	335,98		1.632,88		0,72

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 6.3.3 Cálculo do aporte da destinação do resíduo (ADR) de uma composição típica de combustíveis da FCMG

Os parâmetros e cálculos do ADR da composição típica de resíduos são demonstrados na Tabela 31:

**Tabela 31 - Cálculo do aporte da destinação do resíduo (ADR) de uma composição típica de combustíveis alternativos na FCMG.**

Combustível alternativo	Preço destinação (R\$/t)	Preço destinação (US\$/t)	ADR (US\$/t.clinquer)
TAR	50,00	14,12	0,19
SPL	152,00	42,94	0,45
Borra Ácida	210,00	59,32	0,39
Resíduos oleosos	55,00	15,54	0,15
Lodo biológico	90,00	25,42	0,56
Blend	120,00	33,90	1,68

Fonte: Elaborado pelo autor.

O preço de destinação se refere ao valor cobrado pela indústria de cimento para destinar o resíduo.

### 6.3.4 Cálculo do impacto financeiro total (IFT) de uma composição típica de combustíveis na FCMG.

Os resultados dos cálculos de IFT são demonstrados na Tabela 32:

Tabela 32 - Cálculo do impacto financeiro total (IFT).

Resíduo	Consumo (t/dia)	ATC (US\$/t clínquer)	ADR (US\$/t clínquer)	IFT (US\$/t clínquer)
TAR	30	0,32	0,19	0,50
SPL	24	0,19	0,45	0,65
Borra Ácida	15	0,08	0,39	0,47
Resíduos oleosos	22	0,19	0,15	0,34
Lodo biológico	50	0,35	0,56	0,91
Blend	113	0,72	1,68	2,40
<b>Totais:</b>	<b>254</b>			<b>5,28</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na avaliação econômica desta composição de resíduos, podemos notar que, para cada tonelada de clínquer produzido com combustíveis alternativos, é aportado o valor total de US\$ 5,28 nas condições atuais, considerando-se os principais resíduos coprocessados na fábrica.

### 6.4 Cálculo do impacto financeiro total (IFT) de uma composição de combustíveis na FCMG com introdução de FCO.

No capítulo 4.3.4, foi calculada a estimativa do peso total de mortalidades geradas na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais a serem destinadas para coprocessamento na FCMG. Considerando as partes não aproveitáveis, após o beneficiamento na fabricação de FCO, teremos o volume de 11,7 t/d desse combustível alternativo.

#### 6.4.1 Cálculo da energia fornecida pelo combustível (EFC) da composição de combustíveis com introdução de FCO na FCMG

Na Tabela 33 temos os cálculos da EFC, inclusos 11,7 t/d de FCO na composição. Para introduzir a FCO e manter a consumo diário em 254 t/d, foi reduzida a alimentação dos resíduos oleosos de 22 t/d (ver Tabela 30) para 10,3 t/d. Este tipo de resíduo foi escolhido para redução por apresentar disponibilidade irregular no mercado, ao contrário da FCO, que tem uma perspectiva de disponibilidade mais constante.

Tabela 33 - Cálculo da EFC de uma composição típica de combustíveis alternativos com a introdução de FCO.

Combustível alternativo	Consumo (t/dia)	PCI médio (Kcal/kg)	Umidade média (%)	EFC (Kcal/kg)
TAR	30	6.000	17,4	148,68
SPL	24	4.200	10,	90,72
Borra Ácida	15	3.000	15,0	38,25
<b>FCO</b>	<b>11,7</b>	<b>4.423</b>	<b>4,0</b>	<b>49,68</b>
<b>Resíduos oleosos</b>	<b>10,3</b>	<b>4.800</b>	<b>15,0</b>	<b>42,02</b>
Lodo biológico	50	4.000	18,0	164,00
Blend	113	3.300	9,9	335,98
<b>Total</b>	<b>254</b>			

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 6.4.2 Cálculo do aporte térmico do combustível ATC da composição de combustíveis com introdução de FCO na FCMG

O cálculo do ATC é demonstrado na Tabela 34:

Tabela 34 - Cálculo do aporte térmico do combustível (ATC) com a inclusão de FCO.

Combustível alternativo	EFC (Kcal/kg)	Benefício (US\$/Kcal)	Benefício (US\$)	ATC (US\$/t clínquer)
TAR	148,68	4,86	722,58	0,32
SPL	90,72		440,90	0,19
Borra Ácida	38,25		185,90	0,08
<b>FCO</b>	<b>49,68</b>		<b>241,44</b>	<b>0,11</b>
Resíduos oleosos	42,02		204,24	0,09
Lodo biológico	164,00		797,04	0,35
Blend	335,98		1.632,88	0,72

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 6.4.3 Cálculo do aporte da destinação do resíduo (ADR) da composição de combustíveis com introdução de FCO na FCMG.

O aporte da destinação do resíduo (ADR) é demonstrado na Tabela 35:

**Tabela 35 - Impacto da destinação do resíduo (ADR) com adição de FCO.**

Combustível alternativo	Preço de destinação R\$/t	Preço de destinação US\$/t	ADR (US\$/t.clinker)
TAR	50,00	14,12	0,19
SPL	152,00	42,94	0,45
Borra Ácida	300,00	84,75	0,56
<b>FCO</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
Resíduos oleosos	55,00	15,54	0,07
Lodo biológico	90,00	25,42	0,56
Blend	120,00	33,90	1,68

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 6.4.4 Cálculo do impacto financeiro total (IFT) da composição de combustíveis com introdução de FCO na FCMG

Nessa etapa dos cálculos, observa-se que o IFT da composição que inclui a FCO é de US\$ 5,37, sendo maior que a composição típica apresentada no capítulo 6.3.4, calculada em US\$ 5,38 antes da inclusão da FCO na composição. O cálculo do IFT da composição de combustíveis com introdução de FCO na FCMG é apresentado na Tabela 36:

**Tabela 36 - Impacto financeiro total (IFT) com adição de FCO.**

Combustível alternativo	ATC (US\$/t clínquer)	ADR (US\$/t clínquer)	IFT (US\$/t clínquer)
TAR	0,32	0,19	0,50
SPL	0,19	0,45	0,65
Borra Ácida	0,08	0,56	0,64
FCO	0,11	0	0,11
Resíduos oleosos	0,09	0,07	0,16
Lodo biológico	0,35	0,56	0,91
Blend	0,72	1,68	2,40
<b>Total:</b>			<b>5,37</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observa-se que o IFT da composição que inclui a FCO é de U\$ 5,37, sendo maior que a composição típica apresentada no capítulo 6.3, calculada em U\$ 5,28 antes da inclusão da FCO na composição.

Percebe-se uma vantagem financeira de U\$ 0,09 no IFT em relação à composição típica atual de combustíveis alternativos.

## 7 RESULTADOS

O *payback* foi calculado sobre o capital próprio investido, no valor de R\$ 250.196,00 em 4,28 anos. Esse cálculo não considera uma possível menor receita no primeiro ano de funcionamento.

### 7.1 Análise de Sensibilidade

Uma vez realizada a análise técnica e econômica, procedeu-se a uma análise de sensibilidade para identificar o parâmetro que mais influi sobre um projeto da nova UPSOA. Considerando-se os investimentos e a TMA fixos, os parâmetros analisados foram a análise de TIR x VPL, preço de processamento de mortalidades, variações no custo de energia elétrica e variações no custo de gás natural.

#### 7.1.1 Análise de sensibilidade da taxa de juros (TIR x VPL).

A partir das avaliações financeiras, foi desenvolvido o gráfico da Figura 31, que representa a análise de sensibilidade da taxa de juros ( $i$ ) para o projeto com preço de processamento em R\$ 132,95 R\$/t.

