



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

David Barreto de Aguiar

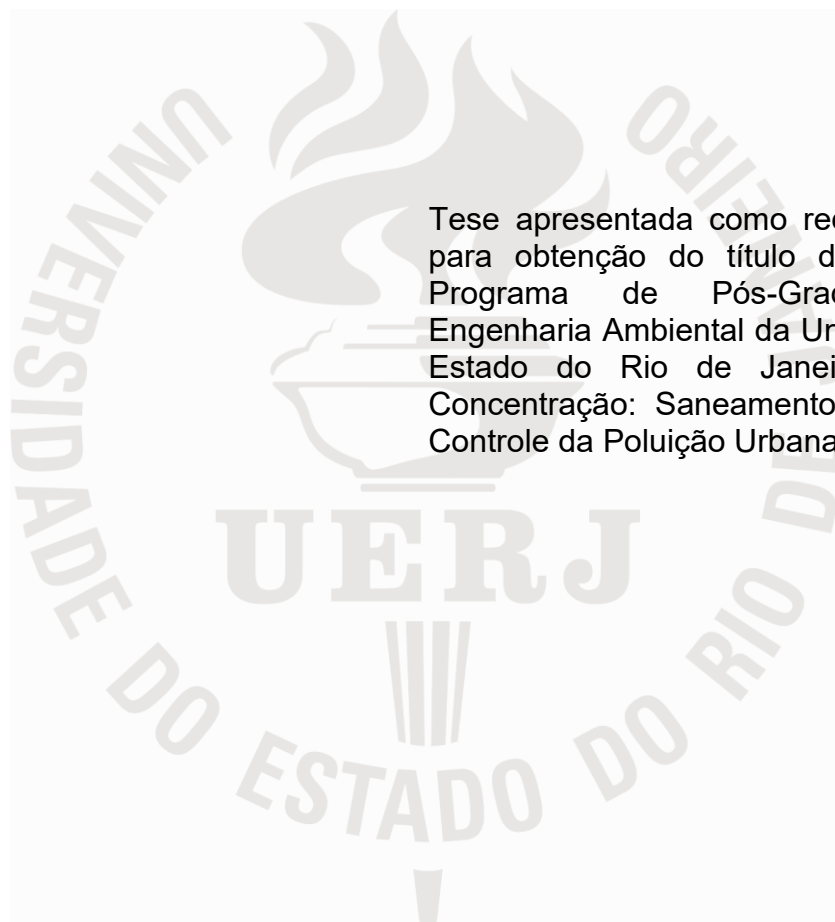
**Avaliação do Ciclo de Vida nas atividades de coprocessamento de
resíduos industriais em fornos de clínquer no Estado do Rio de
Janeiro**

Rio de Janeiro

2021

David Barreto de Aguiar

Avaliação do Ciclo de Vida nas atividades de coprocessamento de resíduos industriais em fornos de clínquer no Estado do Rio de Janeiro



Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos

Coorientador: Prof. Dr. Victor Paulo Peçanha Esteves

Rio de Janeiro

2021

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

A282 Aguiar, David Barreto de.
Avaliação do ciclo de vida nas atividade de coprocessamento de resíduos industriais em fornos de clínquer no Estado do Rio de Janeiro / David Barreto de Aguiar. – 2021.
214f.

Orientador: Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos.
Coorientador: Victor Paulo Peçanha Esteves.
Tese (Doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia ambiental - Teses. 2. Resíduos industriais – Aspectos ambientais - Teses. 3. Cimento - Indústria - Teses. 4. Ciclo de vida do produto - Teses. 5. Testes de toxicidade - Teses. I. Mattos, Ubirajara Aluizio de Oliveira. II. Esteves, Victor Paulo Peçanha. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia. IV. Título.

CDU 628.4:504.5

Bibliotecária: Júlia Vieira – CRB7/6022

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

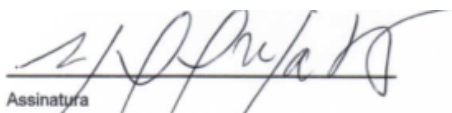
David Barreto de Aguiar

Avaliação do Ciclo de Vida nas atividades de coprocessamento de resíduos industriais em fornos de clínquer no Estado do Rio de Janeiro

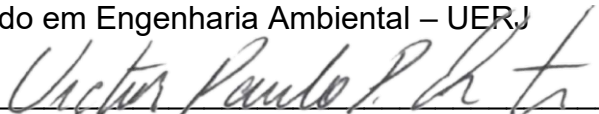
Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Aprovada em 30 de julho de 2021

Banca Examinadora:


Assinatura

Prof. Dr. Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos (Orientador)
Doutorado em Engenharia Ambiental – UERJ



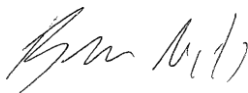
Prof. Dr. Victor Paulo Peçanha Esteves (Coorientador)
Escola Politécnica - UFRJ



Prof. Dr. Alphonse Germaine Albert Charles Kelecom
Departamento de Biologia Geral - UFF

Fatima Sueli N. Ribeiro

Profª. Dra. Fátima Sueli Neto Ribeiro
GEPEPI - UERJ



Prof. Dr. Bruno Milanez
POEMAS – UFJF



Luiz Carlos De Martini Júnior
De Martini Ambiental

Rio de Janeiro

2021

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha esposa Fernanda, aos meus filhos Rachel e David, que sempre me apoiaram em todo o tempo e abdicaram de muitas horas do meu convívio familiar para que este trabalho pudesse ser realizado.

Dedico também aos mais de quinhentos mil brasileiros, vítimas fatais da Pandemia da covid-19, da incompetência política e do negacionismo científico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por permitir realizar este momento da minha carreira acadêmica, mesmo tendo passado pela covid-19.

Agradeço à linda família que formei: Fernanda, Rachel e Davizinho, vocês são maravilhosos. Fico até sem palavras para descrever o apoio incondicional de vocês dado a mim.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos, ou simplesmente “Bira”, que além da sua função acadêmica magistral, tornou-se um grande amigo e em todo o tempo nos incentivou a persistir, mesmo nos momentos mais difíceis desta jornada;

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Victor Paulo Peçanha Esteves, pela orientação, incentivo e acesso ao recurso técnico do software que me proporcionou uma maior qualidade neste trabalho. Não poderia deixar de agradecer também à sua filha Prof.^a Elisa Esteves pelas explicações da técnica de ACV que foram fundamentais na aplicação desta ferramenta na pesquisa;

Aos membros da banca, agradeço desde já as suas contribuições para o meu aperfeiçoamento acadêmico por intermédio deste trabalho,

Agradeço aos meus pais, Sr. José Eurico e Sra. Maria Magdalena e a minha irmã Ilana, pelo constante incentivo;

Aos meus sogros, Ivanete e Filintro, que sempre me apoiaram e incentivaram.

Agradeço à minha comunidade de fé da Igreja Presbiteriana de Arraial do Cabo que sempre contribuía com as suas orações em nosso favor;

Aos professores do DEAMB pelo ensino de qualidade em meio a tantas dificuldades enfrentadas na gestão do Governo do Estado do Rio de Janeiro;

À Coordenação do DEAMB, na pessoa da Prof.^a Márcia e à secretária acadêmica, Elaine Pinto.

Aos colegas da turma 2016, especialmente ao Renato Batista, Rodrigo Araújo e Mauro Prioste (turma 2015) que viraram verdadeiros amigos em meios aos desafios;

Ao Instituto Federal do Rio de Janeiro, especialmente ao Campus Arraial do Cabo, meu lugar de trabalho, pela confiança, incentivo e contribuição para o meu aperfeiçoamento acadêmico,

Enfim, aos colegas de trabalho que muito me apoiaram nesta caminhada, Bruno Cavalcanti e Marcos Mello, nos momentos em que me substituíram com excelência quando precisei me ausentar e ao Rafael Botelho, na ajuda com o idioma Espanhol dos manuscritos.

Fracassei em tudo o que tentei na vida.
Tentei alfabetizar as crianças brasileiras, mas não consegui.
Tentei salvar os índios, mas não consegui.
Tentei fazer uma universidade séria e fracassei.
Tentei fazer o Brasil desenvolver-se autonomamente e fracassei.
Mas os fracassos são as minhas vitórias.
Eu detestaria estar no lugar de quem me venceu.

Darcy Ribeiro

RESUMO

AGUIAR, D. B. *Avaliação do ciclo de vida nas atividades de coprocessamento de resíduos industriais em fornos de clínquer no Estado do Rio de Janeiro*. 2021. 214f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

O coprocessamento de resíduos industriais tem sido utilizado mundialmente na substituição de materiais tradicionais e combustíveis fósseis na produção de clínquer em fábricas de cimento, tendo como meta principal a redução das emissões de gases que contribuem para o agravamento do efeito estufa. Ocorre que as realidades do coprocessamento em países desenvolvidos são diferentes dos países em desenvolvimento. Enquanto que, na Europa, a atividade ocorre com automação dos processos e com rigorosa triagem dos resíduos, no Brasil, o preparo é feito diretamente pelo trabalhador com muitos tipos de resíduos perigosos, que podem contribuir para o seu adoecimento. O objetivo geral do trabalho é: identificar e avaliar os potenciais impactos ambientais e a saúde humana na cadeia do coprocessamento dos resíduos perigosos. A metodologia consistiu na utilização da técnica da Avaliação do Ciclo de Vida, que foi aplicada na abordagem do “portão ao portão” para a blendeira, “do berço ao portão” na cadeia do coprocessamento (blendeira, transporte e clínquerização) e do “portão ao túmulo” para comparação da destinação de resíduos num forno de clínquer com a destinação num aterro sanitário industrial. Foram formados perfis gerais com base nos dados de duas blendeiras e três cimenteiras, todas situadas no Estado do Rio de Janeiro e selecionadas a partir de portais do SISNAMA. O método predominante de Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida escolhido foi o *ReCiPe*. Os resultados do estudo apontaram que o impacto de ponto médio Toxicidade Humana é o mais significativo, enquanto que Saúde Humana foi o principal impacto de ponto final; ambos ocasionados pelas emissões de metais Selênio, Bário, Manganês e Arsênio no ambiente. Conclui-se que o setor cimenteiro brasileiro deve priorizar não apenas a redução das emissões de carbono em seus processos, mas também as ações para redução do impacto da toxicidade humana. Em relação aos aspectos de sustentabilidade do produto, deve-se considerar toda cadeia produtiva, incluindo a obtenção e preparo de resíduos, que se mostram pontos sensivelmente comprovados neste trabalho. Para isso, recomendam-se ações em toda a cadeia produtiva como: implantação de programas de redução da poluição nas empresas geradoras, automação da blendagem com redução da exposição do trabalhador às substâncias e aos odores tóxicos dos resíduos, aumento das fontes de biomassa em fornos de clínquer. Para os órgãos ambientais é fundamental que exerçam com maior rigor o monitoramento e fiscalização das atividades de blendeiras e cimenteiras.

Palavras-chave: Fabricação de cimento. Blendeiras. Avaliação do Ciclo de Vida. Resíduos Industriais. Toxicidade Humana

ABSTRACT

AGUIAR, D. B. *Life cycle assessment in co-processing activities of industrial waste in clinker kilns in the state of Rio de Janeiro*. 2021. 214f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

The co-processing of industrial waste has been globally used in the replacement of traditional materials and fossil fuels in clinker production at cement plants, aiming especially the reduction of gases emission that contribute to the deepening of the greenhouse effect. It is relevant to say that the co-processing realities in developed countries are quite different from those in developing countries. While in Europe this activity has automated processes and a rigorous screening of waste, in Brazil the preparation is directly made by workers, with many kinds of hazardous waste, which may cause health issues. The overall goal of this work is to identify and assess the potential impacts of the co-processing of hazardous waste chain in the environment and human health. The methodology consisted in the technical use of Life Cycle Assessment, which was applied in the “gate-to-gate” approach for blending plants, “cradle-to-gate” for the co-processing chain (blending plant, transportation, and clinkerization), and “gate-to-grave” for comparing the destination of waste to a clinker kiln, and to an industrial sanitary landfill. General profiles were created based on the data from two blending plants and three cement plants, all located in the state of Rio de Janeiro, which were selected from the portals of SISNAMA. The main Life Cycle Assessment method chosen was ReCiPe. The results of this study have shown that the midpoint impact Human Toxicity was the most significant, while Human Health was the main endpoint impact, both caused by the emissions of metals such as Selenium, Barium, Manganese, and Arsenium in the environment. This study concludes that the Brazilian cement industry must prioritize not only the reduction of carbon emissions in its processes but also take actions to reduce the Human Toxicity impact. Regarding the sustainability aspects of the product, we must consider all the productive chain, including the acquisition and preparation of waste, which this work has proven to be sensitive points. For this purpose, we recommend actions throughout all the productive chain, such as the implementation of pollutants reduction program in generating companies, the automation of blending process, reducing the workers’ exposure to toxic substances and odors of waste, and the increase of biomass sources in clinker kilns. It is vital that the environmental authorities execute with greater strictness the monitoring and inspection of blending and cement plants activities.

Keywords: Cement Manufacturing. Blending Plants. Life Cycle Assessment. Industrial Waste. Human Toxicity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Pontos de alimentação de resíduos na produção de clínquer	34
Figura 2: Distribuição das blendeiras no Brasil	36
Figura 3: Localização das plantas de coprocessamento no Brasil	38
Figura 4: Tela de busca no Portal Nacional do Licenciamento Ambiental	50
Figura 5: Localização dos empreendimentos selecionados e excluídos.....	51
Figura 6: Tela da busca de processos do INEA	52
Figura 7: Fluxograma de utilização dos dados extraídos do Portal do INEA	54
Figura 8: Estrutura da Avaliação do ciclo de vida	54
Figura 9: Estimativa das distâncias percorridas nos transportes de resíduos	58
Figura 10: Representação esquemática da produção de cimento	59
Figura 11: Fronteira de sistema da cadeia do coprocessamento	62
Figura 12: Visão geral da estrutura do método <i>ReCiPe</i>	65
Figura 13: Área da empresa	68
Figura 14: Localização geográfica da Essencis	68
Figura 15: Área da Empresa Haztec	69
Figura 16: Localização Geográfica da empresa Haztec	70
Figura 17: Localização das cimenteiras do município de Cantagalo	72
Figura 18: Resíduos para desenvase manual realizado por trabalhadores	81
Figura 19: Resíduos submetidos à picagem, trituração e moagem	82
Figura 20: Equipamento destinado a picagem, trituração e moagem	83
Figura 21: Etapa de Estruturação dos resíduos	84
Figura 22: Baías de mistura e descanso	84
Figura 23: Captação de efluentes das baías de mistura e descanso	85
Figura 24: Hidróxido de cal utilizado para inertização	85
Figura 25: Peneiras rotativas acompanhadas de filtros exaustores	85
Figura 26: <i>Blends</i> líquidos para desenvase e mistura	87
Figura 27: Bombeamento de resíduos líquidos para blendagem	88
Figura 28: Tambores de Armazenagem de resíduos líquidos misturados	89
Figura 29: Filtração dos resíduos líquidos	89
Figura 30: Armazenamento Final de <i>Blends</i> líquidos para expedição	90

Figura 31: Locais destinados ao estacionamento de caminhões e máquinas	91
Figura 32: Esquema dos processos e emissões da blindagem	93
Figura 33: Rios Iriri e Santo Aleixo (Roncador)	105
Figura 34: Importância biológica das áreas no entorno das blendeiras	106
Figura 35: Localização das cimenteiras próximas aos corpos hídricos	126

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Tipos de resíduos utilizados como combustível e matérias-primas	34
Quadro 2: Plantas de coprocessamento no Brasil	37
Quadro 3: Estudos divididos por unidades funcionais.....	41
Quadro 4: Principais métodos de ACV encontrados na revisão bibliométrica	46
Quadro 5: Categorias, unidades e métodos utilizados pelas referências	47
Quadro 6: Indicadores de ponto médio	63
Quadro 7: Descrição dos indicadores de Ponto Final	64
Quadro 8: Quadro de normalização dos resultados	66
Quadro 9: Aspectos ambientais dos processos de blendagem	91

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Classificação dos resíduos industriais baseada na NBR ISO 10004	78
Gráfico 2: Predominância da toxicidade dos resíduos quanto à periculosidade	79
Gráfico 3: Potencial funcionalidade dos resíduos nos fornos de clínquer.....	80
Gráfico 4: Relação das emissões dos elementos com os processos na TH	97
Gráfico 5: Distribuição percentual dos impactos por etapa da blendagem	101
Gráfico 6: Sintomas descritos pela vizinhança das blendeiras em Magé-RJ	103
Gráfico 7: Percentual de atividades de ocupação do solo rural e urbano	110
Gráfico 8: Percentual de atividades de transformação da terra natural	111
Gráfico 9: Percentual de consumo de água de diferentes fontes	112
Gráfico 10: Percentual da entrada de metais como matéria-prima	113
Gráfico 11: Percentual das fontes energéticas das unidades de processo	113
Gráfico 12: Percentual das emissões para o ar na cadeia do coprocessamento ...	114
Gráfico 13: Percentual de emissões para o ar das substâncias radioativas	116
Gráfico 14: Percentual das emissões aquáticas	117
Gráfico 15: Contribuição dos metais para TH nas unidades de processo	119
Gráfico 16: Contribuição dos metais para ETM nas unidades de processo	120
Gráfico 17: Contribuição das emissões na categoria MC	121
Gráfico 18: Contribuição dos combustíveis fósseis para a DF	121
Gráfico 19: Contribuição das substâncias na Depleção de Metais	122
Gráfico 20: Contribuição das atividades para OTA	123
Gráfico 21: Contribuição das substâncias na categoria RI.....	124
Gráfico 22: Tipos de água e suas contribuições para a Depleção da Água	125
Gráfico 23: Principais substâncias para Ecotoxicidade da Água Doce	126
Gráfico 24: Principais atividades de Ocupação da Terra Urbana	127
Gráfico 25: Principais substâncias na Acidificação Terrestre	128
Gráfico 26: Contribuições das substâncias para FOF	129
Gráfico 27: Contribuição das substâncias para Ecotoxicidade do Solo	130
Gráfico 28: Contribuição das substâncias para a formação de MP	131
Gráfico 29: Contribuição das substâncias para a Eutrofização Marinha	132
Gráfico 30: Contribuição das atividades para a Transformação da Terra Natural ..	133

Gráfico 31: Contribuição das substâncias para a Eutrofização da Água Doce	134
Gráfico 32: Contribuições das substâncias para a Depleção do Ozônio	134
Gráfico 33: Distribuição dos impactos nas unidades de processo normalizados ...	137
Gráfico 34: Principais impactos da blendagem normalizados	139
Gráfico 35: Principais impactos da claqueirização normalizados	139
Gráfico 36: Principais impactos do transporte normalizados	140
Gráfico 37: Predominância do impacto à saúde humana - ponderação	141
Gráfico 38: Relações entre as ponderações pelo <i>mix triangle</i>	142
Gráfico 39: Comparativos das categorias de impacto - destinação final	144
Gráfico 40: Percentual das categorias de impacto - destinação final	145

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Geração de resíduos industriais no Brasil por unidade de medida	28
Tabela 2: Quantidades de resíduos industriais gerados no Brasil	28
Tabela 3: Quantidades de resíduos industriais gerados no país em volume	29
Tabela 4: Quantidade de resíduos industriais gerados no país em unidade	30
Tabela 5: Resíduos Perigosos e Não-Perigosos declarados	30
Tabela 6: Operações mais praticadas de destinação adequada dos RI	31
Tabela 7: Quantidade e percentual dos resíduos por tipos de tratamento.....	32
Tabela 8: Resíduos industriais sólidos utilizados na blendagem	74
Tabela 9: Resíduos industriais líquidos utilizados na blendagem	77
Tabela 10: Percentuais dos produtos produzidos na blendagem.....	80
Tabela 11: Destinação final de resíduos e rejeitos da blendagem	80
Tabela 12: ICV para 1 t de <i>blend</i> produzido	94
Tabela 13: Caracterização dos Impactos por etapas da produção de <i>blends</i>	98
Tabela 14: Normalização dos Impactos por etapas da produção de <i>blends</i>	100
Tabela 15: ICV contendo entradas e saídas para 1 t de clínquer	108
Tabela 16: Caracterização dos impactos na cadeia do coprocessamento	117
Tabela 17: Normalização dos impactos na cadeia do coprocessamento	136
Tabela 18: Ponderação dos resultados	141
Tabela 19: Resultados dos impactos das formas de destinação	143

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP: Associação Brasileira de Cimento Portland
ABETRE: Associação Brasileira de Tratamento de Resíduos e Efluentes
ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV: Avaliação do Ciclo de Vida
AICV: Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida
AL: Alagoas
AM: Amazonas
AMM: Associação Mineira de Municípios
APA: Área de Proteção Ambiental
APP: Área de Preservação Permanente
APP: Atividade Potencialmente Poluidora
ARM: Armazenamento
AT: Acidificação Terrestre
BA: Bahia
BOB: Bombeamento
BS: *biologicalsludge*
CDR: Combustível Derivado do Resíduo
CE: Ceará
CEDAE: Companhia Estadual de Água e Esgoto do Rio de Janeiro
CEM: *Cement*
CETESB: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CExD: Applying cumulative exergy demand
CLCD: *Chinese Life Cycle Database*
CLP: *China Light and Power*
CML: *Centrum voor Milieuwetenschappen*
CNAE: Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CNI: Confederação Nacional da Indústria
CONAMA: Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONEMA-RJ: Conselho Estadual de Meio Ambiente do Rio de Janeiro
COVNM: Compostos Orgânicos Voláteis Não-Metano

CRC: carcinogênicos
CRG: Carregamento
CRL: Carregamento de Líquidos
CTF: Cadastro Técnico Federal
DAP: Declaração Ambiental de Produto
DES: Desenvase ou desentamboramento
DF: Depleção Fóssil
DF: Distrito Federal
DM: Depleção de Metais
DO: Depleção do Ozônio
E: Longo prazo
EA: Eutrofização da Água Doce
EE: Estação Ecológica
EM: Eutrofização Marinha
EPI: Equipamento de Proteção Individual
ES: Espírito Santo
ET: Ecotoxicidade Terrestre
ETA: Ecotoxicidade da Água Doce
ETA: Estação de Tratamento de Água
ETE: Estação de Tratamento de Esgoto
ETM: Ecotoxicidade Marinha
FC: fatores de caracterização
FEEMA: Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
FLT: Filtração
FMP: Formação de Material Particulado
FOF: Formação dos Oxidantes Fotoquímicos
GO: Goiás
H: Curto prazo
I: Médio prazo
IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
ICV: Inventário do Ciclo de Vida
IDHM: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

II: inaláveis inorgânicos

ILCD: *Internacional Life Data System*

INEA: Instituto Estadual do Ambiente

INZ: Inertização

IO: inaláveis orgânicos

IPCC: *Intergovernmental Painel on Climate Change*

IPEA: Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada

IPPS: *industrial pollution projection system*

ISO: *International Organization for Standardization*

LTDA: Limitada

MC: Mudança Climática

MCSH: Mudança Climática na Saúde Humana

MG: Minas Gerais

MID: Mistura Direta

MMBH: Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte

MN: Manual

MP: Material Particulado

MS: Mato Grosso do Sul

MSD: Mistura e Descanso

MT: Mato Grosso

NBR: norma brasileira

NCR: não-carcinogênicos

NR: Norma Regulamentadora

OEMA: órgão estadual de meio ambiente

OTA: Ocupação da Terra Agrícola

OTU: Ocupação da Terra Urbana

PA: Pará

PA: Potencial de Acidificação

PAG: Potencial de Aquecimento Global

PAX: Processos Auxiliares

PB: Paraíba

PCI: Poder Calorífero Inferior

PDARF: Potencial de Depleção Abiótica de Recursos Fósseis

PDARNF: Potencial de Depleção Abiótica de Recursos Não-Fósseis

PDO: Processo de Depleção do Ozônio

PE: Pernambuco

PE: Potencial de Eutrofização

PFOT: Potencial de Formação do Ozônio Troposférico

PIB: Produto Interno Bruto

PLANARES: Plano Nacional de Resíduos Sólidos

PM10: Material Particulado 10µm

PNLA: Portal Nacional do Licenciamento Ambiental

PNT: Peneiramento

POP: poluente orgânico persistente

PP: Poluidor-pagador

PR: Paraná

PTM: Picagem-Trituração-Moagem

RCL: Recebimento de Líquidos

RDF: *waste – derived fuel*

RH-V: Região Hidrográfica V do Estado do Rio de Janeiro (Baía de Guanabara)

RI: Radiação Ionizante

RJ: Rio de Janeiro

RS: Rio Grande do Sul

RSU: Resíduos Sólidos Urbanos

S.A: sociedade anônima

SE: Sergipe

SEA-RJ: Secretaria de Estado do Ambiente do Estado do Rio de Janeiro

SIG-RHBG: Sistema de Informações Geográficas da Região Hidrográfica da Baía de Guanabara

SP: São Paulo

Sp.: espécie

Spp.: subespécie

SPL: *Spent-pot-lining*

TCE: Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro

TH: Toxicidade Humana

TO: Tocantins

TTN: Transformação da Terra Natural

UE: União Europeia

USLCI: *United States Life Cycle Inventory*

ZUPI: Zona de Uso Predominantemente Industrial

LISTA DE ELEMENTOS E COMPOSTOS QUÍMICOS

Al: alumínio

As: Arsênio

Ba: Bário

Be: Berílio

C¹⁴: Carbono quatorze

Ca: Cálcio

CFC-10: Cloro-Flúor-Carbono 10

CFC-12: Cloro-Flúor-Carbono 12

CH₄: Metano

CO: Monóxido de Carbono

CO₂: Dióxido de Carbono

Cr: cromo

Cu: cobre

Fe: Ferro

HCFC: Hidroclorofluorcarbono

Hg: mercúrio

Mn: Manganês

NH₃: amônia

Ni: Níquel

NO₂: dióxido de nitrogênio

NO_x: óxidos de nitrogênio

N₂O: óxido de dinitrogênio

P: Fósforo

Rn-222: radônio-222

Se: Selênio

Si: Silício

Sn: estanho

SO₂: dióxido de enxofre

SO_x: Óxidos de enxofre

V: Vanádio

Zn: zinco

LISTA DE UNIDADES

bq: becqueral

Kbq: quilo-becquerel

Kcal/kg: quilocaloria por quilo

kg: quilo

kg 1,4 DB eq: quilo de 1,4 diclorobenzeno equivalente

kg C₂H₄ eq: quilo de etileno equivalente

kg CFC-11 eq: quilo de cloro-flúor-carbono equivalente

kg CO₂eq: quilo de dióxido de carbono equivalente

kg Fe eq: quilo de ferro equivalente

kg N eq: quilo de nitrogênio equivalente

Kg NMVOC: quilo de composto orgânico volátil equivalente

kg *oil*eq: quilo de óleo equivalente

Kg PM₁₀ eq: quilo de material particulado 10µm

kg P eq: quilo de fósforo equivalente

kg Sb eq: quilo de antimônio equivalente

kg SO₂ eq: quilo de dióxido de enxofre equivalente

kg U²³⁵eq: quilo de urânio 235 equivalente

kJ/kg: Quilo Joule por quilograma

Km: quilômetro

Km²: quilômetro quadrado

Kwh: quilo-watts hora

m: metro

m²: metro quadrado

m²a: metro quadrado área

m³: metro cúbico

mg: miligrama

MJ eq: megajoule equivalente

MtC: milhões de toneladas de carbono

t: toneladas

µm: micrômetro

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	24
1. RELEVÂNCIA DA TESE	27
1.1. Panorama dos resíduos industriais e do coprocessamento no Brasil	27
2. REFERENCIAL TEÓRICO	40
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	50
3.1. Avaliação do Ciclo de Vida	54
3.1.1. <u>Objetivos e escopos</u>	56
3.1.2. <u>Inventários de ciclo de vida</u>	60
3.1.3. <u>Avaliações de Impacto do Ciclo de Vida</u>	62
3.1.4. <u>Interpretação</u>	65
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
4.1. Localização dos empreendimentos	67
4.2. Origem e tipos de resíduos tratados na blendagem	73
4.3. Objetivo e escopo (blendagem)	81
4.3.1. <u>Descrição das etapas de blendagem</u>	81
4.3.2. <u>Aspectos Ambientais</u>	91
4.4. Inventário do Ciclo de vida da Blendagem	94
4.5. Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida da Blendagem	95
4.6. Interpretação da Blendagem	102
4.7. Inventário do Ciclo de Vida da Cadeia de Coprocessamento	107
4.8. Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida da cadeia do Coprocessamento	117
4.9. Interpretação da cadeia do coprocessamento	141
4.10. Comparativo com outras formas de destinação final	142
CONSIDERAÇÕES FINAIS	146
REFERÊNCIAS	149
ANEXOS:	
I – Movimentação de resíduos na blendeira Haztec	163
II – Movimentação de resíduos na blendeira Essencis	171
III – Informações sobre consumo e fontes de energia elétrica para 1 t de clínquer	203

IV – Informações sobre consumo e fontes de energia elétrica para 1 t de cimento	204
V – Cenários 1 t clínquer (Revisão de literatura)	205
VI – Cenários 1 t Cimento (Revisão de literatura)	209

INTRODUÇÃO

Estima-se que o setor de produção de cimento em todo o mundo tenha sido responsável pela emissão atmosférica de 403 milhões de toneladas de carbono (MtC) em 2017, sendo que, desse total, 68 MtC tenham sido originadas da queima de combustíveis fósseis como carvão, óleo e gás. Essa indústria é responsável por 4% das emissões mundiais de CO₂ (LE QUÉRÉ et al., 2018).

Como exemplo, Wang et al. (2013) apresentaram um primeiro inventário de emissão de gases do efeito estufa da indústria de cimento chinesa e concluíram que os principais fatores responsáveis pelo aumento das emissões de CO₂ entre 2005 e 2009 foram as atividades de produção de cimento e clínquer.

A produção de clínquer, produto da calcinação de calcário e argila, requer quantidades consideráveis de energia térmica. No processo de calcinação do carbonato de cálcio, e para aquecer a refeição crua, a cerca de 1450° C, é necessário cerca de 2000 kJ/kg de clínquer (GALVEZ-MARTOS; SCHOEMBERGER, 2014).

A técnica do coprocessamento tem sido empregada mundialmente com a finalidade de reduzir o consumo de combustível fóssil e matérias-primas na fabricação de cimento. Trata-se da utilização de rejeitos de atividades industriais, pneus e até mesmo resíduos sólidos urbanos como combustíveis alternativos e matérias-primas nesse processo produtivo (LAMAS et al., 2013).

O coprocessamento tem sido considerado um duplo ganho, convergindo os interesses dos geradores de resíduos que necessitam tratar e dispor os seus resíduos com a demanda das indústrias de cimento, gerando alto consumo de materiais e combustíveis na fabricação do produto. Além disso, apresenta grande potencial para economizar o uso de recursos naturais não renováveis, acarretando a redução da emissão de gases do efeito estufa (BOESCH; HELLWEG, 2010; LAMAS et al., 2013).

O conjunto de 27 países da União Europeia (UE 27) tem feito várias projeções para a substituição de combustíveis fósseis para a produção de cimento, assumindo a proporção de 50-50% entre combustíveis fósseis e alternativos para 2030 (MOYA et al., 2011).

No entanto, as oportunidades de aproveitamento de resíduos urbanos e industriais na fabricação de cimento devem ser objetivamente avaliadas (GÜERECA et al., 2015). Poucos são os estudos científicos desenvolvidos sobre os impactos ambientais e a saúde humana no coprocessamento na indústria do cimento (STAFFORD et al., 2016).

A literatura sobre o assunto tem constatado diferenças nos processos de pré-tratamento entre os países desenvolvidos e aqueles em desenvolvimento. Na maioria dos casos europeus, os riscos no preparo dos resíduos para o coprocessamento são minimizados através da automação dos processos (Milanez et al., 2009).

Huang et al., 2012 alertaram para emissões excessivas de metais pesados na China devido à utilização descontrolada dos coprocessamento de resíduos nos fornos. No Japão, tal problema é reduzido devido a um amadurecido no sistema de classificação e no gerenciamento de resíduos (Li et al., 2014).

A Associação Europeia de Cimento (CEMBUREAU) lançou, em 2013, a Declaração Ambiental de Produto (DAP) para o cimento fabricado na Europa e selecionou cinco principais categorias de impacto: aquecimento global, acidificação, depleção de ozônio, formação de oxidantes fotoquímicos e eutrofização, porém o documento negligencia o impacto da toxicidade devido à falta de modelos reconhecidos internacionalmente.

A literatura sobre o tema tem utilizado estudos de Avaliação do Ciclo de Vida para avaliar os ganhos e prejuízos das atividades de produção de clínquer e cimento com ou sem uso de coprocessamento de resíduos industriais (GALVEZ-MARTOS; SCHOEMBERGER, 2014; SALAS et al., 2016).

