

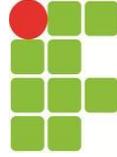
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO
CAMPUS CUIABÁ - BELA VISTA
DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL

DOUGLAS DAL PONTE

CONTRIBUIÇÕES DO COPROCESSAMENTO COMO ALTERNATIVA PARA A
SUSTENTABILIDADE EM UMA EMPRESA CIMENTEIRA.

CUIABÁ - MT

2017



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO
CAMPUS CUIABÁ - BELA VISTA
DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

DOUGLAS DAL PONTE

**CONTRIBUIÇÕES DO COPROCESSAMENTO COMO ALTERNATIVA PARA A
SUSTENTABILIDADE EM UMA EMPRESA CIMENTEIRA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Campus Cuiabá - Bela Vista para obtenção de título de graduado, sob Orientação do Professor Dr. Josias do Espírito Santo Coringa.

CUIABÁ - MT

2017

**Divisão de Serviços Técnicos. Catalogação da Publicação na Fonte. IFMT Campus
Cuiabá Bela Vista
Biblioteca Francisco de Aquino Bezerra**

D813c

Dal Ponte, Douglas

Contribuições do coprocessamento como alternativa para a sustentabilidade em uma empresa cimenteira. / Douglas Dal Ponte._ Cuiabá, 2017.

41 f.

Orientador: Prof. Dr. Josias do Espírito Santo Coringa

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)_ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso. Campus Cuiabá – Bela Vista. Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental.

1. Coprocessamento – TCC. 2. Indústria cimenteira – TCC. 3. Resíduos – TCC. I. Coringa, Josias do Espírito Santo. II. Título.

IFMT CAMPUS CUIABÁ BELA VISTA CDU 628.44
CDD 363.728

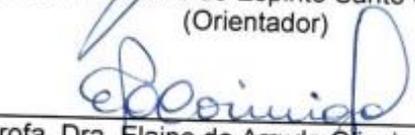
DOUGLAS DAL PONTE**CONTRIBUIÇÕES DO COPROCESSAMENTO COMO ALTERNATIVA PARA A SUSTENTABILIDADE EM UMA EMPRESA CIMENTEIRA.**

Trabalho de Conclusão de Curso em GESTÃO AMBIENTAL, submetido à Banca Examinadora composta pelos Professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso Campus Cuiabá Bela Vista como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduado.

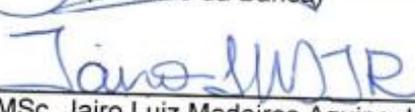
Aprovado em 28 de junho de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Josias do Espirito Santo Coringa
(Orientador)



Profa. Dra. Elaine de Arruda Oliveira Coringa
(Membro da Banca)



Prof. MSc, Jairo Luiz Medeiros Aquino Junior
(Membro da Banca)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, fonte de inspiração para o meu desenvolvimento profissional e presenças constantes ao meu lado nos momentos mais importantes da minha vida.

Aos meus irmãos, que me ajudaram e incentivaram na conclusão deste trabalho.

Ao orientador Prof. Dr. Josias do Espírito Santo Coringa, pelo seu apoio, sua dedicação, conselhos e sugestões sem o qual este trabalho não seria realizado.

A empresa que abriu suas portas, à instituição que me permitiu a realização de mais esta etapa no aprendizado, enfim, a todos aqueles que de alguma forma, prestaram sua contribuição a este trabalho.

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Artigo 225 da Constituição Federal, 1988

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Procedimento de aceitação de resíduos para coprocessamento	19
Figura 2. Estimativa da porcentagem do uso de combustíveis alternativos para países desenvolvidos e em desenvolvimento a partir de 2006 até 2050	25
Figura 3. Triagem, segregação dos resíduos para serem processados, ou vão para o coprocessamento na indústria cimenteira	28
Figura 4. Porcentagem de terra contaminada coprocessada	30
Figura 5. Porcentagem de graxa para ser coprocessada	31
Figura 6. Porcentagem de mangueira coprocessada	32
Figura 7. Porcentagem de plástico contaminado coprocessado	33
Figura 8. Porcentagem de pó de serra contaminado coprocessado	34
Figura 9. Porcentagem de borra de tinta coprocessada	35
Figura 10. Porcentagem de semente tratada coprocessada	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Brasil: características tecnológicas da indústria de cimento.....	21
Tabela 2. Quantidade de resíduos	29
Tabela 3. Percentuais dos materiais.....	30

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CONAMA = Conselho Nacional do Meio Ambiente

ABCP = Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT = Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANTT = Agência Nacional de Transportes Terrestres

Kcal = Quilocaloria

Kg = Quilograma

NR = Norma Reguladora

ECP = Equipamentos de controle da poluição do ar

Al₂O₃ = Óxido de alumínio, também conhecido como alumina

Fe₂O₃ = Óxido de ferro ou conhecido como hematita, óxido de ferro vermelho

SiO₂ = Óxido de silício, sílica

CaO = Óxido de cálcio, também conhecido como cal

MgO = Óxido de magnésio

K₂O = Óxido de potássio

Na₂O = Óxido de sódio

CO₂ = Dióxido de carbono

CSI = Cement Sustainability Initiative

WBCSD = World Business Council for Sustainable Development

FEPAM = Fundação Estadual de Proteção ao Meio Ambiente

FEAM = Fundação Estadual do Meio Ambiente – (MG)

IAP = Instituto Ambiental do Paraná

FEEMA = Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente

RESUMO

A prática do co-procesamento de resíduos na indústria de cimento tem se expandido devido à necessidade crescente de uma destinação ambiental e socialmente mais adequada de resíduos perigosos provenientes de diversos processos industriais. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o processo de destinação dos resíduos através da técnica de co-procesamento como forma de gestão dos resíduos perigosos gerados em Mato Grosso no período 2010-2016. Para a realização deste estudo foi utilizado além de fontes bibliográficas de pesquisa, a análise das planilhas de coleta fornecidas pela empresa, onde estão relacionados os resíduos bem como a quantidade coletada dos mesmos. Essa pesquisa se caracteriza também como descritiva, pois descreveu as características inerentes ao contexto da geração de resíduos sólidos. A co-incineração, ou co-procesamento é um processo notável de dissolução dos riscos de contaminação química associados aos resíduos industriais perigosos, que se desenvolve em escala inter-regional, convergindo para as regiões cimenteiras. A redução de resíduos deve ser, no entanto, o principal objetivo no planejamento do gerenciamento dos resíduos sólidos industriais. Com este estudo foi possível constatar que o co-procesamento deve ser adotado pelas fábricas de cimento ao redor do mundo, visando destinação final adequada aos resíduos industriais, minimizando os passivos ambientais e a diminuição do consumo de combustíveis fósseis.

Palavras-chave: Co-procesamento, indústria cimenteira, resíduos.

ABSTRACT

The practice of co-processing of waste in the cement industry has expanded due to the increasing need for an environmentally and socially better destination of hazardous waste from various industrial processes. The objective of this research was to evaluate the process of waste disposal through the co-processing technique as a form of management of the hazardous waste generated in Mato Grosso in the period 2010-2016. For the accomplishment of this study was used besides bibliographical sources of research, the analysis of the spreadsheets of collection provided by the company, where are related the residues as well as the collected quantity of the same ones. This research is also characterized as descriptive, since it described the inherent characteristics of the solid waste generation context. Co-incineration, or co-processing, is a remarkable process of dissolving the risks of chemical contamination associated with hazardous industrial waste, which develops on an interregional scale, converging to the cement regions. Waste reduction should, however, be the main objective in planning the management of industrial solid waste. With this study, it was possible to verify that co-processing should be adopted by cement plants around the world, aiming at the final disposal of industrial waste, minimizing environmental liabilities and reducing the consumption of fossil fuels.

Key words: Co-processing, cement industry, waste.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Resíduos	15
2.1.1. Resíduos Sólidos.....	15
2.1.1.1. Resíduos Perigosos	15
2.1.1.2. Reciclagem.....	16
2.1.2. Gestão de Resíduos	16
2.1.2.1 Gestão dos resíduos perigosos	17
2.1.3. Aspectos técnicos do coprocessamento	19
2.1.3.1. Coprocessamento.	19
2.1.3.2. Blendagem.....	20
2.1.3.3. Clinquer.....	20
2.1.3.4 Processo de fabricação do cimento.....	20
2.1.3.5. Coprocessamento de residuais industriais em fornos de cimento.....	21
2.1.4. Legislação aplicada ao coprocessamento	21
2.1.5. Aspectos Ambientais do coprocessamento.....	23
2.1.6. Aspectos de saúde e segurança do trabalhador do coprocessamento....	23
2.1.7. Sustentabilidade na Indústria Cimenteira.....	24
3. MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1 Quanto ao Procedimento.....	27
3.2 Históricos do objeto em estudo	27
3.3 Instrumentos de Coleta de Dados	27
4. RESULTADOS DISCUSSÃO	29
5. CONCLUSÃO	37
6. RECOMENDAÇÕES	38
7. REFERENCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

Numa sociedade cada vez mais industrializada, várias alternativas têm sido desenvolvidas e integradas aos processos de manufatura, tornando menos agressivos ao meio ambiente, também o potencial de alguns produtos e processos tem sido aproveitados na gestão de resíduos industriais, caso da indústria de cimento.

De modo a atender as demandas do crescimento mundial, todas as indústrias estão buscando tornar-se cada vez mais eficientes no que se refere ao uso e reuso de matérias-primas, de energia e de resíduos. E a indústria de cimento não é uma exceção dentro desse contexto: classificada como consumidora intensiva de energia e outros recursos naturais, nos últimos anos, tem envidado esforços no sentido de buscar alternativas de fontes de energia e recursos naturais mais sustentáveis, uma delas o coprocessamento.