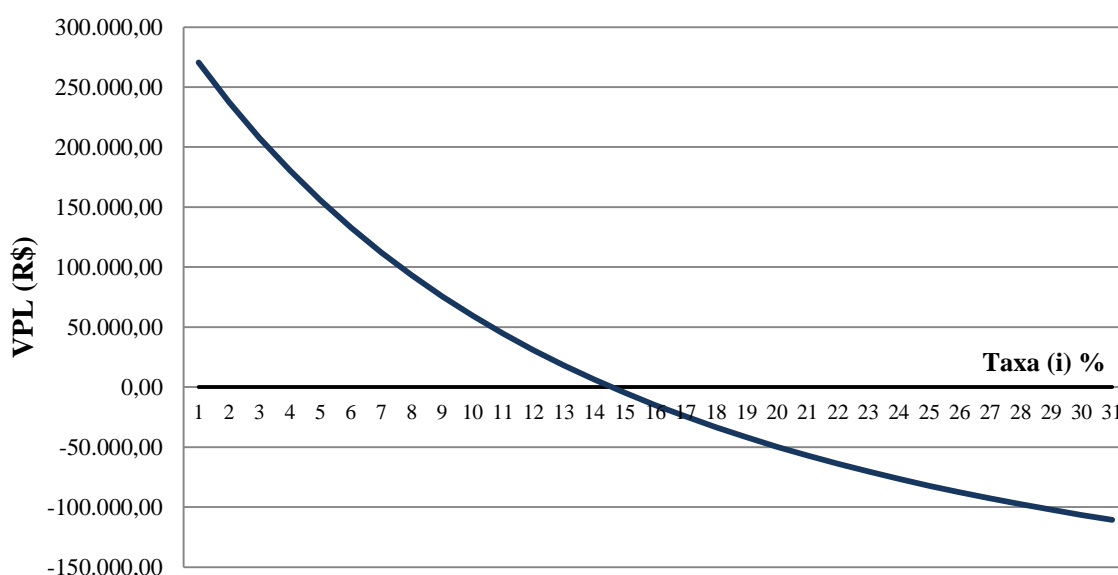


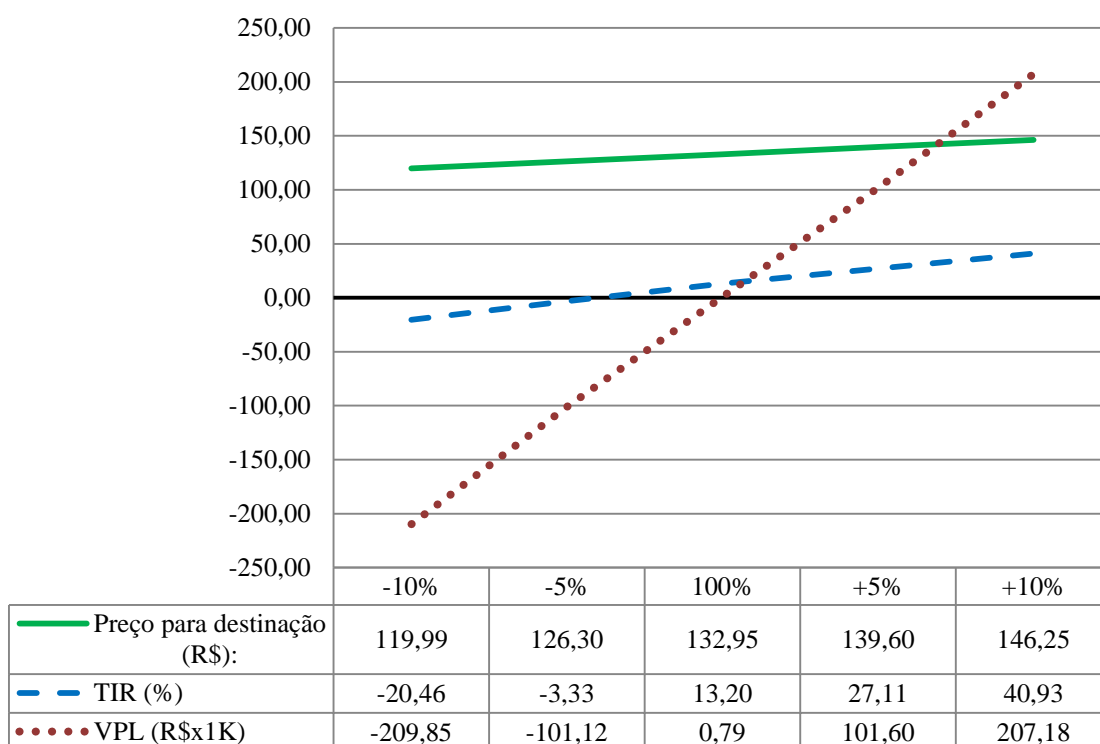
Figura 31 - Análise de sensibilidade: TIR x VPL =  $f(i)$ .

Fonte: Elaborado pelo autor.

A taxa interna de retorno do projeto foi ajustada para 13,20 %, ficando acima da TMA, calculada em 13,09 %, de modo a proporcionar o custo mínimo possível aos produtores rurais e gestores de frigoríficos para destinarem a MSOA à nova fábrica. De acordo com a análise de sensibilidade representada na figura 28, o projeto se torna viável em taxa superior a 14 %, sendo que acima desse valor o VPL passa a ser negativo.

### 7.1.2 Análise de sensibilidade da variação no preço para destinação de mortalidades

Foi realizada uma análise de sensibilidade da variação no preço cobrado para processamento das mortalidades na nova UPSOA, a partir do preço base (R\$ 132,95) em +/- 5% e em +/- 10%. Os resultados são demonstrados na Figura 32:



**Figura 32 - Análise de sensibilidade da variação no preço para destinação de mortalidades.**

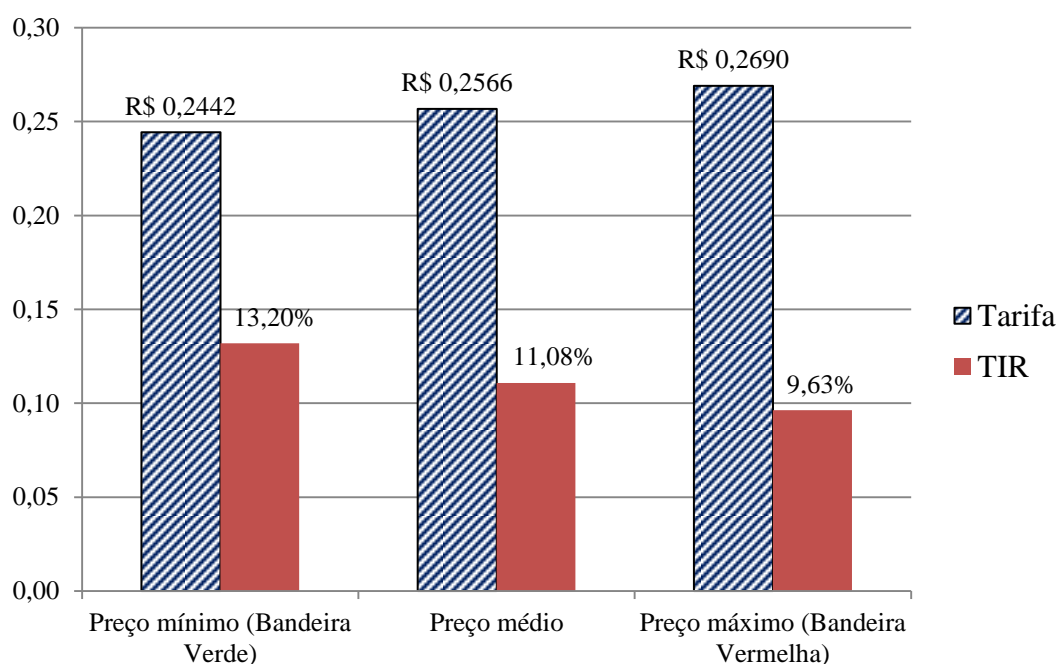
Fonte: Elaborado pelo autor.

Podemos observar que o a variação do preço a partir de -5% torna o projeto inviável (alto risco) com a TIR em -3,33%, muito abaixo da TMA de 13,09%.

Podemos observar que aumentando o preço para destinação em +5% passamos a ter VPL em R\$ 101.600,00.

### 7.1.3 Análise de sensibilidade da variação no custo de energia elétrica

Foi realizada uma análise da variação no custo de energia elétrica para processamento das mortalidades na nova UPSOA, a partir do preço base (R\$ 132,95) em +/- 5% e em +/- 10%. Os resultados são demonstrados na Figura 33:



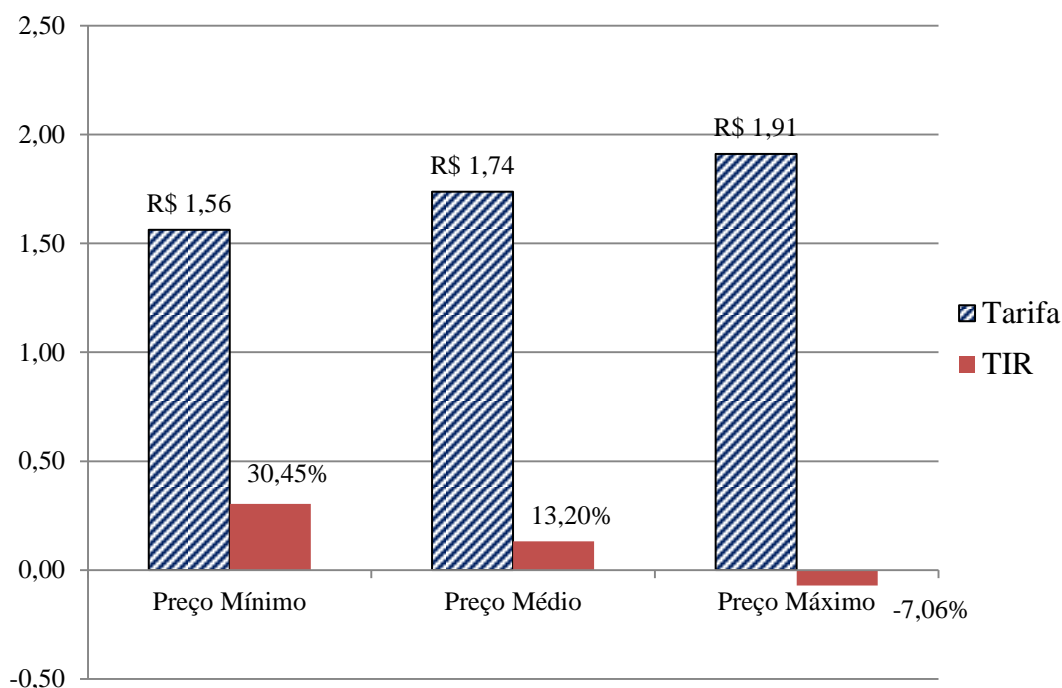
**Figura 33 - Análise de sensibilidade da variação no custo de energia elétrica.**

Fonte: adaptado de CEMIG, 2016.

Podemos observar que se a empresa fornecedora de energia alterar a modalidade de tarifação de bandeira verde para bandeira vermelha ocorrerá uma sensível piora da TIR, ficando abaixo da TMA definida. A mudança de tarifação depende do custo da geração de energia, que no Brasil é afetado pela escassez de água nos reservatórios das usinas hidroelétricas em determinadas épocas do ano.

### 7.1.4 Análise de sensibilidade da variação no custo de gás natural

Foi realizada uma análise de sensibilidade da variação no custo de gás natural a partir do preço mínimo e o preço máximo, tabelados pela empresa fornecedora de gás natural. Os resultados são demonstrados na Figura 34:



**Figura 34 - Análise de sensibilidade da variação no custo de gás natural.**

Fonte: adaptado de GASMIG, 2016.

Podemos observar que variando a tarifa entre o preço mínimo e o preço máximo praticado pela empresa fornecedora de gás natural, ocorrerá uma sensível piora da TIR, ficando abaixo da TMA definida.

As variações do preço do gás deverão ser cuidadosamente observadas no gerenciamento da fábrica.

## 7.2 Comparação dos preços para destinação de mortalidades

Para se calcular o preço para destinação de mortalidades para coprocessamento, foi desenvolvido um estudo de investimento para a construção de uma nova fábrica de farinha de carne e ossos destinada para coprocessamento.

No capítulo 6, foi calculado o custo para fabricação de farinha de carne e ossos de mortalidades em R\$ 132,95/t. Os resultados estão apresentados na Tabela 37:

**Tabela 37 - Custo para destinação de FCO na Fábrica de Cimento Minas Gerais FCMG, a partir da cidade de Bambuí-MG.**

	<b>Unidade</b>	<b>Fábrica de cimento FCMG (Arcos-MG)</b>
Peso de mortalidades	t	20,00
Valor do frete	R\$/km	7,83
Distância	km	61,00
Custo do frete (Carreta com 20 t)	R\$	477,63
Preço para destinação de 20 t de mortalidades na nova UPSOA (20t x R\$ 132,95)	R\$/t	2.659,00
Custo total de disposição	R\$	3.136,63

.Fonte: adaptado de PORTALNTC, 2016, e levantamentos de campo.