A legislação brasileira estabelece duas classes de resíduos que podem ser coprocessados: aqueles que podem substituir parte da matéria prima e os resíduos com alto poder energético que podem ser utilizados como combustíveis secundários (CONAMA, 1999). Atualmente, a legislação sobre coprocessamento modificou conforme a nova publicação da Resolução CONAMA nº 499/2020, que dispõe sobre o licenciamento ambiental das atividades do coprocessamento, porém tal alteração não modifica o escopo da continuidade de queima de resíduos industriais como já era permitido.

Ainda em relação ao Brasil, muitas das atividades de preparo dos resíduos no coprocessamento são realizadas com auxílio do trabalho manual de funcionários (Milanez et al., 2009). Essa atividade é conhecida por *blendagem*, cuja finalidade é retirar a umidade dos resíduos e dar fluidez ao material quando adicionado ao forno de clínquer (Rocha et al, 2011).

Na *blendagem*, os resíduos são misturados de forma a adquirir algumas propriedades semelhantes aos combustíveis normalmente usados, uma delas é o teor calorífero. Esse coquetel de resíduos é chamado genericamente de “*blend*”, e pode também substituir, em parte, alguns aditivos usados na produção do cimento, como óxidos de ferro ou de alumínio (Milanez et al., 2009).

Os poucos estudos acadêmicos realizados no Brasil sobre o coprocessamento têm apontado que a atividade traz efeitos negativos ao meio ambiente e, principalmente, à saúde humana pela toxicidade dos resíduos, diferentemente da propaganda positiva realizada por essa indústria atrelada a produção de cimento. Assim, a investigação de casos concretos precisa ser aprofundada, utilizando técnicas de avaliação de impacto ambiental para análise e conclusões sobre o assunto.

O objetivo geral do trabalho foi identificar e avaliar os potenciais impactos ambientais e a saúde humana da cadeia do coprocessamento dos resíduos perigosos tratados pelas unidades de *blendagem* e utilizados nas indústrias de cimento do município de Cantagalo no estado do Rio de Janeiro.

Os objetivos específicos foram realizar o levantamento de resíduos perigosos e não perigosos utilizados no coprocessamento, relatar o processo de preparo de resíduos para o coprocessamento (*blendagem*) em todas as suas etapas, registrando as entradas de materiais e insumos, além das emissões atmosféricas e líquidas e geração de rejeitos, para identificar e avaliar os impactos da cadeia do coprocessamento de resíduos e realizar o comparativo de destinação final de resíduos entre o coprocessamento e a destinação final em aterro sanitário industrial.

1. RELEVÂNCIA DA TESE

O presente estudo apresenta grande relevância, pois são poucos os estudos de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) realizados nas atividades de coprocessamento no Brasil. Além disso, é descrito com riqueza de detalhes as etapas do processo de blendagem e a origem, os tipos e as quantidades de resíduos industriais utilizados que serão submetidos à queima em fornos de clínquer em forma de *blends*.

A cadeia do coprocessamento também envolve muitos setores da economia que são geradoras de resíduos industriais e tem destinado os seus resíduos para o coprocessamento, passando primeiramente pelo preparo nas blendeiras.

Outro aspecto importante será o entendimento de quais deverão ser as preocupações reais do setor cimenteiro no Brasil quanto ao impacto na produção de clínquer. Se são as mesmas do âmbito internacional, que tem as reduções das emissões atmosféricas de CO₂ com consequente impacto nas Mudanças Climáticas como impacto a ser combatido prioritariamente, ou se serão por outros impactos ligados à saúde humana ou ao meio ambiente, que se poderão revelar como os mais significativos.

O recorte da pesquisa deu enfoque ao conhecimento dos impactos com base na atual realidade do caso proposto estudado, ou seja, identificar os impactos da cadeia do coprocessamento de resíduos industriais, considerando os atuais percentuais de matérias-primas, materiais alternativos, combustíveis tradicionais e combustíveis alternativos. Sendo assim, o atual problema não carece de um simples comparativo de um clínquer com ou sem coprocessamento, uma vez que a tecnologia utilizada dos fornos de clínquer é preparada para processar resíduos industriais. Porém, a pesquisa procurou também, de forma macro, simular cenários com e sem o uso de resíduos alternativos para se obter dados comparativos.

1.1. Panorama dos resíduos industriais e seu coprocessamento no Brasil

Para o aprofundamento dos estudos do coprocessamento, é fundamental entender a dinâmica de geração de resíduos industriais no Brasil. Cabe registrar que há uma incerteza quanto a real quantidade gerada no país, uma vez que apenas os

Estados do Acre, Amazonas, Ceará, Espírito Santo, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul e São Paulo elaboraram os seus inventários de resíduos industriais. Já os demais estados, apesar de terem os seus sistemas de controle, não disponibilizaram seus dados para consulta no Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES, 2020).

Os números de geração de resíduos industriais no Brasil são oriundos da amostra do Cadastro Técnico Federal (CTF) e das Atividades Potencialmente Poluidoras (APP) e são apresentados em m³, toneladas ou unidades, conforme as características dos resíduos destinados e declarados pelas empresas (Tabela 1).

Tabela 1: Geração de resíduos industriais no Brasil por unidade de medida.

Unidades de Medida	Ano – 2016
Metros cúbicos	490.650
Toneladas	1.276.199.686
Unidades	3.141.512
Nº de declarações no CTF/APP	13.607

Fonte: PLANARES, 2020.

As Tabelas 2, 3 e 4 apresentam as quantidades (em toneladas, metros cúbicos e unidades) e os percentuais de Resíduos industriais gerados no ano de 2016 por categorias de setores da indústria e comércio nacionais:

Tabela 2: Quantidade de resíduos industriais gerados no Brasil

Categoria	Resíduos Industriais Gerados em 2016	
	Quantidade (t)	%
Indústria química	1.014.733.344	79,51
Indústria metalúrgica	146.620.530	11,49
Indústria de produtos alimentares e bebidas	49.265.552	3,86
Indústria da madeira	39.587.257	3,1
Indústria de produtos minerais não-metálicos	12.658.992	0,99
Indústria de papel e celulose	4.773.513	0,37
Indústria de material elétrico, eletrônico e componentes	2.437.297	0,19

Indústria de couro e peles	1.422.514	0,11
Indústria mecânica	1.449.994	0,11
Indústria de material de transporte	1.226.140	0,1
Indústria de produtos de matéria plástica	1.261.213	0,1
Indústria da borracha	158.764	0,01
Indústria têxtil, de vestuário, calçados e artefatos e tecidos	219.117	0,02
Indústrias diversas	336.437	0,03
Indústria de fumo	49.022	0
Total	1.276.199.686,43	100

Fonte: PLANARES, 2020

Tabela 3: Quantidade de resíduos industriais gerados no país em unidade de volume

Categoria	Resíduos Gerados	
	Metros cúbicos (m³)	%
Indústria química	133.297	27,17
Indústria de produtos alimentares e bebidas	122.294	24,92
Indústria metalúrgica	84.667	17,26
Indústria da borracha	41.297	8,42
Indústria mecânica	29.821	6,08
Indústria de couro e peles	23.436	4,78
Indústria de material de transporte	22.230	4,53
Indústria de papel e celulose	8.415	1,72
Indústria de material elétrico, eletrônico e componentes	7.065	1,44
Indústria da madeira	5.651	1,15
Indústria de produtos de matéria plástica	5.632	1,15
Indústria de produtos minerais não-metálicos	2.047	0,42
Indústrias diversas	1.795	0,37
Indústria têxtil, de vestuário, calçados e artefatos e tecidos	2.958	0,6
Indústria de fumo	47	0,01
Total	490.650,91	100

Fonte: PLANARES, 2020

Tabela 4: Quantidade de resíduos industriais gerados no país em unidade

Categoria	Resíduos Gerados	
	unidades	%
Indústria de material elétrico, eletrônico e componentes	572.633	18,23
Indústria de produtos alimentares e bebidas	508.701	16,19
Indústria química	489.595	15,58
Indústria metalúrgica	445.848	14,19
Indústria de material de transporte	329.008	10,47
Indústria mecânica	196.342	6,25
Indústria de papel e celulose	129.495	4,12
Indústria têxtil, de vestuário, calçados e artefatos e tecidos	120.591	3,84
Indústria de produtos minerais não-metálicos	99.443	3,17
Indústria de produtos de matéria plástica	99.196	3,16
Indústria da borracha	63.700	2,03
Indústria da madeira	36.718	1,17
Indústria de fumo	35.406	1,13
Indústria de couro e peles	13.700	0,44
Indústrias diversas	1.138	0,44
Total	3.141.512	100

Fonte: PLANARES, 2020

As categorias indústria química e indústria de produtos alimentares e bebidas foram as que mais se destacaram na geração de resíduos sólidos no ano de 2016.

Outro dado importante se refere à classificação dos resíduos industriais como perigosos e não perigosos. A tabela 5 apresenta as quantidades e percentuais dos resíduos industriais quanto a classificação no cadastro técnico federal de atividades potencialmente poluidoras (CTF/APP).

Tabela 5: Resíduos Perigosos e Não-Perigosos declarados

Unidades de medida	Classificação dos Resíduos (ABNT)	Quantidade	%
--------------------	-----------------------------------	------------	---

m ³	Perigosos	308.835	79,95
	Não-perigosos	77.462	20,05
	Total	386.297,34	100
Toneladas	Perigosos	3.620.360	0,29
	Não-perigosos	1.232.721.752	99,71
	Total	1.236.342.111,79	100
unidades	Perigosos	3.094.641	100
	Total	3.094.641	100

Fonte: PLANARES, 2020

O percentual de quase 80% de resíduos industriais declarados em m³, possivelmente, trata de efluentes líquidos que necessitam de um tratamento específico para descarte (PLANARES, 2020). Já por toneladas, os resíduos provavelmente se apresentam em estado sólido.

As operações de destinação ambientalmente adequadas aos resíduos industriais gerados em 2016 (Tabela 6) apresentaram os seguintes caminhos:

Tabela 6: Operações mais praticadas de destinação adequada dos resíduos industriais

Toneladas		m ³		Unidades	
Destinação	(%)	Destinação	(%)	Destinação	(%)
Utilização como combustível (mas não incineração direta) ou outros meios de gerar energia	55,10	Tratamento físico-químico não especificado	31,57	Reciclagem/Reaproveitamento de outros materiais inorgânicos	35,99
Tratamento de solo que produza benefícios para a agricultura ou melhorias ambientais	17,35	Tratamento não-biológico não especificado	28,95	Reciclagem/Reaproveitamento de metais e compostos metálicos	20,25
Reciclagem/	6,89	Utilização	6,81	Acumulação	10,85

Reaproveitamento de metais e compostos metálicos		como combustível (mas não incineração direta) ou outros meios de gerar energia		de material que se pretenda submeter a qualquer das operações de reciclagem	
Total	79,35		67,33		67,09

Fonte: PLANARES, 2010

É motivo de preocupação para o meio ambiente a porcentagem de resíduos que, possivelmente, são destinados de forma inadequada, que atingiram 20,65% dos resíduos industriais declarados em toneladas, 32,67% declarados em m³ e 32,91% em unidades, que não aparecerem na tabela.. Pelos dados apresentados no plano, a maioria dos resíduos que foram declarados em toneladas fazem parte do rol de resíduos que, possivelmente, poderiam ter sido destinados para coprocessamento. Já para os resíduos declarados em m³, possivelmente efluentes, um menor percentual poderia ter sido destinado para essa mesma atividade.

Quanto aos processos de tratamento mais utilizados de destinação, nesse mesmo ano, seus respectivos e percentuais são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Quantidade e percentual dos resíduos tratados por tipos de tratamento

Destinação dos resíduos industriais	(t)	(%)	m³	(%)	Unid.	(%)
Armazenagem no decorrer de quaisquer das operações de tratamento e de disposição	3.226.919,65	42,54	2.912,90	1,09	95.967,83	20,52
Combinação ou mistura antes de se efetuar quaisquer das operações de tratamento e de disposição	2.588.245,10	34,12	7.662,87	2,88	57.592,00	12,31
Tratamento biológico que produz compostos	1.379.779,07	18,19	111.825,01	42,02	12.955,00	2,77

ou misturas finais que sejam eliminadas por meio de quaisquer das operações de tratamento e de disposição						
Incineração sobre o solo	235.514,13	3,10	21.731,35	8,17	43.141,89	9,22
Tratamento físico-químico que produz compostos ou misturas finais rejeitadas por meio de qualquer uma das operações de tratamento destinação	123.181,56	1,62	121.972,01	45,84	242.591,76	51,87
Reempacotamento antes de se efetuar quaisquer das operações de tratamento e de disposição	31.358,59	0,41	4,12	0	15465,00	3,31
Incineração no mar	121,79	0,00	0	0	0	0
Total	7.585.119,89	100	266.108,26	100	467.713	100

Fonte: PLANARES, 2020

Observando a tabela 7, constata-se que 34% dos resíduos destinados em toneladas poderiam ter sido encaminhados à atividade de blendagem para coprocessamento por ser uma atividade que utiliza a combinação e mistura de RI. Da mesma forma, os 12% dos RI declarados em unidades e, por último, os 2,88% os resíduos industriais declarados em m³.

O Coprocessamento no Brasil é utilizado desde o início da década de 1990. A prática utiliza resíduos em substituição parcial ao combustível que alimenta a chama do forno que transforma calcário e argila em clínquer, matéria-prima do cimento (ABCP, 2020).

Os principais tipos de resíduos utilizados no coprocessamento em fornos de clínquer (Figura 1) são: resíduos industriais e comerciais, *blends* (mistura de

resíduos com características apropriadas), combustível derivado do resíduo (CDR), biomassa, pneus e resíduos sólidos urbanos tratados (CNI, 2019).

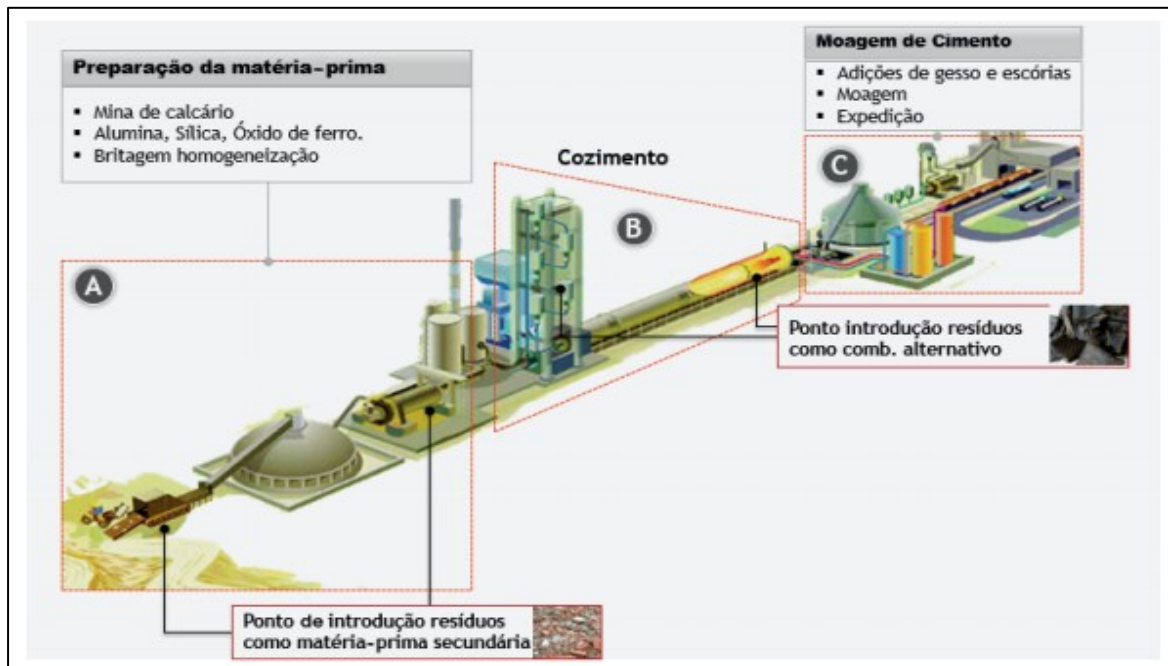


Figura 1: Pontos de alimentação de resíduos na produção de clínquer.

Fonte: Cimpor, 2020

No Quadro 1, encontram-se os principais resíduos que são utilizados como combustíveis e os que são utilizados como matéria-prima no coprocessamento.

Quadro 1: Tipos de resíduos utilizados como combustíveis e matérias-primas

Combustível	Matéria-prima
Solventes, resíduos oleosos e têxteis	Lama com alumina (alumínio)
Óleos usados (de carro e fábricas)	Lamas siderúrgicas (ferro)
Pneus usados e resíduos de picagem de veículos	Areia de fundição (sílica)
Graxas, lamas de processos químicos e de destilação	Terras de filtração (sílica)
Resíduos de empacotamento e de borracha	Refratários usados (alumínio)
Resíduos Plásticos, de serragem e de papel	Resíduos da fabricação de vidros (flúor)
Lama de esgoto, ossos de animais e grãos vencidos	Gesso, cinzas e escórias
Resíduos do agronegócio	Resíduos da perfuração de poços de

	petróleo
Combustíveis derivados de resíduos urbanos	Solos contaminados dos poços de combustíveis

Fonte: ABCP, 2020

Estima-se que, no Brasil, a geração de resíduos sólidos industriais foi de 97.655.438 t/ano, sendo que, desse total 4%, dos resíduos são considerados perigosos e 96% não-perigosos (IPEA, 2012). Em 2018, atingiu-se o patamar de 1.257 milhões de toneladas de resíduos coprocessados (ABCP, 2020), ou seja, 1,28% desse total.

A estatística de 2020, ano base 2018, traz um perfil dos combustíveis alternativos e tradicionais utilizados pela indústria brasileira de cimento. A utilização de resíduos fósseis representa 80% do poder calorífico utilizado para produção de clínquer (kcal/kg), sendo o restante constituído de 12% de combustíveis fósseis alternativos, 5% combustíveis de biomassa (moinha de carvão vegetal), 3% combustíveis de biomassa (resíduos). Já o perfil dos resíduos coprocessados, os combustíveis alternativos representam 89% e as matérias-primas 11% em toneladas, correspondendo a um índice de substituição térmica de 14,77%. Dos substitutos de combustíveis fósseis, matérias-primas e biomassas coprocessadas, destacam-se os pneus inservíveis com 53%, o *blend* (mistura de resíduos classe I e II) com 36%, outros (serragem impregnada com óleo, solos contaminados e solventes) 9% e óleo usado 2%. Das matérias primas alternativas (percentual em toneladas), 40% *spent-pot-linning* (SPL) – tipo de resíduo da indústria de petróleo, 22% solos contaminados, 13% carepa, 11% outros, 10% areia de fundição e 4% de terra de Shredder (ABCP, 2020).

O coprocessamento inicia com a preparação dos resíduos em unidades de mistura e preparo de resíduos denominadas blendeiras. Geralmente, as blendeiras situam-se próximas aos grandes centros de geração como polos, cidades industrializadas ou nas proximidades ou interior das fábricas de cimento.

Segundo o levantamento da Associação Brasileira de Tratamento de Resíduos e Efluentes (ABETRE, 2013), atualmente, existem no Brasil dezenove unidades de blendagem, espalhadas por 14 municípios. Nove blendeiras estão situadas na Região Sudeste, porém o município de Balsa Nova – PR, na Região Sul

do país, apresenta o maior número de unidades, três. Na Região Sudeste, os municípios de Magé-RJ e Pedro Leopoldo-MG apresentam, cada um, duas unidades (Figura 2).

O mesmo levantamento indica que há uma unidade de blendagem na fábrica de cimento Holcim em Cantagalo-RJ, porém tal unidade foi desativada e os *blends* passaram a ser preparados nas blendeiras situadas no município de Magé-RJ (INEA, 2019). Ainda no Estado do Rio de Janeiro, existem mais duas blendeiras situadas na Região Norte do estado, a Transforma em Macaé-RJ e a Tecnosol em Quissamã-RJ. Logo, o número correto atual de blendeiras no Brasil seriam vinte, ao todo, no ano de 2020.

Cabe ressaltar que nem todos os resíduos são coprocessados na forma de *blends*. Alguns, por alcançar o Poder Calorífico Inferior (PCI) necessário, são coprocessados diretamente.

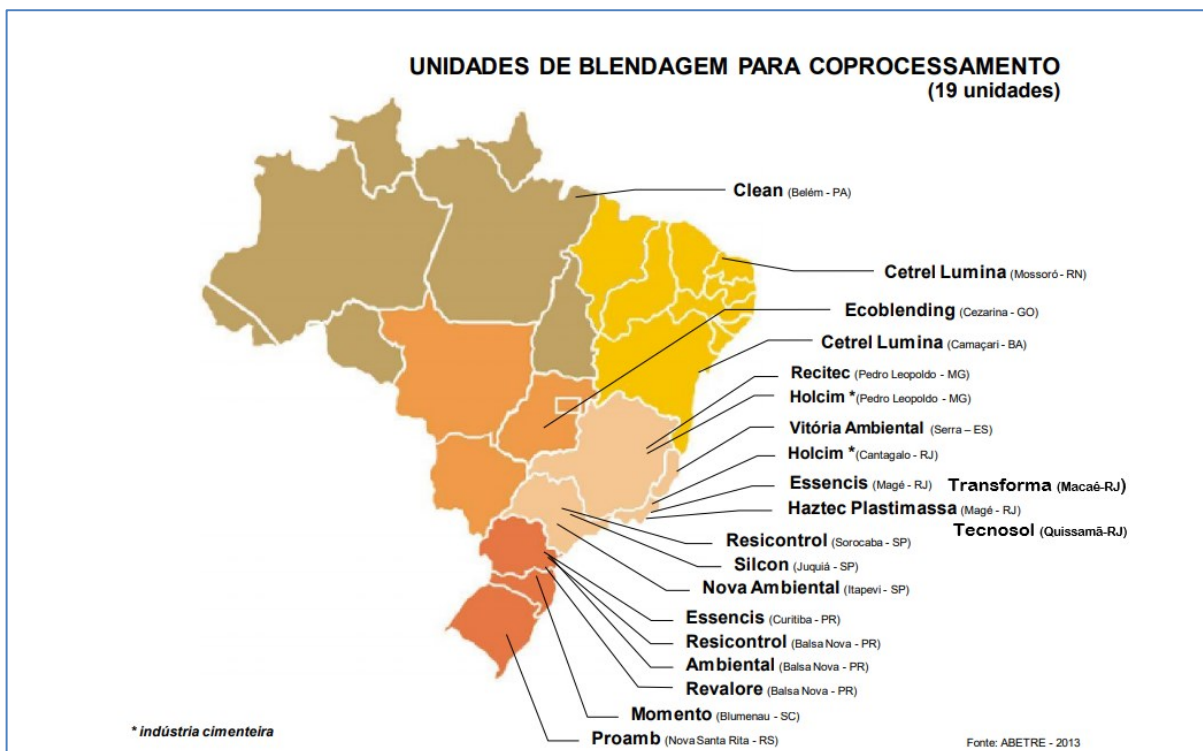


Figura 2: Distribuição das Blendeiras no Brasil

Fonte: ABETRE, 2013 (adaptado)

Já as fábricas de cimento com fornos rotativos licenciados para coprocessamento, no Brasil, são trinta e oito ao todo (Figura 3), pertencentes a nove grupos empresariais

diferentes. Essas cimenteiras estão localizadas em trinta e seis municípios, sendo 45% situadas na Região Sudeste (Quadro 2).

Quadro 2: Plantas de coprocessamento do Brasil

N	Localidade	Região do País	Grupo	%
1.	Cachoeiro de Itapemirim (ES)	Sudeste	Nassau	45
2.	Arcos (MG)		CRH	
3.	Barroso (MG)		Holcim	
4.	Carandaí (MG)		Tupi	
5.	Ijaci (MG)		Intercement	
6.	Itaú de Minas (MG)		Votorantim	
a.	Montes Claros (MG)		Holcim	
7.	Matozinhos (MG)		CRH	
8.	Pedro Leopoldo (MG)		Holcim	
9.	Pedro Leopoldo (MG)		Intercement	
10.	Vespasiano (MG)		Liz	
11.	Cantagalo (RJ)		CRH	
12.	Cantagalo (RJ)		Holcim	
13.	Cantagalo (RJ)		Votorantim	
14.	Apiaí (SP)		Intercement	
15.	Cajati (SP)		Intercement	
16.	Salto Pirapora (SP)		Votorantim	
17.	São Miguel Campos (AL)	Nordeste	Intercement	21
18.	Campo Formoso (BA)		Intercement	
19.	Quixerê (CE)		Apodi	
20.	Sobral (CE)		Votorantim	
21.	Caaporã (PB)		Holcim	
22.	João Pessoa (PB)		Intercement	
23.	Goiana (PE)		Nassau	
24.	Laranjeiras (SE)		Votorantim	
25.	Sobradinho (DF)	Centro-Oeste	Votorantim	16
26.	Cezarina (GO)		Intercement	
27.	Bodoquena (MS)		Intercement	
28.	Itaú de Corumbá (MS)		Votorantim	
29.	Nobres (MT)		Votorantim	
30.	Cuiabá (MT)		Votorantim	
31.	Rio Branco do Sul (PR)	Sul	Votorantim	10
32.	Balsa Nova (PR)		Itambé	
33.	Candiota (RS)		Intercement	
34.	Pinheiro Machado (RS)		Votorantim	
35.	Manaus (AM)	Norte	Nassau	8
36.	Capanema (PA)		Nassau	
37.	Xambioá (TO)		Votorantim	

Fonte: ABCP, 2020



Figura 3: Localização das plantas de coprocessamento no Brasil

Fonte: ABCP, 2020

O Estado de Minas Gerais apresenta a maior concentração de cimenteiras com fornos para coprocessamento no Brasil com oito unidades situadas num raio aproximado de 200km na Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte (MMBH). O setor de minerais não-metálicos, no qual está incluído o setor cimenteiro, é considerado uma das atividades econômicas mais desenvolvidas dessa região (AMM, 2014).

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland, o município com o maior número de plantas é Cantagalo-RJ, que apresenta um polo cimenteiro com três fábricas (ABCP, 2020) num raio de apenas 5km.

A indústria do cimento tem alegado diversas vantagens do coprocessamento, face as alternativas de destinação, com os seguintes fundamentos:

“apresentar uma valoração dos resíduos, não desperdiçar recursos, uma vez que o reutiliza como matérias-primas e combustíveis, não apresentar riscos de contaminação do solo e lençóis freáticos e outros associados, não trazer impactos negativos para a sociedade como odores e ocupações de terrenos por longos períodos, ser a mais eficiente na

recuperação de calor, requer menores investimentos específicos para eliminação de resíduos, submeter os resíduos a temperaturas muito elevadas (mínima de 1450°) em ambiente altamente controlado garantindo a sua combustão completa, possibilitar a redução da emissão de gases do efeito estufa (CO₂) e um controle rigoroso de emissões, não gerar qualquer resíduo (cinzas e escórias são incorporadas ao cimento sem alterar a sua qualidade ou composição química, preservar recursos naturais não renováveis e, contribuir com a economia circular” (ABCP, 2019).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Um panorama mundial da produção científica sobre a utilização da ferramenta da ACV em atividades de coprocessamento na fabricação de clínquer e cimento foi esboçado.

Considerando que os diversos estudos de ACV possuem objetivos e escopos diversificados, utilizou-se, primeiramente, um agrupamento de estudos por unidades funcionais. De acordo com a NBR ISO 14040 (ABNT, 2009), a definição de unidade funcional é:

“o desempenho quantificado de um sistema de produto para utilização como uma unidade de referência”

Os estudos que utilizaram 1 t de cimento apresentaram os seguintes objetivos: avaliar o consumo e potencial para redução de energia (Hossain et al. 2017, Li et al. 2015); verificar o impacto do aquecimento global em diversos tipos de cimento (Hossain et al. 2017); comparar tipos diferentes de cimento (Feiz et al. 2015) e avaliar os impactos entre diversas fábricas, considerando alternativas tecnológicas (Song et al. 2016, Chen et al. 2010); registrar oportunidades de melhorias para a redução do consumo de recursos naturais e emissões poluentes (Chen et al. 2015, Li et al. 2015) e, por fim, verificar o desempenho da co-incineração na carga ambiental dos produtos (Strazza et al. 2011).

Já o grupo de estudos que utilizou 1 t de clínquer, apresentou os seguintes objetivos: desenvolver modelo para avaliar as emissões de Gases do Efeito Estufa (Zhang; Mabee, 2016); avaliar o desempenho ambiental de duas linhas de produção de clínquer (Valderrama et al., 2012); avaliar impactos ambientais do uso de combustíveis e matérias-primas alternativas comparados aos cenários convencionais (Georgiopoulou; Lyberatos, 2018; Güereca et al., 2015) e, por fim, desenvolver tecnologia para um modelo modular em avaliações *cradle-to-gate* na produção de clínquer (Boesch et al. 2009).

O grupo que abarcou tanto 1 t de clínquer como 1 t de cimento no mesmo estudo avaliou e comparou cenários diferentes de produção e tecnologias, levando em consideração as melhorias encontradas pela substituição de matérias-primas e

combustíveis (Çankaya; Pekey, 2019; García-Gusano et al., 2015; Boesch; Hellweg, 2010).

Por fim, o grupo que considerou a queima de uma tonelada de resíduos teve como objetivos investigar a viabilidade da produção de combustível derivado do resíduos (CDR) (no inglês RDF *waste - derived fuel*) com resíduos sólidos urbanos (RSU) gerados no Metrô Vancouver para coprocessamento em dois fornos de cimento da região (Reza et al, 2013); testar um modelo de ACV com múltiplas entradas para um determinado tipo de resíduos – os solventes (Seyler, 2005) e comparar as opções para incineração de resíduos perigosos em diferentes estruturas – tipos de fornos (Tukker, 1999).

O Quadro 3 traz um resumo dos tipos de unidades funcionais utilizadas em estudos de ACV que envolvesse os produtos clínquer e/ou cimento.

Quadro 3: Resumo dos estudos divididos por unidades funcionais

1 t de cimento	1 kg de cimento	1 t de clínquer	1 kg de clínquer	1 t de cimento e 1 t de clínquer	1 t de resíduo
Hossain et al., 2017	Chen et al., 2010	Georgiopoulos; Lyberatos, 2018	Valderrama, 2012	Çankaya; Pekey, 2019	Reza et al. 2013,
Song et al., 2016	-	Zhang; Mabee, 2016	-	Garcia-Gusano et al., 2015	Seyler et al. 2005,
Li et al., 2015	-	Guereca et al., 2015	-	Boesch et al., 2010	Tukker 1999
Chen et al., 2015	-	Boesch et al., 2009	-	-	-
Feiz et al., 2015	-	-	-	-	-
Strazza et al., 2011	-	-	-	-	-

Quanto às tecnologias, notou-se pela literatura a preferência pelo uso de fornos rotativos de via seca (Georgiopoulos; Lyberatos 2018). Esses fornos de via seca podem ser de vários tipos: de eixo (Chen et al. 2015); pré-aquecedores de ciclone (Feiz et al. 2015); pré-aquecedor de estágio único (Zhang; Mabee 2016); pré-aquecedor de suspensão (Song et al. 2016, Li et al. 2015); pré-aquecedores de vários estágios (Çankaya; Pekey 2019); pré-calcinadores (Boesch et al. 2009);

melhores tecnologias disponíveis (Boesch; Hellweg 2010, García-Gusano et al. 2015, Hossain et al. 2017, Chen et al. 2010) e tecnologias não-especificadas (Strazza et al. 2011, Valderrama et al. 2012).

São raros os exemplos do uso da via úmida, com exceção de Boesch et al. (2009), que testaram tipos diferentes de forno (pré-aquecedores, *lepol*, muito seco e muito molhado) e constataram que, quanto mais úmido, menor a eficiência energética e o aumento das emissões de CO₂.

A maioria das referências selecionadas adotou a abordagem do “berço ao portão” em consonância com o estipulado pela DAP, com exceção das que optaram pela abordagem do “berço ao túmulo” (Georgiopoulou; Lyberatos, 2018; Song et al., 2016; Chen et al., 2015). Portanto, tais referências não foram excluídas deste estudo, pois notou-se similaridade quanto às atividades descritas em suas fronteiras de sistemas em relação aos módulos de atividade da DAP descritos na metodologia, tendo em vista que nenhuma dessas ACV considerou o uso do cimento em obras, tampouco o descarte desse produto pós-uso.

Nas referências estudadas, constatou-se a alocação para tipos de cimentos europeus como “CEM II” e “CEM III” devido à substituição de clínquer por materiais cimentícios, porém estudos que realizaram a ACV para cimentos “CEM I” não foram registradas alocações (Chen et al., 2010).

Algumas fontes registraram apenas o impacto do transporte e da combustão de resíduos e não a sua produção, mencionando o método de alocação poluidor-pagador (PP). Sendo assim, nos cálculos dos impactos ambientais, foram reguladas apenas as fases de transporte de combustíveis alternativos. No entanto, o transporte de combustíveis fósseis foi levado em consideração em outros casos (Feiz et al., 2015; Strazza et al., 2011). As demais referências não fizeram menção sobre alocações.