Utilizado desde a década de 70 na América do Norte e na Europa, e no Brasil a partir da década de 90, o co-processamento, está ligado a ideia de conservação e reaproveitamento do uso de recursos não renováveis, visto fazer uso dos resíduos, desde então tem se desenvolvido progressivamente.

A grande importância do coprocessamento está no fato de que, pode-se utilizarem resíduos e/ou subprodutos como combustíveis, os quais promovem a redução da quantidade de combustíveis fósseis tradicionais. Dessa forma, os impactos ambientais associados à exploração, à produção, ao transporte e à queima desses combustíveis, assim como se minimiza a exploração mineral.

A relevância da utilização de resíduos e/ou subprodutos em fornos de cimento diminui ainda a demanda por locais para aterros e incineradores e reduz os impactos ambientais, incluindo a poluição potencial do lençol freático, a geração de metano e de cinzas perigosas. Os fornos de cimento podem ser utilizados para recuperação de energia de diversos resíduos não-perigosos tais como pneus, biomassas, assim como de resíduos perigosos.

Neste trabalho, o coprocessamento refere-se ao aproveitamento de conteúdo energético e/ou aproveitamento da fração mineral como matéria-prima na fase de clínquerização através da inativação de resíduos perigosos. citação

O crescimento populacional e o aumento do consumo têm gerado, ao longo dos anos, maiores volumes de lixo, especialmente urbano e industrial.

Devido aos constrangimentos proporcionados pela legislação ambiental, muitas indústrias – sobretudo químicas – tiveram que rever a destinação dos resíduos gerados. Sua utilização como combustível na produção do cimento torna-se oportuno, uma vez que essa inovação tecnológica surge num momento crítico para a indústria cimenteira.

Desde o início da década de 1990, a indústria cimenteira nacional emprega resíduos gerados através de diferentes processos produtivos, como substitutos de matéria prima e de combustíveis de origem fóssil. Além da economia de energia não renovável, a prática apresenta vantagens, como a destruição do passivo ambiental e redução dos custos de produção.

A crescente geração de resíduos industriais e urbanos, que acompanha o desenvolvimento do País, exige uma busca constante de soluções ambientalmente adequadas para o manejo e a destinação correta de materiais inservíveis como os resíduos da produção de cimento. O coprocessamento se apresenta como uma alternativa ambientalmente adequada para a diminuição de uma variedade de resíduos, incluindo os sólidos urbanos. Essa tecnologia consiste na destruição térmica dos resíduos com a substituição parcial da matéria-prima e/ou do combustível fóssil.

Atualmente, o coprocessamento representa uma importante ferramenta de gestão de passivos ambientais, além de propiciar a substituição de combustíveis fósseis por alternativos. Desta forma, a indústria brasileira de cimento é referência mundial por seu excelente desempenho energético e ambiental e sua reduzida emissão de CO₂.

Este trabalho visou avaliar o processo de destinação dos resíduos através da técnica de coprocessamento como forma de gestão dos resíduos perigosos gerados em Mato Grosso no período 2010-2016.

Como objetivos específicos, buscou-se listar e caracterizar os resíduos industriais que apresentam poder calorífico podendo substituir parcialmente matérias-primas do processo; focar nos dilemas da sustentabilidade, que vão muito além de garantir seus suprimentos de matérias-primas e de insumos energéticos, e de cumprir normas e padrões; desenvolver um estudo de caso numa fábrica de cimento que aplica o coprocessamento de resíduos perigosos; e destacar os

benefícios ambientais com a utilização da técnica de coprocessamento na inativação de resíduos perigosos e a consequente redução do uso de combustível fóssil.

2. REFERENCIAL TEORICO

2.1. Resíduos

Aqueles que se apresentam nos estados sólidos, semissólido e de líquidos não passíveis de tratamento convencional resultante de atividades humanas. O termo resíduo pode compreender um único tipo ou mistura de vários para fins de coprocessamento (CONAMA,1999)

2.1.1. Resíduos Sólidos

Para os resíduos, a definição legal encontra-se na Resolução Conama nº 5, de 05/08/93, que se aplica aos resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários e estabelecimentos prestadores de serviço de saúde. Esta resolução serve de parâmetro ao definir resíduo sólido como sendo: “Resíduo em estado sólido e semissólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica.

2.1.1.2. Resíduos Perigosos:

Segundo a NBR 10004:04, quanto a periculosidade os resíduos são assim classificados:

1. Resíduo classe I, considerados perigosos em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, pode apresentar: a) risco a saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices; b) riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada.

2. Resíduo classe II, considerados não perigosos em função de não apresentar riscos à saúde pública e ao meio ambiente. São divididos em:

A. Resíduo classe II A – Não inertes aqueles que não se enquadram nas classificações. O resíduo classe I ou resíduo classe II B, podem ter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

B. Resíduo classe II B – Inertes aqueles que quando submetidos a um contato com água destilada ou deionizada, a temperatura ambiente, não tem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

2.1.1.3. Reciclagem

Demajorovic (1996) enfatiza que a reciclagem, feita em diferentes etapas do processo produtivo, leva ao crescimento mais lento do consumo de recursos naturais e do volume de resíduos a ser disposto, graças ao reaproveitamento de parte dos resíduos que estaria destinada aos aterros sanitários e incineradores.

As vantagens atribuídas ao reaproveitamento dos materiais (menor consumo de energia; redução da quantidade de resíduos) deveriam ser relativizadas, já que o processo de reciclagem demanda quantidades consideráveis de matéria prima e energia, além de também produzir resíduos.

Aumentaram as críticas à falta de uma política específica para tratamento de resíduos tóxicos e à expansão das exportações desses resíduos para disposição final em países em desenvolvimento.

2.1.2. Gestão de Resíduos

Conforme Paulella e Scapim (1996), a gestão de resíduos deve estar alicerçada sobre condições ambientais adequadas, em que sejam considerados todos os aspectos envolvidos, desde a fonte geradora até a disposição segura, assim como os aspectos de reciclagem máxima dos resíduos, buscando, inclusive, incorporar as mudanças dos padrões de produção e consumo.

Na Agenda 21 (Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Rio de Janeiro, 1992), documento elaborado por 178 países na *Rio-92*, a questão dos resíduos sólidos recebeu atenção especial pela importância que a produção crescente de dejetos dessa natureza vem assumindo. O capítulo 21, seção II - "Buscando Soluções para o Problema do Lixo Sólido", foi integralmente dedicado a esta questão.

A busca de soluções integradas e compatíveis com os princípios básicos expressos na Agenda 21 (minimização dos resíduos; reciclagem e reutilização; tratamento ambientalmente seguro; disposição ambientalmente segura; substituição de matérias-primas perigosas e transferência e desenvolvimento de tecnologias limpas) deveria nortear, em nível mundial, as ações governamentais, organizações e grupos setoriais responsáveis pela gestão de resíduos.

Segundo Leite (1997), o conceito de gestão de resíduos sólidos abrange atividades referentes à tomada de decisões estratégicas e à organização do setor para esse fim, envolvendo instituições, políticas, instrumento e meios. Uma vez definido um modelo de gestão de resíduos sólidos, deve-se criar uma estrutura para o gerenciamento dos resíduos.

2.1.2.1. Gestão de Resíduos perigosos

De acordo com (Nascimento e Da Cruz, 2015), A identificação e classificação, é parte integrante da etapa inicial do gerenciamento de resíduos sólidos, composto pelas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada.

Por sua vez, o gerenciamento corresponde a uma parte da gestão integrada dos resíduos sólidos, a qual engloba as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social da questão, sob a premissa do desenvolvimento sustentável. (BRASIL, 2010).

Na forma da Lei 12.305, o gerenciamento e a gestão integrada dos resíduos sólidos devem seguir a ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos. No tocante a definição dos resíduos industriais, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os define resumidamente como, os “gerados nos processos produtivos e instalações industriais.” (BRASIL, 2010).

Segundo Chiuvite e Andrade (2001 apud COUTINHO, 2011) a gestão inadequada dos resíduos acarreta a degradação e poluição.

As primeiras experiências com a queima de resíduos em fornos de produção de clínquer portland (KIHARA, 1999) foram realizadas com sucesso na década de 70.

De acordo com as estimativas (ABCP, 2006), em 2005 foram coprocessados na União Europeia mais de 3 milhões t/ano; em 250 fábricas entre os 15 países-membros. A taxa de substituição de combustível alcançou 12%, considerando-se todas as fábricas de cimento. Na Áustria, na Bélgica, na França e na Alemanha, esse valor superou 50% de substituição. Além da substituição energética, a taxa de substituição de matérias-primas nas cimenteiras europeias foi de 11,5% (36 MT/ano). Nos Estados Unidos, em 2005, registrou-se o coprocessamento de 1,2

milhão t/ano de resíduos perigosos coprocessados, o correspondente a 19% do consumo de energia térmica (MONTENEGRO,2007).

No Brasil, as atividades de coprocessamento de resíduos industriais iniciaram-se na década de 90, no Estado de São Paulo, estendendo-se posteriormente para o Rio de Janeiro, Paraná, Rio Grande do Sul e Minas Gerais (CAVALCANTI, 1996).

Entretanto, em 2006, segundo estimativas (ABCP, 2006), foram coprocessadas mais de 800 mil toneladas de resíduos no Brasil nas 36 fábricas atualmente licenciadas para o coprocessamento. O potencial de coprocessamento de resíduos industriais em fornos de cimento avaliado pela ABCP é de, aproximadamente, 1,5 milhão de t/ano, ou seja, o dobro dos valores atuais (ABCP, 2006).