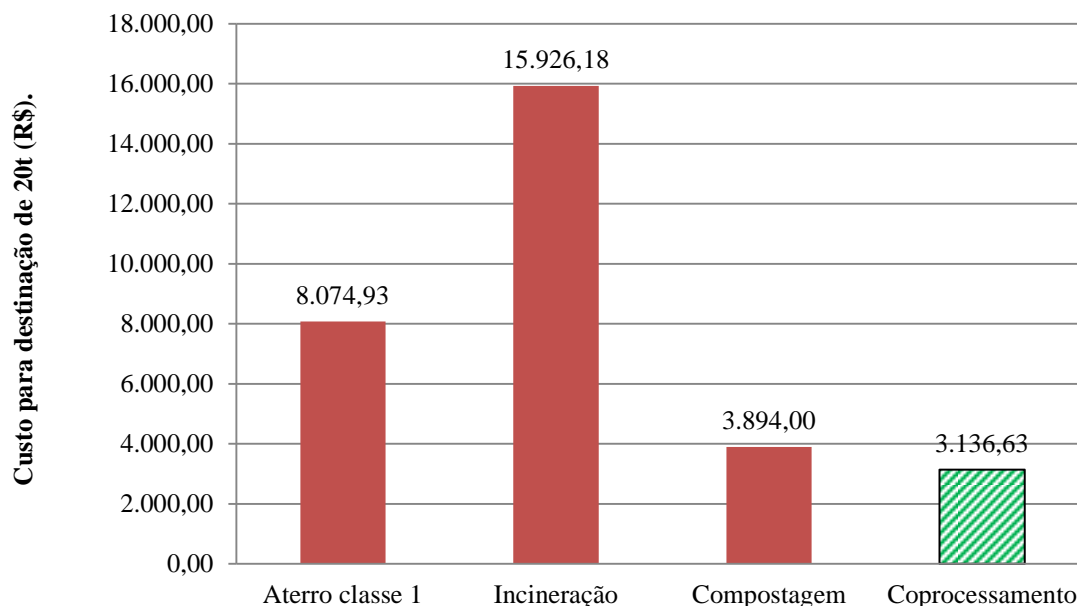
O custo para destinação coprocessamento é calculado somando o preço para destinação na UPSOA, em R\$ 132,95/t, com o custo de frete entre as cidades de Bambuí e Arcos, R\$ 23,88/t, totalizando o preço de R\$ 153,83/t. Podemos comparar o preço das alternativas de destinação de MSOA a partir da cidade de Bambuí-MG, na Tabela 38:

**Tabela 38 - Comparação de custos totais para destinação de MSOA a partir da cidade de Bambuí-MG.**

<b>Métodos de destinação</b>	<b>Aterro classe 1</b>	<b>Incineração</b>	<b>Compostagem</b>	<b>Coprocessamento</b>
Local de destinação	Campo Belo-MG	Ibirité-MG	Bambuí-MG	Arcos-MG
Custo para destinação de 20t de resíduos (R\$)	8.074,93	15.926,18	3.894,00	3.136,63

Fonte: Elaborado pelo autor.

Podemos perceber que a opção do coprocessamento apresenta melhor vantagem financeira ante as outras opções, o que pode ser visualizado na Figura 35:



**Figura 35 - Estimativas de custo para destinação de 20t de MSOA na região de Bambuí-MG**

Fonte: Elaborado pelo autor.

A alternativa de destinar as mortalidades e subprodutos de origem animal para fabricação de FCO para coprocessamento na Fábrica de Cimento Minas Gerais tem um custo 24,15 % menor do que a alternativa de compostagem.

Além disso, temos como vantagem econômica não ocupar áreas para a compostagem, e a vantagem ambiental de não se armazenar resíduos de mortalidades, que podem contaminar o meio ambiente e atrair pragas, além de emitirem odores indesejáveis.

### **7.3 Impacto financeiro da introdução de FCO na Fábrica de Cimento Minas Gerais**

Podemos observar que, ao se incluir 11,7 t/d de FCO a uma composição de resíduos coprocessados na FCMG, pode-se aumentar em US\$ 0,09/t de clínquer o impacto financeiro total (IFT). Multiplicando-se este valor pela produção de 2.274 t/d de clínquer, conclui-se que renderia uma receita anual de US\$ 74.700,09 na FCMG.

A redução do coprocessamento de resíduos oleosos em 11,7 t/d para introdução de FCO é vantajosa do ponto de vista financeiro. Os resíduos oleosos e terras contaminadas tem grande variação de disponibilidade no mercado, impossibilitando a regularidade de fornecimento. A geração destes resíduos ocorre quando há derramamentos acidentais de óleos ou limpeza de áreas contaminadas, que são situações esporádicas e indesejáveis ao meio ambiente. Há relatos de fábricas de cimento que realizaram investimentos em coprocessamento de resíduos oleosos e que tiveram as instalações ociosas, não proporcionando o retorno financeiro desejado.

## 8 CONCLUSÕES

O presente trabalho compreendeu um estudo de viabilidade técnica e econômica do coprocessamento de farinha de carne e ossos (FCO) em uma fábrica de cimento brasileira, localizada na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais.

Nesse sentido, o foco principal consistiu em buscar a redução de passivos ambientais ocasionadas pela destinação inadequada de subprodutos de origem animal e mortalidades provenientes de frigoríficos, matadouros e propriedades rurais. Concluiu-se que as tecnologias de processamento de mortalidades e subprodutos de origem animal (MSOA) estão consolidadas em outros países para diferentes categorias, ao contrário do Brasil, em que ainda não são regulamentadas.

Diante dos resultados obtidos, conclui-se a destinação das mortalidades e subprodutos de origem animal através dos processos produtivos detalhados e nas condições restritas mostradas neste trabalho é viável. Destinando-se os rejeitos para a nova fábrica proposta, as propriedades rurais e abatedouros teriam redução de gastos com métodos tradicionais e teriam liberação de áreas antes destinadas para enterro de animais. Os produtores não precisariam construir galpões destinados para a compostagem, e até poderiam utilizar as edificações existentes para outros fins. Gastos com tratores e equipamentos para movimentação de MSOA, insumos e terras também não seriam mais necessários.

De acordo com os estudos de impacto financeiro a partir dos volumes de mortalidades gerados da região Centro-Oeste de Minas Gerais, verificou-se a viabilidade para se introduzir o volume produzido de FCO na fábrica de cimento. O ganho financeiro poderia viabilizar as adaptações necessárias na fábrica de cimento e a criação de empregos que atuariam processo interno de armazenagem e manipulação do novo resíduo. Através de estudos técnicos e econômicos, verificou-se que a implantação de uma nova fábrica de farinha de carne e ossos na cidade de Bambuí é viável. O empreendimento possibilitará a geração de empregos e renda para a população regional. Esse modelo empresarial pode ser aplicado em outras regiões do Brasil.

Análises de sensibilidades foram realizadas para identificar o parâmetro que mais influi sobre o projeto da nova UPSOA, considerando-se o montante de investimento e TMA constantes. Analisaram-se as variações de VPL e TMA, variações no preço de destinação das mortalidades, variações no custo de energia elétrica e variações no custo de gás natural. As análises comprovaram a funcionalidade do modelo por meio de variações dos parâmetros.

A nova UPSOA terá foco em processar MSOA em classes similares às classes europeias 1 e 2, que prevê o processamento de carcaças de mortalidades por doenças e subprodutos de abatedouros de pequeno porte, localizados em áreas remotas. A nova UPSOA se mostrou viável do ponto de vista tecnológico, já que existem boas opções de equipamentos fabricados no Brasil e em outros países. Do ponto de vista financeiro, verificou-se menor custo calculado em comparação com as outras formas de destinação a partir da cidade de Bambuí-MG: enterro, aterro sanitário classe 1 e incineração.

O procedimento de licenciamento das fábricas de cimento para coprocessarem FCO como combustível alternativo não deverá enfrentar dificuldades para licenciamento, visto que muitas fábricas europeias e norte-americanas já realizam a atividade.

Os processos propostos poderiam alavancar a reestruturação dos abatedouros clandestinos e abatedouros municipais, que funcionam em situação precária e chegam a 85% do total de estabelecimentos cadastrados nos órgãos ambientais do estado de Minas Gerais. Seriam proporcionadas reduções de contaminações dos trabalhadores desses locais, reduzindo-se a carga de tratamentos de saúde causados pelas doenças inerentes à falta de higiene ocupacional.

Outro ponto relevante seria a fabricação de 167 t/a de sebo. Destinado para as indústrias de biodiesel, este um importante combustível alternativo, contribui para a preservação meio ambiente, como também pode gerar empregos e rendas para a população regional.

Com a implantação da nova unidade fabril, os órgãos de fiscalização ambiental, as prefeituras e a população em geral passariam a ter menos problemas com a situação

precária de matadouros, que poderiam receber investimentos que favoreceriam a regularização. Os ganhos do ponto de vista ambiental nas propriedades rurais e abatedouros seriam notáveis, pois seriam evitadas as contaminações do solo e dos cursos de água.

### **8.1 Recomendações para trabalhos futuros**

Para trabalhos futuros, são sugeridos estudos para destinação de mortalidades de outros animais como peixes, caças e animais atropelados em rodovias, o que poderia aumentar o potencial de coprocessamento das fábricas de cimento.

Sugerem-se também estudos de outras regiões do Brasil, verificando-se as alternativas de destinação e proximidade com as fábricas de cimento que poderiam coprocessar.

Poderão ser realizadas outras análises de viabilidades econômica e financeira, considerando-se variações na TMA, com objetivo de tornar o projeto mais atrativo aos investidores. Também podem ser analisadas outras fontes privadas ou públicas de recursos para investimentos e até aquisições de terrenos. O risco financeiro poderá ser explorado.

Também poderá ser realizado um estudo detalhado da qualidade do cimento obtido com coprocessamento de subprodutos de origem animal em uma fábrica específica. Poderão ser realizados testes de queima, verificando limites de entradas e emissões, conforme Deliberação Normativa 154/2010, para desenvolver um Plano de Controle Ambiental – PCA, necessário para licenciar o coprocessamento de FCO.

## 9 REFERÊNCIAS

ABCP, Associação Brasileira de Cimento Portland. Contribuição efetiva da indústria do cimento para a sustentabilidade. São Paulo, 2015. Disponível em : <[http://coprocessamento.org.br/cms/wp-content/uploads/2015/10/panorama\\_coprocessamento\\_2015.pdf](http://coprocessamento.org.br/cms/wp-content/uploads/2015/10/panorama_coprocessamento_2015.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2016.

ABRA, Associação Brasileira de Reciclagem Animal. II Diagnóstico da Reciclagem Animal Brasileira. Brasília, 2014. Disponível em: < [http://abra.ind.br/views/download/II\\_diagnostico\\_da\\_industria\\_brasileira\\_de\\_reciclagem\\_animal.pdf](http://abra.ind.br/views/download/II_diagnostico_da_industria_brasileira_de_reciclagem_animal.pdf) >. Acesso em: 10 jun. 2016.