A carga da geração de resíduos não foi atribuída à indústria responsável por sua produção, mas pela preparação dos resíduos para o coprocessamento. Portanto, a cadeia de suprimentos de resíduos no modelo compreende apenas o transporte e a preparação, mas não a produção de resíduos (Boesch et al., 2009; Boesch; Hellweg, 2010). Georgiopoulou e Lyberatos (2018) incluíram o impacto de todos os insumos e produtos associados à produção de clínquer, da extração da matéria-prima à produção, considerando os combustíveis e a energia necessários.

Atualmente as ACV têm sido realizadas em todo o mundo, com o uso de banco de dados. O mais utilizado é o *ecoinvent* em suas diferentes versões. Muitos estudos recorrem a mais de um banco de dados ou utilizaram bancos nacionais, muito comum em países como China e Japão (25 %).

Quanto a utilização de software para ACV, notou-se também uma preferência pela utilização do *SimaPro* (Pré Sustainability 2010), que auxilia nas análises do impacto ambiental (Frischknecht et al. 2005, Wernet et al. 2016).

Algumas referências recorreram especificamente ao *ecoinvent* para obtenção de dados de matéria-prima, como a farinha de osso; do combustível derivado de resíduos (RDF) e pneus (Feiz et al. 2015); da cadeia de suprimentos e materiais auxiliares (Valderrama et al. 2012), processo do calcário, pozolana e areia de sílica (García-Gusano et al., 2015); dos resíduos da indústria de papel; da modelagem de impactos ambientais específicos de degradação de plástico, papel, papelão, têxteis e madeira em aterros (Güereca et al., 2015); e no mix de produção de eletricidade da Turquia, porém os dados de extração de calcário e argila foram obtidos no banco de dados *U.S. Life Cycle Inventory* (USLCI) (Çankaya; Pekey, 2019).

Estudos chineses utilizaram vários métodos de obtenção dos dados, como a amostra de 18 fábricas, 30 linhas de produção, e uma amostra de 32 fábricas de cimento no Japão para realização de comparação de produto entre os dois países (Li et al, 2015). Outro estudo chinês recorreu ao *Chinese Life Cycle Database* (CLCD) (Song et al, 2016). Para obtenção de dados referentes à eletricidade, à produção e ao consumo de combustível e transporte de materiais, recorreu-se ao *China Light and Power* (CLP), CLCD, *ecoinvent* USLCI (Hossain et al., 2017). Utilizaram o *ecoinvent*, USLCI e dados da literatura para montagem do Inventário do Ciclo de Vida (ICV) (Zhang; Mabee, 2016). Outros estudos lançaram mão de estatísticas anuais e dados de monitoramento da *Shafend Cement Co.* em cenário de grande produção; nos cenários de produção moderada e forno de eixo utilizaram os dados de Wang (2007 apud Chen et al., 2015) e de Li (2009 apud Chen et al., 2015); já no cenário de pequena produção, recorreu-se às estatísticas anuais e dados do *Jichang Cement Group*; e, finalmente, no cenário de produção moderada, utilizaram o padrão chinês para produção mais limpa, consumo de água e emissões de SO₂ e NO_x (Chen et al. 2015). Cabe observar que muitas referências utilizaram

dados medidos em suas próprias plantas, situação muito comum nos estudos de caso.

Quanto ao uso de materiais alternativos, registraram-se aqueles que utilizaram escórias diversas (Chen et al. 2015), grande diversidade de resíduos, como óxidos de alumínio, escória de alto forno, lodos carbonizados, materiais cerâmicos, argila reciclada, sacarina de beterraba, cinzas volantes, areias de fundição, resíduos de minério de ferro, resíduos de mineração, outros materiais secundários, escórias da refeição crua, cinzas de pirita, sólidos industriais (García-Gusano et al. 2015), resíduos de vidro (Hossain et al., 2017), fontes de Silício (Si) (ex.: areia e areia de fundição), fontes de Cálcio (Ca) (ex.: resíduos de calcário e cal descartado), fontes de Ferro (Fe) (ex.: minério de ferro, carepa e cinzas de pirita), fontes de Alumínio (Al) (ex.: forros de latas gastos e lodo industrial), fontes de Si-Al-Ca-Fe (ex.: cinzas volantes e escória), solo contaminado e outros (Boesch; Hellweg, 2010), cinzas volantes e sedimentos (*flysch*) (Georgiopoulou; Lyberatos, 2018), escórias e cinzas volantes de cimento Portland (Li et al, 2015), mistura de escória de metal duro com escória de calcário (Song et al, 2016), escória de alto forno, lamas de alumínio, lamas de ferro e cinzas volantes para o cenário de 2013 e cinzas de pirita correspondente a 1% da massa de matérias-primas (Çankaya; Pekey, 2019), cinzas volantes, garrafas de vidro e resíduos de vidro (Hossain et al., 2017), concreto de pirita, cinzas volantes no cenário de forno amplo, pedras de barro e escória no cenário de forno moderado, escória de níquel, escória de alto forno e cinzas volantes no cenário de forno pequeno (todos em forno rotativo seco) e dolomita, argila vermelha, escória de magnésio e escória em forno de eixo (Chen et al., 2015). A planta estudada por Feiz et al. 2015 não fez uso de materiais alternativos na fabricação de cimento I.

Quanto aos tipos de combustíveis tradicionais, registrou-se aqueles que utilizaram: carvão mineral (Li et al., 2015; Chen et al., 2015a; Hossain et al, 2017); carvão mineral e coque de petróleo (Georgiopoulou; Lyberatos, 2018; Zhang; Mabee, 2016; Boesch; Hellweg, 2010 – apenas no caso dos Estados Unidos); carvão, gás natural e óleo combustível pesado (Strazza et al., 2011); carvão e óleo diesel (Song et al., 2016); carvão mineral, coque de petróleo, gás natural (Boesch et al., 2009); óleo diesel, coque de petróleo, carvão duro, gásóleo, óleo combustível (Valderrama et al., 2012); coque de petróleo, linhito, óleo combustível e gás natural

(Çankaya; Pekey, 2019); carvão duro, carvão marrom, coque de petróleo, gás natural e óleo – no caso europeu (Boesch; Hellweg, 2010); carvão duro, coque de petróleo, gás natural, óleo combustível pesado e destilados leves (Chen et al, 2010); carvão, óleo combustível e linhito (Feiz et al., 2015); coque de petróleo, óleo combustível pesado, gás natural, diesel e carvão mineral duro (García-Gusano et al. 2015).

Quanto aos combustíveis alternativos, registrou-se o uso de combustível derivado de pneu (*tire derived fuel* - TDF), lodo biológico (*biological sludge* - BS) e RDF em cenários diferentes de substituição térmica (Georgiopoulou; Lyberatos, 2018), resíduo industrial preparado, RDF, borras e pneus (Boesch et al., 2009), lodo (Valderrama et al., 2012), madeira (Zhang; Mabee, 2016; Hossain et al, 2017), RDF, lodo seco e óleo residual (Çankaya; Pekey, 2019), plásticos (Strazza et al., 2011), resíduos agrícolas (Song et al., 2016), biomassa e resíduo reciclável de combustível fóssil no caso japonês (Li et al., 2015), resíduos industriais não especificados (Chen et al., 2010), pneus e refratários (Feiz et al., 2015), outros combustíveis líquidos de biomassa, pneus usados, farinha de osso, lodo de esgoto municipal, RDF, resíduos de madeira, serragem impregnada, tintas e solventes, óleos usados, papel e papelão, plásticos, resíduos têxteis, biomassas diversas, resíduos de hidrocarbonetos (García-Gusano et al., 2015).

A unidade de clínquer consome aproximadamente 65,5 % da eletricidade total da fábrica de cimento, principalmente devido às usinas de matéria-prima e dos próprios processos do forno de clínquer, como a calcinação. Enquanto isso, os processos da unidade de cimento (moagem de cimento) consomem 30,8 % da eletricidade (Josa et al., 2007).

Fazendo um balanço das referências pesquisadas, a média de eletricidade consumida para produção de 1 t de clínquer foi de 90 kwh, sendo mais utilizada em etapas como preparação de matérias-primas e calcinação enquanto que, para 1 t de cimento, a média foi de 73,8 kwh.

Cabe salientar que, em cada referência, os impactos da obtenção de energia elétrica têm diferentes pesos, pois tem ligação direta aos percentuais de fontes renováveis e não-renováveis utilizadas nos países de origem ou no próprio empreendimento.

Os anexos III e IV trazem informações sobre o consumo energético pelo tipo de unidade funcional e outras observações importantes de algumas matrizes de alguns países.

Quanto à Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV), pode-se destacar dois aspectos importantes na literatura internacional: os métodos mais utilizados e as categorias mais estudadas. Os métodos mais utilizados em estudos de ACV que utilizaram o coprocessamento, destacam-se o CML, *Impact 2002+* e IPCC (Quadro 4).

Quadro 4: Principais métodos de ACV encontrados na revisão bibliométrica

Método	Descrição
CML	O CML (<i>Centrum voor Milieuwetenschappen</i>) é um manual holandês baseado em uma abordagem <i>midpoint</i> seus modelos de caracterização foram selecionados através de uma extensa revisão das metodologias existentes mundialmente.
Impact 2002+	Por fim, <i>IMPACT 2002 (Impact Assessment of Chemical Toxics)</i> é um método suíço de avaliação combinada que liga todos os tipos de resultados do inventário através de catorze categorias <i>midpoint</i> e quatro categorias <i>endpoint</i> .
IPCC	O método IPCC (<i>Internacional Panel on Climate Change</i>) é considerado um método mundial desenvolvido pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Ele contém os fatores de mudança climática do IPCC com um prazo de 100 anos.

Fonte: Mendes et al., 2015; IPCC, 2006.

Das categorias mais estudadas, destacam-se aquelas contidas nos parâmetros de Declaração Ambiental do Produto (DAP). No caso específico do cimento, são essas: Potencial de Aquecimento Global (PAG), Potencial de Acidificação (PA), Potencial de Eutrofização (PE), Potencial de Depleção Abiótica de Recursos Fósseis (PDARF), Potencial de Depleção Abiótica de Recursos Não-Fósseis (PDARNF), Potencial de Depleção do Ozônio (PDO) e Potencial de Formação do Ozônio Troposférico (PFOT).

O Quadro 5, abaixo, traz um resumo dos métodos e categorias mais utilizados em AICV para estudos de coprocessamento.

Quadro 5: Categorias, unidades e métodos utilizados pelas referências

Categorias	Unidade	Referências	Metodologia
PAG	kg CO ₂ eq	Boesch et al. 2009 Boesch; Hellweg 2010 Feiz et al. 2015 Valderrama et al. 2012	IPCC
		García-Gusano et al. 2015	ILCD
		Georgiopoulou; Lyberatos 2018 Güereca et al. 2015 Li et al. 2015 Song et al. 2016 Chen et al. 2010	CML
		Çankaya; Pekey 2019 Hossain et al. 2017 Zhang and Mabee 2016 Chen et al. 2015	IMPACT 2002
PA	kg SO ₂ eq	Georgiopoulou; Lyberatos 2018 Zhang; Mabee 2016 Song et al. 2016 Boesch; Hellweg 2010 Li et al. 2015 Chen et al. 2010	CML
		Çankaya; Pekey 2019 Chen et al. 2015	IMPACT 2002
PE	kg PO ₄ eq	Georgiopoulou; Lyberatos 2018 Boesch; Hellweg 2010 Song et al. 2016 Chen et al. 2010	CML
		Çankaya; Pekey 2019 Chen et al. 2015	IMPACT 2002
PDARF	kg Sb eq	Georgiopoulou; Lyberatos 2018 Valderrama et al. 2012 Song et al. 2016 Chen et al. 2010	CML
PDO	kg CFC-11 eq	Georgiopoulou; Lyberatos 2018 Song et al. 2016 Chen et al. 2010	CML
		Çankaya and Pekey 2019 Chen et al. 2015	IMPACT 2002
		Boesch and Hellweg 2010 Strazza et al. 2011	CExD

PDARNF	MJ eq		
		Çankaya and Pekey 2019 Chen et al. 2015	IMPACT 2002
PFOT	kg C ₂ H ₄ eq	Giorgiopoulou and Lyberatos 2018 Güereca et al. 2015 Song et al. 2016 Valderrama et al. 2012 Chen et al. 2010	CML
		Çankaya and Pekey 2019	IMPACT 2002

Nos anexos IV e V estão postos os resultados da análise bibliométrica quanto às participações, em percentual, dos tipos de combustíveis fósseis e resíduos alternativos, bem como os materiais tradicionais e alternativos para produção de clínquer e cimento.

Desse arcabouço internacional é importante um aprofundamento na realidade de cada país quanto às possibilidades de avanço na substituição energética de 50% com o uso de resíduos alternativos, uma vez que a literatura apresenta uma diferença de desempenho ambiental entre eles.

Além do panorama dos estudos apresentados acima, envolvendo a avaliação do ciclo de vida, principalmente em estudos internacionais, a literatura nacional apresentou algumas contribuições.

Como bem recorda Milan (2015), muitos líquidos, óleos e produtos químicos como tintas e solventes, além de óleos refrigerantes e de motor, são tóxicos.

Milanez et al. (2009) afirmaram que a co-incineração de resíduos tem crescido de forma significativa e inadequada no país, podendo ocasionar impactos negativos sobre a saúde humana e ao meio ambiente. Foi constatado, entre os trabalhadores dessas indústrias, danos à saúde humana, como as dermatites causadas pela contaminação do cimento por cromo IV e VI, além dos riscos sanitários como a exposição a vapores e odores de diversas etapas de mistura e homogeneização de resíduos perigosos conhecidas como blendagem.

Stafford et al. (2016) realizaram um estudo com dados primários de uma planta de produção de cimento brasileira que operou em 2013, que utilizou um percentual de nove por cento (9%) na substituição de combustível tradicional por alternativo, porém encontrou kg 1,4-DB eq 2.69E+02 paratoxicidade humana, o valor mais alto entre as categorias de toxicidade, porém, normalizando esse resultado,

encontrou kg 1,4-DB eq7.44E + 101, valor extremamente alto, utilizando o método ReCiPe em estudo de Avaliação de Ciclo de Vida.

Aguiar et al. (2021) realizou um estudo comparativo que considerou três cenários energéticos diferentes no coprocessamento, considerando dados do coprocessamento no Estado do Rio de Janeiro: 100% com uso de coque de petróleo (A - hipotético), 9% de substituição por de fósseis por *blends* (B - real) e, por último, com 30% de *blends* (C-hipotético). Foi constatado que as mudanças climáticas aumentaram em 48% e 68% em B e C, por outro lado, a Toxicidade Humana teve o seu melhor resultado no cenário B com redução de 59% desse impacto, porém volta a subir no cenário C, em 16%. Esse fato se explica pela toxicidade do combustível fóssil quando utilizado em sua totalidade no cenário A. Logo, o coprocessamento apresenta-se como positivo no cenário B, porém, um cenário arrojado de substituição para 30%, não seria viável do ponto de vista da toxicidade.

Pinto Júnior et al. (2009) analisaram as condições de trabalho a partir dos relatos dos trabalhadores que adoeceram nas atividades de coprocessamento de resíduos tóxicos em fornos de cimenteiras brasileiras e identificaram falhas na observação do risco e no monitoramento dos impactos ambientais e à saúde humana.

Rocha et al. (2011) mencionam que o coprocessamento é um campo amplo de investigação para a (ACV) e indicam que cada tipo de resíduo coprocessado deve ser objeto de estudo, uma vez que suas características físicas e químicas podem alterar os resultados. Porém, tal aspecto, apresenta uma oportunidade de aprofundamento do conhecimento dos processos e impactos da indústria do pré-tratamento de resíduos para coprocessamento. Essa última proposta parece um tanto impraticável para o modelo de coprocessamento brasileiro, que engloba o coprocessamento simultâneo de uma gama infinita de resíduos.

Sendo assim, o presente estudo apresenta uma oportunidade para análise por ACV que levou em consideração a necessidade de criação de perfis de entradas de resíduos, baseado num histórico operacional, buscando identificar os impactos dos produtos do pré-tratamento, os *blends* e do produto do coprocessamento, o clínquer.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Além do referencial teórico, o método de investigação deste trabalho foi estruturado com os dados retirados da operação das empresas estudadas, atuantes na atividade de coprocessamento no Estado do Rio de Janeiro.

A escolha das mesmas foi realizada, primeiramente, no Portal Nacional do Licenciamento Ambiental (PNLA), utilizando as expressões de busca “blendagem” e “coprocessamento” no campo destinado ao tipo de atividade (Figura 4). Foram encontradas quatro plantas de blendagem e três cimenteiras com fornos preparados para coprocessamento de resíduos industriais.

Nome	Código	Tipo
▼ Outras Tipologias	Outras T	
TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE DERIVADOS LÍQUIDOS DE PETRÓLEO.	47.33.41	Atividade
TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS SEM ITINERÁRIO FIXO EFETUADO POR E	47.14.20	Atividade
FERROVIAS - REFORMA OU MANUTENÇÃO	33.21.11	Atividade
MANUTENÇÃO E REPARAÇÃO DE GRANDES ESTRUTURAS E OBRAS DE ARTE.	33.81.20	Atividade
FABRICAÇÃO DE ARTEFATOS DE LÃ (FIBRA) DE VIDRO - EXCLUSIVE OS ARTEFAT	10.78.50	Atividade
PREPARAÇÃO DE ESPECIARIAS E CONDIMENTOS.	26.13.99	Atividade

Figura 4: Tela da busca das atividades no PNLA

Fonte: MMA, 2019

Das quatro blendeiras encontradas, duas estão situadas no município de Magé, na Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, e outras duas situadas nos municípios de Macaé e Quissamã, na Região Norte do Estado. Todas as três cimenteiras com fornos de clínquer para coprocessamento, situam-se no município de Cantagalo, na Região Serrana do Estado (Figura 5).

Constatou-se que as blendeiras de Magé recebiam resíduos, em sua maioria, de fora do Estado do Rio de Janeiro e fornecem os seus produtos (*blends*) ao Polo cimenteiro de Cantagalo. Já as blendeiras do Norte Fluminense têm ligações com a

geração de resíduos gerados na Bacia de Campos e também das empresas de serviços instaladas nessa região. Sendo assim, visando o aprofundamento de um perfil mais homogêneo encontrado nas blendeiras situadas em Magé-RJ, resolveu-se excluir da amostra as blendeiras do Norte Fluminense do presente estudo.

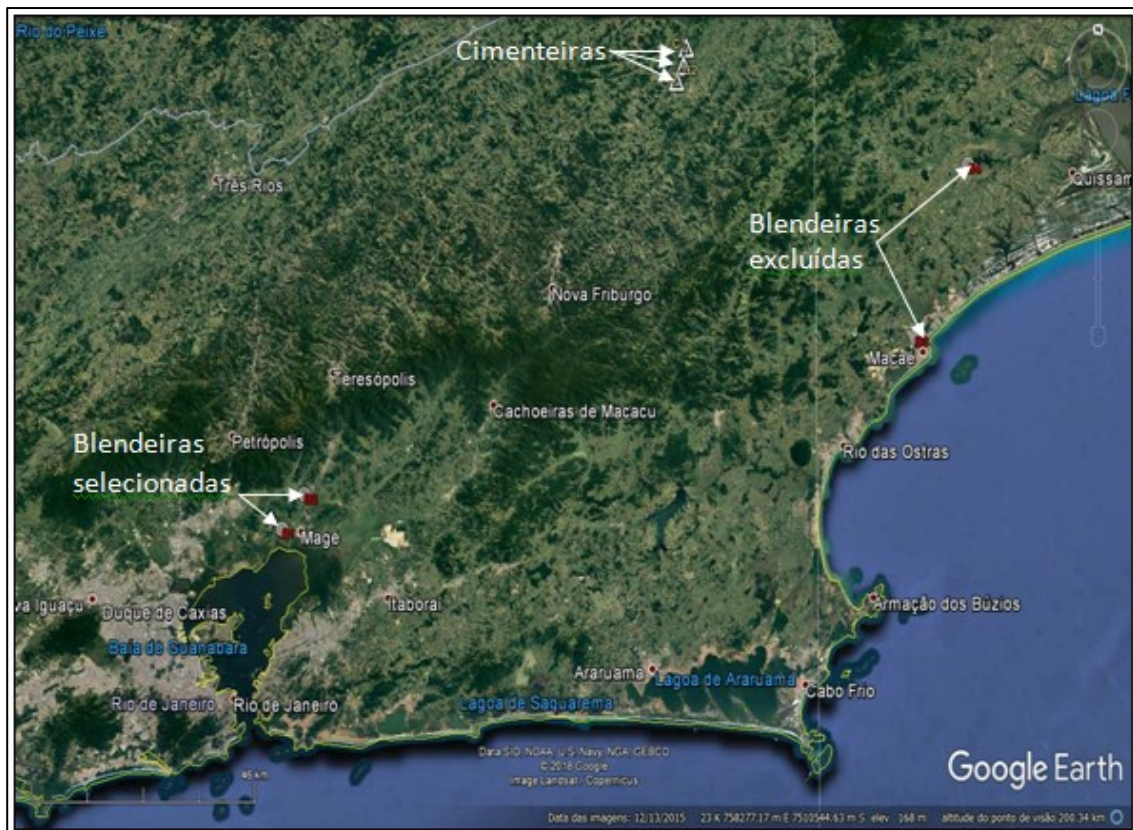


Figura 5: Localização dos empreendimentos selecionados e excluídos do estudo

Fonte: Google Earth, 2018

De posse dos números de processo de licenciamento ambiental dos cinco empreendimentos selecionados (duas blendeiras e três cimenteiras), recorreu-se ao portal do órgão estadual de meio ambiente (OEMA), que é o licenciador das atividades no Estado do Rio de Janeiro, o Instituto Estadual do Ambiente (INEA), com vistas ao acesso e obtenção dos dados da pesquisa (Figura 6).

inea instituto estadual do ambiente

PESQUISA PROCESSO

Nome Empresarial

CNPJ/CPF

Processo

Inscrição Estadual

Nº Licença IN

Figura 6: Tela da busca de processos do INEA

Os dados da pesquisa são todos secundários, ou seja, foram obtidos no referido portal em diversas fontes documentais, compreendidos a partir do ano de 2010 até o ano 2015. Além disso, foram encontradas nos processos de licenciamento ambiental dessas empresas como: cadastros industriais, autorizações para movimentação e tratamento de resíduos perigosos (destacando o tipo de resíduo e quantidade), relatórios de vistorias, notificações, pareceres técnicos de licenças, relatórios de áreas contaminadas, dados de emissões atmosféricas e qualidade do ar, emissões líquidas (efluentes sanitários e industriais) e auditorias ambientais.

Foram analisadas 181 autorizações ambientais de movimentação de resíduos enviados às blendeiras que foram utilizados na preparação dos compostos energéticos serem coprocessados nos fornos de clínquer estudados. O detalhamento dos tipos de resíduos pode ser visualizado nos anexos I e II deste estudo.

Cabe ressaltar que a busca e a recuperação de informação contemplaram documentos que se classificam na categoria “Literatura Cinzenta” (BOTELHO et al., 2015, p. 511):

“Diz respeito a publicações não convencionais e não comerciais, semi-publicadas, difíceis de encontrar em canais tradicionais de distribuição [...] Apresentam informação e conhecimento altamente atualizados e mais detalhados, alcançam um público reduzido e não são determinadas apenas por interesses comerciais.”

Os resíduos foram identificados por tipo e, posteriormente, separados em dois grandes grupos por estado físico: os sólidos/semisólidos e os líquidos, com a finalidade de rastrear os resíduos que seriam transformados em *blends* sólidos e líquidos.

Buscou-se também identificar os resíduos gerados por setores de origem da economia, estimando o percentual de contribuição desses referidos setores. Ademais, registrou-se a origem territorial dos resíduos por Estado da federação.

A seguir, obedecendo a separação dos resíduos pelo estado físico em dois grupos, buscou-se classificar os tipos de resíduos de acordo com a NBR ISO 10004:2004 em: Perigosos (Classe I), Não Perigosos não inertes (Classe IIA) e não perigosos inertes (Classe IIB).

O tipo de periculosidade encontrado em cada resíduo perigoso foi classificado conforme a referida norma, a saber: tóxico, patogênico, inflamável, corrosivo e reativo. Foi admitido que um mesmo tipo de resíduos tenha dois ou mais formas de periculosidade. A classificação que obteve percentual menor que 1% não foi considerada.

Foi classificado, também, o potencial do resíduo quanto a sua utilização futura na produção de clínquer, se como combustível ou matéria-prima, conforme a classificação da Associação Brasileira de Cimento Portland (2020b). Os resultados da classificação pela norma, pelo tipo de periculosidade e pela utilização em potencial do resíduo no coprocessamento, foram ilustrados por gráficos do programa Excel.

Por fim, foi estimado o percentual de resíduos e rejeitos da blendagem que seguiram para outras formas de tratamento e destinação, como reciclagem, estações de tratamento de efluentes, incineração e aterro sanitário.

Este trabalho limita-se apenas aos resíduos industriais e não aborda o caso dos pneus inservíveis, que, apesar de utilizados no coprocessamento em fornos de cimento, não são armazenados e tratados nas blendeiras estudadas. Com os dados encontrados nas duas plantas, foi construído um único perfil médio anual dos resíduos a serem tratados em toneladas.

Os referidos dados encontrados foram lançados no SIMAPro para a obtenção dos valores unitários dos fluxos de entradas e saídas, consequentemente obtendo o ICV e possibilitando a realização das demais etapas do ciclo de vida. A Figura 7

apresenta um fluxograma resumido dos usos dos dados colhidos no portal do INEA para a construção das ACV deste estudo.

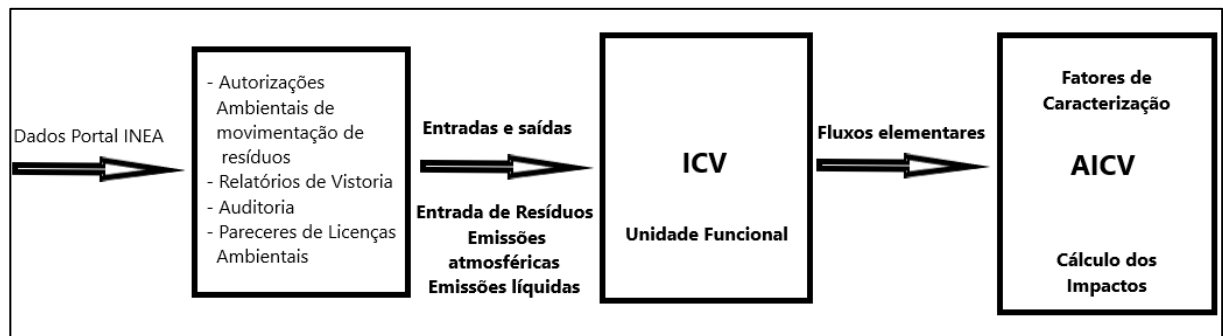


Figura 7: Fluxograma de utilização dos dados extraídos do Portal do INEA

3.1. Avaliação do Ciclo de Vida

O método da ACV tem como principais referências às normas técnicas brasileiras NBR ISO 14040:2014 e NBR 14044:2014, que buscam avaliar os impactos ambientais de um produto ou serviço desde o seu surgimento até o descarte final (do berço ao túmulo).

A estrutura geral de uma ACV é esquematizada na figura 8. Nota-se que as informações podem ser ajustadas ao longo da realização dos estudos.

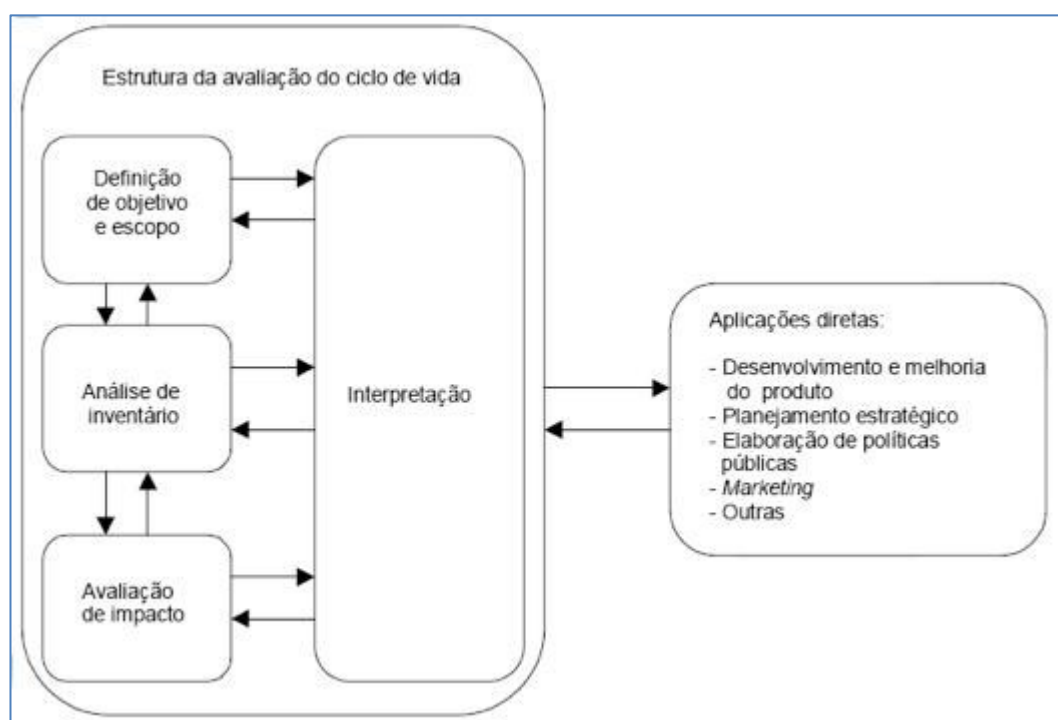


Figura 8: Estrutura da Avaliação do ciclo de vida. Fonte: ABNT, 2009

As principais definições sobre os passos da ACV podem ser descritas da seguinte maneira:

- Definição de objetivo e escopo:

Nesse passo, são estabelecidos os objetivos do estudo e a sua abrangência (fronteiras de sistema), bem como a unidade funcional, as categorias de impacto que serão estudadas e os métodos de Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV) (SPIRO; STIGLIANI, 2009).

- Análise de inventário do ciclo de vida (ICV):

Nessa etapa, são quantificadas as entradas e saídas, utilizando balanços de massa, emissões liberadas para o ar, solo e água em todas as etapas de processo incluídas nas fronteiras de sistema (SPIRO; STIGLIANI, 2009).

Cabe ressaltar que, nessa etapa, utilizam-se os dados obtidos na pesquisa documental, conforme descrito na seção anterior, lançando-os no SimaPro 7.2, software específico para realização de ACV. E, com base na unidade funcional escolhida, obtém-se os valores unitários do ICV que serão submetidos à AICV. Todos os dados utilizados na pesquisa são de primeiro plano, reduzindo assim a contribuição dos dados do banco do SimaPro.

- Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (AICV)

É a fase que contempla a análise quantitativa e/ou qualitativa usada para identificar, caracterizar e avaliar os potenciais impactos de intervenções identificadas na análise do ICV (SPIRO; STIGLIANI, 2009). Nesse ponto, utiliza-se os fatores de caracterização (FC) de determinada Metodologia de ACV, que possuem pesos diferentes, conforme a substância, multiplicando a mesma pelos valores unitários do ICV e, daí obtém o produto (valor do impacto). Também foi realizada a caracterização, a normalização e a ponderação do impacto; sendo esses dois últimos opcionais.

Na caracterização é quantificada a contribuição de cada impacto. Para isso, são usados fatores de equivalência, por exemplo, para a categoria de impacto toxicidade humana é utilizado o kg 1,4 DB eq (diclorobenzeno equivalente) (SPIRO; STIGLIANI, 2009).

Os métodos utilizados neste trabalho para cálculo dos impactos foram os métodos ReCiPe, majoritariamente, e Impact 2002, apenas numa pequena complementação da blendagem.

A normalização consiste em avaliar os resultados da caracterização em relação a uma referência, utilizando o quanto um cidadão no mundo foi responsável por uma dada categoria de impacto em um determinado ano (UGAYA, 2013). Os resultados do impacto são expressos em percentual, permitindo assim uma comparação entre eles.

A ponderação é o procedimento que consiste na atribuição de pesos aos valores dos resultados dos indicadores de impacto ambiental normalizados (SILVA et al., 2015).

- Interpretação

Fase da ACV de verificação dos resultados em relação ao escopo. Nessa fase, é comumente avaliada a contribuição dos processos e dos fluxos elementares no resultado (UGAYA, 2013). Nela são utilizadas representações gráficas para melhor entendimento dos resultados.

Estrategicamente, neste estudo, foram realizadas três ACV: abordagem do “portão ao portão”, apenas na blendeira, “do berço ao portão” na cadeia do coprocessamento (blendeira, transporte e clínqueirização) e do “portão ao túmulo” para comparação da destinação de resíduos num forno de clínquer com a destinação num aterro sanitário industrial.

3.1.1. Objetivos e Escopos:

a) ACV nas etapas da blendagem de resíduos

O objetivo será a avaliação dos impactos de todas as etapas do processo de blendagem. A unidade funcional será a produção de 1 t de *blends* produzidos pela planta. Essa abordagem é conhecida como *gate-to-gate* (do portão-ao-portão). O transporte externo dos resíduos utilizados para produzir os *blends* sólidos e líquidos não foi considerado nesta seção, apenas do transporte interno feito por maquinários

específicos, como pás carregadeiras e empilhadeiras utilizados na movimentação dos resíduos.