O coprocessamento de resíduos industriais em fornos de clínquer no Brasil é regulamentado pela Resolução CONAMA 264/1999, que impõe valores máximos para emissão de alguns poluentes. Para que não haja risco de se ultrapassarem esses limites, exige a instalação de Inter travamento que interrompe a alimentação do resíduo, bem como o o pessoal envolvido com a operação das unidades de mistura, pré-condicionamento e coprocessamento de resíduos deverá receber, periodicamente, treinamento específico com relação ao processo, ao manuseio e à utilização de resíduos (SANTOS, 2003).

Além da CONAMA 264/1999 e das regulamentações estaduais específicas fazem parte da gestão do coprocessamento: a NBR 10004 (ABNT, 2004) para a classificação de resíduos, a ANIT 420 (2004) para o transporte de produtos perigosos, as NBR 11174 (ABNT, 1990) e NBR 12235 (ABNT, 1992) para o armazenamento temporário de resíduos classe II A e B e classe I, respectivamente, assim como as Normas Regulamentadoras, em especial as NR7, NR9 e NR 15 do Ministério do Trabalho e Emprego (MONTENEGRO,2007).

Para tanto, é necessário além dos requisitos legais descritos, os principais produtores de cimento mundial participantes da Iniciativa de Sustentabilidade do Cimento definiram e publicaram, em 2005, um manual de boas práticas para a seleção de combustíveis e matérias-primas, o *Guidelines for the selection and use of fuels and raw materials in the cement manufacturing process* (CSI, 2005), no qual está inserido o coprocessamento (figura 1).

Processo de aceitação de fontes de resíduos para coprocessamento no Brasil

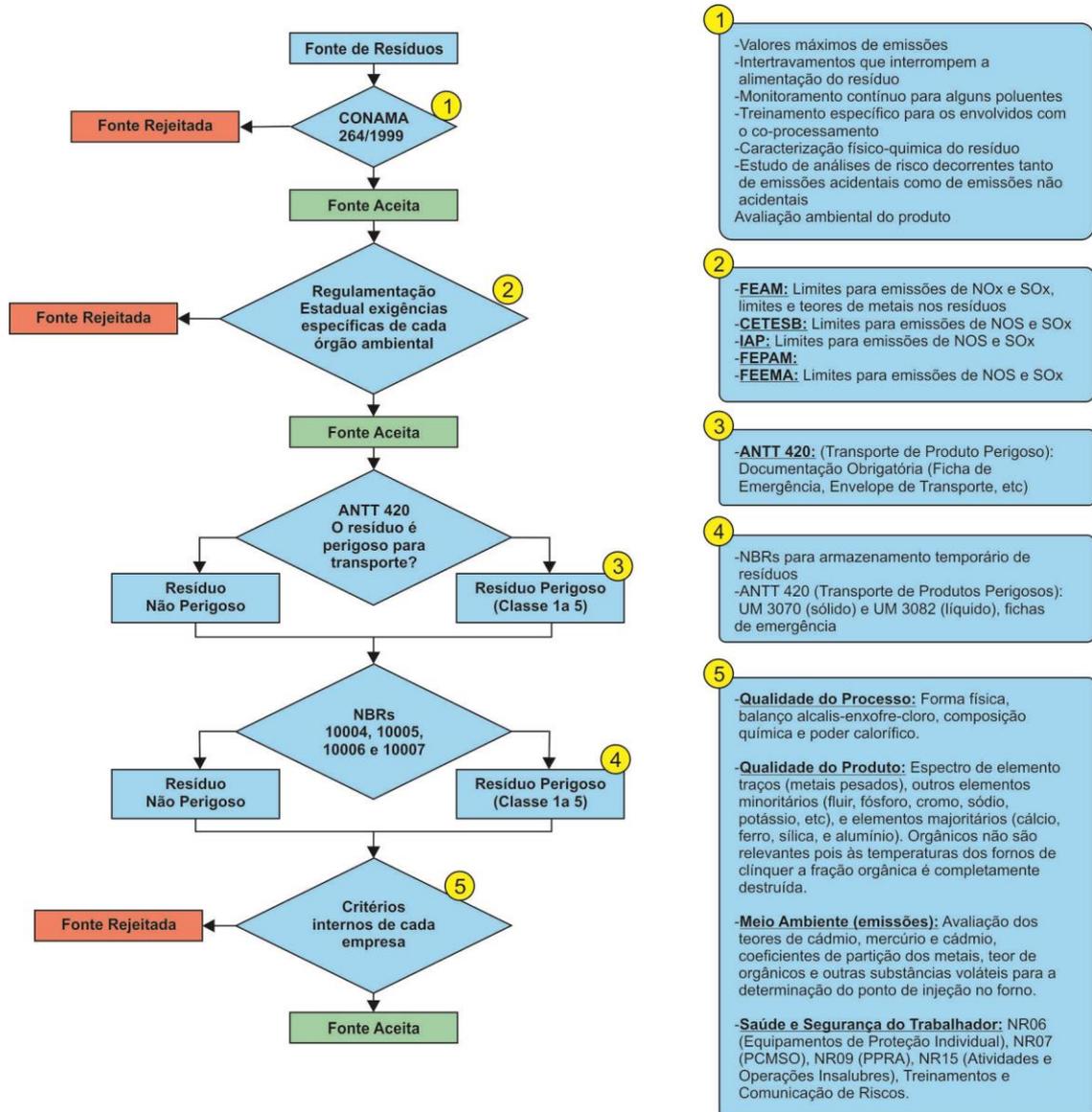


Figura 1- Procedimento de aceitação de resíduos para coprocessamento (Fonte: Montenegro,2007)

2.1.3. Aspectos Técnicos do Coprocessamento

2.1.3.1. Coprocessamento:

É a destruição térmica dos resíduos, utilizado na indústria cimenteira e que tem como aspecto importante a não geração de passivo ambiental. De acordo com Kihara (2008), o co-processamento de resíduos é uma tecnologia de destinação final de resíduos em fornos de cimento, devidamente regulamentada, que não gera novos resíduos e contribui para a preservação de recursos naturais.

2.1.3.2. Blendagem:

É o processo de mistura de resíduos compatíveis, através do qual é formado um produto homogêneo com características dos parâmetros físico-químicos dentro de uma faixa constante independente dos resíduos blendados (PEREIRA, 2002).

2.1.3.3. Clínquer:

Componente básico do cimento, constituído principalmente de silicato tricalcio, silicato dicalcico, alumínio tricálcico, e ferroalumínio tetracalcico (Resolução CONAMA 264/1999)

2.1.3.4. Processo de fabricação do cimento

Os sítios de produção de cimento são constituídos por duas grandes atividades: a mineração de calcário e a fabricação de cimento, em plantas que estão interligadas fisicamente por correias transportadoras ou teleféricos que transportam o calcário extraído das minas até a área industrial.

A atividade de mineração da rocha calcária é realizada em grandes lavras mecanizadas a céu aberto. As rochas são desmontadas com explosivos e cominuídas para granulometria adequada à sua alimentação nos moinhos de matérias-primas da planta de fabricação de cimento.

O processo tecnológico de produção de cimento implantado na maioria das indústrias brasileiras é conhecido como processo via seca e é constituído, basicamente, das seguintes etapas:

1ª. moagem e homogeneização das matérias-primas – calcário (94%), a argila (4%) e quantidades menores de óxidos de ferro e alumínio (2%) – para obtenção da farinha crua;

2ª. clínquerização da farinha crua em fornos rotativos para obtenção do clínquer e resfriamento do clínquer;

3ª. moagem do clínquer para e adição de gesso para obtenção do cimento;

4ª. ensacamento e expedição do produto final.

A indústria de cimento caracteriza-se pelo consumo intensivo de energia, seja na forma de calor, utilizado nos fornos rotativos para a produção de clínquer, seja na forma de energia elétrica, consumida em todo o processo industrial para movimentar máquinas, fazer girar os fornos rotativos e os moinhos. A maior parte do consumo de energia para a fabricação de cimento, porém, ocorre na produção de clínquer: cerca de 63% (SANTI, 1997). Na Tabela 1 estão resumidas características tecnológicas do setor de fabricação de cimento no País.

Tabela 1 – Brasil: características tecnológicas da indústria de cimento

Parâmetro	Dados
Processo	via seca, 98% da produção
Consumo específico de energia térmica	3260 a 3770 kJ/kg de clínquer (780 a 900 kcal/kg)
Consumo específico de energia elétrica	80 a 150 kWh/t cimento, 70% nos sistemas de moagem
Sistemas de moagem	75% dos moinhos operando em circuito fechado

Fonte: Santi, 1997

O preparo de uma mistura de resíduos, comumente chamada de blend de resíduos, é uma solução para uniformizar as características dos resíduos e evitar variações e instabilidades no forno de clínquer. Ao mesmo tempo, essa técnica permite viabilizar pequenas correntes de resíduo que, individualmente, dificilmente seriam co-processadas (por não oferecer um volume mínimo que justifique uma instalação apropriada para o coprocessamento).

O preparo do blend também auxilia a minimizar os riscos de acidentes, uma vez que gera um produto mais adequado para o manuseio e acondicionamento.

2.1.3.5. Coprocessamento de residuais industriais em fornos de cimento

Ao privilegiar o reaproveitamento de resíduos sólidos, essa tecnologia deve contribuir para a substituição parcial na utilização de combustíveis ou matérias primas durante o processo de produção de cimento. Por fim, é importante salientar que a qualidade do produto final obtido (cimento) não deve sofrer nenhuma alteração pela utilização desses processos (ABCP, 2002).