AMÉRICA, Estados Unidos da, FDA - Food and Drug Administration. Washington - D.C, 2005. Bovine Spongiform Encephalopathy (BSE), 1997 Feed Rule. 2005. Disponível em: < <http://www.fda.gov/AnimalVeterinary/GuidanceComplianceEnforcement/ComplianceEnforcement/BovineSpongiformEncephalopathy/default.htm> >. Acesso em: 24 jun. 2016.

ARAÚJO, Adriana Maria Procópio de; ASSAF NETO, Alexandre. A contabilidade tradicional e a contabilidade baseada em valor. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 14, n. 33, p. 22, 2003.

ARGUS, Energy. Petroleum Coke Prices (online). Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: < <https://www.argusmedia.com/~media/files/pdfs/samples/energy-argus-petroleum-coke.pdf?la=en>>. Acesso em: 11 jul. 2016.

ARIYARATNE, W. K. H.. Alternative fuels in cement kilns – Characterization and Experiments. Master's Thesis (Faculty of Technology). Telemark University College, Noruega. p. 66, 2009

ARIYARATNE, W. K. H. et al. Meat and bone meal as a renewable energy source in cement kilns: Investigation of optimum feeding rate. In: **International Conference on Renewable Energies and Power Quality**, Espanha. p. 2-12, 2010.

BISPLINGHOFF, Fred D. A history of North American rendering. **Essential Rendering**. National Renderers Association. Virginia, p. 17-30, 2006.

BNDES. Guias Socioambientais do BNDES - Pecuária Bovina de Corte - Sumário. 2014. Disponível em: < [http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/empresa/download/acao\\_socioambiental/GuiaSocioAmbiental\\_pecuaria\\_bovina.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/empresa/download/acao_socioambiental/GuiaSocioAmbiental_pecuaria_bovina.pdf) >. Acesso em: 11 jul. 2016.

\_\_\_\_\_. 2016. FINAME - Financiamento de Máquinas e Equipamentos. Brasília, 2016. Disponível em: < [http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes\\_pt/Galerias/Convivencia/Credenciamento\\_de\\_Equipamento/conteudo.html](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Galerias/Convivencia/Credenciamento_de_Equipamento/conteudo.html) >. Acesso em 11 jul. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Departamento de Defesa e Inspeção Agropecuária. RISPOA - Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. 1952. Disponível em: < [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Aniamal/MercadoInterno/Requisitos/RegulamentoInspecaoIndustrial.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Aniamal/MercadoInterno/Requisitos/RegulamentoInspecaoIndustrial.pdf) >. Acesso em 11 jul. 2016.

\_\_\_\_\_. 1998. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa 34/2008. Disponível em: < <http://sistemas.web.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=284275208> >. Acesso em 12 jul. 2016.

\_\_\_\_\_. 1999. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 264 de 26 de agosto de 1999. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=262> > . Acesso em: 11 jul. 2016.

\_\_\_\_\_. 2010. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 13 jul. 2016.

\_\_\_\_\_. 2014. Norma Regulamentadora NR13. Portaria MTE n.º 594, de 28 de abril de 2014. Caldeiras e Vasos de Pressão. Brasília, 2014. Disponível em: < <http://www.mtps.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR13.pdf> >. Acesso em: 13 jul. 2016.

\_\_\_\_\_. 2016. Ministério do Trabalho e Previdência Social. Salário Mínimo. Disponível em: < <http://www.mtps.gov.br/salario-minimo>>. Acesso em: 13 jul. 2016.

BRGLEZ, Boris; HAHN, John. Methods for disposal of poultry carcasses - Avian influenza. Oxford: Ed. Blackwell Publishing, p. 333-352, 587 p. 2008.

CARPIO, R. C. Otimização no coprocessamento de resíduos na indústria de cimento envolvendo custos, qualidade e impacto ambiental. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Itajubá. 2005. 194 p. Disponível em: < [www.unifei.edu.br](http://www.unifei.edu.br)>. Acesso em: 08 dez. 2015, pag. 2-85;149.

CARVALHO, J. O. et al. Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais – Produtos Mineraiis (Parte 1) – SNIC – ABCP - Ministério da Ciência e Tecnologia. Segundo Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Brasília, 2010. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0228/228962.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0228/228962.pdf)>. p. 27 a 29. Acesso em: 21 jul. 2016.

CEMBUREAU. The European Cement Association. Best Available Techniques. for the Cement Industry. 1999. Disponível em: <<http://www.cembureau.be>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

\_\_\_\_\_. 2009. The European Cement Association Sustainable cement production: co-processing of alternative fuels and raw materials in the European cement industry. 2009. Disponível em: < <http://www.cembureau.eu/sustainable-cement-production-co-processing-alternative-fuels-and-raw-materials-cement-industry> >. Acesso em 08 dez. 2015.

CEMIG. Centrais Energéticas de Minas Gerais. Valores de Tarifas e Serviços. 2016. Disponível em: < [https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/valores\\_de\\_tarifa\\_e\\_servicos.aspx](https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/valores_de_tarifa_e_servicos.aspx)>. Acesso em 05 jun. 2016.

CETESB. Guia Técnico Ambiental de Graxarias - Série P+L. São Paulo, 2006. Disponível em: < [www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=4266](http://www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=4266)>. Acesso em: 21 jun. 2016. p. 36.

CHAENG – Fábrica de equipamentos para fábricas de cimento. Província de Henan – China. Disponível em < <http://www.great-wall.co/products/rotary-kiln/Rotary%20Kiln.html#.WE9ZBfkrK01>>. Acesso em: 09 out. 2016

COPASA. Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Tarifas em vigor. Disponível em < <http://www.copasa.com.br/wps/portal/internet/agencia-virtual/mais-servicos/atendimento-informacoes/tarifas-em-vigor-2015>>. Acesso em: 09 fev. 2016.

CURY, Marcus Vinicius Quintella et al. Finanças corporativas. Rio de Janeiro: Ed.: FGV, p. 28-38. 2002.

DINIZ, Alexandre Magno Alves; BATELLA, Wagner Barbosa. O Estado de Minas Gerais e suas regiões: um resgate histórico das principais propostas oficiais de regionalização. **Revista Sociedade & Natureza**, v. 17, n. 33, p.73, 2006.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2015. TEC-DAM - Tecnologias para destinação de animais mortos. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/documents/1355242/0/Folder+TEC-DAM.pdf/be963e7a-4807-4488-b9d1-e7f8aa240e5f>>. Acesso em: 30 jun. 2016.

EUROPA, Parlamento da. Regulamento (CE) n.º 1774/2002. Estabelece regras sanitárias relativas aos subprodutos animais não destinados ao consumo humano. 2002. Disponível em: < <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32002R1774>>. Acesso em: 30 jun. 2016.

EXAME, Revista. Quanto custa manter um carro. Calculadora on line. Disponível em: < <http://exame.abril.com.br/seu-dinheiro/ferramentas/quanto-custa-manter-um-carro>> Acesso em: 15 maio 2016.

FADE, Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2010. Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. Disponível em: <[www.tecnologiasresiduos.com.br/secao/publicacao](http://www.tecnologiasresiduos.com.br/secao/publicacao)>. Acesso em: 18 maio 2016.

FEAM, Fundação Estadual do Meio Ambiente. Diagnóstico Ambiental das Indústrias de Abate no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2010. Disponível em: <[http://www.feam.br/images/stories/arquivos/producaosustentavel/diagnostico\\_industria\\_abate.pdf](http://www.feam.br/images/stories/arquivos/producaosustentavel/diagnostico_industria_abate.pdf)>. Acesso em: 15 maio 2016. p. 7-57.

FERROLI, Paulo Cesar Machado *et al.* Fábricas de subprodutos de origem animal: a importância do balanceamento das cargas dos digestores de vísceras. **Production**, v. 10, n. 2, p. 8, 2000.

G1 – Portal de notícias. 2015. Disponível em: < <http://g1.globo.com/pa/para/noticia/2015/10/barcarena-decreta-situacao-de-emergencia-apos-tragedia-ambiental.html>>. Acesso em: 15 novembro 2016.

GASMIG, Companhia de Gás de Minas Gerais. Tabelas de Tarifas. Disponível em: < <http://www.gasmig.com.br/Tarifa/Tarifa.aspx>>. Acesso em 12 jun. 2016.

GIBSON, Celso da Penha. Compostagem orgânica. 2009. Disponível em: < [portal.mda.gov.br/o/900147](http://portal.mda.gov.br/o/900147)>. Acesso em: 12 jun. 2016.

GULYURTLU, I. et al. Co-combustion of coal and meat and bone meal. **Fuel**, v. 84, n. 17, p. 2040, 2005.

GITMAN, Lawrence J. Princípios da Administração Financeira. São Paulo: Ed. Pearson, 12.ed., p. 24; 24-376. 2010. 500 p.

GOTTSCHALL, Carlos Santos et al. Principais causas de mortalidade na recria e terminação de bovinos de corte. **Revista Acadêmica Ciência Agrária Ambiental**, v. 8, n. 3, p. 329, 2010. 7 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa político do Estado de Minas Gerais. IBGE.2015. Disponível em: < [ftp://geofp.ibge.gov.br/cartas\\_e\\_mapas/mapas\\_estaduais\\_e\\_distrito\\_federal/politico/2015/mg\\_politico1200k\\_2015\\_v2.pdf](ftp://geofp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_estaduais_e_distrito_federal/politico/2015/mg_politico1200k_2015_v2.pdf)>. Acesso em: 30 ago. 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Estatística da Produção Pecuária. 2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/>>

indicadores/agropecuaria/ produção agropecuaria/ abate-leite-couro-ovos\_201504\_publ\_completa.pdf>. p. 7. Acesso em: 12 jun. 2016.

JIN, Yanhong et al. Costs of Contaminated Animal Carcass Disposal Under Trail Events. **National Carcass Disposal Symposium**, Baltimore, 2006. p. 1-3.

KALBASI-ASHTARI, A.; SCHUTZ, M. M.; AUVERMANN, B. W. Carcass rendering systems for farm mortalities: a review. **Journal of Environmental Engineering and Science**, v. 7, n. 3, p. 203, 2008.

KARSTENSEN, K. H. Formação e emissão de POP pela indústria de cimento. WBCSD – FCO - UFMG. Tradução de Luiz Carlos Busato e Tatiana Mirando Murillo Busato. Belo Horizonte: Ed. UFMG. 2010, p. 9-33. *Título original: Formation and Release of POPs in the Cement Industry. 2.<sup>a</sup> Ed., 2006.*

LDS, Máquinas. Catálogo On line de máquinas para subproduto de origem animal. Jaú, 2016. Disponível em: < <http://www.ldsmaquinas.com.br/2016/sec2016/produtos/subanimal.html>> . Acesso em: 24 maio 2016.