O método de AICV escolhido foi o *ReCiPe*. Nesse método, foram utilizadas todas as categorias de impacto de ponto médio, visando uma análise mais completa da atividade, são elas: Mudança climática (MC), Depleção do ozônio (DO), Formação de Oxidantes Fotoquímicos (FOF), Formação de Material Particulado (FMP), Acidificação Terrestre (AT), Radiação Ionizante (RI), Ocupação de Terra Agrícola (OTA), Ocupação da Terra Urbana (OTU) e Transformação da Terra Natural (TTN), eutrofização da água doce (EA), Eutrofização Marinha (EM), Depleção de Metais (DM), Depleção Fóssil (DF), Toxicidade Humana (TH), Ecotoxicidade Terrestre (ET), Ecotoxicidade da Água Doce (ETA) e Ecotoxicidade Marinha (ETM).

b) ACV da cadeia de coprocessamento

A segunda ACV deste trabalho delimitou-se a uma abordagem do portão-ao-túmulo (*gate-to-grave*). O objetivo foi a identificação e avaliação dos impactos em toda a cadeia do coprocessamento. Nessa etapa, além de considerar a blendagem, foi incorporada também o impacto do transporte rodoviário de resíduos, desde o seu local de geração até a chegada nas blendeiras, e também o transporte das blendeiras até as cimenteiras. Por fim, a etapa da produção de clínquer (cliqueirização) com a queima dos resíduos (*blends*) para geração de energia.

A unidade funcional escolhida foi a de 1 tonelada de clínquer produzida. Não foram consideradas no cálculo do impacto: a produção de cimento (trituração e ensacamento), nem os seus usos e descarte (Figura 9), delimitando a fronteira de sistema à produção de clínquer. Foram utilizadas todas as categorias de impacto do método *ReCiPe*.

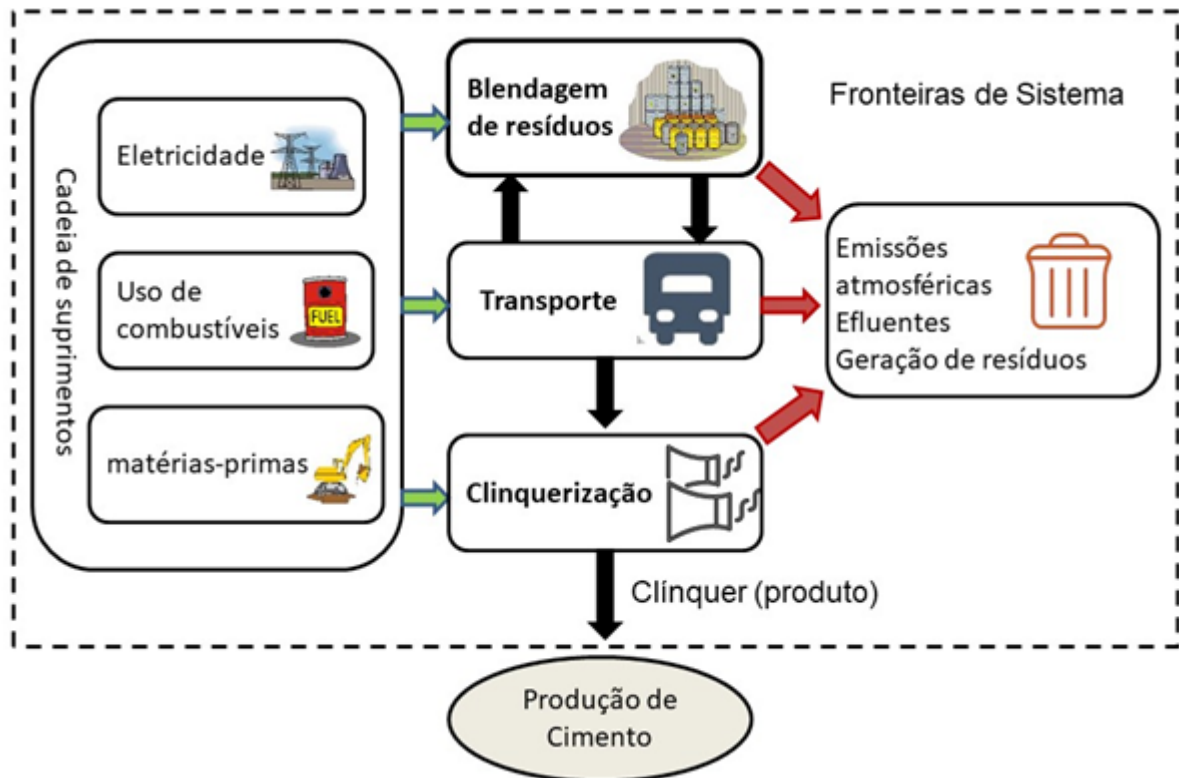


Figura 9: Fronteira de sistema da cadeia do coprocessamento

O clínquer é produzido a partir de matérias-primas como calcário e argila, que são esmagadas, homogeneizadas e alimentadas em um forno rotativo. As matérias-primas são sintetizadas a uma temperatura de 1450°C para formá-las. O clínquer consiste principalmente de óxidos de cálcio, silício, alumínio e ferro. Em uma segunda fase, sulfatos de cálcio e, possivelmente, materiais cimentícios ou inertes adicionais são incluídos. (CEMBUREAU, 2015).

Na figura 10, é possível visualizar uma representação esquemática da produção de cimento da lavra de matérias-primas até a expedição do produto, ressaltando que o recorte deste estudo contempla até a fase de produção do clínquer.

É importante destacar que as três cimenteiras consideradas para elaboração de um perfil representativo, a Lafarge-Holcim, CRH e Votorantim, possuem cada uma, área de lavra específica para retirada de matéria-prima (jazida) próximas às suas instalações.

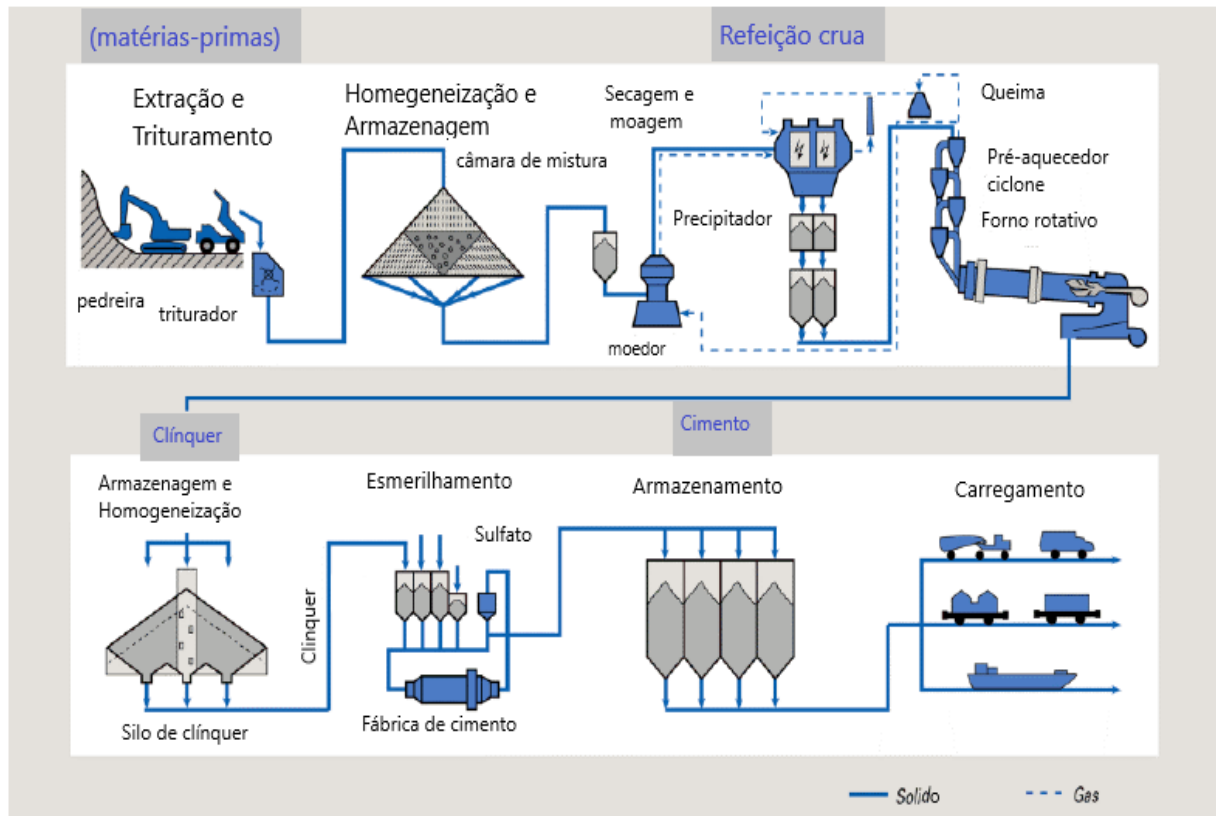


Figura 10: Representação esquemática da produção de cimento

As cimenteiras que possuem fornos rotativos de produção de clínquer estão situadas no município de Cantagalo, situado na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro. Essas unidades estão compreendidas num raio aproximado de 5 Km².

Quanto aos combustíveis utilizados no forno de clínquer, segundo a análise dos registros encontrados nos processos de licenciamento ambiental das cimenteiras, o percentual médio do uso de coque de petróleo, como combustível fóssil nos fornos, correspondeu a 91% e os outros 9%, correspondeu ao uso de *blends* sólidos e líquidos.

c) ACV comparativa entre as formas de destinação

O objetivo dessa última ACV, feita de forma simplificada, foi a realização de um comparativo dos impactos ambientais entre o coprocessamento dos resíduos e a destinação em aterro sanitário de resíduos perigosos. A abordagem será a do portão ao túmulo (*gate-to-grave*). Não serão considerados os impactos dos transportes.

A unidade funcional será 1 tonelada de resíduos tratados em ambas as formas de destinação como opção. As categorias de impacto são as mesmas do método *ReCiPe*. A comparação do coprocessamento com outras formas de destinação, como incineração e pirólise, não foram possíveis, pois ambas possuem muitas restrições aos tipos de resíduos utilizados no coprocessamento.

Foi considerado no aterro sanitário a deposição de resíduos sem o pré-tratamento e no coprocessamento, descontado os impactos das matérias-primas ligadas ao clínquer, ou seja, restando apenas a queima do resíduo no forno.

É importante frisar que essa etapa não está relacionada aos resíduos que sobram da blendagem e vão para o aterro, conforme o foco descrito na abordagem do portão-ao-portão, mas sobre possibilidade de enviar todos os resíduos industriais ao aterro.

3.1.2. Inventários de Ciclo de Vida (ICV)

a) ICV dos processos de blendagem

Além das especificações dos tipos de resíduos utilizados para transformação em *blends*, são também utilizados, nesse processo, a adição de agentes estruturantes e inertizantes como maravalha (serragem) e cal virgem, respectivamente (INEA, 2019).

As principais entradas de água doce são oriundas de poços subterrâneos e o consumo é registrado a partir das outorgas de uso dos recursos hídricos pelo órgão estadual de meio ambiente (INEA, 2019). Essa água é utilizada principalmente na lavagem de tambores e peças metálicas que chegam contaminadas, e seus efluentes são captados para a linha de *blends* líquidos.

As peças metálicas limpas são encaminhadas às recicladoras. Todas as saídas foram detalhadas nos diversos processos de blendagem pelas médias das emissões atmosféricas medidas nos filtros de ar, das emissões de efluentes sanitários e industriais para a água; de emissões de metais para o solo e a água subterrânea; além da geração de rejeitos encaminhados para outras formas de tratamento e destinação final (INEA, 2019).

A produção média de *blends* sólidos e líquidos entre as duas blendeiras estudadas foi de 30650 toneladas por ano. Baseado nesse perfil, após o lançamento dos dados no software SimaPro 7.2., foram obtidos os valores unitários do ICV.

b) ICV da cadeia do coprocessamento

Para esse inventário, além do uso das fontes documentais das blendeiras, já descritos no item anterior, recorreu-se às informações contidas em documentos do licenciamento ambiental das cimenteiras como: fichas diversas de blends de resíduos coprocessados; cadastros industriais e balanços de massa provenientes da queima nos fornos de clínquer.

Para obtenção dos dados de transporte, foram consultadas todas as autorizações ambientais de movimentação dos resíduos, identificando o local de geração do resíduo industrial com as correspondentes blendeiras às cimenteiras e seus respectivos destinos. Foi utilizada a função “rota” do aplicativo *Google Maps* para obtenção das distâncias aproximadas percorridas pelos caminhões de carga (Figura 11).

O processo *Transport, lorry>32t, EURO5/RER U* foi escolhido através do software *SimaPro 7.2* para representar o veículo transportador com capacidade para transportar 32 toneladas de carga. Acima dessa massa, foi computado o número de viagens necessárias para a logística de toda a carga até a blendeira de destino.

Foi feita a opção das rotas com as menores distâncias, considerando apenas o trajeto de ida, justificado pela incerteza do veículo transportador voltar ao mesmo local de geração do resíduo ou não. Com base na distância e na carga transportada, foi calculado o tkm com a seguinte fórmula abaixo e inserida no referido software para cálculo do impacto:

$$Tkm = t.km$$

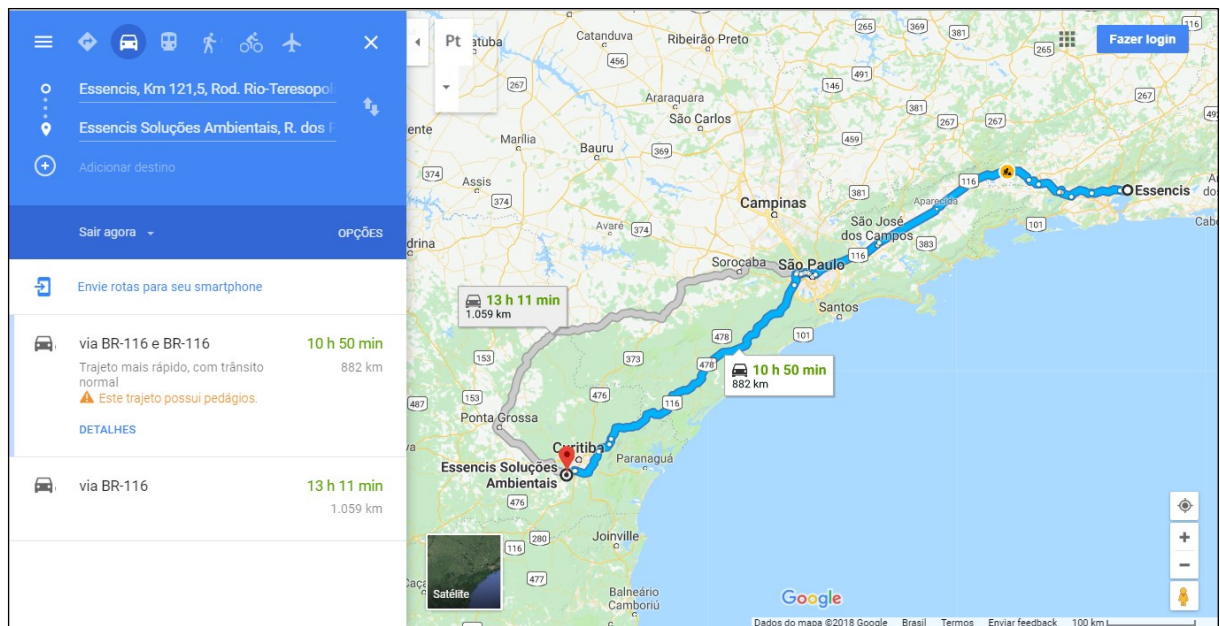


Figura 11: Estimativa das distâncias percorridas nos transportes de resíduos

Utilizando também o software SimaPro, foram lançados os dados e obtidos os valores unitários do ICV, considerando a unidade funcional de 1 t de clínquer, baseada na produção média das cimenteiras de 530.330 toneladas de clínquer por ano.

c) ICV Comparativo das formas de destinação

Para realização deste comparativo, foram utilizados os inventários referentes a 1 tonelada de resíduos tratados pelo coprocessamento e 1 tonelada de resíduos destinados em aterro sanitário.

3.1.3. Avaliações de Impacto do Ciclo de Vida

Como foi utilizado o banco de dados *SimaPro Dataserver*, resultando em muitas entradas no inventário, foi feito um corte mássico de 5% em todas as ACV, ou seja, foram consideradas aquelas substâncias que contribuíram para 95% de cada categoria de impacto, tanto na caracterização quanto na normalização.

Primeiramente, a Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida foi realizada utilizando a metodologia *ReCiPe hierarchist v.1.04*. Esse método é uma continuação

dos métodos Eco-indicator 99' e CML 2000, integrando e harmonizando as abordagens de ponto médio e final (MENDES et al., 2015). O quadro 6 traz um resumo com as definições dos efeitos de cada categoria de impacto.

Quadro 6: Indicadores de Ponto médio

Categoria de impacto/Sigla	Efeito
Mudança Climática (MC)	Resulta em efeitos adversos sobre os biomas, os ecossistemas, as cidades e a saúde humana. Esse impacto está relacionado às emissões de gases do efeito estufa para a atmosfera. A unidade é o kg CO ₂ eq.
Depleção do Ozônio (DO)	Explica a destruição da camada de ozônio por substâncias destrutivas, como os clorofluorcarbonos (CF). A unidade é kg CFC-11 eq.
Acidificação Terrestre (AT)	Aumento do teor de acidez no solo, provocada pela disposição de rejeitos ácidos, como a emissão de óxidos de nitrogênio (NOx) e enxofre (SOx), que combinam com a água na atmosfera, precipitando como chuva ácida e consequentemente ocasionando efeitos sobre a fauna e flora. A unidade é o kg SO ₂ eq.
Eutrofização da Água Doce (EA)	Resultante do aumento das concentrações de nutrientes na água ou no solo (fósforo) provocado pela disposição de rejeitos e ocasionando, consequentemente, um potencial aumento no número de espécies no ecossistema. A unidade é o kg de P eq.
Eutrofização Marinha (EM)	Lixiviação de nutrientes descarregados em rios ou sistemas marinhos e o aumento de nutrientes. Assume-se o nitrogênio como nutriente limitante em águas. A unidade é o kg N eq.
Depleção Fóssil (DF)	Diminuição da quantidade de combustíveis fósseis pela extração e consumo. A unidade é o kg oil eq.
Depleção da Água (DA)	Aumento do consumo de água, afetando a demanda e a disponibilidade. A unidade é o m ³ eq.
Depleção de Metais (DM)	A extração de minerais e minérios destinados aos diversos usos pelo ser humano. A unidade é o kg Fe eq.
Ocupação da Terra Agrícola (OTA)	A quantidade de terras agrícolas ocupadas por um certo tempo. A unidade é m ² por ano (m ² a).
Ocupação da Terra Urbana (OTU)	Idem para as terras urbanas.
Transformação da Terra Natural (TTN)	A quantidade de terreno natural transformado e ocupado por um certo tempo. A unidade é o m ² .
Ecotoxicidade da Água (ETA)	Resulta da concentração do aumento de agentes tóxicos, provocada pelo aumento da disposição de rejeitos, ocasionando, consequentemente, potenciais danos à hidrosfera. A unidade é o kg 1,4 DB eq.
Ecotoxicidade Marinha (ETM)	Idem no bioma marinho.
Ecotoxicidade Terrestre (ETT)	Idem na litosfera.
Toxicidade Humana (TH)	Idem na saúde humana.

Radiação Ionizante (RI)	Contaminação por radiação nuclear e consequentes efeitos sobre a saúde. A unidade é o U235 eq.
Formação de Material Particulado (FMP)	Particulados e compostos gerados em processo de combustão que podem ficar retidas na parte superior do sistema respiratório, podendo atingir os alvéolos pulmonares, principalmente as partículas menores. A unidade é o PM _{2,5} eq.
Formação de Oxidantes Fotoquímicos (FOF)	Impactos negativos gerados pelos poluentes gerados fotoquimicamente (ozônio troposférico) devido a sua natureza reativa que permite oxidar moléculas orgânicas, gerando impactos ao sistema respiratório humano e danos à vegetação. A unidade é o kg COVNM eq.

Fonte: IBICT, 2019; ROCHA, 2017; VAN ZELM et al., 2016; SILVA; OLIVEIRA, 2014; JRC-IES, 2010.

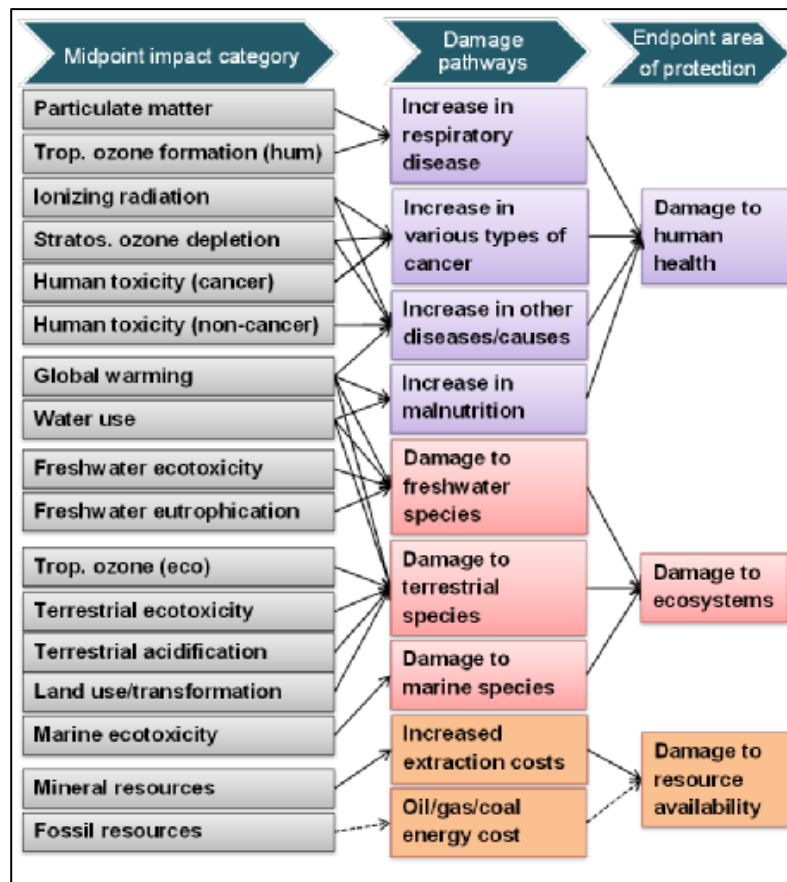
Nessa mesma metodologia, os indicadores de ponto final são descritos no quadro 7.

Quadro 7: Descrição dos indicadores de Ponto Final

Categoria de impacto/Sigla	Efeito
Saúde Humana	Resultado do somatório de todas as categorias que contribuem para esse índice e, posteriormente, convertido em percentual para representar os impactos do ciclo de vida do produto ou serviço para a saúde humana.
Ecossistemas	Resulta do somatório dos impactos que contribuem para essa categoria, culminando num percentual referente ao impacto na saúde dos ecossistemas
Recursos Naturais	Resulta do somatório das categorias que contribuem para esse índice, sendo representado finalmente pelo percentual de impacto sobre os recursos abióticos do ciclo de vida que está sendo estudado.

A figura 12 fornece uma visão geral da estrutura do método *ReCiPe*, demonstrando a relação entre os indicadores de ponto médio, as vias de dano e o indicador de ponto final.

Figura 12: Visão geral da estrutura do método *ReCiPe*



Fonte: VAN ZELM et al., 2016

Nota-se que, dentre as dezoito categorias de impacto, quatro delas estão diretamente ligadas à toxicidade, especificamente, uma para a humana e três para a toxicidade nos ecossistemas.

3.1.4. Interpretação

Nas três ACV que foram realizadas neste estudo, haverá uma etapa destinada à interpretação em meio a seção de resultados. Todas essas interpretações servirão de suporte para a elaboração das recomendações e das conclusões finais do estudo.

A seguir, procedeu-se a normalização e continuamente ao agrupamento das categorias de ponto médio em apenas três categorias de ponto final: Saúde

Humana, Recursos e Ecossistemas, sintetizada para toda a cadeia. As ponderações foram realizadas em três grupos: Hierarquista (H) Individualista (I) e Egalitário (E) que possuem interpretações diferentes (Quadro 8). A seguir, os percentuais foram submetidos à interpretação pelo *mix triangle* com a finalidade de identificar a categoria de impacto predominante.

Quadro 8: Quadro de normalização dos resultados

Grupos	Perspectiva de tempo	Gestão	Nível de evidência
H Hierarquista (Hierarchist)	Balanço entre curto e longo prazo	Políticas apropriadas podem evitar muitos problemas	Inclusão baseada em consenso
I Individualista (individualist)	Curto Prazo	Tecnologias podem evitar muitos problemas	Apenas efeitos comprovados
E Egalitário (Egalitarian)	Longo Prazo	Problemas podem causar catástrofes	Todos os possíveis efeitos

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO:

4.1. Localização dos empreendimentos:

As unidades de blendagem estão localizadas em um único município, Magé, situado na Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro. O município possui uma área total de 390.775 km² e uma população estimada de 246.433 habitantes [2020] (IBGE, 2020).

O PIB do município é de R\$ 3.855.803,28 e o PIB per capita R\$ 16.240 (TCE-RJ, 2019). O principal setor econômico é o de serviços (45%), seguido pela administração pública (42%), indústria (10%) e por último a agropecuária (3%). O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) é 0,709 [2010] (IBGE, 2020), ocupando a 51ª posição no Estado do Rio de Janeiro.

As unidades de blendagem estudadas nesses territórios são as seguintes:

a) Essencis coprocessamento e incineração LTDA.

Localizada no Distrito de Iriri, próximo às margens da Rodovia BR-116, distante 150 m de rio com o mesmo nome. Situa-se a 1,7 km da Área de Proteção (APA) de Guapimirim, a 6 km da Estação Ecológica (EE) da Guanabara e a 7 km da APA Petrópolis (Figura 13). A empresa está enquadrada em Zona de Uso Predominantemente Industrial (ZUPI), porém abriga muitas áreas de pastagens, sítios, fazendas, populações ribeirinhas, ferrovias e outros distritos próximos como Vila Inca e Parque Boneville, possuindo um histórico de reclamações dessas comunidades decorrentes dos odores provenientes da atividade de estocagem e preparação dos resíduos para coprocessamento (Figura 14) (FEEMA, 2008). Possui 191 colaboradores (Ecospohr, 2011).



Figura 13: Área da empresa.

Fonte: ECOSPOHR, 2011



Figura 14: Localização geográfica da Essencis

Fonte: ECOSPOHR, 2011

b) Haztec Tecnologia e Planejamento Ambiental S.A.

Situada na Estrada Adam Blumer nº 5942. O corpo hídrico mais próximo está a 300m de distância que é um afluente do Rio Santo Aleixo que deságua na baía de Guanabara. A área encontra-se a 2,6 km da APA Petrópolis, a 6 km da APA de Guapimirim e a 2,8 km do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, todos administrados pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (Figura 15).

A atividade também está enquadrada em ZUPI, porém seu entorno abriga áreas de pastagens e concentrações urbanas esparsas com baixa densidade demográfica (Figura 16). A área está inserida na bacia aérea nº3, considerada saturada por material particulado, entretanto não há estação de medição nas proximidades. A empresa apresenta um quadro de aproximadamente 40 funcionários (FEEMA, 2008).



Figura 15: Área da Empresa Haztec com subdivisões principais

Figura 16: Localização Geográfica da empresa Haztec

Pela Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE, a blendagem possui como códigos 38.22-0-00 – Tratamento e disposição de resíduos perigosos e 38.22-1-00 – Tratamento e disposição de resíduos não-perigosos (IBGE, 2019). A classificação de risco pela Norma Regulamentadora 4 da Secretaria de Trabalho do Ministério da Economia (NR-4) atribui o grau de risco 3 (BRASIL, 1978). Por fim, de acordo com o MN-050.R-5, a atividade de blendagem possui o potencial poluidor classificado como alto (CONEMA, 2011).

Já o Polo cimenteiro estudado, situa-se no município de Cantagalo que possui uma área total de 747.210 Km² e uma população estimada de 20.168 habitantes (IBGE, 2020) e IDHM de 0,726, classificado como alto e ocupado a 51^a posição no ranking estadual, empatado com Magé e Saquarema (TCE-RJ, 2019). A indústria é responsável por 38% do Produto Interno Bruto (PIB) (IBGE, 2017). Nas últimas décadas do século XX, a indústria do calcário passa a ter maior importância, arrojando o município em novo ciclo de ascensão econômica, após o declínio do setor cafeeiro.

Atualmente, a indústria, responsável por 38% do PIB, assume a liderança na geração de renda com o destaque para o setor cimenteiro, com três fábricas (Figura

16), seguido do setor pecuário, que também é muito relevante para a economia do município. No período de 2016/2017, o município apresentava 11,64% do seu território coberto por cobertura vegetal de Mata Atlântica (TCE, 2019).

As cimenteiras estudadas que possuem os fornos de clínquer destinadas ao coprocessamento são:

c) Lafarge Brasil S/A:

Encontra-se em funcionamento desde 1982. Localiza-se na Rodovia RJ-166 – Km 8, Fazenda Saudade, distrito de Euclidelândia.

O uso e ocupação do solo no entorno da área é predominantemente rural, não há residências no entorno, apenas fazendas. A propriedade da Lafarge é a totalidade da fazenda conhecida como Saudade, portanto não existem vizinhos no raio de 500m da fábrica.

Dentre os bens ambientais a proteger, encontra-se o Córrego Bom Vale – afluente da margem direita do Rio Negro. Ao norte da Fazenda Saudade, localiza-se a empresa Votorantim e o Distrito de Euclidelândia. Ao Sul, a Holcim e o município de Macuco. Não foi encontrado o número preciso de funcionários, porém o parecer técnico de licenciamento de 17 de setembro de 2007 cita uma a geração de efluentes por uma população de 12 funcionários.

d) Holcim

A fábrica de cimento Holcim está situada em Euclidelândia. Na época da sua instalação, em 2005, o município não possuía código de zoneamento. O corpo receptor é o Córrego Bom Vale, que deságua no Rio Negro, pertencente a Bacia do Rio Paraíba do Sul. Possui 48 funcionários.

O Rio Negro está classificado, de acordo com os usos benéficos da água, como estético, preservação de flora e fauna e recreação. Sua localização é vizinha das fábricas de Cimento Mauá e Alvorada, formando um Polo Cimenteiro, face às jazidas existentes na região (INEA, 2005).

e) Votorantim Cimentos Brasil S.A./Fabricação do Cimento Rio Negro

A fábrica está situada na Av. Senador Ermínio de Moraes, nº 522, no distrito de Euclidelândia, município de Cantagalo – RJ. A unidade de conservação mais próxima é o Refúgio da Vida Silvestre de Macuco, que dista cerca de 9,5 km. A poligonal do empreendimento, situa-se em área de vegetação em estágio inicial, solo exposto e pastagem, sem inserção em topo de morro. A atividade encontra-se muito próxima ao Rio Negro (Figura 17), inserida em área de preservação permanente (APP) de curso d'água (INEA, 2019). Em 2013, a fábrica contava com 172 empregados e 170 trabalhadores terceirizados.

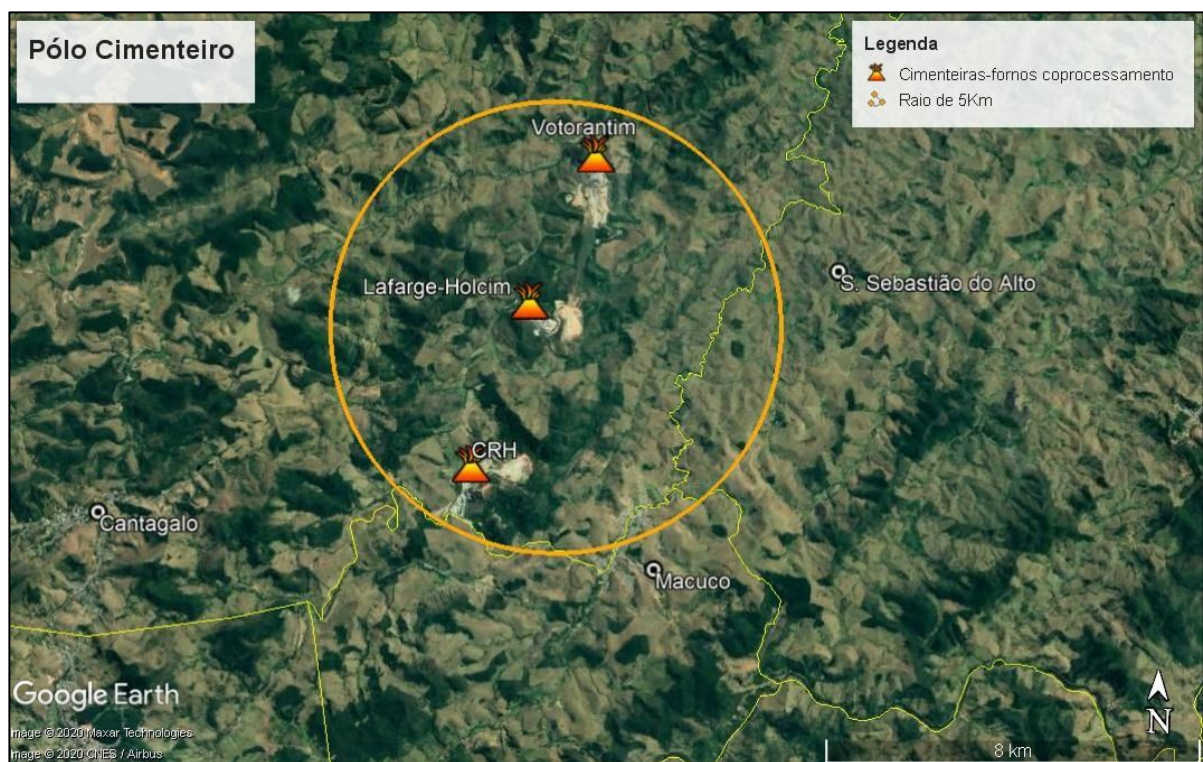


Figura 17: Localização das cimenteiras do município de Cantagalo.