A resolução 264/99, cita em seu artigo 4º, que além dos limites de emissões e concentrações, os materiais utilizados deverão possuir outros critérios. Deverão possuir um Poder Calorífico Superior acima de 1.500 kcal/kg. Para materiais com

poder calorífico acima de 1.000 kcal/kg e abaixo de 1.500 kcal/kg, é possível o Licenciamento desde que esses resíduos sejam destinados à mistura com resíduos.

De maior poder calorífico ou para pontos onde sejam necessários materiais com menor Poder calorífico. Caso o resíduo não possua poder calorífico acima de 1.000 ou 1.500 kcal/kg, o material poderá ser utilizado como substituto de energia caso possua em base seca, a soma dos óxidos Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 , CaO , MgO , K_2O e Na_2O , acima de 50%. Desde que não atinja nenhuma outra concentração estabelecida na resolução:

- Eliminação definitiva, técnica e ambientalmente segura dos resíduos;
- Substituição de recursos energéticos não renováveis por fontes alternativas de energia;
- Preservação de jazidas;
- Uso de tecnologia e instalações existentes;
- Não afeta qualidade do produto;
- As emissões atmosféricas são mantidas muito abaixo dos limites de emissões;
- Geração de empregos, renda e impostos.

2.1.4 Legislação aplicada ao coprocessamento

Com a entrada em vigor da Resolução Nº 264, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), de 26 de agosto de 1999, ocorreu uma regulação sobre procedimentos e critérios técnicos para o funcionamento de sistemas de tratamento térmicos de resíduos industriais em fornos de clínquer.

Entre outras deliberações, essa resolução regularizou os resíduos que podem ser utilizados coprocessamento, estabeleceu os critérios de utilização. Regulou os aspectos técnicos a serem levados em consideração na fundamentação do processo de licenciamento ambiental da atividade (CONAMA, 1999).

A Resolução CONAMA 316, de 29 de outubro de 2002, dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos e cadáveres, através da incineração, estabelecendo estudos de análise de alternativa tecnológica, visando comprovar que a escolha da tecnologia adotada está de acordo com o conceito de melhor técnica disponível (CONAMA, 2002).

Além da CONAMA 264/1999 e das regulamentações estaduais específicas fazem parte da gestão do coprocessamento: a NBR 10004 (ABNT, 2004) para a classificação de resíduos, a ANIT 420 (2004) para o transporte de produtos perigosos, as NBR 11174 (ABNT, 1990) e NBR 12235 (ABNT, 1992) para o armazenamento temporário de resíduos classe II A e B e classe I, respectivamente, assim como as Normas Regulamentadoras, em especial as NR7, NR9 e NR 15 do Ministério do Trabalho e Emprego.

2.1.5. Aspectos Ambientais do coprocessamento

As excelentes condições do processo de produção de cimento favorecem com grande margem de segurança o atendimento integral dos limites de emissão atmosférica, assegurando a qualidade do produto (clínquer).

A fabricação cimento apresenta excelentes condições para reaproveitamento/recuperação de forma segura e definitiva de diversos tipos de resíduos

O coprocessamento não forma gases específicos. Os gases permanecem os mesmos que são normalmente gerados no processo de fabricação de cimento sem coprocessamento.

O uso dos de equipamentos de controle da poluição do ar – ECPs - normalmente filtros eletrostáticos ou de mangas, esses equipamentos filtram os gases que saem do forno, retendo o material sólido – material particulado – e permitindo a passagem dos gases. Possuem eficiência de 99,5 a 99,99%.

Os gases são monitorados de forma contínua para atender aos limites estabelecidos na regulamentação do coprocessamento.

2.1.6. Aspectos de saúde e segurança do trabalhador

A atividade de coprocessamento, como qualquer outra, está sujeita às normas e regulamentos relativos à proteção da saúde do trabalhador, que envolve equipamentos de proteção coletiva e individual, além de instalações adequadas que minimizam os níveis de exposição a agentes químicos presentes nos resíduos.

Com base em um sistema de saúde ocupacional e de segurança que abrange todas as medidas preventivas exigidas e necessárias para minimizar o risco potencial para os trabalhadores e moradores.

Alguns pré-requisitos devem ser observados quando da utilização do coprocessamento como alternativa para destinação de resíduos sólidos. Dentre esses principais pré-requisitos, há o fato de que o coprocessamento não deve afetar de modo negativo o ambiente e as condições de segurança e saúde pública devem ser rigorosamente observados, como as Normas Regulamentadoras, em especial as NR7, NR9 e NR 15 do Ministério do Trabalho e Emprego. (MONTENEGRO,2007)

Comparando a produção de cimento convencional com a produção utilizando, observou-se que, tanto para a fabricação de cimento convencional quanto para a fabricação utilizando os RIP's, a emissão de gases tóxicos situou-se na gama de 10-15 ppm, o que requer cuidados mínimos de modo que não gerem problemas de saúde.

Aspectos importantes a serem analisados na atividade de coprocessamento dos resíduos industriais certamente são referentes às emissões geradas durante a combustão, atividades realizadas antes do coprocessamento, como por exemplo, o manuseio dos resíduos e até que ponto, estas questões são prejudiciais ao meio ambiente e a saúde humana.

Em relação ao monitoramento ambiental, Santos Neto (2008) indica que o mesmo deve ocorrer de modo constante, em relação às emissões, não podendo ultrapassar os limites estabelecidos pela resolução CONAMA 264/99, quando do funcionamento do forno com combustíveis convencionais e com resíduos.

2.1.7 Sustentabilidade e a indústria cimenteira

Os dilemas da sustentabilidade estão presentes há tempos na indústria cimenteira, mesmo que tenham sido verificados apenas pelo seu viés econômico: o custo do suprimento de combustível (SANTI e NEBRA, 1996). Essa indústria já experimentou uma enorme dependência de óleo combustível (derivado de petróleo, ou mais especificamente, de resíduos viscosos do refino) ou seja, submissão do petróleo cru, o qual, na época, anos 60, 70, ainda era principalmente importado.

Posteriormente, a indústria cimenteira mudou-se em parte para o carvão mineral e em específico para o carvão vegetal, e nas últimas décadas, particularmente nos anos 1990, incluiu, em sua variada lista de combustíveis para os fornos de clínquer, o uso de resíduos renováveis (vegetais, da agroindústria) e o

uso dos resíduos industriais e de sucatas, vários deles classificados como perigosos (SEVÁ-FILHO e SANTI,2003).

A co-incineração de resíduos industriais em fornos de clínquer é, portanto, prática que remonta à época das crises do petróleo, e, atualmente está sendo vista como uma ação coordenada entre as indústrias cimenteiras e as indústrias geradoras de resíduos, contextualizada mais na esfera ambiental e menos na esfera energética, e considerada pelos geradores de resíduos, com aprovação dos órgãos de meio ambiente, como uma solução definitiva para a destinação de seus rejeitos industriais (SANTI, 2003). A indústria do cimento é responsável por 2% do consumo de energia primária mundial (Nielsen, 2012), por isso, a necessidade da substituição da matriz energética com a utilização do coprocessamento.

A proporção do uso de combustíveis alternativos pela indústria do cimento Portland varia muito dependendo da região e do país. Dados de 2006, da *Cement Sustainability Initiative* (CSI, 2006 apud c, 2009), mostram que os países da Europa substituem em 20% os combustíveis convencionais por alternativos. O gráfico da Figura 2 apresenta a estimativa do uso de combustíveis alternativos na Indústria cimenteira para os próximos 37 anos.

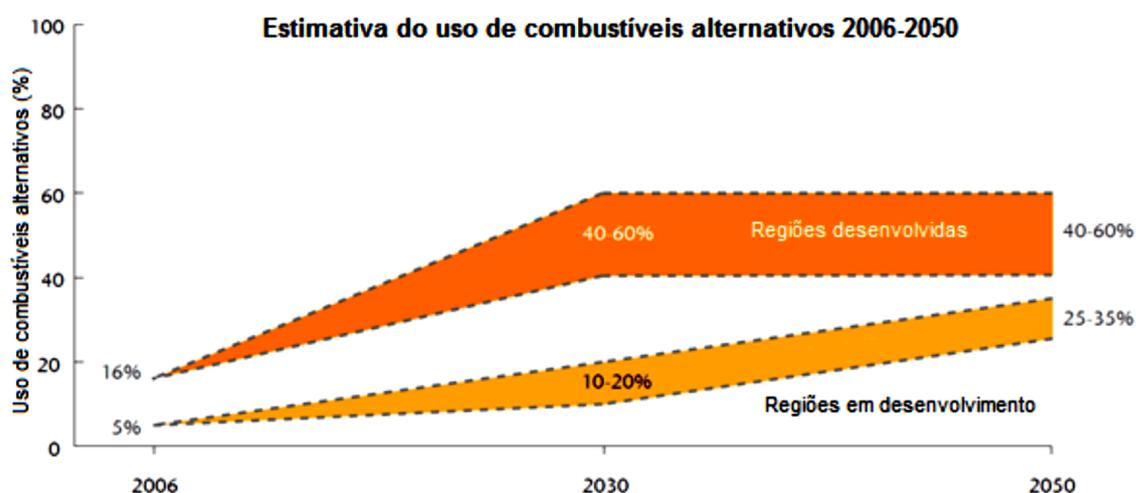


Figura 2. Estimativa da porcentagem do uso de combustíveis alternativos para países desenvolvidos e em desenvolvimento a partir de 2006 até 2050 (Fonte: WBCSD, 2009)

Portanto, o coprocessamento de resíduos industriais como substituto de combustível fóssil neste momento é uma realidade na indústria cimenteira nacional. A Companhia de Cimento Ribeirão Grande chegou a economizar em dois anos U\$280 mil (SCHAFF,1999). Proporcionado pela substituição de 15% do combustível por resíduos, a Companhia de Cimento Itambé economiza anualmente U\$430 mil e

a S.A. Industrias Votorantim, U\$800 mil no Paraná, investindo cerca de 70% desse valor no processamento de resíduos (FERREIRA, 2000).