LEMONS, Willian Diniz. Impactos do coprocessamento de resíduos em um forno de Clínquer. 2009. Disponível em: < <http://bibliotecadigital.unifmg.edu.br:21015/jspui/bitstream/123456789/67/1/WillianLemos-EP.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

LOPES, H. et al. Particulate and PCDD/F emissions from coal co-firing with solid biofuels in a bubbling fluidised bed reactor. **Fuel**, v. 88, n. 12, p. 2373-2384, 2009.

MACEDO, Luís Otávio Bau. Modernização da Pecuária de Corte Bovina no Brasil e a Importância do Crédito Rural. **Agroanalysis**. Rio de Janeiro. v. 25, n. 6, p. 77, 2005.

MCGLASHAN, S. A. Industrial and energy uses of animal by-products, past and future. **Essential rendering**, p. 229, 2006.

MARTAUZ, Pavel; STRIGAC, Julius. Co-Combustion Solutions from Slovakia. **World Cement**, v. 42, n. 11, p. 4-5, 2011.

MATHIAS, João Felipe Cury Marinho. A clandestinidade na produção de carne bovina no Brasil. **Revista de Política Agrícola**. Embrapa. Brasília v. 17, n. 1, p. 77, 2008.

MERCADO MINEIRO. Site de pesquisas de preços. Disponível em: <<http://www.mercadomineiro.com.br/pesquisa/conservadoras-predios-pesquisa-precos>>. Acesso em: 2 jul.2016.

MINAS GERAIS, 2004. Deliberação Normativa COPAM Nº 74, de 9 de setembro de 2004. Critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ambiental de funcionamento ou de licenciamento ambiental. Disponível em: < <http://sisemanet.meioambiente.mg.gov.br/mbpo/recursos/ DeliberaNormativa 74 .pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2016.

\_\_\_\_\_. 2010. Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM, Deliberação Normativa nº 154, Dispõe sobre o Coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer, 25 de agosto de 2010. Disponível em: < <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=14613>>. Acesso em 09 dez. 2015.

\_\_\_\_\_. 2016. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento - SEAPA - Relatórios da Pecuária. 2016. Disponível em: < <http://www.agricultura.mg.gov.br/2014-09-23-01-07-23/relatorios/pecuaria>>. Acesso em: 17 jun. 2016.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 5732. Cimento Portland Comum - Especificação. 1991. 5.p.

\_\_\_\_\_. NBR 5733. Cimento Portland de Alta Resistência Inicial - Especificação. 1991. 5.p.

\_\_\_\_\_. NBR 5735. Cimento Portland de Alto-Forno, Especificação. 1991. 5.p.

\_\_\_\_\_. NBR 5736. Cimento Portland Pozolânico - Especificação. 1991. 5.p.

\_\_\_\_\_. NBR 5737. Cimento Portland Resistentes a Sulfatos - Especificação. 1992. 4.p.

NOTTRODT, A. et al. Technical requirements and general recommendations for the disposal of meat and bone meal and tallow. Hamburg, Berlin, p. 34 a 45, 2001.

NUTSCH, A.; MCCLASKEY, J.; KASTNER, J. Carcass disposal: a comprehensive review. National Agricultural Biosecurity Center - Kansas State University. Manhattan. p. 3-40, 2004.

OTENIO, M. H.; DA CUNHA, C. M.; ROCHA, B. B. Compostagem de carcaças de grandes animais. Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico n.º 61., p. 2, 2010.

PECCHIO, Marcelo. A influência de fósforo, enxofre e estrôncio na mineralogia do clínquer portland. Tese (Doutorado em Mineralogia e Petrologia). USP. 2013. 112 p. p. 38.

PORTALNTC. Cálculo de frete Empresa (*on line*) – Disponível em: < <http://www.portalntc.org.br/appfrete/login.php> >. Acesso em: 30 maio 2016.

PRADO, Ulisses Soares et al. Obtenção de Fritas Utilizando Resíduos Industriais: Uso de Resíduo Perigoso da Indústria do Alumínio–“SPL”. **Revista Cerâmica Industrial**. v. 13, p. 34. 2008. 6 p.

RAHMAN, Azad et al. Recent development on the uses of alternative fuels in cement manufacturing process. **Fuel**, v. 145, p. 84-99, 2015.

REBOUÇAS, Alberto dos Santos et al. Contexto ambiental e aspectos tecnológicos das graxarias no Brasil para a inserção do pequeno produtor na indústria da carne. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 502, 2010.

RENÓ, Maria Luiza Grillo. Uso de técnicas de otimização robusta multi-objetivos na produção de cimento. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Itajubá. Disponível em: < <http://saturno.unifei.edu.br/bim/0036354.pdf> >. Acesso em: 15 maio 2016.

ROQUE, Maria Laura Martins; MALHEIROS, Rafaela Teves; MARTINELLI, Stéphanie Swater. Compostagem como técnica de reciclagem do subgrupo a4, carcaças e cadáveres de animais de médio e grande porte, sob a luz da RDC 306/2004 da Anvisa. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. **V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Belo Horizonte, 2014.

SEBOKA, Y.; GETAHUN, M. A.; HAILE-MESKEL, Y. Biomass energy for cement production: opportunities in Ethiopia. CDM capacity development in eastern and southern Africa. UNEP - United Nations Development Programme, p. 31-34, 2009.

SILVA, R. J. Análise energética de plantas de produção de Cimento Portland. Campinas. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) Unicamp, 1994. p.47.

SILVA, C. A.; ANDREOLI, Cleverson V. Compostagem como alternativa a disposição final dos resíduos sólidos gerados na CEASA. Curitiba. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 7, n. 2, p. 37, 2010.

SNIC, Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Relatório anual 2013. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <[http://www.snic.org.br/pdf/RelatorioAnual2013\\_final.pdf](http://www.snic.org.br/pdf/RelatorioAnual2013_final.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2016.

SPARKS, Companies, Inc. 2002. Livestock Mortalities: Methods of Disposal and Their Potential Costs, McLean, VA. Disponível em: < [http://assets.nationalrenderers.org/mortalities\\_final.pdf](http://assets.nationalrenderers.org/mortalities_final.pdf)>. Acesso em: jun. 2016.

SYAMSU, Jasmal; YUSUF, Muhammad; ABDULLAH, Agustina. Evaluation of Physical Properties of Feedstuffs in Supporting the Development of Feed Mill at Farmers Group Scale. **Journal of Advanced Agricultural Technologies**. Vol, v. 2, n. 2, p. 149, 2015.

TOKHEIM, Lars-André; BREVIK, Per. Carbon dioxide emission reduction by increased utilization of waste-derived fuels in the cement industry. Noruega, 2007. Telemark University College. Disponível em: < <https://teora.hit.no/handle/2282/440>>. Acesso em: 30 jun. 2016. 11 p., p. 6.

UNEP – United Nations Environment Programme; DEPA – Danish Environmental Protection Agency; COWI Consulting Engineers and Planners AS. Paris, 2000. Cleaner production assessment in meat processing. Disponível em: < <http://www.agrifood-forum.net/publications/guide/index.htm> >. Acesso em: 12 jul 2016.

USON, Alfonso Aranda et al. Uses of alternative fuels and raw materials in the cement industry as sustainable waste management options. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 23, p. 249, 2013.

VALOR, Revista. Indicadores de mercado. 2016. Disponível em: < <http://www.valor.com.br/valor-data/indices-financeiros/indicadores-de-mercado>. >. Acesso em: 20 nov. 2016.

VANIER, Marty et al. Ruminant carcass disposal options for routine and catastrophic mortality. Council for Agricultural Science and Technology. **Revista CAST**, n. 41, p. 6-9, 2009.

VVTN, Associação de Alemã de Plantas de Processamento de Subprodutos de Animais. Holcim - Processed animal by-products in the cement industry: requirements for an advantageous use. 2006. Disponível em: < <http://www.stn-vvtn.de/archiv/nehm.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

WBCSD. Cement Technology Roadmap 2009 - Carbon emissions reductions up to 2050. Genebra, 2009. Disponível em: < <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Cement.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2016, p 2-4.

WOODGATE, Stephen L. What would a world without rendering look like? **Essential Rendering**, p. 279-281, 2006.