Segundo o estudo promovido pelo Banco Mundial através da metodologia *industrial pollution projection system* (IPPS), o município é o terceiro colocado em emissões de PM₁₀, que são provenientes da divisão de minerais não-metálicos, principalmente da indústria de cimento (IBGE, 2008).

Pela Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE, o coprocessamento é a fabricação de cimento estão enquadrados nos códigos 38.22-0 e 23.20-6, respectivamente (IBGE, 2019).

A classificação de risco pela Norma Regulamentadora 4, da Secretaria de Trabalho do Ministério da Economia (NR-4) atribui o grau de risco 3 e 4, respectivamente (BRASIL, 1978). Por fim, de acordo com o MN-050.R-5, essas atividades possuem o potencial poluidor classificado como alto (CONEMA-RJ, 2011).

4.2. Origem e tipos de resíduos tratados na blendagem

O levantamento realizado nas fontes dos processos de licenciamento registrou as entradas de resíduos classe I e II, oriundos de sessenta e uma atividades dos setores da indústria e comércio brasileiros, tendo o Estado de São Paulo como responsável por 90% dos resíduos gerados.

Os percentuais de contribuição desses setores são os seguintes: portuário (45,94%), óleo e gás (20,48%); gerenciamento de resíduos e reciclagem (11,13%); energia elétrica (5,82%); indústria química em geral (3,47%); lubrificante (3,11%); tintas e vernizes (2,80%); automotivo (2,11%); aviação (1,31%) e outras atividades menores que 1% (3,84%).

Os resíduos chegam às blendeiras de diversas formas: a granel, em caminhões basculantes, ou acondicionados em tambores, bombonas, contêineres, *big bags* e embalagens diversas. Registrou-se o recebimento médio de total de 79.015,82 toneladas por ano de resíduos, distribuídos em 175 tipos de resíduos para serem tratados. Desses, 89% da massa apresenta-se no estado sólido e/ou semissólido e 11% no estado líquido.

Os percentuais distintos de resíduos industriais no estado sólido utilizados na produção dos *blends* sólidos são os seguintes: solo contaminado (39,83%); borra oleosa (16,35%); graxas (8,89%); resíduos químicos e reagentes diversos (6,59%); areia contaminada (4,08%); borra de tintas – base de água (2,96%); base solvente (2,29%) –; lodo de ETE (2%); resinas (1,94%); brita contaminada (1,87%) e demais resíduos menores que 1% (11,59%).

Já os resíduos líquidos apresentaram a seguinte distribuição percentual: lubrificantes (39,43%); solventes (23,54%); etanol (9,98%); sulfonato de alquibenzeno (5,33%), álcoois etoxilados (5,25%); sulfato de ferro (4,25%); diesel (2,69%); ácido fosfórico (2,04%); formaldeído (1,61%); ácido graxo (1,32%); óleos (1,32%); água oleosa (1,01%) e demais resíduos líquidos menores que 1% (5,23%) (INEA, 2019).

As tabelas 8 e 9 apresentam o perfil médio anual dos resíduos sólidos e líquidos, em toneladas, com base na movimentação das duas blendeiras estudadas entre os anos de 2010 e 2015.

Tabela 8: Perfil anual dos resíduos industriais sólidos utilizados na blendagem

N	Resíduos Industriais	(t)
1	solo	28310,85
2	borra oleosa	11620,95
3	graxas	6317,17
4	resíduos químicos e reagentes diversos	4687,17
5	areia	2901,53
6	lodo de ETE	2558,10
7	tintas - base água	2106,22
8	tinta - base solvente	1630,83
9	resinas	1378,80
10	brita	1332,79
11	óxido de zinco	667,91
12	borra de <i>slurry</i>	659,16
13	EPI	638,73
14	papel	594,27
15	elemento filtrante	340,12
16	borracha	339,50
17	borra de emulsão	317,58
18	poliestireno	293,91
19	hidróxido de alumínio	287,50
20	cloreto de sódio	275,33
21	sulfato de magnésio	275,00
22	trapo	259,83
23	estopa	258,31
24	borra de resina	248,94
25	farinha de palmiste	210,16
26	madeira	204,64
27	escória	179,75
28	embalagens Plásticas	176,54
29	dióxido de titânio	132,75
30	poliuretano	112,44
31	lodo de ETA	112,25
32	ácido graxo	104,56
33	cola e adesivos	89,04
34	pano	84,27
35	papelão	81,77
36	manta absorvente	80,91
37	resíduos orgânicos	78,66

38	tetrafluoroetileno	74,58
39	coque metalúrgico	71,08
40	soda caustica	63,70
41	silicone	56,50
42	cera	53,66
43	pigmentos	49,52
44	nitrato de cálcio	47,91
45	serragem	39,39
46	amido	38,33
47	policarboxilatos	37,50
48	asfalto	37,36
49	tecidos	36,75
50	refratários	33,33
51	toner	33,25
52	varrição de fábrica	32,50
53	polietileno	31,10
54	nafta	31,04
55	verniz	25,39
56	poliactida granulada	20,91
57	óxido de zircônio	20,83
58	aço galvanizado	19,16
59	parafina	18,64
60	tripolifosfato de sódio	16,66
61	carbonato de sódio	16,13
62	ferro	15,00
63	vidro	13,40
64	chumbo	11,88
65	polipropileno	11,87
66	sacos de cimento	11,38
67	Alumina	11,29
68	sulfato de sódio	9,45
69	sacos plásticos	9,25
70	manganês	8,69
71	alumínio	8,11
72	vermiculita	7,62
73	silica gel	7,18
74	esteira de lã de vidro	6,7
75	argila	6,25
76	pó de revestimento	4,65
77	nylon	4,58
78	sulfato de alumínio	4,45
79	fibra de vidro	4,30
80	concreto	4,16
81	fertilizantes	4,16

82	tabaco	4,16
83	dióxido de enxofre	4,02
84	dolomita	3,58
85	carvão vegetal	3,44
86	cálcio	2,83
87	tântalo	2,77
88	sacos de filtros	2,56
89	barita	2,50
90	cadmio	2,50
91	grafite	2,50
92	ligantes de cimento	2,50
93	percarbonato de sódio	2,50
94	elemento térmico	2,25
95	carvão mineral	2,08
96	cobre	2,08
97	fosfato	2,08
98	celulose	1,94
99	algodão	1,66
100	fósforo	1,33
101	lã de rocha	1,25
102	polivinilcloreto	1,25
103	bagaço	1,20
104	hidróxido de sódio	1,00
105	plástico	0,96
106	carboximetil celulose	0,83
107	estanho	0,83
108	grãos	0,83
109	óxido de alumínio	0,83
110	palha	0,83
111	PVC	0,83
112	zircônio	0,83
113	ureia	0,79
114	alcatrão	0,50
115	betume	0,50
116	cloreto de potássio	0,40
117	níquel	0,35
118	asbestos	0,25
119	cinzas	0,25
120	zeólito	0,25
121	bauxita	0,16
122	borra de fosfato	0,16
123	prata	0,16
124	sebo	0,16
125	cianeto de sódio	0,10

126	óxido de cromo	0,05
127	nitrato de potássio	0,00025
	Total	71083,10

Fonte: INEA, 2019

Tabela 9: Perfil anual dos resíduos industriais líquidos utilizados na blendagem

N	Resíduos Industriais	(t)
1	lubrificantes	2914,90
2	solventes	1867,23
3	etanol	792,50
4	sulfonato de alquibenzeno	422,54
5	álcoois etoxilados	416,83
6	sulfato de ferro	336,75
7	diesel	213,78
8	ácido fosfórico	162,16
9	formaldeído	125,00
10	ácido graxo	104,56
11	óleos	81,75
12	água oleosa	79,83
13	peróxido de hidrogênio	68,75
14	benzeno	67,08
15	reagentes e químicos	61,37
16	dietilamina	60,83
17	tetracloreto de carbono	22,58
18	estireno	18,43
19	éster de ácido versático	16,76
20	ácido sulfúrico	11,38
21	acetona	8,43
22	querosene	8,33
23	éster metílico	8,33
24	glicerina	8,33
25	dietanolamina	6,66
26	etil benzeno	6,85
27	acrilato de butila	5,15
28	ácido nítrico	5,00
29	ácido sulfúrico	4,83
30	ácido clorídrico	4,16
31	di-trimetil amina	3,33
32	3-metil 1-butil acetato	2,91
33	anidrido ftálico	2,54
34	metil etil cetona	2,50
35	ácido acrílico	2,28
36	isocianato	2,00

37	polióis	1,25
38	sulfato de álcool graxo	0,84
39	óleo de soja	0,66
40	Creosoto	0,50
41	éter dietílico de etileno glicol	0,50
42	xileno	0,41
43	tolueno	0,75
44	ácido acético	0,28
45	éter monometílico	0,25
46	acetato de vinil	0,25
47	fenol	0,16
48	éter dimetílico de etilenoglicol	0,08
	Total	7932,72

Fonte: INEA, 2019

Passando-se à classificação dos resíduos pela NBR ISO 10004, constatou-se que em ambos os grupos, sólidos e líquidos, a maioria dos resíduos que chega à blendagem é classificada como perigosa (Classe I) (Gráfico 1).

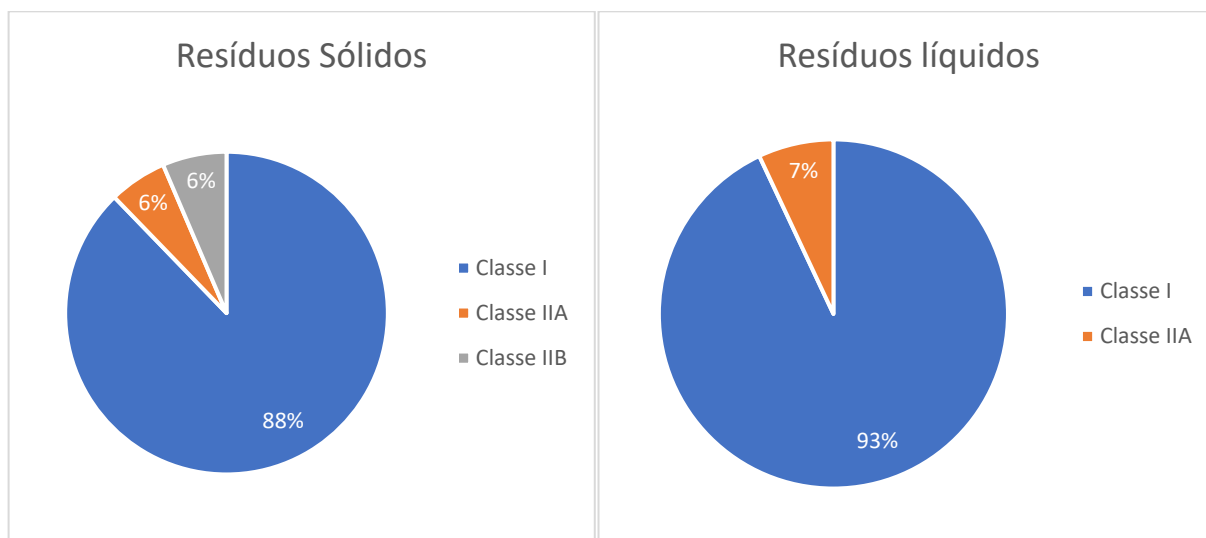


Gráfico 1: Classificação dos resíduos industriais quanto à classificação pela NBR ISO 10004.

Fonte: elaborado pelos autores (2021).

Baseando-se na NBR ISO 10004 (ABNT, 2004), o tipo de periculosidade predominante encontrado nos resíduos classe I é a toxicidade (Gráfico 2). Logo, a homogeneização, que visa aumentar o poder calorífero dos *blends* sólidos, é mais trabalhada nas etapas de blendagem. Isso porque envolve mistura, um tratamento físico que utiliza técnicas de trituração e picagem, bem como processos físico-

químicos envolvendo a mistura da massa de resíduos com serragem e cal com o intuito de reduzir a umidade, tornando o *blend* sólido mais fluido para a queima (INEA, 2020).

Notou-se que nos resíduos líquidos a característica de inflamabilidade aumenta em relação aos sólidos, apesar da toxicidade ser a característica predominante.

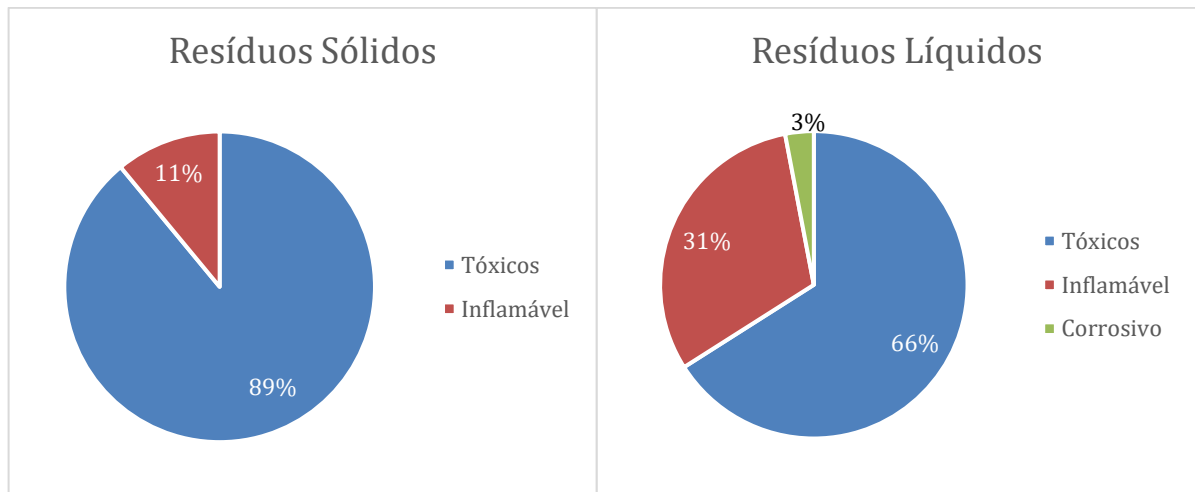


Gráfico 2: Tipo de periculosidade encontrada nos resíduos

Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Quanto à análise da possível funcionalidade dos resíduos industriais para o coprocessamento, os sólidos apresentaram maior equilíbrio quando servem como combustível ou matéria-prima, com pequeno predomínio percentual para a primeira função como destaca o gráfico 3. Já os resíduos industriais líquidos têm função potencial predominante para a geração de energia.

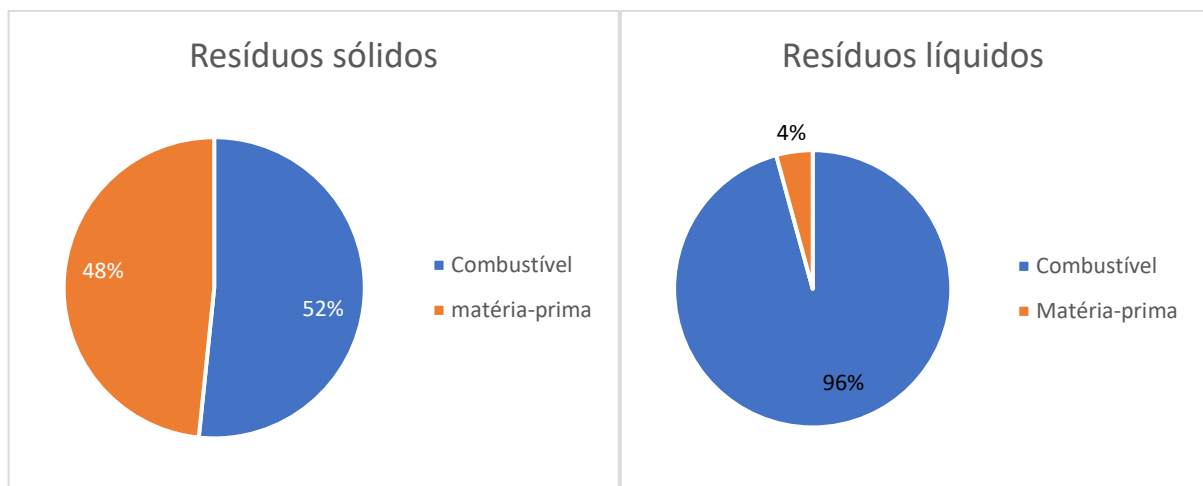


Gráfico 3: Potencial funcionalidade dos resíduos nos fornos de clínquer.

Fonte: elaborado pelo autor (2021).

Quanto aos produtos da blendagem, o estudo registrou uma produção média anual total de 30.650 toneladas, que é percentualmente dividida pelos seguintes tipos de *blends*, conforme a tabela 10.

Tabela 10: Percentuais dos produtos produzidos na blendagem.

Tipos de blend produzido	(%)
<i>Blend</i> sólido energético	65
<i>Blend</i> matéria-prima	22
<i>Blend</i> líquido	13

Fonte: (INEA, 2020).

Por fim, considerando que a entrada anual de resíduos foi em média 79.015,82 toneladas e a produção anual de *blends* é de 30.650 toneladas, constatou-se que sobraram 48.365,82 toneladas de resíduos e rejeitos, ou seja, o equivalente a 62%, que são enviados para outros destinos e não são transformados em *blends*. A tabela 11 descreve a divisão percentual da destinação desses resíduos e rejeitos da blendagem.

Tabela 11: Percentuais de destinações finais de resíduos/rejeitos após a atividade de blendagem

Tipos de resíduos ou rejeitos	Destino	(%)
Sobras de processo e triagem dos não Co processáveis	Aterro sanitário	51
Tambores e sucatas metálicas	Reciclagem em siderurgias	30,8
Paletes e madeira	Reciclagem externa/olarias	18
Lâmpadas fluorescentes	Recuperação e reciclagem	0,1
Resíduos de laboratório	Incineração externa	0,1

Fonte: (INEA, 2020).

4.3. Objetivo e escopo (blendagem)

4.3.1. Descrição das etapas:

Blends Sólidos

a) Desenvase ou Destamboramento (DES):

Processo que inicia com a alimentação das embalagens na área de destamboramento que é feita por uma empilhadeira de lanças. Os resíduos chegam embalados em bombonas ou tambores (Figura 18) e a abertura de tampas e aros é feita por trabalhadores denominados auxiliares operacionais.

Também são feitos cortes superiores de contêineres, caixas e latas. Esses resíduos se apresentam da seguinte forma: 60% de materiais semissólidos e 40% de materiais endurecidos. Resíduos a granel não participam dessa etapa, pois seguem diretamente para outros processos.



Figura 18: Resíduos para desenvase manual realizado por trabalhadores

b) Picagem, trituração e moagem (PTM):

Processo em que, após a triagem em esteira plana, na qual uma equipe de funcionários realiza manualmente a triagem de materiais, inspeção visual e análises físico-químicas dos resíduos sólidos que necessitam de um pré-tratamento mediante picagem, trituração ou moagem, a fim de reduzir sua granulometria em atendimento às especificações de qualidade das fábricas de cimento. Os resíduos submetidos a esse processo são: plásticos, papel, borracha, panos, trapos, estopas e embalagens (Figura 19).

Os resíduos friáveis são encaminhados ao processo de trituração em picador e os não-friáveis em moinhos de faca. O Produto desse processo segue para a blendagem de resíduos sólidos e semissólidos no processo de desestruturação (Figura 20).



Figura 19: Resíduos submetidos à picagem, trituração e moagem



Figura 20: Equipamento destinado a picagem, trituração e moagem

c) Estruturação (EST):

Processo que consiste na impregnação da mistura com agente estruturador (maravalha, serragem ou materiais picados) (Figura 21). Esses agentes estruturadores permitem duas propriedades: o poder absorvente (para retirada de umidade do material) e a seletividade (peneira molecular) selecionando preferencialmente as moléculas grandes e expulsando as pequenas como a água gerando o chorume.

A estruturação cria nos resíduos uma solidificação fluida e solta que permite a transportabilidade, a maneabilidade, homogeneidade e uniformidade nas linhas de injeção de combustível nos fornos de cimento, proporcionando assim uma melhor queima.



Figura 21: Etapa de Estruturação dos resíduos

d) Mistura e Descanso (MSD):

Nesse processo, os resíduos são enviados para baias para mistura e descanso, com o uso de pá carregadeira para viragem e organização do material em pilhas para escoamento de líquidos (Figura 22). Nessas baias também ocorre drenagem residual das frações líquidas, as quais são captadas por canaletas e enviadas à linha de blends líquidos (Figura 23).



Figura 22: Baias de mistura e descanso



Figura 23: Captação de efluentes das baias de mistura e descanso

e) Inertização (INZ):

Tem a função de promover a estabilização da mistura, diminuição da sua umidade e correção do pH pelo uso de aditivo inertizante, ex: cal virgem (Figura 24). Esse aditivo proporciona o aumento da temperatura na reação fazendo a água evaporar.

A mistura é feita com o auxílio de pá carregadeira que se movimenta da baia de cal para a de inertização e da baia de descanso para a de inertização. Após a mistura, o *blend* é acondicionado em pilhas para continuidade da reação.



Figura 24: Hidróxido de cal utilizado para a inertização.

f) Peneiramento (PNT):

Processo de separação granulométrica da mistura com intensa movimentação do material no peneirador. Tem o objetivo de promover a separação do material granulado seco e fluido com vistas à boa operacionalidade sem gerar intensos entupimentos na malha do equipamento e redução de materiais particulados (Figura 25).

A etapa é realizada através da alimentação do material inertizado no processo de classificação granulométrica em duas frações, com partículas de dois tamanhos distintos e com o uso de duas peneiras com malha de 10mm e 50mm. Logo após, os *blends*, também conhecidos por combustíveis sólidos de substituição (CSS), são armazenados em pilhas em baias de armazenamento de produto acabado. Registra-se também que há a atividade de peneiramento de solo contaminado em peneira de 100m em outro ambiente.



Figura 25: Peneiras rotativas acompanhadas de filtros exaustores

g) Carregamento (CRG):

A expedição de CSS para as cimenteiras é feita por caminhões basculantes. O carregamento do material acabado é feito por caminhões com o auxílio da pá carregadeira.

***Blends* líquidos:**

a) Recebimento de Líquidos (RCL):

É feito o desenvase do material que é iniciado com a alimentação das embalagens na área de destamboramento com auxílio de uma empilhadeira de lanças. Trabalhadores auxiliam operacionalmente a abertura de tampas e aros de bombonas, tambores e contêineres.

Os resíduos em embalagens representam 90% de líquidos e 10% de líquidos com borras no fundo (Figura 26). As embalagens são esvaziadas e a parte sólida é enviada para a linha de *blends* sólidos.



Figura 26: *Blends* líquidos para desenvase e mistura

b) Bombeamento (BOB):

O bombeamento tem a finalidade de esvaziar as embalagens com o material seja para a caixa transitória, seja para a filtração. Após o término do bombeamento para a caixa transitória e para a filtração dos resíduos, o material passa a ser

bombeado para tanques de *blend* líquido não-energético, *blend* líquido energético e efluente industrial (Figura 27).

Ainda é realizado mais um bombeamento de material acabado para caminhões-tanque na fase de expedição de líquidos que serão destinados às cimenteiras ou às ETE. Emissões líquidas captadas nas linhas de *blends* sólidos são também bombeadas para a linha de *blends* líquidos. Os equipamentos utilizados são: bomba pneumática (diafragma) e bomba de fuso.



Figura 27: Bombeamento de resíduos líquidos para blendagem

c) Mistura Direta (MID):

Etapa realizada em recipiente de 20m³ ou caixa transitória, cujo objetivo é produzir mix de materiais de resíduos líquidos na faixa de poder calorífico entre 500 e 3000 kcal/kg e o mix energético líquido com poder superior a 3000 kcal/kg são manuseados volumes 15m³ a granel e de 1m³ para materiais de maior reatividade. A seguir todo esse *blend* é armazenado em tanques (Figura 28).



Figura 28: Tambores de Armazenagem de resíduos líquidos misturados

d) Filtração (FLT):

Esse processo objetiva o pré-tratamento do resíduo líquido visando à produção de um efluente adequado à estação de tratamento de efluentes industriais (ETEI) (Figura 29).

Consiste na remoção da carga orgânica do líquido, em que o elemento filtrante é a maravalha. Objetiva também a diminuição da demanda química de oxigênio (DQO), além de adequar a composição e forma física da corrente líquida para destino em ETE de terceiros.



Figura 29: Filtração dos resíduos líquidos

e) Armazenamento (ARM):

Localizado no pátio de tanques. Ao término do bombeamento, os materiais são encaminhados para tanques específicos de armazenamento: *blend* líquido não energético, *blend* líquido energético e efluente industrial (Figura 30).



Figura 30: Armazenamento Final de Blends Líquidos para expedição

f) Carregamento de Líquidos (CRL):

A expedição de líquidos para as cimenteiras é feita através de bombeamento dos *blend* líquidos dos tanques de armazenamento para os caminhões-tanque.

Etapas comuns dos *blends* sólidos e líquidos:

a) Processos auxiliares (PAX)

Aqueles que são comuns aos dois processos como estacionamento de caminhões e oficinas mecânicas de apoio (Figura 31).



Figura 31: Locais destinados ao estacionamento de caminhões e máquinas

4.3.2. Aspectos Ambientais

Concomitantemente ao detalhamento dos processos foram identificados, em cada um, os principais aspectos ambientais capazes de gerar impactos (Quadro 8). A fronteira de sistema, incluindo as etapas e os fluxos nos processos de produção dos *blends*, foi esquematizada na Figura 32.

Quadro 9: Aspectos ambientais dos processos de blendagem

LINHA Blend sólido (S) / líquido (L)	ETAPAS	Aspecto Ambiental
S	DES	Liberação de odores e agentes voláteis.
S	PTC	Emissões de metais para a água.
S	EST	Emissões gasosas, liberação de odores e agentes voláteis.
S	MSD	Emissões gasosas, emissões líquidas, liberação de odores e agentes voláteis.
S	INZ	Geração de emissões gasosas, particulados em suspensão (pós), liberação de odores e agentes voláteis.
S	PNT	Geração de materiais particulados, liberação de odores intensos (hidrocarbonetos leves e aromáticos presentes nos resíduos). A intensidade varia em

		função da composição do blend e das condições climáticas. Essa etapa é avaliada como a mais significativa em termos de emissão de odores. Geração de resíduos sólidos perigosos.
S	CRG	Liberação de odores.
L	CRL	Liberação de agentes voláteis odoríferos.
L	BOB	Possíveis vazamentos para o solo
L	MID	Efeitos adversos da mistura entre os líquidos reativos
L	FLT	Geração de Efluentes para tratamento externo.
L	ARM	Possíveis vazamentos dos tanques para o solo
L	CRL	Liberação de odores e vazamentos
S/L	PAX	Emissões de efluentes para o solo e água subterrânea

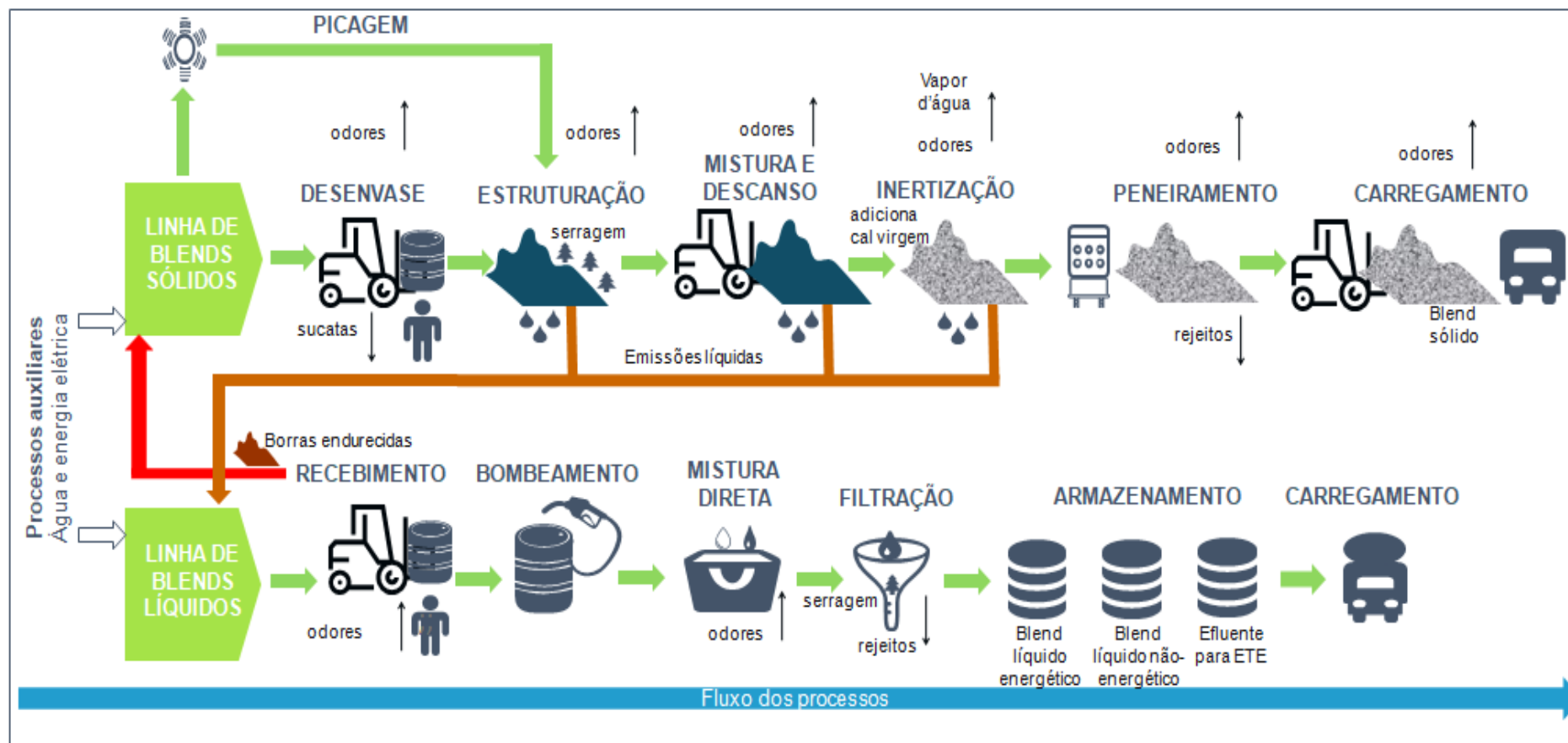


Figura 32: Esquema dos processos e emissões da blendagem

4.4. Inventário do Ciclo de Vida da Blendagem

Os dados do ICV da blendagem por tonelada de *blends* produzidos foram obtidos conforme descrito na seção metodológica, após o registro das entradas e saídas no software SimaPro. Os valores do ICV encontram-se na tabela 12:

Tabela 12: ICV para 1 t de *blend* produzido

Fluxo	Compartimento	Substância	Unidade	Valor
Entradas	Matéria-prima	Água	m ³	7,60E-01
		Carvão mineral	t	2,50E+00
		Cobre	kg	6,23E+00
		Cromo	kg	5,50E-01
		Ferro	kg	9,43E+02
		Gás natural	m ³	3,00E+01
		Níquel	g	1,12E+02
		Ocupação arável, não irrigada	m ² a	8,11E+02
		Ocupação, área industrial construída	m ² a	9,98E+00
		Ocupação, canteiro de obras	m ² a	1,52E+01
		Ocupação, colheita permanente, intensiva	m ² a	5,46E+02
		Ocupação, floresta, intensivo ciclo curto	m ² a	2,83E+02
		Ocupação, local de extração mineral	m ² a	9,19E+00
		Óleo cru	t	1,81E+00
		Transformação da floresta	m ²	1,15E+00
		Transformação da floresta tropical	m ²	1,03E+01
		Transformação da floresta, extensiva	m ²	9,90E+00
		Transformação da floresta, int., supressão	m ²	1,03E+03
		Transformação da floresta, int., ciclo curto	m ²	1,08E+01
		Transformação da floresta, intensiva	m ²	1,03E+01
Saídas	Ar	Dióxido de Carbono, fóssil	kg	1,20E+04
		Metano	kg	7,90E+01
		Diclorodifluorometano, CFC-12	g	3,44E+01
		Hidrocarbonetos clorados	g	1,51E+02
		Selênio	mg	8,91E+02
		Óxidos de Nitrogênio	kg	5,40E+01
		Monóxido de Carbono, biogênico	kg	7,14E+00
		COVNM	kg	1,09E+01
		Dióxido de Nitrogênio	g	5,11E+03
		Dióxido de Enxofre	kg	5,55E+01
		Particulados, < 2.5 um	kg	5,38E+00
		Particulados, > 2.5 um, e < 10 um	kg	5,78E+00
		Radônio-222	kBq	1,23E+06
		Carbono-14	Bq	6,02E+04
		Amônia	kg	6,83E+00
		Arsênico, íon	g	5,34E+01

		Bário	g	4,75E+02
		Fosfato	kg	1,55E+01
		Nitrato	kg	3,35E+01
		Fósforo	g	2,56E+02
		Manganês	kg	4,13E+00
		Vanádio, íon	g	1,18E+02
		Zinco, íon	g	1,25E+03
		Berílio	g	7,88E+00
		Selênio	g	2,25E+01
		Cobalto	g	1,76E+02
		Níquel, íon	g	6,40E+02
	Solo	Cipermetrina	mg	2,52E+03
		Fósforo	g	1,07E+01
		Atrazina	g	2,28E+01
		Cobre	mg	-1,84E+03

Fonte: elaboração própria, 2020.