3-MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Quanto ao Procedimento

Para a realização deste estudo foi utilizado além de fontes bibliográficas de pesquisa, a análise das planilhas de coleta fornecidas pela empresa, onde estão relacionados os resíduos bem como a quantidade coletada dos mesmos.

Essa pesquisa se caracteriza também como descritiva, pois descreveu as características inerentes ao contexto da geração de resíduos sólidos.

3.2 Históricos do objeto em estudo

O estudo de caso em questão foi desenvolvido na indústria cimenteira localizada no município de Nobres-MT, a CMAG foi fundada em 1984 entrando em operação em 1991. Primeira fábrica de cimento do estado, abastece com cimento, em saco e a granel, os estados de Mato Grosso, Rondônia e Acre.

CAPACIDADE DA FÁBRICA:

- Um forno com capacidade de produção de 2 mil t/ dia
- Britagem primária – 850 t/hora
- Britagem secundária e terciária – 425 t/hora
- Moagem de cru (01 moinho) – 225 t/hora
- Moagem de cimento (02 moinhos) – 130 t/hora (750 mil t/ano)
- Expedição de cimento: 4.400 sacos/hora e 250t/hora a granel.

3.3 Instrumentos de Coleta de Dados

A pesquisa foi executada com base em dados de coletas fornecidos pela empresa, em planilha Excel, na qual foram lançados os resultados das coletas, como Nº do certificado, Data, CNPJ do Tomador, Razão Social do tomador/gerador, resíduo, quantidade de resíduo coletada, a unidade de medida, devidamente compilados, e convertido para a unidade quilograma.

Foram utilizados os dados de 2010 a 2016 e, a triagem dos materiais a serem coprocessados seguem ao fluxograma da Figura 3.



Figura 3. Triagem, segregação para serem processados, ou vão para o coprocessamento na indústria cimenteira

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

A co-incineração, como realizada atualmente, é um processo notável de disseminação dos riscos de contaminação química associados aos resíduos industriais perigosos, que se desenvolve em escala inter-regional, convergindo para as regiões cimenteiras. Dentre os principais resíduos coprocessados no período de 2010 a 2016 na indústria cimenteira seus resultados estão expressos na Tabela 2.

Tabela 2- Quantidade de resíduos coprocessados no período de 2010 a 2016 na indústria cimenteira em Mato Grosso.

RESIDUOS	CLASSE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
		Kg						
TERRA CONTAMINADA POR HIDROCARBONETO	CLASSE I	19650	88650	68700	103800	151920	189900	188230
GRAXA	CLASSE I	0	2000	7000	14500	17250	24500	22200
MANGUEIRA	CLASSE II	0	2600	22400	32900	76800	76800	43571
PLASTICO CONTAMINADO	CLASSE I	0	5040	14094	10485	61200	6480	6261
PO DE SERRA CONTAMINADO	CLASSE I	0	1200	10650	25500	68550	42000	23100
BORRA DE TINTA	CLASSE I	0	0	0	0	4260	2530	21850
SEMENTE TRATADA	CLASSE I	0	0	0	0	1850	0	1000

Percebe-se pela Tabela 2 que a quantidade de material coprocessados teve seu início com o processamento de terra contaminada em 2010 atingindo seu ápice, por outro lado teve um declínio acentuado em 2014 ocasionado inserção de novos materiais a serem processado como por exemplo plásticos contaminado, pó de serra contaminado e mangueira. Foi verificado também que em 2014 começou a processar a borra de tinta e semente tratada.

A Tabela 3 mostra as variações percentuais em relação ao todo, dos coprocessados no período de 2010 a 2016 e para melhor entendimento e compreensão foram elaborados os gráficos correspondentes as figuras de 4 a 10.

Tabela 3- Porcentagem de material processado por ano no período de 2010 a 2016 na indústria cimenteira em Mato Grosso.

RESÍDUOS	DESTINAÇÃO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
		%						
TERRA CONTAMINADA POR HIDROCARBONETO	CLASSE I	100,00	89,10	55,92	55,45	39,79	55,49	61,47
GRAXA	CLASSE II	0,00	2,01	5,70	7,75	4,52	7,16	7,25
MANGUEIRA	CLASSE I	0,00	2,61	18,23	17,58	20,11	22,44	14,23
PLÁSTICO CONTAMINADO	CLASSE I	0,00	5,07	11,47	5,60	16,03	1,89	2,04
PO DE SERRA CONTAMINADO	CLASSE I	0,00	1,21	8,67	13,62	17,95	12,27	7,54
BORRA DE TINTA	CLASSE I	0,00	0,00	0,00	0,00	1,12	0,74	7,14
SEMENTE TRATADA	CLASSE I	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	0,33

A Figura 4 mostra o desempenho do processamento da terra contaminada, demonstrando que em 2010 representava 100% de todo material enviado para e com declínio constante, no qual apresentou uma queda expressiva em 2014 (39,79%), em relação ao todo.

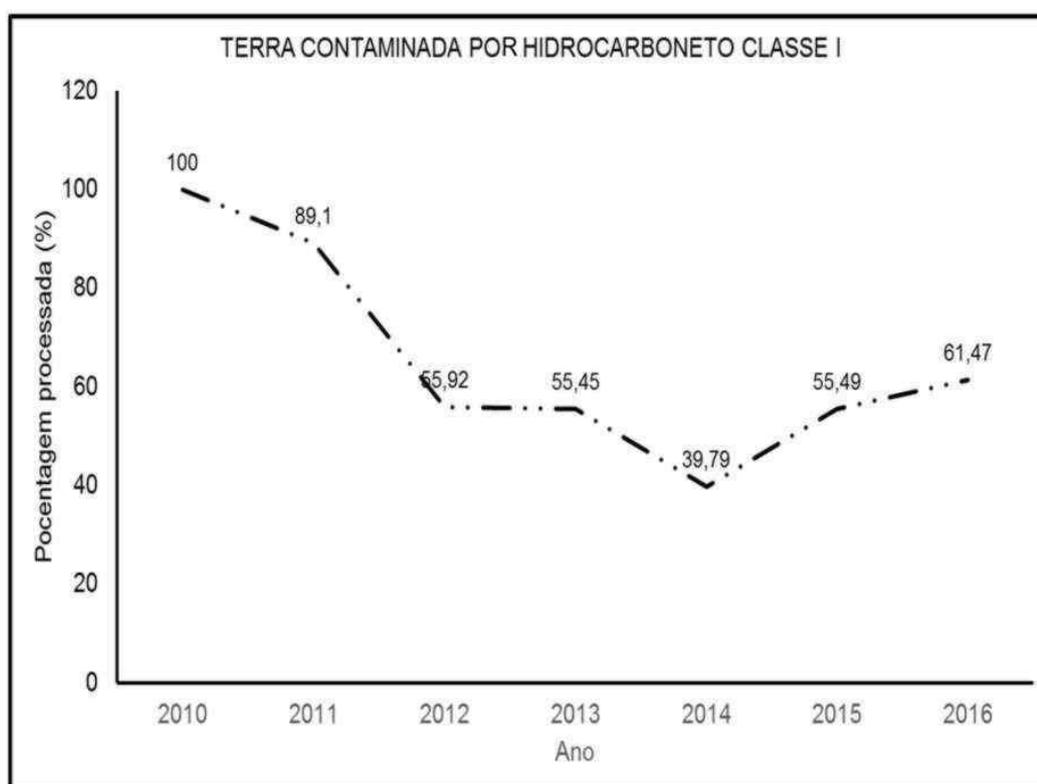


FIGURA 4. Porcentagem de terra contaminada enviada para ser coprocessada de 2010 a 2016 na indústria cimenteira.

As diferentes características operacionais, no que se refere à quantidade e composição dos seus resíduos, exigem que cada empresa desenvolva um sistema de gerenciamento de resíduos específico. A redução de resíduos deve ser, no

entanto, o principal objetivo no planejamento do gerenciamento dos resíduos sólidos industriais. Se os resíduos estão associados a impactos ambientais significativos, todas as atividades relacionadas precisam ser bem planejadas. A figura 4 demonstra essa preocupação, tanto que em 2014 houve uma redução acentuada representada por 39,79%, entretanto percebe-se um incremento em 2016 isto representa um aporte maior desse material a ser processado proporcionado pela preocupação das empresas na eliminação dos passivos ambientais que esses resíduos representam.