## 10 Apêndice 1 – Cálculo do financiamento com linha de crédito BNDES-FINAME

FINAME-EQUIPAMENTOS						
Valor do Financiamento (UR) :	767.150,00					
TJLP :	12,00%			Carência :	12	meses
Parcela de Juro da TJLP :	6,00%			Amortização :	36	meses
Spread Básico	2,00%			Prazo Total :	48	meses
Juros TJLP + Spread :	8,00%					
Spread de Risco/Del Credere :	1,50%			CUSTO REAL DA OPERAÇÃO aa :	9,74%	
Dias do ano :	360			Moeda :	URTJ (**)	
Data	Dias	Saldo Devedor	Amortização	Juros (*) Del Credere (*)	Pagamento	Fluxo de Caixa
15/dez/16		767.150,00	-	-	-	767.150,00
15/jan/17		767.150,00	0	0	0	-
15/fev/17		767.150,00	0	0	0	-
15/mar/17	90	767.150,00	0	14.903,08	2.860,77	17.763,85 - 17.763,85
15/abr/17		767.150,00	0	0	0	-
15/mai/17		767.150,00	0	0	0	-
15/jun/17	92	767.150,00	0	15.237,52	2.924,46	18.161,99 - 18.161,99
15/jul/17		767.150,00	0	0	0	-
15/ago/17		767.150,00	0	0	0	-
15/set/17	92	767.150,00	0	15.237,52	2.924,46	18.161,99 - 18.161,99
15/out/17		767.150,00	0	0	0	-
15/nov/17		767.150,00	0	0	0	-
15/dez/17	91	767.150,00	0	15.070,28	2.892,62	17.962,90 - 17.962,90
15/jan/18	31	745.840,28	21.309,72	5.100,94	984,17	27.394,84 - 27.394,84
15/fev/18	31	724.530,56	21.309,72	4.959,25	956,84	27.225,81 - 27.225,81
15/mar/18	28	703.220,83	21.309,72	4.349,94	839,49	26.499,16 - 26.499,16
15/abr/18	31	681.911,11	21.309,72	4.675,86	902,16	26.887,74 - 26.887,74
15/mai/18	30	660.601,39	21.309,72	4.387,44	846,58	26.543,74 - 26.543,74
15/jun/18	31	639.291,67	21.309,72	4.392,48	847,48	26.549,68 - 26.549,68
15/jul/18	30	617.981,94	21.309,72	4.113,22	793,67	26.216,62 - 26.216,62
15/ago/18	31	596.672,22	21.309,72	4.109,09	792,81	26.211,62 - 26.211,62
15/set/18	31	575.362,50	21.309,72	3.967,40	765,47	26.042,59 - 26.042,59
15/out/18	30	554.052,78	21.309,72	3.701,90	714,31	25.725,93 - 25.725,93
15/nov/18	31	532.743,06	21.309,72	3.684,01	710,79	25.704,53 - 25.704,53
15/dez/18	30	511.433,33	21.309,72	3.427,68	661,39	25.398,80 - 25.398,80
15/jan/19	31	490.123,61	21.309,72	3.400,63	656,12	25.366,47 - 25.366,47
15/fev/19	31	468.813,89	21.309,72	3.258,93	628,78	25.197,43 - 25.197,43
15/mar/19	28	447.504,17	21.309,72	2.814,67	543,20	24.667,59 - 24.667,59
15/abr/19	31	426.194,44	21.309,72	2.975,55	574,10	24.859,37 - 24.859,37
15/mai/19	30	404.884,72	21.309,72	2.742,15	529,12	24.580,99 - 24.580,99
15/jun/19	31	383.575,00	21.309,72	2.692,16	519,43	24.521,31 - 24.521,31
15/jul/19	30	362.265,28	21.309,72	2.467,93	476,20	24.253,86 - 24.253,86
15/ago/19	31	340.955,56	21.309,72	2.408,78	464,75	24.183,25 - 24.183,25
15/set/19	31	319.645,83	21.309,72	2.267,08	437,41	24.014,22 - 24.014,22
15/out/19	30	298.336,11	21.309,72	2.056,61	396,84	23.763,17 - 23.763,17
15/nov/19	31	277.026,39	21.309,72	1.983,70	382,73	23.676,16 - 23.676,16
15/dez/19	30	255.716,67	21.309,72	1.782,40	343,92	23.436,04 - 23.436,04
15/jan/20	31	234.406,94	21.309,72	1.700,31	328,06	23.338,09 - 23.338,09
15/fev/20	31	213.097,22	21.309,72	1.558,62	300,72	23.169,06 - 23.169,06
15/mar/20	29	191.787,50	21.309,72	1.325,23	255,73	22.890,69 - 22.890,69
15/abr/20	31	170.477,78	21.309,72	1.275,24	246,04	22.831,00 - 22.831,00
15/mai/20	30	149.168,06	21.309,72	1.096,86	211,65	22.618,23 - 22.618,23
15/jun/20	31	127.858,33	21.309,72	991,85	191,37	22.492,94 - 22.492,94
15/jul/20	30	106.548,61	21.309,72	822,64	158,73	22.291,10 - 22.291,10
15/ago/20	31	85.238,89	21.309,72	708,46	136,69	22.154,88 - 22.154,88
15/set/20	31	63.929,17	21.309,72	566,77	109,35	21.985,85 - 21.985,85
15/out/20	30	42.619,44	21.309,72	411,32	79,37	21.800,41 - 21.800,41
15/nov/20	31	21.309,72	21.309,72	283,39	54,68	21.647,78 - 21.647,78
15/dez/20	30	0,00	21.309,72	137,11	26,46	21.473,29 - 21.473,29
<b>Total</b>		<b>767.150,00</b>		<b>153.046,02</b>	<b>29.468,94</b>	<b>949.664,95</b>

(\*) Taxa Efetiva utilizando o ano de 360 dias

(\*\*) Moeda do Sistema BNDES corrigida diariamente pela parcela da TJLP que excede a 6% aa

## 11 Anexo 1 – Orçamentos de Máquinas

	<b>LDS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA</b>
Projetos e Fabricação de Máquinas e Equipamentos	
Jaú, 13 de Julho de 2016.	
<b>Orçamento: Nº 16-0713-48</b>	
<p><b>À</b>  <b>IFMG – INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS</b>          Betim - MG          At. Sr. Ricardo          tel: (31) 3597-6360          E-mail: ricardo.lima@ifmg.edu.br</p>	
Prezado Senhor, atendendo à sua solicitação, apresentamos nossa proposta técnica e comercial para o fornecimento dos equipamentos a seguir:	
<p align="center"><b><u>EQUIPAMENTOS PARA PROCESSAMENTO DO SUBPRODUTO BOVINO E SUINO – 20 TON / 08 HORAS</u></b></p>	
<b>LINHA DE OSSOS E VISCERAS:</b>	
<p>Item 01  <b>Equipamento: TOLVA (moega) RECEPTORA MECANIZADA 20m<sup>3</sup> (Ossos verdes)</b>          Modelo: LDS-TO          Quantidade: 01 unidade.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• - Material utilizado: corpo aço carbono 3/16", testeiros 5/16".</li> <li>• - Descritivo técnico: fabricada em aço carbono com cantoneiras de reforço, estrutura de sustentação em vigas e barras de reforços.</li> <li>• - Volume médio interno 20m<sup>3</sup>.</li> <li>• - Possui 02 helicoides para saída do produto, no diâmetro de 400mm, fabricado em chapa aço laminado 3/8" e tubo no diâmetro de 4" SCH-80 aço carbono, apoiados sobre mancais reforçados em fl. e rolamento auto compensador de rolo e cônico para o esforço axial, a calha da rosca será fabricada em chapa 3/16" e raspadores de fundo em ferro chato de 1" x 1/4".</li> <li>• - Seu acionamento é individual, dotado de 02 motorreduzores 5cv.</li> <li>• - Acabamento: Pintura fundo antioxidante e 02 demãos de esmalte sintético.</li> </ul>	
<b>VALOR UNITÁRIO.....R\$ 79.000,00</b>	
<p>Item 02  <b>Equipamento: ROSCA TRANSPORTADORA 16" x 6.000mm</b>          Modelo: LDS RH-16          Quantidade: 01 unidade          Aplicação: alimentar o triturador.</p> <p><b>Descrição:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- comprimento: 6.000 m.</li> <li>- diâmetro do helicóide: 16" (400 mm)</li> <li>- passo do helicóide: 300mm</li> <li>- Material da calha: chapas de aço A-36 com espessura de 3/16", com as testeiros sendo em chapa de 5/16", com chapas de desgaste internas, <i>calha com bordas ampliadas.</i></li> <li>- Material da rosca: helicóide com tubo de 4" Sch. 80, e os hélices em chapas de 3/8"</li> <li>- Acionamento: Motorreductor 10cv.</li> <li>- Mancal: monobloco com rolamentos auto compensador de rolos na extremidade.</li> </ul>	
<b>Valor Unitário.....R\$ 19.200,00</b>	
<p>Fone: (14) 2104-3200 / Fax: (14) 2104-3209 - Av. Dr. Luciano Pacheco de Al. Prado Neto, 900 - Jd. Nova Jaú - Jaú/SP - CEP 17213-481          Inscr. Estadual: 401.045.298.117 CNPJ: 60.209.525/0001-63          e-mail: ldsmaquinas@ldsmaquinas.com.br e-mail: vendas@ldsmaquinas.com.br site: www.ldsmaquinas.com.br</p>	



# LDS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA

Projetos e Fabricação de Máquinas e Equipamentos

Orçamento: Nº 16-0713-48

Item 03

**EQUIPAMENTO: QUEBRADOR DE OSSOS [REVISADO]**

MODELO: TO 10

Capacidade: 10.000 KG/h

Quantidade: 01 unidade

Aplicação: Triturar ossos.

Potência: Motor 50 CV - IV pólos.

Forma construtiva: horizontal, montado sobre chassi de vigas perfil "I" laminadas, apoiado em seis sapatas para fixação em base por chumbadores.

-Caixa aberta: totalmente em aço carbono ASTM A-36 soldadas pelo processo MIG, dotada de facas de espera revestidos com eletrodo de alta dureza e resistente à abrasão.

-Câmara fechada: totalmente em aço carbono com facas tipo estrela, revestidas com eletrodo de alta dureza e resistente à abrasão, dotada de sistema para injeção de vapor saturado para aquecimento.

-Eixo central: resistente à torção, construído em aço carbono SAE-1045.

-Facas móveis: construídas em ferro fundido nodular GGG20, com formato helicoidal, revestido em eletrodo de alta dureza resistente à abrasão.

-Mancal lado do acionamento: em aço carbono ASTM A-36 monobloco com rolamento auto-compensador de rolos, vedação através de retentores especiais, lubrificação com graxa.

-Mancal lado oposto acionamento: em aço carbono ASTM A-36 monobloco com bucha de bronze SAE65 resistente ao desgaste, lubrificação com graxa.

-Acionamento: através de motor elétrico de 50 CV- IV pólos e redutor de velocidade helicoidal, com engrenagens helicoidais tratadas termicamente e lubrificadas à banho de óleo.

-Transmissão primária: através de polias e correias em "V" com perfil "C".

-Acoplamento redutor / eixo do triturador: em ferro fundido nodular GGG20, flexível com pinos de segurança em aço e buchas de tecnyl.

-Não incluso painel de acionamento.

VALOR UNITÁRIO revisado.....R\$ 50.000,00 (NOVO R\$ 70.000,00)

Item 04

Equipamento: ROSCA TRANSPORTADORA 14" x 7.000mm

Modelo: LDS RH-14

Quantidade: 01 unidade

Aplicação: retirar o produto do triturador.

**Descrição:**

- comprimento: 7.000 m.

- diâmetro do helicóide: 14" (350 mm)

- Material da calha: chapas de aço A-36 com espessura de 3/16", com as testelras sendo em chapa de 5/16", com chapas de desgaste internas.

- Material da rosca: helicóide com tubo de 4" Sch. 80, e os hélices em chapas de 3/8"

- Acionamento: Motorredutor 7.5cv.

- Mancal: monobloco com rolamentos auto compensador de rolos na extremidade.

Calha com tampa fabricada em chapa MS6 14 aparafusada.

Valor Unitário.....R\$ 17.900,00

Item 05

Equipamento: ROSCA TRANSPORTADORA 12" x 6.000mm

Modelo: LDS TH-12

Quantidade: 01 unidade

Aplicação: Abastecer o digestor.



## LDS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA

Projetos e Fabricação de Máquinas e Equipamentos

**Orçamento: Nº 16-0713-48**

**Descrição:**

- comprimento: 6.000 m.
- diâmetro do helicóide: 12" (300 mm)
- passo do helicóide: 250mm
- Material da calha: chapas de aço A-36 com espessura de 1/8", com as testeiças sendo em chapa de 5/16", com chapas de desgaste internas, e trava interna fabricada com cantoneira para evitar que a rosca levante.
- Material da rosca: helicóide com tubo de 3" Sch. 40, e os hélices em chapas de 3/16"
- Acionamento: Motorreductor 5cv - acoplado direto.
- Mancal: monobloco com rolamento auto compensador na extremidade, sendo que o mancal inferior será vedado com retentor. Com tampa fabricada em chapa MSG14 aparafusada e 02 bocas de descarga para instalar sobre os digestores.