4.5. Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida da Blendagem

Constatou-se que a água foi o compartimento ambiental que recebeu as principais emissões de poluentes. Os resultados da caracterização apontam a Toxicidade Humana (TH) como principal impacto dos processos de blendagem, com contribuição total de $1,23E+0,5 \text{ kg } 1,4\text{-DB eq.}$

A TH predominou na maioria dos processos, com exceção dos processos de carregamento de líquidos (CRL), que tiveram como principal impacto a Depleção de Fósseis (DF) com $3,79E+02 \text{ kg } \textit{oileq}$, e processos auxiliares (PAX), que tiveram a Ecotoxicidade Marinha (ETM) como principal impacto com $1,61E+02 \text{ kg } 1,4 \text{ DB eq.}$

Constatou-se que os processos com os maiores registros de TH ocorreram na linha de produção dos *blends* sólidos, como Mistura/Descanso (MSD) e Inertização (INZ), com as maiores contribuições com valor idêntico: $2,39E+04 \text{ Kg } 1,4\text{-DB eq.}$

Os potenciais impactos da TH são proporcionados principalmente pela emissão de substâncias a base dos elementos Selênio (Se), Bário (Ba), Manganês (Mn) e Arsênio (As). As demais substâncias representaram menos de 5% de contribuição para o impacto.

O Gráfico 4 destaca que o Se teve a maior emissão nos processos MSD, INZ e PNT, com mesmo valor $9,81E+03 \text{ Kg } 1,4 \text{ DB eq.}$ Prováveis fontes de Se são

oriundas de resíduos como: tintas (pigmentos); borrachas; fertilizantes e produtos farmacêuticos (CETESB, 2018a), utilizados na linha de *blends* sólidos.

Quando originado de resíduos industriais, o Se encontra a água e o mesmo se dissolve, depositando-se em partículas, podendo ser convertido pela ação de microrganismos na forma inerte e solúvel, porém o Se pode bioacumular na cadeia alimentar, ocasionando diversos efeitos nocivos aos organismos (CETESB, 2018a).

Trabalhadores expostos cronicamente a aerossóis e poeiras contendo altas concentrações desse metal podem apresentar tosse, náuseas, cefaleias, fadiga, perda do apetite, insônia, manganismo e inflamações nos pulmões que podem levar a uma pneumonia química (CETESB, 2018a).

Esses mesmos processos de blendagem registram as maiores emissões de Mn e As com os mesmos valores $5,60\text{E}+03$ e $2,14\text{E}+03$ Kg 1,4-DB eq, respectivamente. As fontes de Mn podem ser explicadas pela sua presença em diversos resíduos perigosos provenientes da indústria química em geral, têxtil e de fertilizantes.

Algumas formas do Mn são persistentes no ambiente aquático e pode ser acumulado por organismos como algas, moluscos e alguns peixes. A bioacumulação do Mn é maior em níveis inferiores da cadeia trófica (CETESB, 2018b).

O As é utilizado na fabricação de ligas não-ferrosas. Formas como o ácido arsênico são utilizados como descolorante e clareador na indústria de produtos como vidrarias e garrafas (CETESB, 2017a). Na água, o As pode ser introduzido por emissões de efluentes industriais e via atmosférica. Uma das prováveis fontes difusoras do As pode ser o sulfato de ferro (pirita) (SPIRO; STIGLIANI, 2009). O sulfato de ferro foi um dos resíduos listados para a produção de *blends* líquidos neste estudo (Tabela 2).

Os sinais e sintomas clínicos de intoxicação aguda por As são: dor abdominal, vômito, diarreia, vermelhidão muscular e fraqueza, seguidos por dormência e formigamentos das extremidades (CETESB, 2017a).

Quanto ao Ba, as emissões possuem o mesmo registro valor nos processos MSD e INZ ($6,36\text{E}+03$ Kg 1,4 –DB eq.).

O Ba é utilizado na fabricação de diversos tipos de produtos industriais que também são descartados em formas de resíduos como plásticos, vidros, cerâmicas (refratários), têxteis, lubrificantes e borrachas. O tempo de permanência das

partículas de Ba no ar depende do tamanho, mas essas acabam sendo depositadas no solo. Emissões antropogênicas de Ba na água podem ocorrer a partir do descarte de efluentes industriais (CETESB, 2017b).

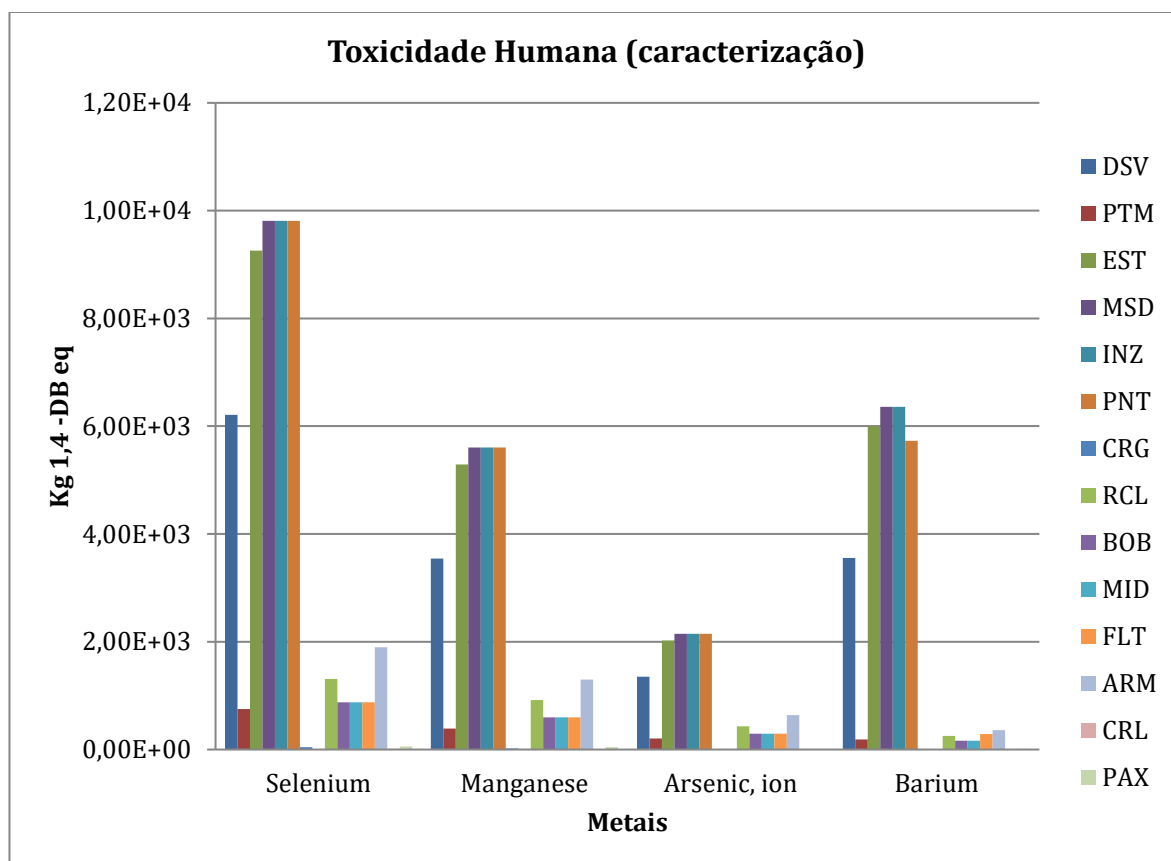


Gráfico 4: Relação das emissões dos elementos com os processos na categoria HT

Outras categorias de impacto que se destacaram na produção de *blends* foram: ecotoxicidade marinha (MET) e mudanças climáticas (MC) com 8,49E+04 kg 1,4-DB eq e 1,11E+04 kg CO₂eq respectivamente.

Na MET, as substâncias que mais contribuíram para o impacto foram Se com Kg 1,4-DB eq., oriundo das matérias-primas (resíduos), e Mn com Kg 1,4-DB eq, emitidos para a água. Nessa categoria, o processo que mais contribui para o impacto foi o DES. Quanto às MC, as principais substâncias emitidas foram o CO₂ com 9,19E+00 kg CO₂eq e HFC-23 com 5,02E+00 kg CO₂eq, e o processo que mais contribuiu foi o ARM, por utilizar bombeamento.

Os dados da caracterização dos impactos nos processos estão descritos na Tabela 13.

Tabela 13: Caracterização dos Impactos por etapas da produção de *blends*

Cat.	Unidade	DES	PTM	EST	MSD	INZ	PNT	CRG	RCL	BMB	MID	FLT	ARM	CRL	PAX	TOTAL
TH	kg 1,4-DB eq	1,47E+04	1,53E+03	2,26E+04	2,39E+04	2,39E+04	2,33E+04	7,76E+01	2,91E+03	1,93E+03	1,93E+03	2,06E+03	4,20E+03	3,11E+01	1,22E+02	1,23E+05
ETM	kg 1,4-DB eq	9,87E+03	1,11E+03	1,48E+04	1,57E+04	1,57E+04	1,57E+04	7,78E+01	4,01E+03	1,49E+03	1,49E+03	1,49E+03	3,24E+03	4,36E+01	1,61E+02	8,49E+04
MC	kg CO ₂ eq	1,12E+03	1,36E+02	1,71E+03	1,82E+03	1,82E+03	1,80E+03	1,60E+00	4,82E+02	3,84E+02	3,84E+02	5,58E+02	8,35E+02	3,35E+00	1,47E+01	1,11E+04
DF	kg <i>oileq</i>	4,34E+02	4,31E+01	6,17E+02	6,54E+02	6,54E+02	6,51E+02	4,95E-01	3,58E+00	1,91E+02	1,75E+02	1,75E+02	1,95E+02	3,79E+02	1,07E+00	4,17E+03
RI	kg U ²³⁵ eq	2,06E+02	1,89E+01	3,08E+02	3,26E+02	3,26E+02	3,26E+02	3,00E-01	1,38E+00	4,92E+01	2,87E+01	2,87E+01	2,87E+01	6,24E+01	4,29E-01	1,71E+03
OTA	m ² a	1,38E+02	1,76E+00	2,07E+02	2,19E+02	2,19E+02	2,19E+02	2,74E-03	4,07E-02	1,04E+02	1,02E+02	1,02E+02	1,02E+02	2,21E+02	6,88E-03	1,63E+03
DM	kg Fe eq	7,01E+01	3,57E+00	1,07E+02	1,13E+02	1,13E+02	1,13E+02	1,94E+00	6,14E+00	2,38E+01	8,36E+00	8,36E+00	8,36E+00	1,82E+01	1,04E+00	5,96E+02
DA	m ³	4,18E+01	8,88E+00	6,23E+01	6,59E+01	6,59E+01	6,59E+01	1,62E-02	4,63E-02	5,02E+00	4,41E+00	4,41E+00	4,43E+00	9,58E+00	3,08E-02	3,34E+02
AT	kg SO ₂ eq	1,20E+01	1,53E+00	1,97E+01	2,09E+01	2,09E+01	2,07E+01	3,97E-02	4,28E-02	2,30E+00	2,05E+00	2,05E+00	2,61E+00	4,45E+00	5,78E-02	1,09E+02
ETA	kg 1,4-DB eq	9,69E+00	1,55E+00	1,45E+01	1,54E+01	1,54E+01	1,54E+01	5,16E-02	3,66E+00	1,49E+00	1,49E+00	1,49E+00	3,23E+00	3,24E-02	1,04E-01	8,35E+01
FOF	Kg NMVOC	8,39E+00	5,90E-01	1,27E+01	1,35E+01	1,35E+01	1,33E+01	4,87E-02	1,86E+00	1,72E+00	1,72E+00	1,98E+00	3,74E+00	7,46E-02	5,97E-02	7,32E+01
OTU	m ² a	3,57E+00	5,00E-01	5,35E+00	5,66E+00	5,66E+00	5,66E+00	5,00E-03	2,00E-02	2,23E+00	2,14E+00	2,14E+00	2,14E+00	4,64E+00	2,72E-02	3,97E+01
FMP	Kg PM ₁₀ eq	3,40E+00	3,56E-01	5,12E+00	5,43E+00	5,43E+00	5,38E+00	1,68E-02	3,19E-02	7,08E-01	5,88E-01	5,88E-01	7,14E-01	1,28E+00	2,31E-02	2,91E+01
EM	kg N eq	3,57E+00	2,98E-01	5,38E+00	5,71E+00	5,71E+00	5,66E+00	1,78E-02	1,12E-02	4,42E-01	3,90E-01	3,90E-01	4,66E-01	8,47E-01	2,67E-02	2,89E+01
ET	kg 1,4-DB eq	3,52E+00	3,68E-01	5,23E+00	5,54E+00	5,54E+00	5,54E+00	2,71E-04	6,85E-04	1,20E+00	1,14E+00	1,14E+00	1,14E+00	2,49E+00	4,27E-04	3,28E+01
TTN	m ²	9,66E-01	4,84E-02	1,53E+00	1,62E+00	1,62E+00	1,62E+00	4,06E-04	4,53E-02	5,89E-01	5,62E-01	5,62E-01	5,62E-01	1,22E+00	1,42E-02	1,10E+01
EA	kg P eq	3,85E-01	4,86E-02	5,75E-01	6,09E-01	6,09E-01	6,09E-01	1,67E-03	1,28E-01	8,30E-02	8,30E-02	8,31E-02	1,80E-01	1,16E-03	7,09E-03	3,40E+00

Nessas referidas categorias de impacto citadas, os processos que mais contribuíram foram MSD, INZ e PNT. A diferença entre as duas categorias é que, na ETM, as emissões foram direcionadas para o compartimento água, enquanto que, nas MC, as emissões foram direcionadas ao ar.

Observa-se uma liberação maior de odores devido ao revolvimento da massa de resíduos nas etapas MSD e PNT. Já no processo INZ, a adição do composto inertizante (cal virgem) provoca a geração de efluentes líquidos oriundos da massa de resíduos com potencial de alta toxicidade. A categoria Eutrofização da Água foi a categoria menos impactante (Gráfico 5).

Considerando os dados normalizados, a categoria TH correspondeu a 53% dos impactos totais da blendagem e foi predominante em todos os processos. MSD e INZ continuam como os processos mais impactantes quanto a TH, ambos com o mesmo valor ($2,69E+01$), seguidos pelo PNT com valor de $2,63E+01$.

A seguir, a categoria ETM é responsável por 20% do impacto total da blendagem. Os processos MSD e INZ também são os mais significativos, também nessa categoria com valor idêntico de $9,59E+00$.

Subsequentemente, as categorias EA e ETA são responsáveis por 11% e 4% dos impactos da blendagem respectivamente. Os processos mais significativos para essas categorias foram MSD e INZ com o mesmo valor ($5,23E+00$) e PNT e com $2,24E+00$. A principal substância que propicia a EA são os fosfatos, oriundo de lodos diversos e dos minerais existentes nas frações minerais de solos contaminados, além de alguns resíduos oriundos de atividades agrícolas como fertilizantes.

Nota-se que o impacto DA não pontuou quando normalizado. As treze categorias de impacto restantes correspondem apenas a 12% do impacto total nos processos de blendagem (Tabela 14).

Tabela 14: Normalização dos Impactos por etapas da produção de *blends*

Cat.	DES	PIC	EST	MSD	INZ	PNT	CRG	RCL	BMB	MID	FLT	ARM	CRL	PAX	TOTAL
TH	1,66E+01	1,75E+00	2,54E+01	2,69E+01	2,69E+01	2,63E+01	8,88E-02	3,36E+00	2,26E+00	2,26E+00	2,39E+00	4,91E+00	3,62E-02	1,36E-01	1,39E+02
ETM	6,00E+00	6,46E-01	9,05E+00	9,59E+00	9,59E+00	9,51E+00	4,35E-02	2,24E+00	8,96E-01	8,97E-01	9,12E-01	1,95E+00	2,45E-02	8,82E-02	5,14E+01
EA	3,31E+00	4,51E-01	4,94E+00	5,23E+00	5,23E+00	5,23E+00	1,33E-02	1,05E+00	6,92E-01	6,92E-01	6,93E-01	1,50E+00	9,37E-03	5,63E-02	2,91E+01
ETA	1,41E+00	2,15E-01	2,11E+00	2,24E+00	2,24E+00	2,24E+00	7,23E-03	4,95E-01	2,17E-01	2,17E-01	2,17E-01	4,71E-01	4,44E-03	1,52E-02	1,21E+01
DF	3,72E-01	3,36E-02	5,34E-01	5,67E-01	5,67E-01	5,61E-01	1,24E-03	1,50E-01	1,36E-01	1,36E-01	1,56E-01	2,96E-01	2,27E-03	2,81E-03	3,51E+00
DO	4,42E-01	9,59E-05	6,56E-01	6,95E-01	6,95E-01	6,95E-01	2,31E-06	2,87E-02	2,85E-02	2,85E-02	2,85E-02	6,19E-02	8,28E-06	1,47E-05	3,36E+00
EM	4,07E-01	3,47E-02	6,19E-01	6,58E-01	6,58E-01	6,52E-01	1,98E-03	5,35E-02	4,76E-02	4,76E-02	5,61E-02	1,03E-01	2,96E-03	1,27E-03	3,34E+00
DM	3,88E-01	1,01E-02	5,86E-01	6,21E-01	6,21E-01	6,21E-01	8,87E-03	6,42E-02	2,82E-02	2,82E-02	3,11E-02	6,12E-02	2,64E-03	1,40E-02	3,09E+00
AT	2,88E-01	3,65E-02	4,71E-01	5,00E-01	5,00E-01	4,96E-01	9,49E-04	5,49E-02	4,89E-02	4,89E-02	6,22E-02	1,06E-01	1,38E-03	1,02E-03	2,62E+00
MC	2,74E-01	2,70E-02	4,17E-01	4,44E-01	4,44E-01	4,39E-01	9,13E-04	9,39E-02	7,56E-02	7,57E-02	1,07E-01	1,64E-01	1,67E-03	2,90E-03	2,57E+00
FMP	2,56E-01	2,82E-02	3,99E-01	4,23E-01	4,23E-01	4,19E-01	1,21E-03	5,24E-02	4,38E-02	4,38E-02	5,28E-02	9,51E-02	1,65E-03	2,30E-03	2,24E+00
FOF	1,75E-01	1,22E-02	2,66E-01	2,82E-01	2,82E-01	2,79E-01	1,02E-03	4,11E-02	3,77E-02	3,77E-02	4,30E-02	8,19E-02	1,55E-03	7,97E-04	1,54E+00
RI	1,59E-01	1,46E-02	2,37E-01	2,51E-01	2,51E-01	2,51E-01	2,33E-04	3,80E-02	2,23E-02	2,23E-02	2,23E-02	4,84E-02	3,33E-04	1,06E-03	1,32E+00
ETT	1,34E-01	1,44E-02	1,99E-01	2,11E-01	2,11E-01	2,11E-01	1,39E-04	3,83E-02	3,57E-02	3,57E-02	3,57E-02	7,77E-02	1,01E-04	1,56E-04	1,20E+00
TTN	7,17E-02	1,05E-03	1,07E-01	1,13E-01	1,13E-01	1,13E-01	2,48E-05	4,80E-02	4,61E-02	4,61E-02	4,61E-02	1,00E-01	1,18E-03	1,77E-04	8,06E-01
OTA	7,21E-02	1,32E-02	1,10E-01	1,16E-01	1,16E-01	1,16E-01	7,94E-06	2,00E-02	1,95E-02	1,95E-02	1,95E-02	4,23E-02	9,08E-06	9,95E-04	6,65E-01
OTU	1,72E-02	2,04E-03	2,59E-02	2,74E-02	2,74E-02	2,74E-02	2,41E-05	4,07E-03	3,54E-03	3,54E-03	3,54E-03	7,69E-03	5,76E-05	1,80E-04	1,50E-01

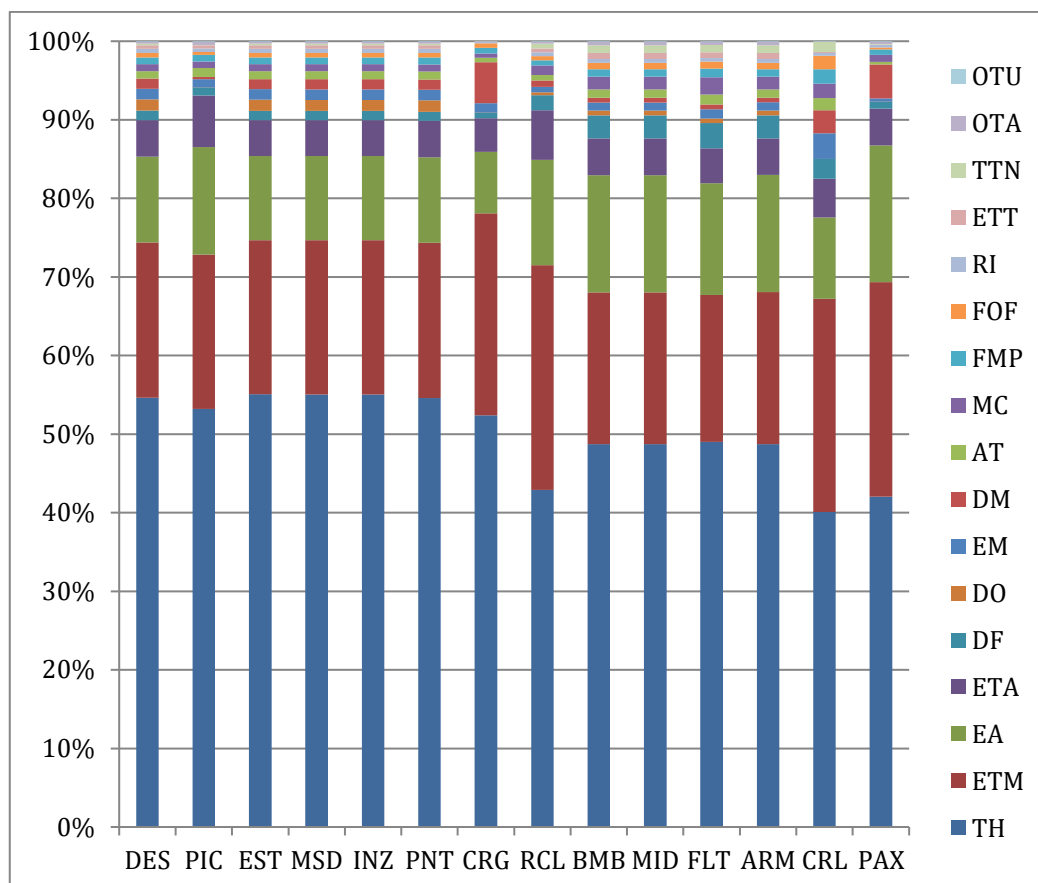


Gráfico 5: Distribuição percentual dos impactos nas etapas de blendagem

Utilizando o método Impact 2002+ verificou-se que os Inaláveis Inorgânicos corresponderam a 51,8% dos impactos, seguido dos Não-Carcinogênicos com 39,8%, Carcinogênicos 8,36% e Inaláveis Orgânicos com menos de 1%.

As principais substâncias do grupo de IO estão em primeiro lugar os particulados < 2 µm, seguidos de SO₂, NO_x e NO₂ todos emitidos para o ar.

As substâncias não-carcinogênicas principais foram As e Aldrin, que é composto organoclorado sintético, utilizado como defensivo agrícola culturas de algodão, é também considerado um poluente orgânico persistente (POP) (CETESB, 2018c). Mas, As e compostos inorgânicos de As (CAS 007440-38-2) é considerado cancerígeno pela LINACH – segundo a Portaria Interministerial nº 9 de 07 de outubro de 2014. O Aldrin também é um possível cancerígeno e disruptor endócrino.

Cabe ressaltar que um dos resíduos utilizados na fabricação dos *blends* sólidos são tecidos, panos, trapos e uniformes contaminados que são fabricados a base de algodão. Ambas as substâncias foram emitidas para o solo.

Tanto o As e o Aldrin reaparecem juntamente com os hidrocarbonetos emitidos para o ar no grupo dos carcinogênicos.

Quanto aos processos INZ e MSD, são aqueles mais significativos na emissão dos IO. Já o processo ARM, é aquele mais significativo para a emissão de NCR e CRC. Cabe ressaltar que, o ARM é um processo pertencente à linha de *blends* líquidos.

4.6. Interpretação da blendagem

Segundo a avaliação do impacto ambiental pelo método *ReCiPe*, constatou-se que a TH é o impacto principal da blendagem, significando uma série de riscos à saúde do trabalhador pela exposição ocupacional podendo atingir à população circunvizinha a atividade pela liberação de odores. Cabe ressaltar que 95% dos impactos da TH estão relacionados à contribuição de substâncias contendo os elementos como Se, Mn, As e Ba emitidos para a água.

Apesar do menor percentual (5%) não se deve desprezar o potencial de toxicidade da contribuição de substâncias restantes, uma vez que a diversidade de resíduos tóxicos utilizados é bastante ampla, contribuindo para efeitos sinérgicos na saúde.

Todos os processos de blendagem são bastantes impactantes por suas emissões e constante exposição dos trabalhadores às emissões, mas os processos MSD, INZ e PNT são aqueles em que a TH tem a maior pontuação, explicada pela prática de revolvimento da massa de resíduos perigosos misturados, potencializando a emissão de vapores e odores tóxicos.

Complementarmente, já pelo método Impact 2002+, os impactos à saúde são ocasionados, majoritariamente, pela liberação de inaláveis inorgânicos para o ar (51,8%) com a emissão de particulados, SO₂ e NO_x, tendo seus *hotpots* nos mesmos processos, seguidos da categoria não-carcinogênicos (39,8%) e carcinogênicos (8,36%).

Nessa mesma região, foram escolhidos por Santos (2020) três grupos (bairros residenciais) para aplicação de um questionário que abrangeu aproximadamente mil entrevistados. As comunidades selecionadas foram Jardim Esmeralda e Parque Boneville como grupo exposto, por estarem bem próximas às unidades de

blendagem A e B e a comunidade Raiz da Serra como grupo controle, por estar a quinze quilômetros de distância de ambas as unidades. Além de queixas sobre os cheiros desagradáveis para a maioria dos entrevistados das comunidades expostas (Jardim Esmeralda – 78,9 % e Parque Boneville – 56,2%), foram também relatados diversos incômodos. Os entrevistados do Jardim Esmeralda apontaram como os sintomas mais frequentes: dor de cabeça (22,8%); irritação nos olhos (18,2%) e pigarro (18,2%). Em todas as faixas etárias, os sintomas mais recorrentes são tosse ao acordar e tosse durante o dia e a noite, principalmente nas crianças entrevistadas (71,4%) e nos idosos (50%). Entre os incômodos sentidos, os entrevistados do Parque Boneville foram, principalmente dor de cabeça (24,0%), irritação nos olhos (24,0%) e enjoo (24,0%). Entre as crianças, 80% informaram ter tosse durante o dia e a noite. Na população adulta, 62,8% apresentam tosse dia e noite e 50% dos idosos mencionam catarro ao acordar, conforme descrito no Gráfico 6:

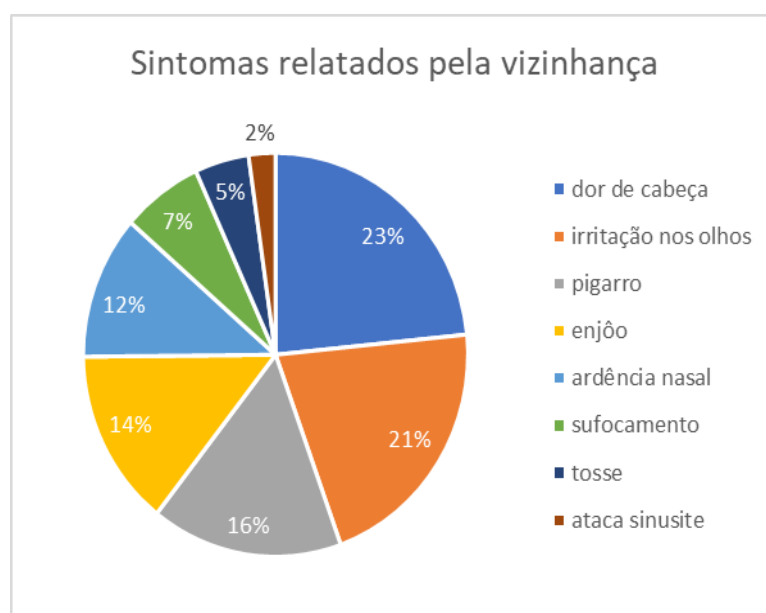


Gráfico 6: Sintomas descritos pela vizinhança das blendeiras em Magé-RJ

Fonte: Santos, 2020.

Considerando as principais substâncias responsáveis pelo impacto na TH, os efeitos à saúde humana decorrentes da exposição como: dores de cabeça (cefaleia), tosse, náusea e inflamação nos pulmões que, traz a sensação de sufocamento, podem estar associados aos efeitos do Mn (CETESB, 2018b). Vômitos, que são

sintomas consequentes dos enjoos e dificuldade respiratória, são efeitos ocasionados pela exposição ao Ba (CETESB, 2017b).

Os sintomas de irritação nos olhos e pigarro não estão aparentemente ligados à exposição a essas principais substâncias apontadas na AICV, porém tais sintomas são característicos da exposição a substâncias oxidantes, como o peróxido de hidrogênio, elencado na lista de resíduos industriais utilizados para a produção de *blend* líquido. E, o momento de maior exposição pode estar associado ao processo DES, quando os tambores são abertos e ao processo MIS com outras substâncias (INEA, 2019).

Além do risco iminente à saúde humana, a categoria ETM é o segundo maior impacto, representando ameaça à vida marinha. Os aspectos que culminam nesses impactos são ocasionados pelas emissões oriunda de vazamento de tanques, oficinas, emissões líquidas dos processos de blendagem.

Contextualizando o potencial impacto com a região, os ambientes aquáticos que serão primeiramente impactados são dulcícolas, mais precisamente os Rios Santo Aleixo e Iriri, pertencentes às bacias de mesmo nome, respectivamente. Ambos os rios, desaguam na Baía de Guanabara (Figura 33).

É importante lembrar que vários corpos d'água pertencentes a Região Hidrográfica da Baía de Guanabara (RH-V) estão em elevado estado de degradação, principalmente pelo lançamento de efluentes sanitários domésticos. O fluxo mensal que flui do Rio Santo Aleixo (Roncador) para a Baía de Guanabara é de 8,3 m³/s, enquanto o do Rio Iriri é 0,5m³/s (Consórcio Fator, 2020).



Figura 33: Rios Iriri e Santo Aleixo (Roncador). Fonte: SIG-RHBG, 2021

Ambos os rios adentram uma região de alta importância biológica, situada na APA de Guapimirim e próximos à área de extrema alta que é a EE Guanabara, dominadas pelo ecossistema de manguezal (Figura 34).

Os principais grupos e espécies ameaçadas pela ecotoxicidade são: Peixes, tainha (*Mugil* spp.), carapeba (*Diapterus* sp. *Eugerres* sp.); crustáceos, siris (*Callinectes* spp.), camarões de água doce e salgada (*Macrobrachium* sp., *Penaeus* spp.); e Plâncton de origem eminentemente marinha (ICMBio, 2020).