A Figura 5 mostra o desempenho do processamento da graxa a variação de 2010 a 2016

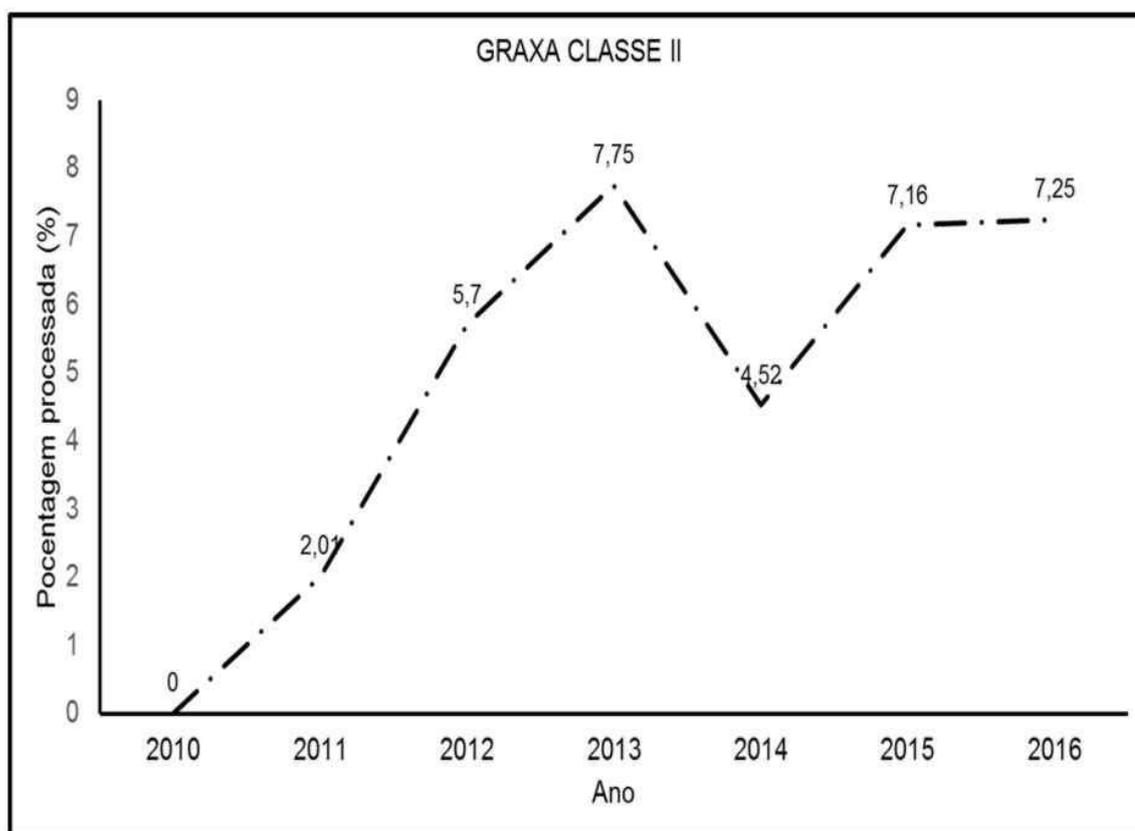


FIGURA 5. Porcentagem de graxa enviada para ser co-processada de 2010 a 2016 na indústria cimenteira.

Pela figura 5 é verificado que o aporte desse material para a destinação em fornos da indústria de cimento cresceu em Mato Grosso no período em estudo, no início representava apenas 2,01% em 2011 e com seu ápice em 2013 representando 7,75% do material processado. Devido ao trabalho de conscientização planejamento e, principalmente a aplicação da legislação e a preocupação com a imagem desse

seguimento, ocorre uma constante disposição desse resíduo nos anos subseqüente variando entorne de 7% do volume processado pela indústria cimenteira.

A Figura 6 mostra o desempenho do processamento de mangueira a variação de 2010 a 2016.

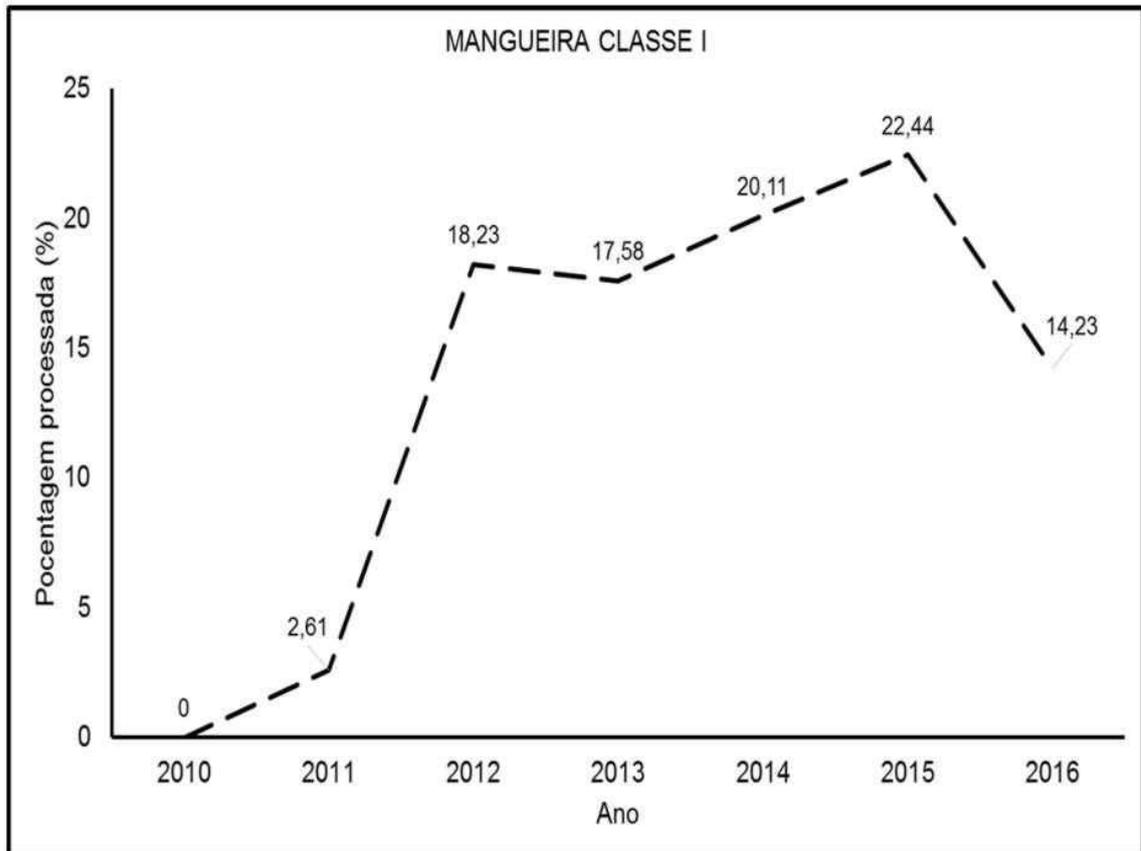


FIGURA 6. Porcentagem de mangueiras coprocessadas de 2010 a 2016 na indústria cimenteira.

Em Mato Grosso a empresa em estudo começou essa coleta e processamento em 2011 sendo responsável por 2,61% do volume processado apresentou crescimento até que em 2015 já representava 22,44% do volume total destinada pela empresa processadora.

A Figura 7 mostra o desempenho do processamento de plástico contaminado a variação de 2010 a 2016

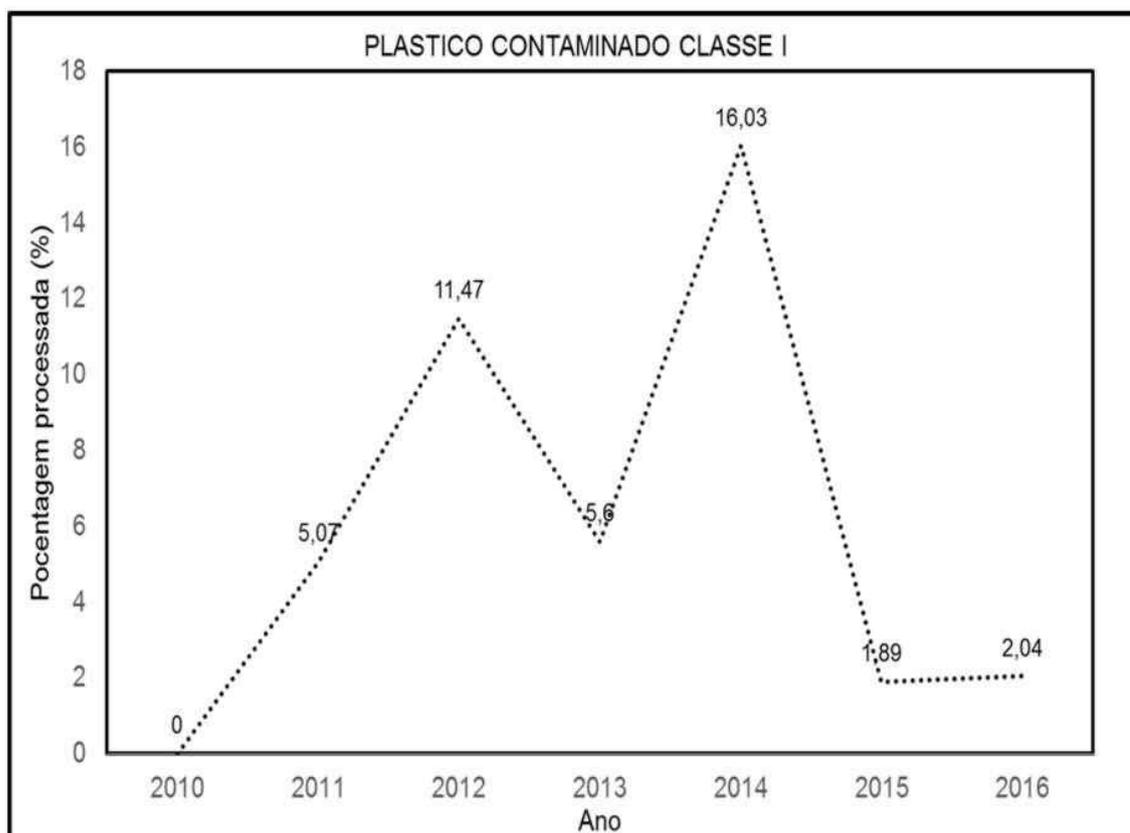


FIGURA 7. Porcentagem de plástico contaminado coprocessado de 2010 a 2016 na indústria cimenteira.