Valor Unitário.....R\$ 14.950,00

Item 06

**Equipamento: DIGESTOR / ESTERILIZADOR PARA VÍSCERAS E TRITURADOS (REVISADO)**

**Modelo: DG -900**

Quantidade: 01 unidade.

**Características técnicas: (CORPO, BASE E ACIONAMENTO REVISADO)**

Aplicação: Cozimento de vísceras e triturados de origem animal (exceto penas e sangue isolados).

- Capacidade nominal: 9.000 litros

- Coeficiente de carga: 60% (5.400 litros)

- Pressão de teste hidrostático no rotor e câmara de aquecimento: 9,0 Kgf/cm<sup>2</sup>

- Pressão de trabalho no rotor e câmara de aquecimento: 6,0 Kgf/cm<sup>2</sup>

- Pressão de trabalho do eixo: 8 KGF/CM<sup>2</sup>

- Pressão interna máxima de trabalho no corpo 3 KGF/C

- Rotor Tubular horizontal Ø sch60 12", com 08 tubos de 5" sch. 80 intercaladas com vapor e voluta.

- Pontas de eixo em aço carbono SAE 1020 e gaxetas para vedação.

- Câmara de aquecimento na camisa de 2.1/2"

- Corpo em chapa ASTM A-36 -5/8"

- Camisa em chapa A 36 3/8" estojada stays "reforços" com tubo sch80 de 2.1/2"

- Motor 40CV REVISADO, reductor helicoidal REVISADO.

- Forma construtiva do chassi com longarinas, sistema de nivelamento e dilatador.

- Luvas de união com pinos e buchas.

- Sistema de carga e descarga com boca manual.

**- ACESSÓRIOS QUE ACOMPANHAM: (ACESSÓRIOS NOVOS)**

- 01 Válvula rotativa de 3" no rotor - NOVO

- 01 Válvula de segurança de 1.1/2" - NOVO

- 01 Manômetro de 0-150 BAR - NOVO

- 01 Termômetro de 0-150° - NOVO

- 01 Eliminador de ar de 1/2" - NOVO

- rede de purgadores e acessórios:

- Estação de drenagem na camisa 1.1/2" - NOVO

- Estação de drenagem de condensados no eixo 1" - NOVO

- Isolamento térmico em chapa de alumínio 0,7mm.

**PROCESSO DE FABRICAÇÃO:**

- Todas as chapas utilizadas no processo de fabricação, são chapas classificadas, todos os tubos classificados.

- Processos de soldagem: Raiz de penetração com arame tubular 71T, Finalização com soldagem automática, por processo de arco submerso.

- Pintura com fundo Primer sintético cor vinho chassis, e acabamento com tinta sintética cor creme (padrão LDS).

- Equipamento acompanhado pelo nosso setor de engenharia (acompanha laudo técnico NR-13 e certificados de qualidade dos materiais)



# LDS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA

Projetos e Fabricação de Máquinas e Equipamentos

Orçamento: Nº 16-0713-48

## -CONJUNTO DE VALVULAS E ACESSÓRIOS PARA CONTROLE DO VAPOR NO PROCESSO DE ESTERILIZAÇÃO "novo"

Aplicação: ESTERILIZAÇÃO DE FARINHA DE ORIGEM BOVINA (IN 34 -M.A.) E REGISTRO DO PROCESSO.

- Sistema para controle do vapor no processo de esterilização completo (acessórios do vapor, sensor PT 100, transmissor de pressão, válvula operada para vapor, manômetros, tubulação, flanges).

## -SISTEMA DE AUTOMAÇÃO E REGISTRO DE ESTERILIZAÇÃO:

- 01 Painel elétrico de automação para partida do esterilizador através de Soft starter WEG (comando do processo), montado sobre quadro com pintura eletrostática, chave de Inter travamento, bobinas de baixa tensão, atende as normas da NR-12.

- Sistema de automação (software com supervisão Padrão IHM, com saída USB, gera gráfico, relatório, e registra todo o processo de esterilização)

- Partida do esterilizador, e início do processo de esterilização através do Software instalado ao painel, com 01 tela de LCD 2,4" touch screen, que pode ser interligado ao computador).

**VALOR UNITÁRIO REVISADO.....R\$ 210.000,00 ( NOVO R\$ 290.000,00)**

Item 07

### PERCOLADORA

MODELO: LDS

APLICAÇÃO: Coleta de produto do digestor

QUANTIDADE: 01 unidade

#### Características Técnicas

- Acionamento principal com motor elétrico de 5 CV marca Weg, e redutor de velocidade acoplado direto.
- Rosca principal de 12" passo de 200mm, construída sobre tubo sch 80 de  $\phi$  3.1/2", e a chapa dos discos em aço A-36 com espessura de 1/4"
- Mancais com porta gaxetas, e rolamento auto-compensadores, com bicos graxeiros
- Estrutura da caixa em chapa de aço carbono A-36, com espessura de 1/8"
- Chapas de construção da bandeja coletora em aço carbono A-36 espessura de 1/8"
- Testeiras da caixa superior em chapa de aço carbono A-36 com espessura de 5/16"
- Pés do equipamento construídos em perfil de chapa dobrada de 1/4" ( 06 pés)
- Acompanha escada e plataforma de acesso.
- Medidas: Altura 1.500mm x largura 1200mm x comprimento 5.000mm.
- Com coletor de borra na parte inferior do equipamento com rosca de 6", acionado com motorreductor de 2CV.

**VALOR unitário.....R\$ 36.900,00**

Item 08

Equipamento: ROSCA TRANSPORTADORA 12" x 6.000mm

Modelo: LDS TH-12

Quantidade: 01 unidade

Aplicação: Abastecer a prensa.

#### Descrição:

- comprimento: 6.000 m.
- diâmetro do helicóide: 12" (300 mm)
- passo do helicóide: 250mm
- Material da caixa: chapas de aço A-36 com espessura de 1/8", com as testeiras sendo em chapa de 5/16", com chapas de desgaste internas.
- Material da rosca: helicóide com tubo de 3" Sch. 40, e os hélices em chapas de 3/16"
- Acionamento: Motorreductor 5cv - acoplado direto.
- Mancais: monobloco com rolamento auto compensador na extremidade, sendo que o mancal inferior será vedado com retentor.

**Valor Unitário.....R\$ 14.600,00**

Fone: (14) 2104-3200 / Fax: (14) 2104-3209 - Av. Dr. Luciano Pacheco de Al. Prado Neto, 900 - Jd. Nova Jaú - Jaú/SP - CEP 17213-481

Inscr. Estadual: 401.045.298.117 CNPJ: 60.209.525/0001-63

e-mail: [ldsmaquinas@ldsmaquinas.com.br](mailto:ldsmaquinas@ldsmaquinas.com.br) e-mail: [vendas@ldsmaquinas.com.br](mailto:vendas@ldsmaquinas.com.br) site: [www.ldsmaquinas.com.br](http://www.ldsmaquinas.com.br)



# LDS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA

Projetos e Fabricação de Máquinas e Equipamentos

Orçamento: Nº 16-0713-48

Item 09

### **Prensa Expeller PLDS H-2500 - \*REVISADA\***

Quantidade: 01

Modelo: LDS TH 2500

Capacidade: 2500 KG/h na entrada.

#### Características Técnicas:

- Acionamento principal com motor elétrico de 50 CV marca Weg e redutor de velocidade helicoidal, transmissão motor-redutor com polias e correias, redutor-eixo de helicóides com acoplamento flexível bi-partido (permite desmontagem do eixo sem remover o redutor de velocidade)
- Acionamento do aquecedor com moto-redutor de 5 CV e redutor de velocidade helicoidal, redutor eixo do aquecedor com engrenagens e corrente.
- Acionamento do alimentador com motoredutor de 3CV transmissão direta.
- Acionamento da rosca extratora da bandeja com motoredutor com 1CV, transmissão direita.
- Aquecedor horizontal montado sobre a máquina, com eixo regular, aquecimento à vapor saturado com rede de purgador termodinâmica Ø1",
- Alimentação forçada através de rosca helicoidal vertical sobre o Carter,
- Recepção de óleo com bandeja sob o cesto e rosca extratora mecanizada.
- Mancal principal com rolamento axial de roletes, contraposto à rolamento de rolos cônicos, lubrificação à graxa, mancal guia com rolamento auto compensador de rolos.
- Câmara de prensagem com roscas helicoidais de núcleo progressivo e passos variados, circundados por barriletes fresados de aberturas específicas em três estágios, regulador mecânico manual para ajuste da pressão de prensagem.
- Estrutura em chapas de aço carbono sobre chassi de vigas laminadas.
- Acessórios- painel elétrico, para gerenciamento com inversor de frequência da alimentação forçada e plataforma de acesso e passarela ao aquecedor.

Valor unitário..... R\$ 90.000,00 (NOVA R\$ 160.000,00)

Item 10

### **Equipamento: ROSCA TRANSPORTADORA 12" x 5.000mm**

Modelo: LDS TH-12

Quantidade: 01 unidade

Aplicação: Abastecer o moinho de farinha.

#### Descrição:

- comprimento: 5.000 m.
- diâmetro do helicóide: 12" (300 mm)
- passo do helicóide: 250mm
- Material da calha: chapas de aço A-36 com espessura de 1/8", com as testeiiras sendo em chapa de 5/16", com chapas de desgaste internas.
- Material da rosca: helicóide com tubo de 3" Sch. 40, e os hélices em chapas de 3/16"
- Acionamento: Motorredutor 5cv - acoplado direto.
- Mancal: monobloco com rolamento auto compensador na extremidade, sendo que o mancal inferior será vedado com retentor.

Valor Unitário..... R\$ 13.200,00

Item 11

### **Moinho de farinha LDS - M2 - REVISADO**

Quantidade: 01 unidade

Capacidade: 2.000 KG/h

Aplicação: Triturar tortas.



# LDS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA

Projetos e Fabricação de Máquinas e Equipamentos

Orçamento: Nº 16-0713-48

**Descrição:**

Material: caixa em chapas de aço carbono soldadas, tampa e caixa inferior protegido por reforços nas partes mais expostas à abrasão, facilmente substituíveis, eixo do rotor em aço especial, discos em chapas de aço usinadas, 48 martelos móveis e reversíveis em aço carbono tratados termicamente, peneiras em chapas de aço carbono com furos de diâmetro específicos.

Rotor: balanceado eletronicamente

Acionamento: motor elétrico de 40 CV - II polos, transmissão com luvas de união.