Na margem dos canais de maré, uma zona descoberta durante o período de maré baixa, apresentam-se como principais grupos: Crustáceos Decápodos, Siris (*Callinectes* spp.); camarões de água doce (*Macrobrachium* sp.) e salgada (*Penaeus* spp.) e, particularmente, caranguejos do gênero *Uca* spp.; moluscos bivalves, (*Venus* spp., *Anomalocardia brasiliensis*, *Crassostrea* spp., *Arca* sp. *Tagelus plebeius*, *Iphigenia brasiliensis*); e conta ainda com a presença de diversas aves, principalmente garças, gaivotas, gaviões e socós que buscam alimentos nos bancos expostos na maré baixa (ICMBio, 2020).

A base dos bosques, sob as copas das árvores e raízes, onde o substrato é mais duro, condiciona a distribuição dos seguintes grupos: Crustáceos decápodes, particularmente *Goniopsis cruentata*, *Ucides cordatus*, *Cardisoma* spp.; moluscos gastrópodes, *Neritina* spp., *Bulla* spp., e bivalvos *Mytella* spp.; e nas áreas mais bem preservadas e extensas, répteis (*jacarés*, *serpentes* e *lagartos*) e mamíferos (especialmente carnívoros como o guaxinim, cachorro do mato, pequenos felinos, dentre outros) (ICMBio, 2020).

Os troncos e raízes aéreas são predominantemente ocupadas por cracas e ostras (*Crassostrea* spp.), gastrópodes (*Littorina angulifera*) com uma flora de algas associadas e líquens crescendo nos troncos, ramos e raízes aéreas. As copas representam uma interface entre o ambiente marinho e o terrestre (Kjerfve; Lacerda, 1993; Lacerda, 2002), onde são abundantes: dípteros, lepidópteros, cupins, formigas, e outros representantes da entomofauna.

São nesses locais também que aves como garças e socós fazem ninhos, enquanto que mergulhões, gaivotas, gaviões entre outras aves forrageiam. Diversas espécies de cobras e alguns anfíbios também ocorrem nesse ambiente (ICMBIO, 2020).

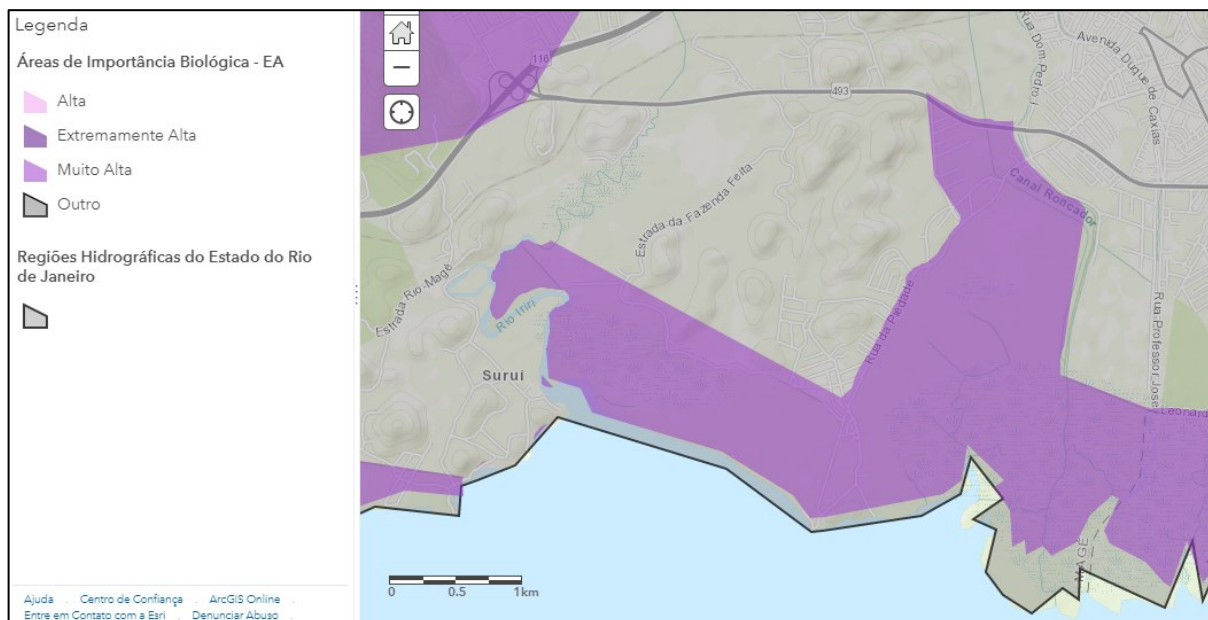


Figura 34: Importância biológica das áreas no entorno das blendeiras

Fonte: (SIG-RHBG, 2021b)

Cabe ressaltar que a Região Hidrográfica da Baía de Guanabara sofre com aumento da urbanização e adensamento populacional e seus rios são utilizados

para diluição de efluentes industriais e sanitários. Outros aspectos importantes a serem considerados são os usos da água. Ambos os rios possuem os seguintes usos: diluição de despejos, espécies destinadas à alimentação humana e espécies destinadas à preservação de fauna e flora.

Isto posto, corrobora a constatação que as blendeiras contribuem sinergicamente para os impactos EA e ETA no âmbito dos Rios Santo Aleixo (Roncador) e Iriri. Importante mencionar que o Rio Santo Aleixo é um dos pontos de captação para abastecimento do município, juntamente com mais outros cinco pontos existentes no município de Magé. Conforme os dados de monitoramento do Rio Santo Aleixo (Roncador), apresentados em junho de 2019, o referido corpo d'água apresenta classificação “média” no índice de qualidade da água (Consórcio Fator, 2020).

Enquanto o impacto da EA pela emissão de fosfatos reflete diretamente para uma redução da biodiversidade aquática, pela redução do oxigênio dissolvido disponível, a ETA, especificamente, trará as espécies nativas exposição às substâncias químicas. Conforme estudos realizados por Sachetto (2012) o Rio Roncador apresentou concentrações de fósforo total acima do parâmetro orientador da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005 (0, 10mg.L⁻¹) nos anos 1987, 1993, 1999, 2001, 2002, 2007 e 2010.

As principais populações afetadas pelos impactos da EA e da ETA são as populações de peixes das seguintes espécies: *Polycentrus schomburgki* (lobo da Guiana); *Bryconamericus ornaticeps*, que é restrito das bacias dos Rios Roncador e Macacu; *Aequidens geayi* (acará bandido) e *Nannostomus brechforti* (bengalinha), que é uma espécie introduzida (BIZERRIL; PRIMO, 2001).

Já os demais impactos correspondem somados a apenas 12% do impacto total das blendeiras.

4.7. Inventário do ciclo de vida da cadeia de coprocessamento

Da mesma forma que na ACV anterior, os resultados do ICV da cadeia de coprocessamento, por tonelada de clínquer produzido, foram obtidos após os registros de entrada e saída no software SimaPro e são especificados na tabela 15.

Tabela 15: ICV contendo entradas e saídas para 1 t de clínquer

Comp.	Substância	Unid.	Blendeira	Clinqueirização	Transporte
Ar	CO ₂ , fóssil	kg	3,95E+02	1,48E+02	1,32E+00
	CH ₄		3,09E+00	2,01E+00	1,50E-02
	HCFC-22		3,16E-02	1,15E-02	
	CFC-12		9,92E-04	3,87E-04	4,16E-10
	CFC-10		9,28E-04	3,38E-04	4,16E-11
	NO ₂		1,50E-01	6,01E-02	
	NO _x		1,57E+00	6,44E-01	1,02E-02
	COVNM		3,40E-01	5,49E-01	7,05E-03
	NH ₃		1,93E-01	8,08E-02	7,32E-05
	CO ₂ , biogênico		3,35E+00	1,15E+00	
	Particulados, < 2.5 um		2,01E-01	4,45E-02	
	Particulados, > 2.5 um, e < 10um		2,50E-01	4,52E-02	2,38E-04
	SO ₂		1,72E+00	6,15E-01	5,66E-03
	SO _x		5,79E-03	5,60E-01	9,43E-03
	Cu		7,70E-04	7,70E-04	6,00E-10
	Hg		6,81E-05	7,71E-04	9,00E-09
	Zn		2,80E-03	6,46E-04	4,16E-10
	Rn-222	kBq	3,93E+04	1,10E+04	
	C-14	Bq	1,98E+03	5,36E+02	
Água	Se	G	9,32E-01	1,20E+01	1,58E-04
	Mn		1,71E+02	2,59E+01	1,48E-02
	Ba		1,33E+01	1,17E+01	1,58E+01
	As, íon		2,18E+00	3,25E-01	3,66E-03
	Fosfato		5,89E+02	1,13E+02	
	Nitrato		9,13E+02	3,24E+02	4,59E-11
	Ni, íon		2,90E+01	2,85E+00	
	P		6,72E+00	2,52E+00	
	V, íon		4,50E+00	8,65E-01	
	Zn, íon		5,49E+01	6,25E+00	
	Be		3,14E-01	4,80E-02	2,00E-04
Solo	Cipermetrina	mg	7,32E+01	2,84E+01	
Matéria-Prima	Ocupação, arável	m ² a	4,08E+01	1,49E+01	
	Ocupação, arável, não-irrigado		2,81E+01	1,18E+01	
	Ocupação, florestal, intensiva, normal		8,55E+00	2,51E+00	
	Ocupação, florestal, intensiva, ciclo curto		8,69E+00	3,44E+00	
	Ocupação, colheita permanente, fruta, intensiva		1,84E+01	7,63E+00	
	Ocupação, local de construção		6,20E-01	2,71E-01	
	Ocupação, aterro sanitário		1,72E+00	4,75E-01	

Ocupação, área industrial		3,52E-01	7,82E-02	
Ocupação, área industrial, construída		6,15E-01	1,80E-01	
Ocupação, extração mineral		3,39E-01	7,76E-02	
Ocupação, área de tráfego, rede rodoviária		2,55E-01	6,01E-02	
Transformação da floresta	Cm ²	3,61E+02	1,18E+02	
Transformação da floresta, extensiva		3,38E+01	1,31E+03	
Transformação da floresta, intensiva, desobstruída		3,19E+03	1,27E+03	
Transformação da floresta tropical		3,19E+03	1,27E+03	
Transformação, desconhecida		5,14E+02	1,42E+02	
Transformação, para floresta, intensiva, normal		6,36E+02	1,91E+02	
Transformação, para floresta, intensiva, ciclo curto		3,10E+03	1,23E+03	
Água, rio	m ³	8,00E+00	3,05E+00	
Água, origem natural inespecífica/kg		1,96E+02	7,13E+01	
Água subterrânea		1,61E+01	5,84E+00	
Cr ¹	kg	1,01E+00	4,40E-02	
Fe ²		4,86E+01	2,27E+00	
Mn ³		7,34E-01	3,60E-02	
Ni ⁴		2,60E+00	1,10E-01	
Sn ⁵		4,90E-02	1,60E-03	
Coque de petróleo		1,22E+00	1,75E+02	1,90E-01
Carvão duro, inespecífico, no solo		9,08E+01	2,00E+01	
Gás natural		4,10E+01	1,51E+01	1,40E-01
Óleo cru		5,91E+01	2,41E+01	3,58E+00

Entradas

Matérias-primas

1 25,5% de cromita, 11,6% de minério bruto, no solo

2 46% de minério, 25% de minério bruto, no solo

3 35,7% em depósito sedimentar, 14,2% em minério bruto, no solo

4 1,98% em silicatos, 1,04% em minério bruto, no solo

5 79% em cassiterita, 0,1% em minério bruto, no solo

Quanto à ocupação da terra, nota-se uma predominância das atividades rurais sobre as atividades de caráter urbano (Gráfico 7). Tal justificativa encontra respaldo em vários resíduos utilizados na blendagem, que tem como fonte principal a biomassa como madeira, algodão utilizado na confecção de equipamentos de proteção individual (EPI) como uniformes, tecidos, panos etc., além de outros resíduos orgânicos.

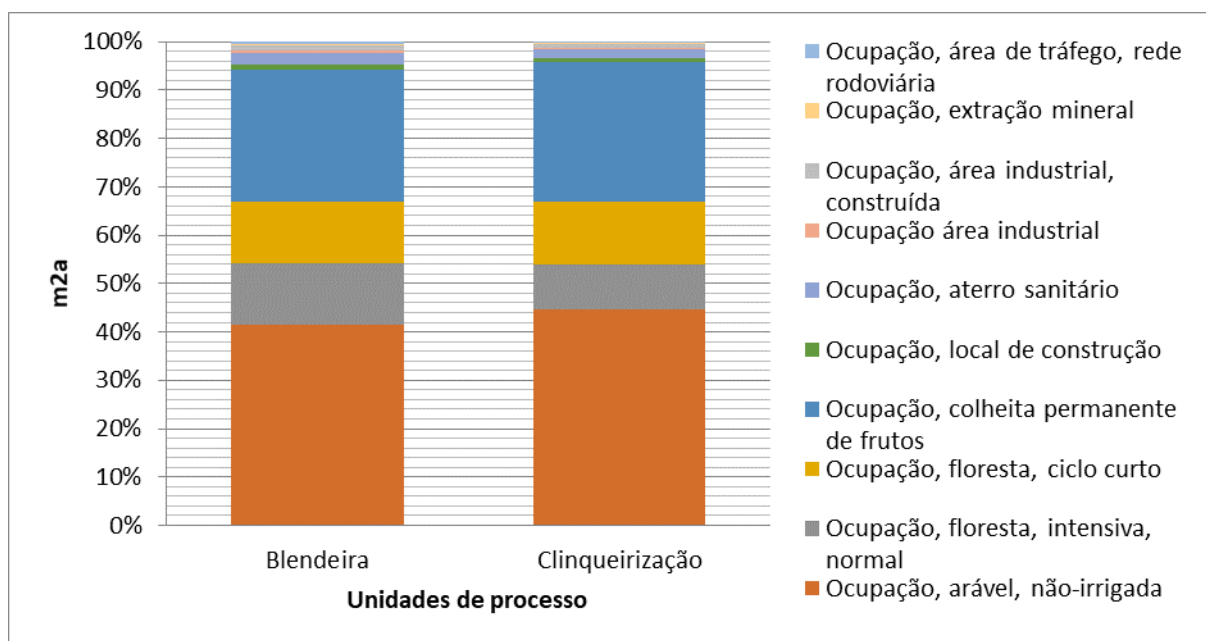


Gráfico 7: Percentual de atividades de ocupação do solo rural e urbano

Quanto à transformação da terra, esse indicador acompanha o mesmo padrão do item anterior, demonstrando uma transformação de ambientes florestais para fornecimento dos materiais (resíduos), porém com exceção da atividade de transporte, que mais uma vez não apresenta nenhum aspecto nesse indicador (Gráfico 8).

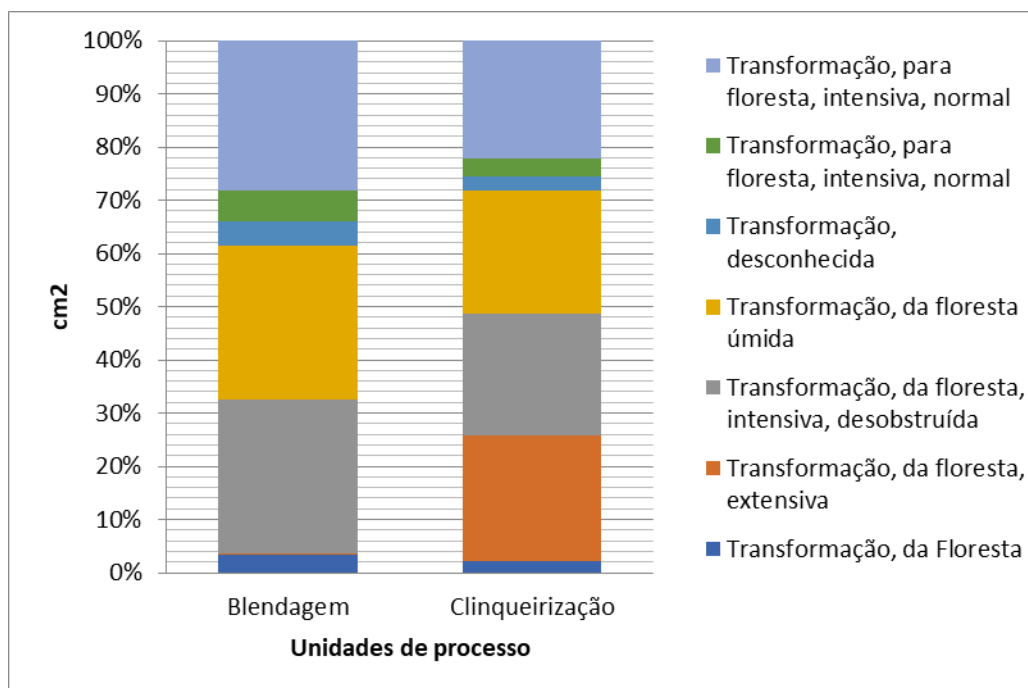


Gráfico 8: Percentual de atividades de transformação da terra natural

Quanto ao consumo de água, o inventário detectou a entrada de três fontes diferentes: A primeira de água subterrânea, de onde vem a maior parte do consumo (66% na blendagem e 65% na clinqueirização) registrado nas outorgas do INEA, a segunda, pelo consumo de água potável proveniente de rios para usos mais nobres na instalação, que não estão diretamente ligadas à produção (INEA, 2019), e a terceira, de fonte inespecífica.

Nota-se uma semelhança quanto ao percentual de consumo dos recursos hídricos, tanto na blendagem quanto na clinqueirização. O transporte não requereu consumo desse recurso, conforme demonstra o Gráfico 9.

Cabe considerar que, no caso das blendeiras, situadas nos bairros do Iriri e Parque Boneville, localizadas no 1º Distrito de Magé, não há uma rede de abastecimento público na região, conforme descrito nos estudos do Plano Municipal de Saneamento Básico do Município (SEA-RJ, 2013).

Logo, as fontes de água potável, surgidas nesta análise, podem estar ligadas ao abastecimento por possíveis “carros-pipa”, pertencentes à empresa de fornecimento de água potável, a CEDAE. Ou, por outro lado, todo consumo poderia ser atribuído a apenas uma fonte, a de água subterrânea que não condiz com a realidade, devido à necessidade de água potável para atender a demanda de trabalhadores.

Quanto à clínquerização, a pesquisa confirma através de evidências documentais da outorga que a água subterrânea é utilizada, principalmente, para umectação das vias e do coque com vistas a reduzir a emissão de poeira e particulados. Quanto ao consumo de água potável, registra-se a captação de água superficial de rios e lagos regionais destinados ao uso sanitário (INEA, 2019).

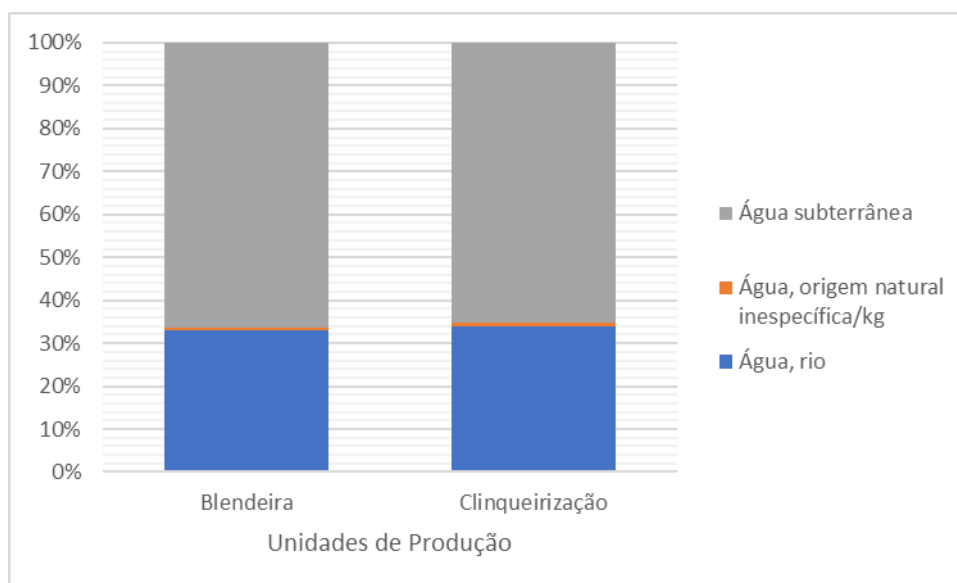


Gráfico 9: Percentual de consumo de água de diferentes fontes

Quanto à entrada de metais, o Fe foi o metal com maior entrada na blendagem (92%) e na clínquerização (91%), como matéria-prima conforme indica o Gráfico 10. Na blendagem, o Fe está presente na composição de muitos resíduos. Esse metal está presente nos *blends*, é parte da matéria-prima tradicional do cimento. O transporte não registrou a entrada de metais.

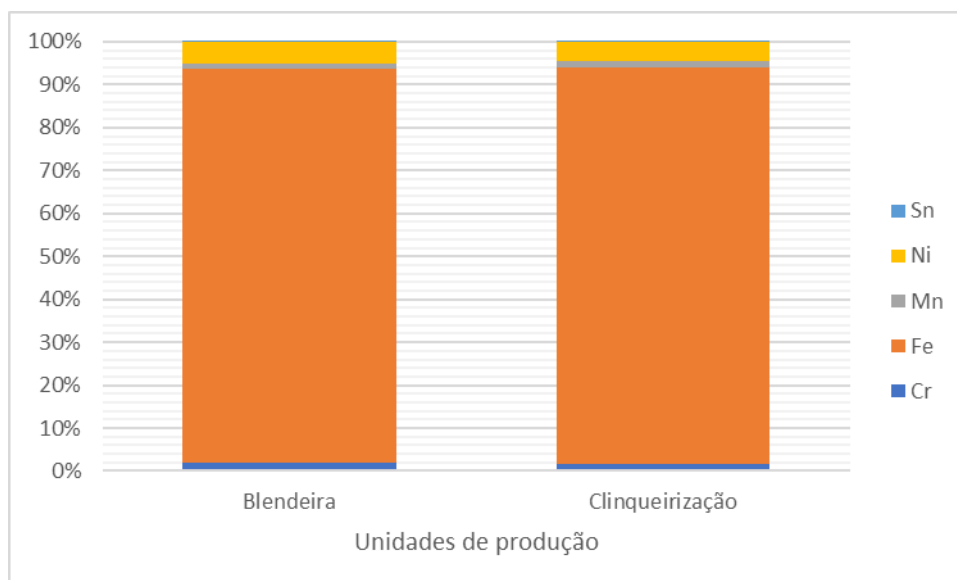


Gráfico 10: Percentual da entrada de metais como matéria-prima

E, por fim, é finalizada a entrada de matérias-primas quanto à contribuição das fontes de combustíveis. Notou-se grandes diferenças entre as unidades de processo conforme o Gráfico 11:

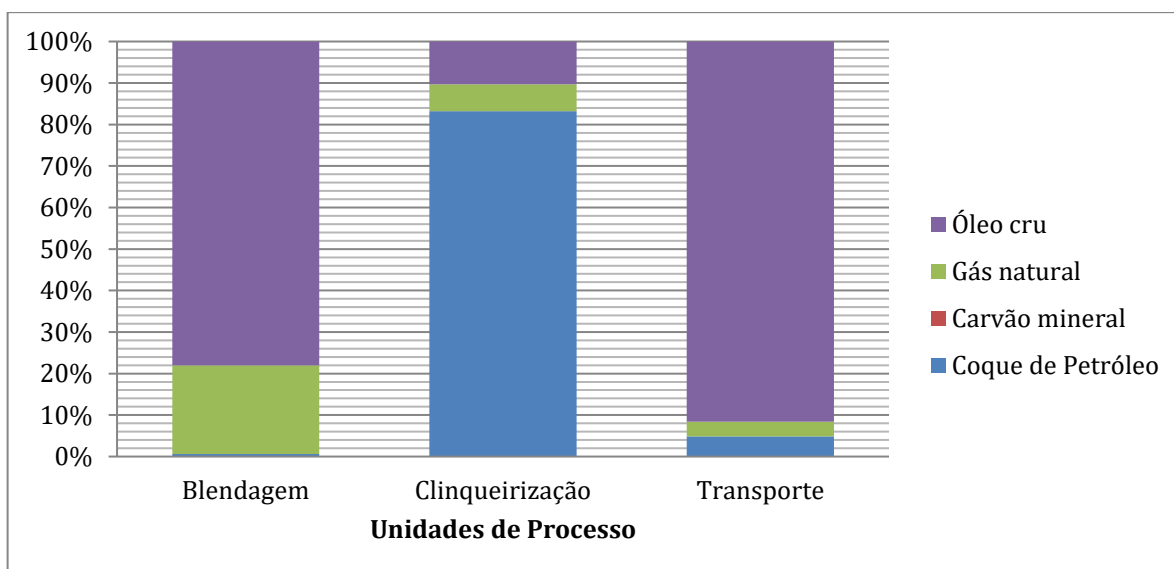


Gráfico 11: Percentual das fontes energéticas das unidades de processo

A blendagem indicou o predomínio da entrada de óleo cru (77%), pois é uma realidade que o uso de combustíveis derivados do petróleo e gás natural são usados devida a disponibilidade dessas fontes de combustíveis fósseis no Estado do Rio de Janeiro.

Já na clinqueirização, a predominância de coque de petróleo (74%) corresponde a uma realidade, uma vez que outras fontes, como o petróleo, estariam ligadas ao *blend* e a outros resíduos que entram diretamente no forno. Já os transportes justificam-se pelo uso tradicional de diesel, como combustível predominante da frota transportadora no país.

Saídas

Emissões para o ar

Com relação às principais emissões enviadas à atmosfera, registrou-se dezenove substâncias (Tabela 15). Cabe registrar que as substâncias Rn-222 e C-14 surgem no inventário com unidades que reportam a atividade radioativa. Quanto às demais substâncias que foram medidas em kg, a predominância foi a do CO₂ fóssil.

O percentual desse CO₂ fóssil emitido, em relação às outras substâncias, correspondeu a 97% nas blendeiras e 96% tanto no transporte quanto na clinqueirização (Gráfico 12).

O CO₂ fóssil é um poluente secundário originado no processo de queima dos combustíveis não-renováveis como carvão mineral, petróleo e gás natural (SPIRO; STIGLIANI, 2009).

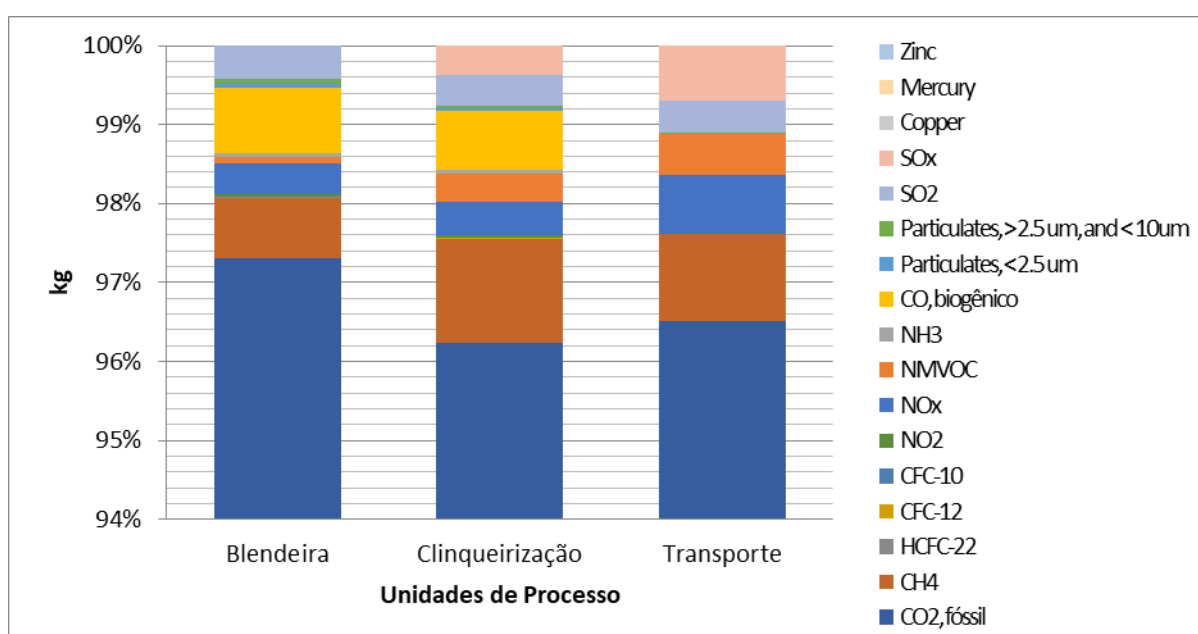


Gráfico 12: Percentual das emissões para o ar na cadeia do coprocessamento

Conforme relatado, as únicas emissões atmosféricas não inseridas no gráfico 15 foram as de substâncias radioativas Rn-222 e C-14 por terem unidades incompatíveis. O Rn-222 correspondeu a mais de 100% das emissões radioativas para o ar na blendagem e 99% na clinqeirização (Gráfico 13). O transporte não apresentou emissões de substâncias radioativas.

As principais fontes de isótopos radioativos nas emissões são provavelmente oriundas de fontes naturais como solo e até mesmo em adubos fosfatados que são incorporados aos *blends*. O Rn-222 é oriundo do decaimento de natural de urânio e tório, elementos encontrados em pequenas quantidades em rochas, solo e água (CETESB, 2020). Já o Carbono-14 é formado nas camadas superiores da atmosfera, em que os átomos de Nitrogênio-14 são bombardeados por neutros contidos nos raios cósmicos, reagindo com o oxigênio do ar, formando o dióxido de Carbono $C^{14}O_2$ que é absorvido por vegetais e seres vivos (FARIAS, 2002). Sendo assim, a origem do C-14 seria de resíduos com origem orgânica.

Mesmo assim, devido à grande diversidade de resíduos que chegam às blendeiras para serem transformados em *blends*, não se descarta a possibilidade que existe de eventuais resíduos com vestígios de substâncias radioativas. Logo, é recomendada a medição dos teores de radiação das cargas com vistas a uma ação preventiva.

Para que tal problema seja eliminado, há procedimentos que buscam detectar essas substâncias com vistas a evitar possíveis contaminações, porém tais substâncias foram identificadas nas listas de resíduos que entram nas blendeiras. Cabe salientar que é proibido o coprocessamento de resíduos radioativos pela CONAMA nº 499/2020 (CONAMA, 2020).

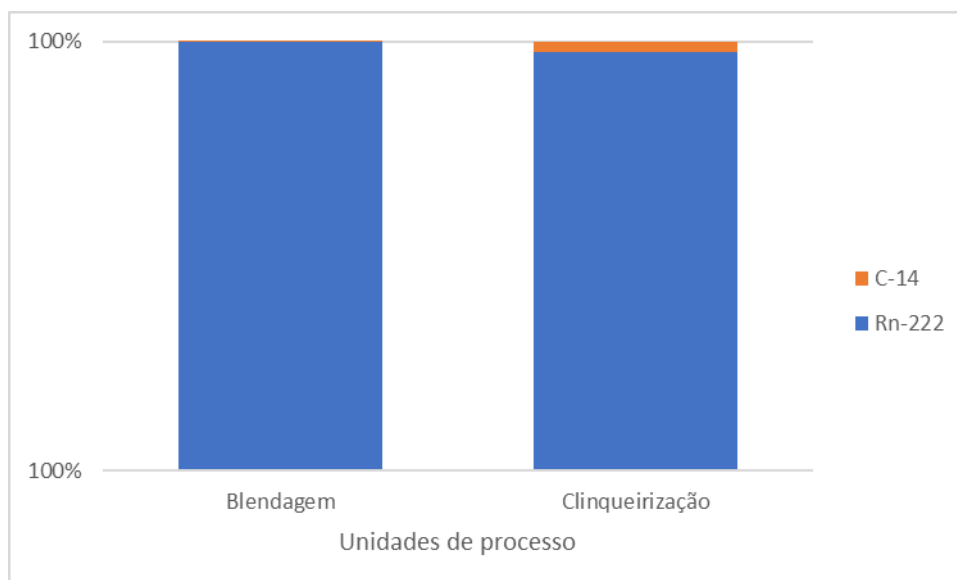


Gráfico 13: Percentual de emissões para o ar das substâncias radioativas

Emissões para a água

Quanto às emissões aquáticas, as substâncias mais significativas foram nitrato (51% e 65%) e fosfato (32% e 23%), tanto na blendagem quanto na clinqueirização, respectivamente. As fontes de fosfato e nitrato na blindagem são oriundas das emissões de efluentes sanitários e industriais, já na clinqueirização são provenientes dos fornos de cimento.

Diferentemente das outras atividades, no transporte, foi constatada uma emissão de Ba sendo responsável por 100% das emissões para esse compartimento (Gráfico 14).