Iniciou-se a coleta deste resíduo em 2011, atingindo seu ponto mais alto em 2014, com queda acentuada em 2015, pode ser explicada por novos clientes com um passivo ambiental, coletado esse passivo diminui o resíduo.

Sua destinação final, representa uma das grandes preocupações no que tange às questões ambientais, pois seus rejeitos se degradam muito lentamente, ficando acumulado no meio ambiente, contribuindo com o agravamento de vários problemas. Considerando o caso específico das embalagens de óleo lubrificante e sua possível disposição em lixões, deve-se ainda levar em conta os problemas potenciais relacionados com a contaminação dos solos e corpos hídricos – principalmente – pelos resíduos oleosos contidos nos frascos de lubrificantes. Portanto, a destinação através do tratamento térmico possibilita seu aproveitamento como fonte energética utilizada em pré-aquecimento de fornos na indústria de cimento.

A Figura 8 mostra o desempenho do processamento de pó de serra contaminado a variação de 2010 a 2016

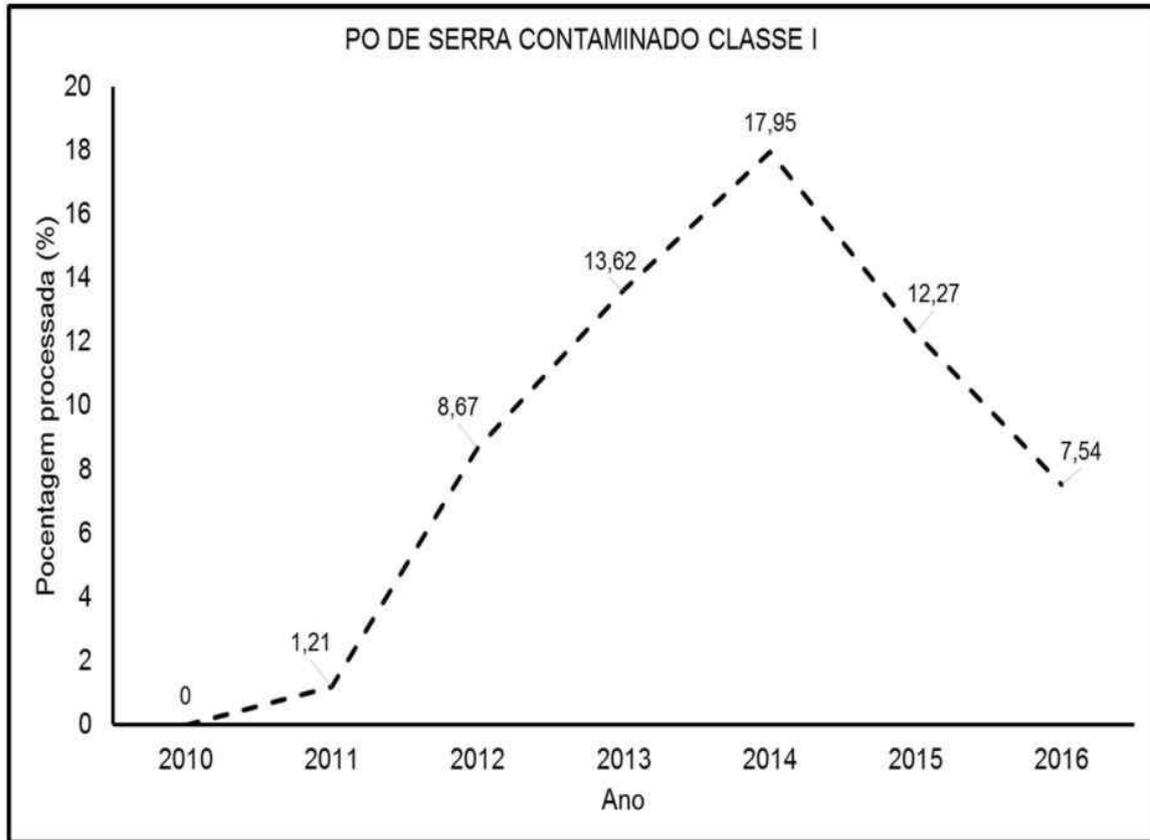


FIGURA 8. Porcentagem de pó de serra contaminado coprocessado de 2010 a 2016 na indústria cimenteira.

Em Mato Grosso foi iniciada a coleta e processamento em 2011 representando apenas 1,21% atingindo o pico em 2014 com o processamento 17,95% do volume total, pode ser atribuído a aumento do número dos clientes da empresa. Utilizada como material absorvente de baixo custo, sua queda para 7,54 % em 2016, pode ser explicada pela gestão ambiental mais eficiente pelas empresas.

A Figura 9 mostra o desempenho do processamento de borra de tinta a variação de 2010 a 2016

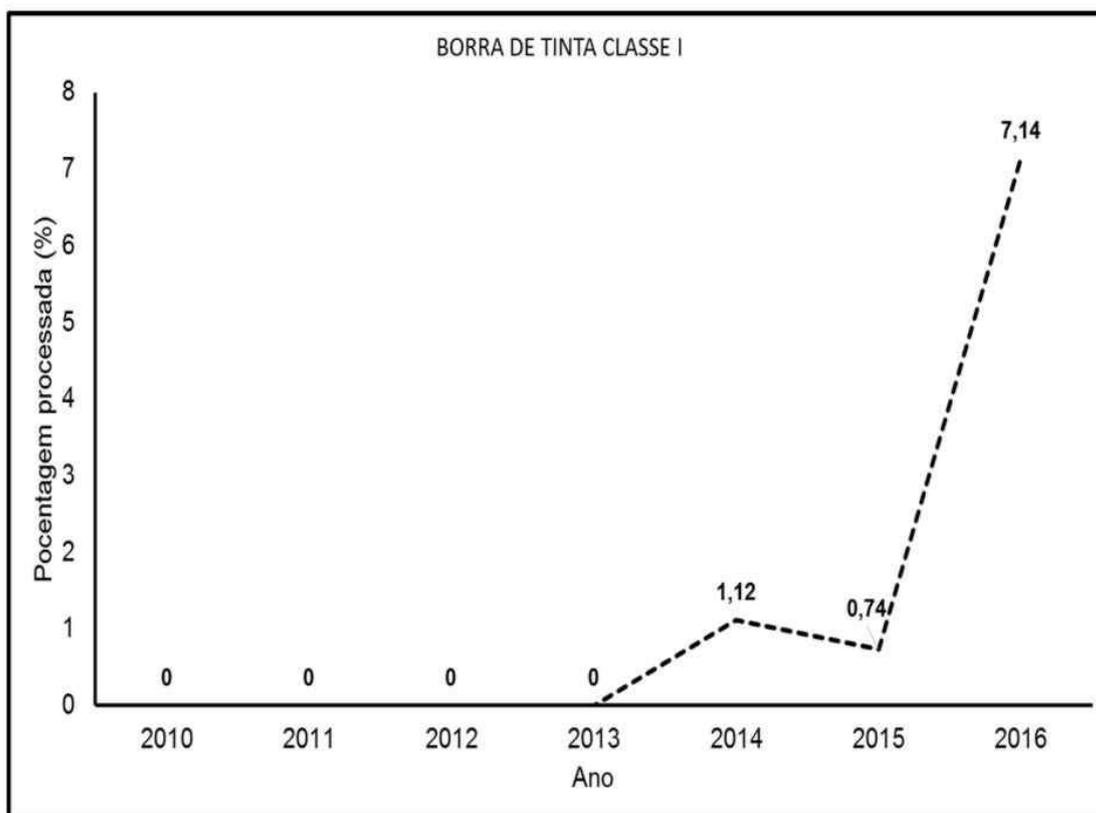


FIGURA 9. Porcentagem de borra de tinta coprocessada de 2010 a 2016 na indústria cimenteira.

Os resultados obtidos nas análises de aceitabilidade das amostras para a técnica de coprocessamento mostraram-se satisfatórios, pois apresentou características dentro das normas estabelecidas pela fiscalização ambiental e pela cimenteira licenciada. Isso demandou uma boa aceitação por parte do segmento gerador, no início do processamento representava 1,12% do material processado, já em 2016 atingindo o seu ápice de 7,14%, devido a necessidade de atendimento da legislação, novas empresas têm buscado essa alternativa para a eliminação de seus passivos ambientais e promovendo melhoria na saúde e qualidade de vida de seus colaboradores.