Mancais: caixas tipo monobloco com rolamentos auto compensador de rolos, vedação especial.

VALOR UNITÁRIO REVISADO.....R\$ 15.900,00 (NOVO R\$ 26.900,00)

**Item 12**

**Equipamento: ROSCA TRANSPORTADORA 12" x 5.000mm**

Modelo: LDS TH-12

Quantidade: 01 unidade

Aplicação: Rosca pra retirada de farinha do moinho. (ensaque)

**Descrição:**

- comprimento: 5.000 m.

- diâmetro do helicóide: 12" (300 mm)

- passo do helicóide: 250mm

- Material da calha: chapas de aço A-36 com espessura de 1/8", com as testeiras sendo em chapa de 5/16", com chapas de desgaste internas.

- Material da rosca: helicóide com tubo de 3" Sch. 40, e os hélices em chapas de 3/16"

- Acionamento: Motorreductor 3cv - acoplado direto.

- Mancal: monobloco com rolamento auto compensador na extremidade, sendo que o mancal inferior será vedado com retentor.

Valor Unitário.....R\$ 12.900,00

**LINHA DO ÓLEO (SEBO):**

**Item 13**

**CAIXA DECANTADORA DE ÓLEO**

Quantidade: 01 unidade

- Capacidade 3.000 lts

- Com 01 bomba centrífuga de 1.1/2" inclusa.

VALOR UNITÁRIO.....R\$ 8.900,00

**Item 14**

**Equipamento: Bomba de Engrenagem Ø2"**

Quantidade: 02 unidades.

- Capacidade: 8.000 litros/hora

- Material: caixa em ferro fundido com engrenagens internas em aço carbono SAE-8620 tratadas termicamente, base da caixa com suporte para mancal com rolamento de esferas.

- Acionamento: motor elétrico marca WEG de 5cv, transmissão com polias e correias.

VALOR UNITÁRIO.....R\$ 4.900,00

VALOR 02 BOMBAS.....R\$ 9.800,00

Fone: (14) 2104-3200 / Fax: (14) 2104-3209 - Av. Dr. Luciano Pacheco de Al. Prado Neto, 900 - Jd. Nova Jaú - Jaú/SP - CEP 17213-481

Inscr. Estadual: 401.045.298.117 CNPJ: 60.209.525/0001-63

e-mail: [ldsmaquinas@ldsmaquinas.com.br](mailto:ldsmaquinas@ldsmaquinas.com.br) e-mail: [vendas@ldsmaquinas.com.br](mailto: vendas@ldsmaquinas.com.br) site: [www.ldsmaquinas.com.br](http://www.ldsmaquinas.com.br)



# LDS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA

Projetos e Fabricação de Máquinas e Equipamentos

Orçamento: Nº 16-0713-48

Item 15

**EQUIPAMENTO: CLARIFICADOR DE ÓLEO 6.000Lts (revisado)**

Modelo: LDS SC 6000

CAPACIDADE: 6.000 Lts

Aplicação: Clarificar e retirar umidade do sebo.

Quantidade: 01 unidade

- Forma construtiva: cilíndrica vertical com fundo cônico e teto abaulado, quatro colunas de apoio, camisa para aquecimento no corpo e no cone inferior, agitador interno com pás.
- Aquecimento: à vapor saturado
- Accionamento: motorreductor de velocidade de 7,5cv
- Material: corpo e camisa em aço carbono, camisa reforçada com stays, espessura do corpo 3/8" e camisa 5/16" eixo central aço SAE 1045 de diâmetro 2" com pás em barra chata e cubos bipartidos.
- Todo o aparelho será jateado com jato à granalha.
- Mancais: com buchas de teflon bi-partidas
- Sistema de drenagem com purgador de 1" termodinâmico.
- Termômetro, manômetro e vacuômetro
- 01 entrada de terra fuller.
- Incluso 01 bomba de vácuo 3cv, já conjugada ao equipamento.

VALOR UNITÁRIO REVISADO..... R\$ 45.000,00 (NOVO R\$ 89.000,00)

Item 16

**Equipamento: FILTRO PRENSA MECANICO MANUAL 650 x 650 (REVISADO)**

Quantidade: 01 unidade

Modelo: F 650

Descrição: Composto de 29 placas retificadas e 28 quadros novos em ferro fundido de dimensões 650mm x 650mm apoiados em duas vigas redondas fixadas em dois cabeçotes em ferro fundido, um terceiro cabeçote móvel tem a função de fixar as placas e quadros com elemento filtrante entre as mesmas, a fixação (fechamento) do conjunto de placas/quadros/elementos filtrantes se dá por intermédio de haste rosca, acionada manualmente através de alavanca e catraca, uma bandeja e uma calha instalada sob o conjunto tem a função de receber o bolo (sólidos retidos entre os quadros) e a calha receber o óleo filtrado vindo das torneiras instaladas às placas.

Acompanha os panos de filtro e torneiras novas.

VALOR UNITÁRIO REVISADO..... R\$ 95.000,00 (NOVO R\$ 95.000,00)

Item 17

**Equipamento: TANQUE 40.000 LITROS (RESERVATORIO DE ÓLEO PRONTO)**

QTD. 01 unidade

Descrição:

TANQUE VERTICAL, COM 1 BOCA DE VISITA E SERPENTINA NO FUNDO, CORPO CONSTRUÍDO COM CHAPA DE 3/16" e 1/8", serpentina de 1" sch. 40 no fundo com purgador, válvula de esfera de 2" (tomada de saída) tomada de entrada no teto com flange de 2"

Valor unitário..... R\$ 38.900,00

**VALOR TOTAL DESTES ORÇAMENTOS (NOVOS E REVISADOS)..... R\$ 727.150,00**

Fone: (14) 2104-3200 / Fax: (14) 2104-3209 - Av. Dr. Luciano Pacheco de Al. Prado Neto, 900 - Jd. Nova Jdú - Jdú/SP - CEP 17213-481

Inscr. Estadual: 401.045.298.117 CNPJ: 60.209.525/0001-63

e-mail: [ldzmaquinas@ldzmaquinas.com.br](mailto:ldzmaquinas@ldzmaquinas.com.br) e-mail: [yendas@ldzmaquinas.com.br](mailto:yendas@ldzmaquinas.com.br) site: [www.ldzmaquinas.com.br](http://www.ldzmaquinas.com.br)



# LDS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA

Projetos e Fabricação de Máquinas e Equipamentos

**Orçamento: Nº 16-0713-48**

## CONDIÇÕES COMERCIAIS:

- 1.0- Preço posto em nossa Indústria em Jaú-SP.
- 2.0- Transporte e seguro por conta do cliente. (FOB)
- 3.0- Pagamento: 40% de entrada no pedido, restante a negociar.
- 4.0- Entrega: à combinar.
- 5.0- Excluído: Bases de fundação (alvenaria), serviços de munc, montagem mecânica elétrica no local, painéis elétricos de acionamento, caldeira, linha de gases, tubulação de interligação dos equipamentos e outros não mencionados neste orçamento.
- 6.0- Impostos: Inclusos.

*Atenciosamente,*

**LDS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA**

## 12 Anexo 2 – Certificado de análise da farinha de carne e ossos



Instituto SENAI de Tecnologia  
em Química

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL (SENAI)  
CIT SENAI FIEMG - CAMPUS CETEC

Av. José Cândido da Silveira, 2000 - Bairro Horto Florestal  
31035-536 Belo Horizonte - MG - Brasil [www.fiemg.com.br](http://www.fiemg.com.br)

Telefone: (31) 3489-2266  
e-mail: [ist-quimica@fiemg.com.br](mailto:ist-quimica@fiemg.com.br)

### Certificado de Ensaios Nº 638481

#### 1 Identificação das amostras

Id. laboratório	Identificação do cliente
79081/1986	Produto: Farinha de carne e ossos – Data de fabricação: 16/01/2016 Lote: 016 – Validade: 90 dias após a data de fabricação

#### 2 Resultados

Id. laboratório	Parâmetro	Resultado	Unidade	Método
79081/1986	Al	0,014	%	ICP OES
	Ca	10,28	%	ICP OES
	Fe	0,033	%	ICP OES
	Mg	0,208	%	ICP OES
	K	0,034	%	FAAS
	Cr	<8,0	mg/kg	ICP OES
	Cu	6,43	mg/kg	ICP OES
	Ni	<8,0	mg/kg	ICP OES
	V	<2,0	mg/kg	ICP OES
	Zn	70,67	mg/kg	ICP OES
	Pb	54,02	mg/kg	FAAS
	Cd	0,12	mg/kg	ICP-MS
	Tl	<5,0	mg/kg	ICP-MS
	As	<0,75	mg/kg	HGAAS
	Hg	<0,02	mg/kg	CVAAS
	Umidade	3,75	%	Gravimetria
	Carbono Fixo	7,83	%	Gravimetria
	Matéria Volátil	62,31	%	Gravimetria
	Cinzas	29,85	%	Gravimetria
SiO <sub>2</sub>	0,10	%	Gravimetria	
S	0,14	%	Gravimetria	

#### 2 Características dos instrumentos utilizados no ensaio

- 2.1 Espectrômetro de emissão por plasma, marca Perkin Elmer, modelo ICP Optima 3000 (STQ 201.00)
- 2.2 Espectrômetro de massas com fonte de plasma, marca Perkin Elmer, modelo Elan 6000 com DRCII (STQ 116.00).
- 2.3 Espectrômetro de absorção atômica com geração de hidretos e com vapor frio, marca Perkin Elmer, AAnalyst 100 (STQ 203.00), com MHS 10 (STQ 206.00).
- 2.4 Espectrômetro de absorção atômica com chama, marca Perkin Elmer, modelo AAnalyst 400 (STQ 220.00)
- 2.5 Balança analítica, marca Sartorius, modelo BP210D (STQ 500.00)

#### 3 Condições operacionais

- 3.1 Ensaio realizado dentro de uma área limpa, classe ISO-7, com ilhas de fluxo laminar classe ISO-6.
- 3.2 Água utilizada foi purificada utilizando Milli-Q. Reagentes purificados por subebulição.
- 3.3 Softwares utilizados, nome, versão
- 4 Técnicos
- 4.1 Débora Luciana Silva - CRQ/MG 02415785
- 4.2 Isaias Gomes da Silva - CRQ/MG 02400388
- 4.3 Jéssica Corrêa Lopes Rebecchi - CRQ/RJ 03252547
- 4.4 Eduardo H. Martins de Oliveira - CRQ/MG 02411945
- 4.5 Geraldo do Carmo - CRQ/MG 02400776
- 4.6 Olguita G. Ferreira Rocha - CRQ/MG 02100224
- 4.7 Jone Rodrigues Carvalho - CRQ/MG 02403036