A Figura 10 mostra o desempenho do processamento de semente tratada a variação de 2010 a 2016

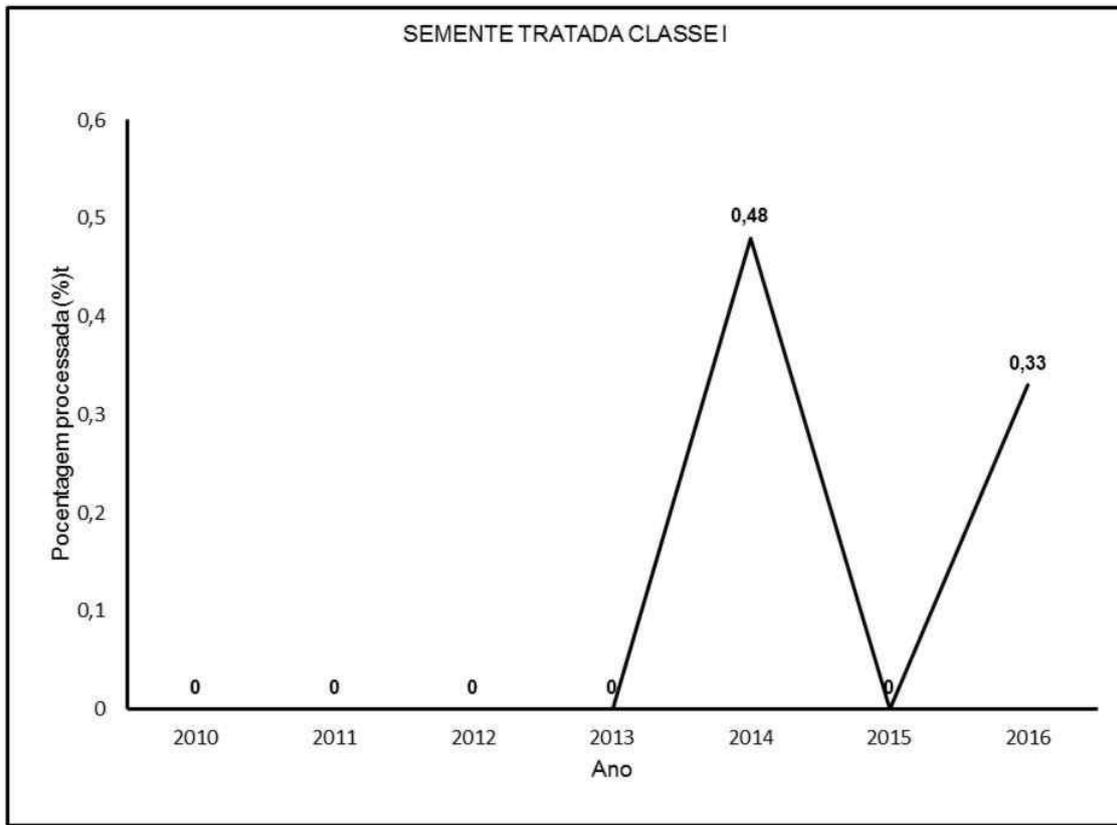


FIGURA 10. Porcentagem de semente tratada coprocessada de 2010 a 2016 na indústria cimenteira.

Foram iniciadas as coletas e processamento em 2014, quando representou 0,48%, em 2015 não houve a coleta deste resíduo, já em 2016 voltou a ser coletado e processado.

Segundo Zambon (2013), o Tratamento Industrial de Sementes (TIS) oferece uma série de vantagens que devem ser consideradas pelo agricultor e empresário rural no momento da compra da semente. Entretanto, os produtos químicos são relatados em 92%, sendo que os mais utilizados no TIS são agrotóxicos, como fungicidas e inseticidas, e ainda polímeros visando obter uma textura uniforme e conseqüentemente melhorando a performance das sementes na semeadura, ou ainda como forma de corantes para identificar diferentes tratamentos ou materiais.

5. CONCLUSÃO

O coprocessamento é adotado pela maioria das fábricas de cimento ao redor do mundo, variando os combustíveis alternativos utilizados e as taxas de substituição de acordo com a região, visando:

- Destinação final adequada para a maioria dos resíduos industriais e passivos ambientais gerados atualmente;
- Gera energia e simultaneamente promove o tratamento térmico dos resíduos;
- Diminuição do consumo de combustíveis fósseis durante o processo de produção do clínquer;
- Diminuição dos gastos de produção do cimento é referente ao gasto de combustíveis e energia elétrica;
- Promover dentro de uma sistemática consolidada, o processo de destruição térmica de passivos ambientais produzidos por outras indústrias;
- Geração de valor ao coprocessamento, tais como: mão de obra, treinamentos, redução de custos, substituição e redução do consumo de combustíveis convencionais por alternativos.

Com este estudo foi possível constatar que para preservar o meio ambiente basta um pouco de boa vontade e contribuição principalmente por parte dos agentes produtivos, através da redução, reutilização ou reciclagem dos resíduos nos seus processos produtivos, adquirindo assim ganhos financeiros, econômicos, ambientais e proporcionando uma melhor qualidade de vida a sociedade.

6. RECOMENDAÇÕES

Com a realização da pesquisa percebe-se que é necessária uma profunda mudança na:

- Na gestão empresarial nas organizações, principalmente no que diz respeito a gestão ambiental;

- Aplicar mais recursos nos programas de coleta seletiva de resíduos perigosos favorecendo a proteção do meio-ambiente tornando-se um diferencial na obtenção das vantagens competitivas;

- Promover a divulgação através de demonstrativos adequados as ações de coprocessamento no processo fabril, pois uma organização socialmente responsável tem o reconhecimento e a preferência do mercado consumidor.

Propõe-se também a análise da emissão de poluentes com o uso de diferentes tipos de resíduo industriais e passivos ambientais como combustíveis alternativos para a produção do clínquer.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Apresentação sobre coprocessamento em fornos de cimento da ABCP para a Fundação Getúlio Vargas**. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004 Resíduos sólidos- Classificação**. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11174 Armazenamento de Resíduos Classe II- não inertes e III-inertes**. Rio de Janeiro, julho 1990. 7p.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12235 Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos**. Rio de Janeiro, abril 1992. 14p.

ANTT – AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE TERRESTRE. **Resolução ANTT no. 420 de 12 de fevereiro de 2004. Aprova as instruções complementares ao regulamento do transporte terrestre de produtos perigosos**. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/legislacao>

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 264, de 26 de agosto de 1999**. “Define procedimentos, critérios e aspectos técnicos específicos de licenciamento ambiental para o coprocessamento de resíduos em fornos rotativos de clínquer, para a fabricação de cimento”. Brasil, 1999b. Disponível em: <http://www.mp.rs.gov.br/legislacao/id1974.htm>. Acesso em: jun. de 2017.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 316 de outubro de 2002**. Dispõe sobre procedimentos e critérios para o tratamento térmico de resíduos. Brasil, 2002. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res31602.html>. Acessado em jun de 2017.

BRASIL. Presidência da República. **Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 02 de agosto de 2010.

CAVALCANTI, J. E. W. A. **Situação da Indústria de Coprocessamento no Brasil**. Saneamento Ambiental, 1996, n. 39, p.22-23.

COUTINHO, R. M. C.; COUTINHO, A. L. O.; CARREGARI, L. C.; **Incinerção: Uma Alternativa Segura para o Gerenciamento de Resíduos Sólidos; “CLEANER PRODUCTION INITIATIVES AND CHALLENGES FOR A SUSTAINABLE WORLD”** São Paulo – Brazil – May 18th-20ndth – 2011

DEMAJOROVIC J. **A evolução dos modelos de gestão de resíduos sólidos e seus instrumentos**. Cadernos FUNDAP; 1996; 20:47-58.

KIHARA, Y. Impacto da Normalização do coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIMENTO, 5, São Paulo, Novembro, 1999. **Anais....**São Paulo, 1999.

LEITE, W.C.A., **Estudo da gestão de resíduos sólidos: uma proposta de modelo tomando a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI – 5) como referência**. São Carlos. Tese de D.Sc., Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1997.

MARINGOLO, V. **Clinker Co-processado produto de tecnologia integrada para sustentabilidade e competitividade da indústria de cimento**. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MONTENEGRO, P.M. **Análise para o aceite de resíduos para coprocessamento em fornos de clínquer**. Belo Horizonte, 2007. Dissertação [Mestrado]. Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais.

NASCIMENTO, C.M.A.T.; DA CRUZ, M.L.B. Resíduos industriais e a invisibilidade de seus riscos socioambientais. **Revista da ANPEGE**, v. 11, n. 15, p. 257-279, 2015.

NILSEN, A. R. **Combustion of large solid fuels in cement kilns**. 2012. 868 p. Tese (Ph.D.) – Departamento de Engenharia Química e Bioquímica, Technical University of Denmark, Lyngby, 2012.

PAULELLA, E.D.; SCAPIM C.O.; 1996, **Campinas: a gestão dos resíduos sólidos urbanos**. Campinas, Secretaria de Serviços Públicos, Secretaria da Administração.

PEREIRA, M.S. **Caracterização de produtos e contaminantes no reaproveitamento térmico de resíduos sólidos orgânicos. Estudo de Caso: o processo de conversão a baixa temperatura, Niterói**. Tese de Doutorado em Geociências. Departamento de Geoquímica. Universidade Federal Fluminense. 2002

SANTI, A.M.M. **O emprego de resíduos como combustíveis complementares na produção de cimento na perspectiva da energia, da sociedade e do meio ambiente. Estudo de caso: Minas Gerais no período 1980-1997**. Campinas, 1997. Dissertação [Mestrado]. Planejamento de Sistemas Energéticos. Faculdade de Engenharia Mecânica. UNICAMP.

WBCSD – World Business Council for Sustainable Development. “Cement Technology Roadmap 2009: **Carbon emissions reductions up to 2050**”. WBCSD, 2009. 36 p. Disponível em: <<http://www.wbcsd.org/Plugins/DocSearch/details.asp?DocTypeId=25&ObjectId=MzY3NDI>>. Acesso em: 8 de jun. de 2017.

SANTOS, M.M. **O coprocessamento de resíduos industriais em fornos de clínquer**: Avaliação das emissões atmosféricas. Dissertação (Mestrado em Saúde Ambiental)- Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo 2003.

SANTOS NETO, B. C. **Proposição de um sistema de gestão na atividade de coprocessamento de resíduos industriais em fornos de cimento** [dissertação]. Niterói: Universidade Federal Fluminense. Centro Tecnológico, 2008.

SANTI, A. M. M. Co-incineração e coprocessamento de resíduos industriais perigosos em fornos de clínquer: Investigação no maior pólo produtor de cimento do País, Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG, sobre os riscos ambientais, e propostas para a Segurança Química. 2003. 227 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SEVÁ-FILHO, A.O.; SANTI, A.M.M. Os princípios da Precaução e da Segurança Química diante de novos riscos: uso de resíduos industriais na fabricação de cimento. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXIII. Ouro Preto, MG Out 2003. 10p.