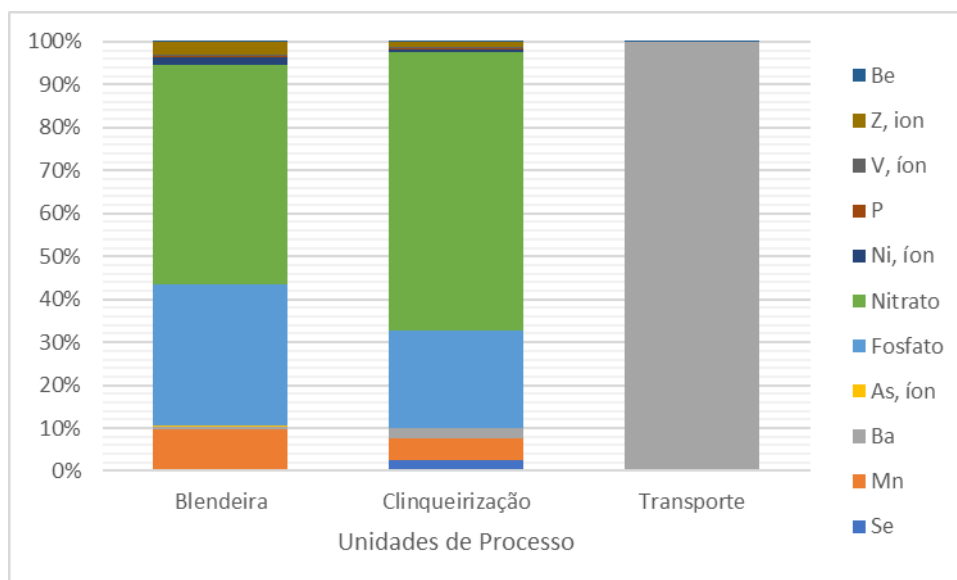


Gráfico 14: Percentual das emissões aquáticas

Quanto às emissões para o solo, destaca-se apenas uma substância, a Cipermetrina com emissão de $7,32\text{E}+01$ mg na blendagem e $2,84\text{E}+01$ mg na clinqueirização (ausente no transporte).

A justificativa para o aparecimento dessa única substância no inventário não está no fato dela ter sido a única substância emitida, porém no corte mássico de 5% das substâncias que contribuíram para o impacto. Apesar disso, cabe esclarecer que, conforme os resultados simulados na caracterização dos impactos, outras substâncias poderão ter uma maior contribuição.

4.8. Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida da Cadeia do Coprocessamento

a) Caracterização dos impactos

Os resultados da caracterização dos impactos pelo método *ReCiPe* podem ser visualizados na tabela 16.

Tabela 16: Caracterização dos Impactos na cadeia do coprocessamento

Categoria de Impacto/unidade	Blendeira	Clinquer	Transporte	Total
TH (kg 1,4 DB eq)	8,70E+03	5,17E+04	1,05E+03	6,04E+04
ETM (kg 1,4 DB eq)	7,63E+03	1,50E+04	2,45E+02	2,29E+04
MC (kg CO ₂ eq)	5,01E+02	1,94E+02	1,44E+00	6,96E+02
DF (kg <i>oileq</i>)	1,75E+02	1,71E+02	4,21E+00	3,50E+02
DM (kg Fe eq)	2,65E+02	1,75E+01	0,00E+00	2,83E+02

OTA (m ² a)	1,06E+02	4,09E+01	0,00E+00	1,47E+02
RI (kg U ²³⁵ eq)	6,49E+01	1,80E+01	0,00E+00	8,29E+01
DA (m ³)	2,62E+01	9,45E+00	0,00E+00	3,57E+01
ETA (kg 1,4 DB eq)	6,17E+00	2,06E+00	4,29E-02	8,27E+00
OTU (m ² a)	4,35E+00	1,27E+00	0,00E+00	5,62E+00
AT (kg SO ₂ eq)	3,51E+00	1,91E+00	2,29E-02	5,44E+00
FOF. (kg NMVOC eq)	2,52E+00	1,47E+00	2,14E-02	4,01E+00
ET (kg 1,4 DB eq)	1,69E+00	5,48E-01	8,83E-05	2,24E+00
FMP (kg PM ₁₀ eq)	1,24E+00	5,07E-01	5,61E-03	1,75E+00
EM (kg N eq)	9,13E-01	3,63E-01	4,25E-03	1,28E+00
TTN (m ²)	3,35E-01	1,31E-01	0,00E+00	4,66E-01
EA (kg P eq)	2,02E-01	4,00E-02	0,00E+00	2,42E-01
DO (kg CFC-11 eq)	3,32E-03	1,24E-03	4,49E-10	4,56E-03

Quanto à Toxicidade Humana, a clinqeirização foi superior em toda a cadeia, sendo responsável por 84% desse impacto. Dentre as substâncias, a que mais se destacou foi o Se, sendo responsável por 88% dos impactos nesta categoria (Gráfico 15).

As principais substâncias foram emitidas para o compartimento de água. Nota-se que, enquanto as emissões de Se são potencializadas na clinqeirização, outras emissões são reduzidas nessa etapa, indicando que a clinqeirização não foi eficaz para a redução dessa substância especificamente.

Na blendagem, as principais fontes desse metal estiveram ligadas à rejeitos sulfídricos de mineração (SimaPro, 2020) e a outros componentes presentes nos *blends* como tintas, vernizes, borrachas, fertilizantes e produtos farmacêuticos (CETESB, 2018a). Já na clinqeirização, a toxicidade está relacionada aos diversos processos, desde a aquisição de matérias primas oriundas da mineração, que são grandes liberadoras de Se, das emissões para o ar, solo e água, bem como da participação dos processos que envolvem o consumo combustíveis fósseis, resíduos alternativos (*blends*) e eletricidade.

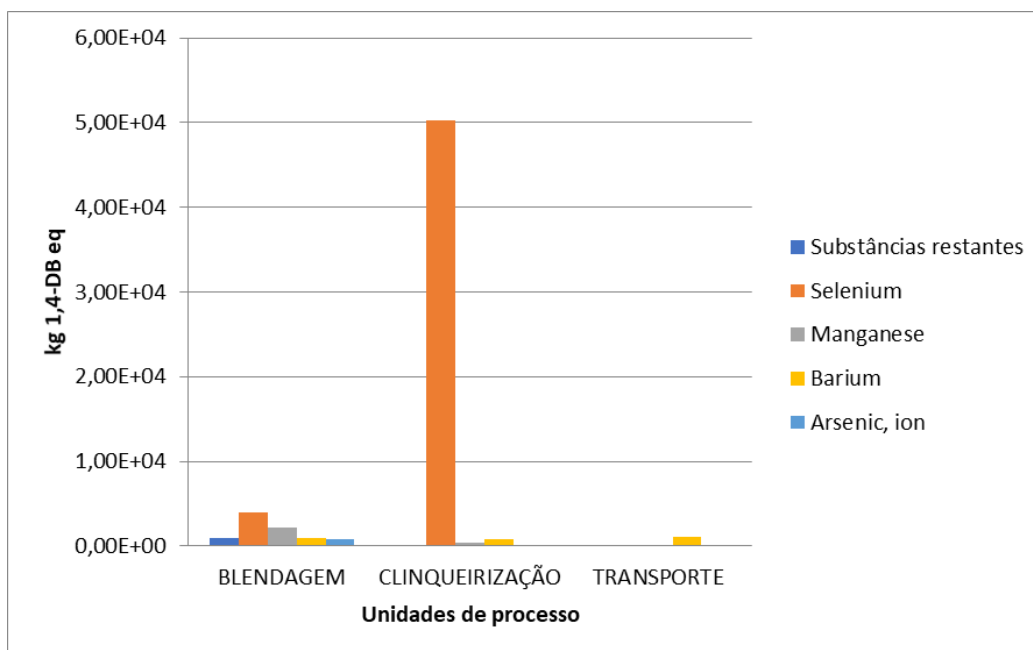


Gráfico 15: Contribuição dos elementos para TH nas unidades de processo

Não há como comprovar uma relação direta de nexos causais das doenças que mais causam internação e óbitos diretamente com as atividades da clinqueirização/produção de cimento na cidade, pois esse não foi o foco do estudo. Porém, tais emissões podem contribuir para agravar o quadro desses indicadores, como a internação por casos de infecção do sistema respiratório. É importante ressaltar que os estudos nesta seção tratam de apresentar potenciais impactos com base na confecção do produto clínquer.

JÚNIOR e BRAGA (2009) registram os sintomas dos trabalhadores de cimenteiras devido às exposições crônicas e agudas nas fábricas de cimentos, por ocasião da manipulação dos resíduos na forma de *blends*, como: redução da libido, tonturas, náuseas, dores de cabeça, diarreias e irritação na pele.

Nota-se que o metal emitido predominantemente é o Se. O Se causa efeitos típicos como: distúrbios gastrointestinais, descoloração da pele, dentes cariados, perda de cabelos ou unhas, anormalidades das unhas e alterações nos nervos periféricos. Alterações bioquímicas leves também foram observadas pela literatura (CETESB, 2018).

Também devem ser levados em consideração outras substâncias emitidas, como os particulados, após a queima, que trazem inúmeros prejuízos ao sistema respiratório. As emissões de substâncias tóxicas pelo coprocessamento poderão

agravar os quadros de saúde pública, não apenas em doenças do trato respiratório e circulatório e, sim, em várias partes do organismo (pele, sistema reprodutivo, sistema nervoso etc.).

Quanto à ETM, a clinqueirização foi responsável por 65,7% dos impactos na cadeia. A principal substância foi novamente o Se emitido diretamente para a água que contribui 66% do impacto em toda a cadeia e 93% na clinqueirização (Gráfico 16). Na blendagem, a principal emissão foi a de Ni para a água. As principais fontes de Ni são os pigmentos utilizados em indústrias como a de tintas e solventes. As emissões de Ni na água podem acarretar dores de estômago, alterações sanguíneas e renais.

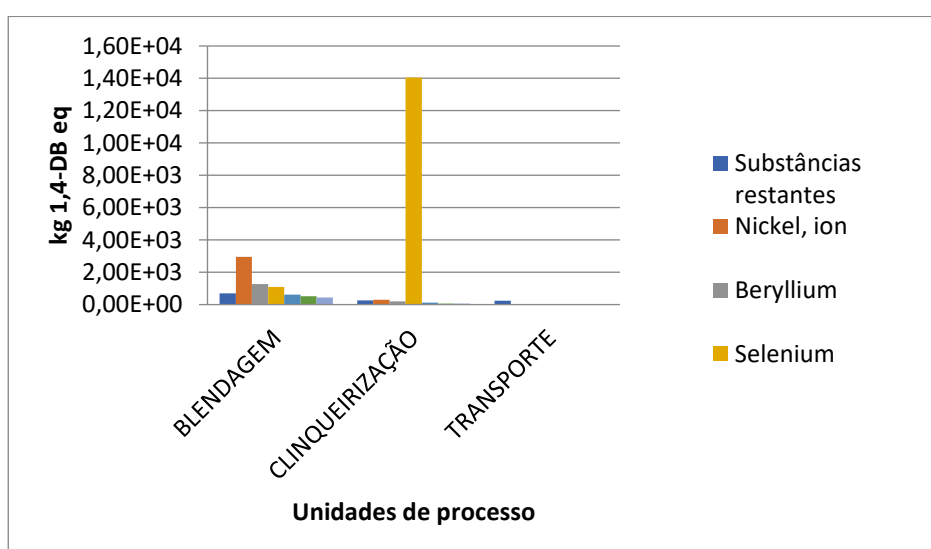


Gráfico 16: Contribuição dos elementos para ETM nas unidades de processo

Na categoria MC, a blendeira é responsável por 72% das emissões em kg CO₂-eq em toda a cadeia do coprocessamento. A principal substância emitida foi o CO₂ fóssil, com 78% de contribuição para o impacto na blendagem e 76% na clinquerização. Nota-se que na blendagem a emissão de CO₂ fóssil foi superior a clinquerização 37%.

Na blendagem, os principais processos envolvidos na emissão de CO₂eq estão ligados à queima de combustíveis fósseis em máquinas e veículos, além da própria característica dos resíduos e, na clinquerização, dá-se pela queima de solventes orgânicos e derivados de hidrocarbonetos contidos nos *blends*. Nos transportes, a emissão de CO₂ fóssil é responsável pela contribuição de 91% nesse

impacto, oriundo da queima de diesel utilizado como combustível da frota (Gráfico 17).

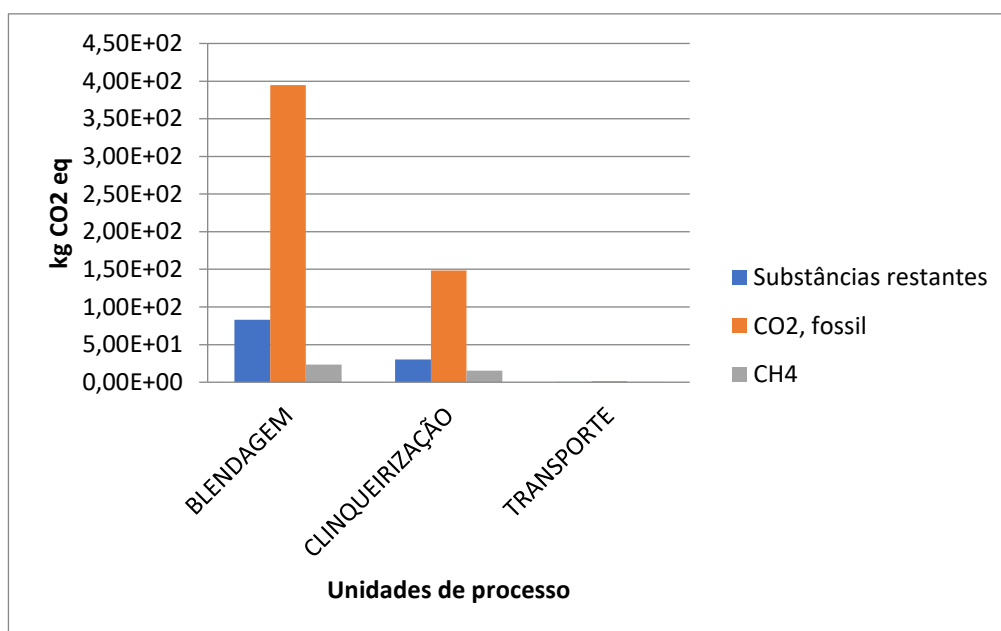


Gráfico 17: Contribuição das emissões na categoria MC

Quanto à DF, a participação da substância “óleo cru” foi predominante para o impacto na blendagem (36%). Cabe ressaltar que tal substância foi muito comum em diversos resíduos utilizados na blendagem, como borras de óleo e águas oleosas. Já na clinquerização, a contribuição maior foi dada pelo coque de petróleo, responsável por 65% desse impacto (Gráfico 18).

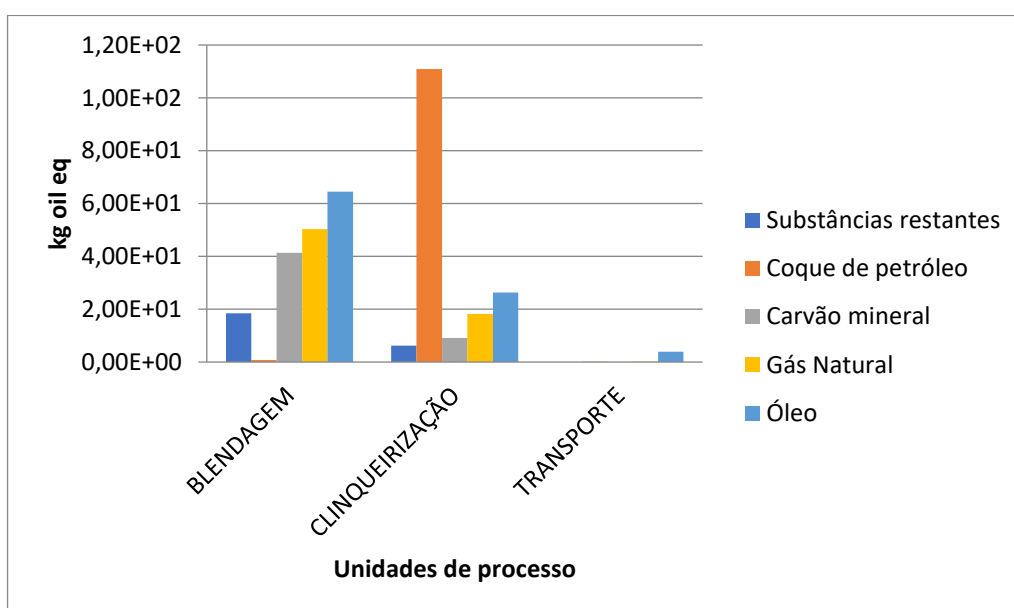


Gráfico 18: Contribuição dos combustíveis fósseis para a DF

A blendagem foi responsável por 93% da DM em toda a cadeia. O Sn foi responsável por 23% desse impacto, seguido pelo Mn com 21%. As matérias-primas dos *blends* ricos em Sn utilizadas na produção dos blends são tintas, plásticos, cosméticos e pigmentos, além do estanho propriamente dito.

Na clinquerização, as substâncias restantes são aquelas que predominam nessa categoria de impacto, indicando uma menor eficiência da queima para algumas substâncias e a depleção de metais oriundas das matérias-primas do clínquer (Gráfico 19).

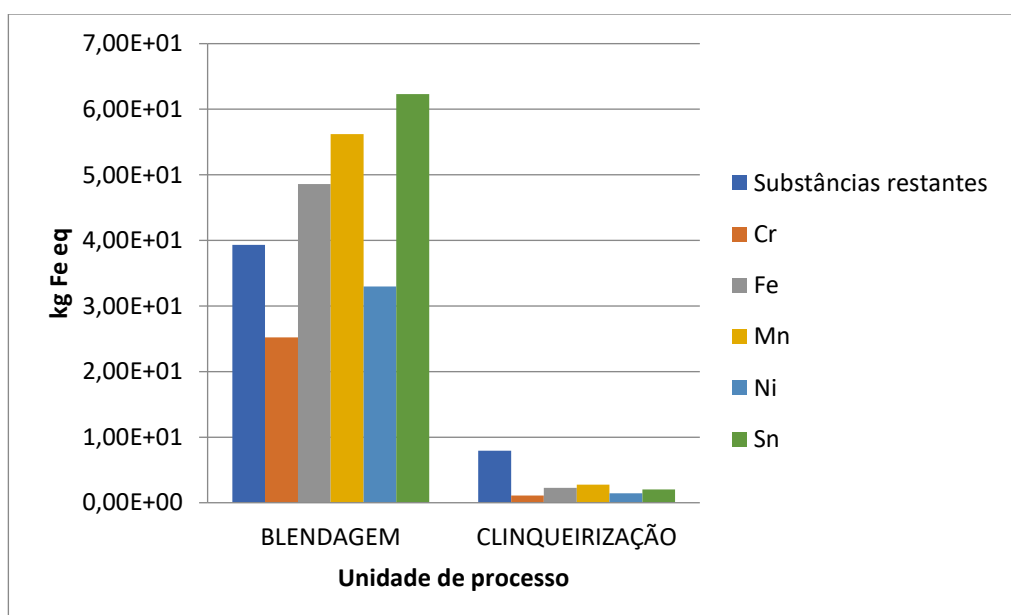


Gráfico 19: Contribuição das substâncias na Depleção de Metais

Na categoria OTA, a blendagem foi responsável por 72% desse impacto em toda cadeia do coprocessamento (Gráfico 20). Nota-se que muitos resíduos utilizados para a confecção dos *blends* são aqueles que mais colaboram nessa categoria.

Destacam-se aqueles que são derivados do algodão como uniformes (EPI), panos, trapos e estopas e etanol contaminado. Destaca-se também óleos de biomassa, como óleo de soja e farinha de palmiste.

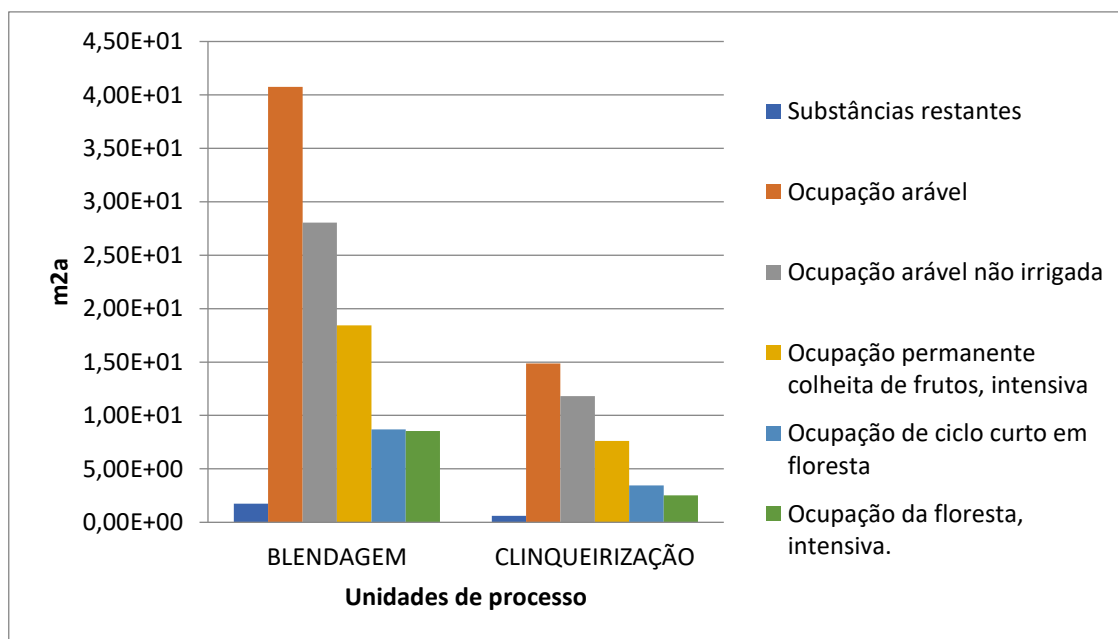


Gráfico 20: Contribuição das atividades para OTA

Na categoria Radiação Ionizante, a blendeira é responsável por 78% desse impacto na cadeia. A substância responsável com 69% é o Radônio com $5,73\text{e}+01\text{kg U235 eq}$. O Rn-222 não tem uso comercial, porém a sua aparição na cadeia do coprocessamento está associada aos resíduos coprocessados de origem mineral como areia e solo (CETESB, 2018d) (Gráfico 21). Cabe destacar que nem todas as substâncias encontradas estão diretamente ligadas ao processo industrial em si, contudo são fluxos naturais que adentram os processos devido ao seu uso como recurso e que os isótopos radioativos estão disponíveis na natureza, assim como os elementos estáveis e, conseqüentemente, incorporam-se aos produtos ou saíram como resíduos ou emissões.

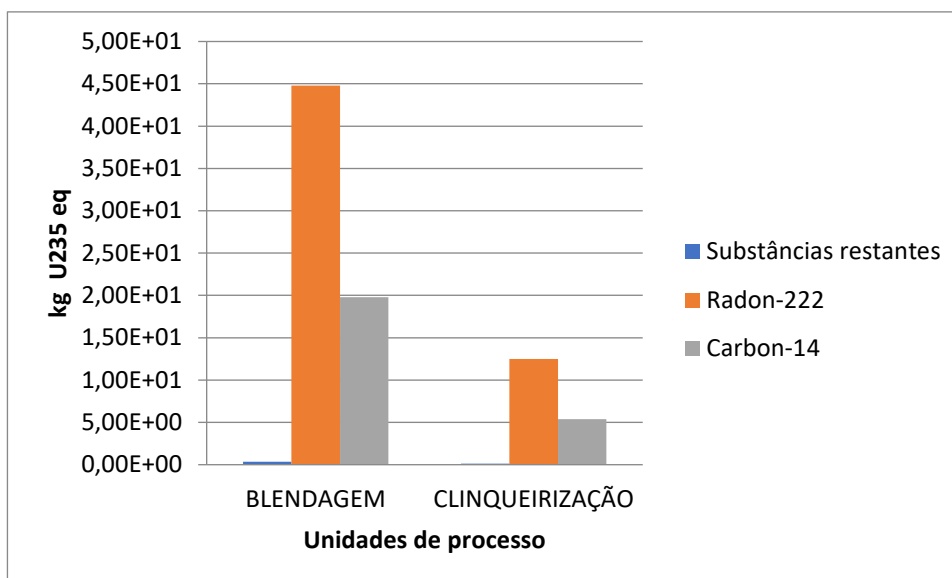


Gráfico 21: Contribuição das substâncias na categoria RI

A blendagem foi responsável por 73% pela DA em toda a cadeia. Nessa unidade de processo, a utilização de água subterrânea por poços é bastante utilizada para lavagem de peças metálicas impregnadas por resíduos que são destinados à reciclagem.

Esse tipo de uso da água na blendeira é responsável por 61% do impacto. O menor uso da água na clinquerização é justificado pelo tipo de tecnologia do forno que atua na via seca, apesar da água ser utilizado na umectação das vias internas da cimenteira. Cabe destacar que o consumo de água subterrânea foi responsável por 61% desse impacto tanto na blendagem como na clinqueirização. O transporte não influenciou nessa categoria (Gráfico 22).

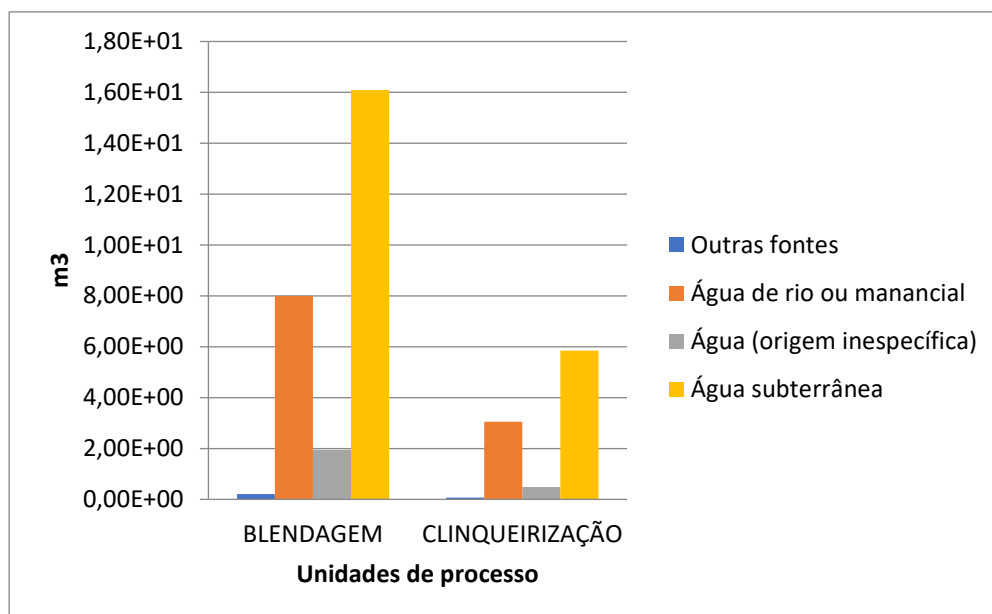


Gráfico 22: Tipos de água utilizadas e suas contribuições para a DA

O processo de blendagem contribui com 74,5% para o impacto da Ecotoxicidade da Água Doce. A substância predominante foi o Ni. Possíveis fontes de Ni são oriundas de vários resíduos, como o níquel propriamente dito e pigmentos inorgânicos.

O Ni é emitido para água pelos efluentes industriais da blendeira e é responsável por 46% do impacto nessa unidade de processo. Na clinquerização, destaca-se às emissões de Se para a água por efluentes do processo, bem como das emissões que primeiro atingem a atmosfera oriundas do forno e a seguir são depositadas no solo e na água. Essa substância é responsável por 50% do impacto na clinqueirização. As fontes de Se presentes nos *blends* dos resíduos que são queimados já foram mencionadas na descrição do impacto TH.

No transporte, as substâncias restantes tiveram o predomínio em 99% desse impacto (Gráfico 23). Cabe destacar que as empresas estudadas para obtenção do perfil da atividade de clinqueirização estão situadas próximas a dois corpos d'água significativos da região, o Rio Negro e o Rio Macuco (Figura 35)

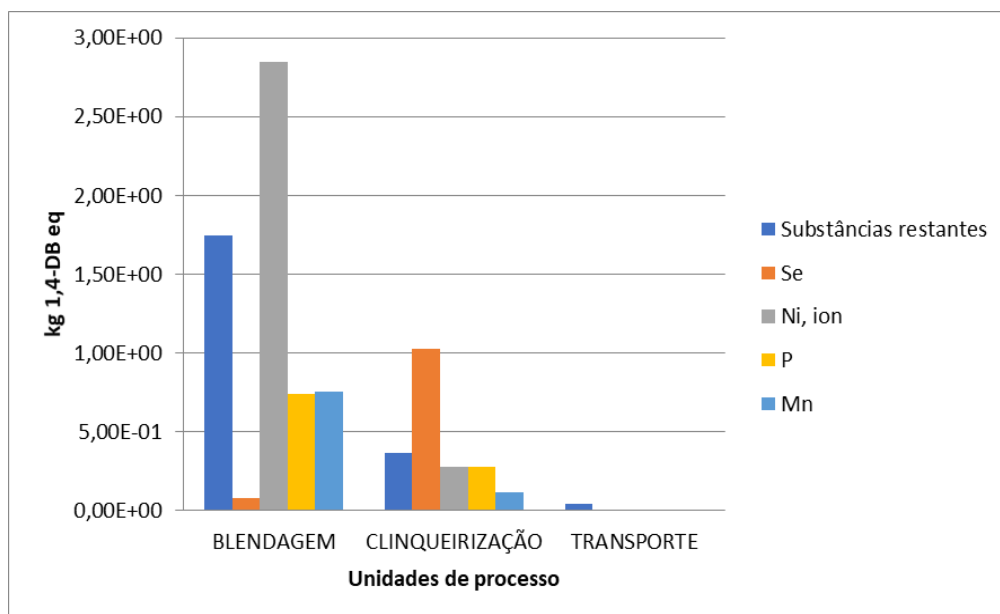


Gráfico 23: Principais substâncias para Ecotoxicidade da Água Doce



Figura 35: Localização das cimenteiras próximas aos corpos hídricos

A blendagem foi responsável por 77% da ocupação da terra urbana em toda a cadeia. O transporte não pontuou. Observa-se que a ocupação de aterro sanitário é responsável por 30,5% do impacto na blendeira e 21% na clinquerização.

Verificou-se que, apesar da blendeira ser um local de tratamento de resíduos para coprocessamento, muitos rejeitos que ainda são gerados na blendagem são destinados para aterros sanitários ou ETE industrial quando são rejeitos líquidos.

Quanto à clinquerização, notou-se um aspecto semelhante, porém com percentual menor, uma vez que muitos resíduos são destruídos no forno (Gráfico 24).

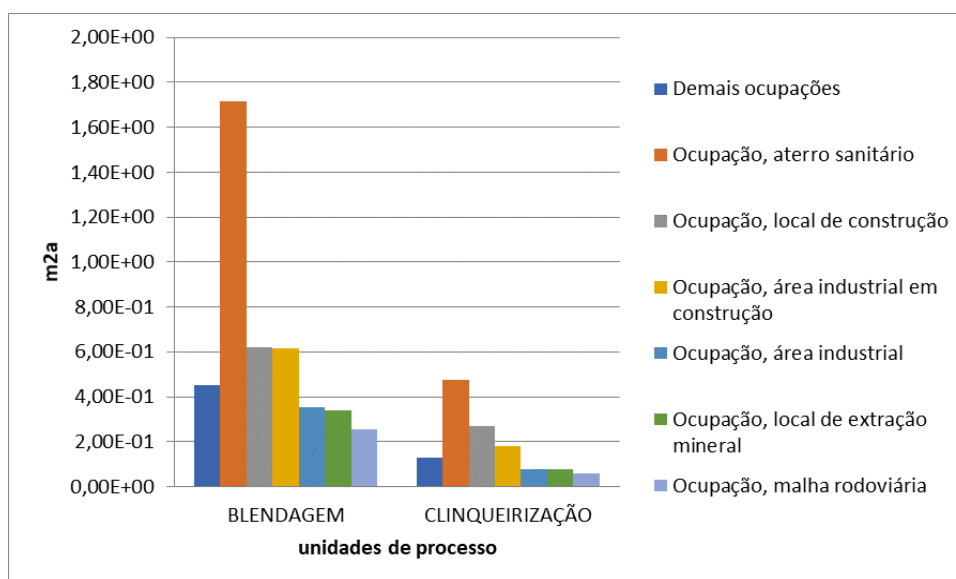


Gráfico 24: Principais atividades de Ocupação da Terra Urbana

A atividade de blendagem foi responsável por 64,8% da Acidificação Terrestre em toda a cadeia de coprocessamento. A substância que mais se destaca é o SO_2 , responsável por 43% do impacto. As principais fontes de SO_2 nas blendeiras provêm dos resíduos de atividades industriais que processam materiais com enxofre que compõem os *blends*. Dentre esses, rejeitos da fabricação de fertilizantes, alumínio, aço, ácido sulfúrico e papel (CETESB, 2021).

Outra fonte de emissão de SO_2 são as emissões veiculares como pás mecânicas e carregadeiras das blendeiras. Nessa unidade de processo, o SO_2 é responsável por 49% do Impacto. Na clinquerização, a principal fonte de emissão de SO_2 é o coque usado como combustível. A emissão de SO_2 na clinquerização é responsável por 25% do impacto nessa categoria (Gráfico 25).

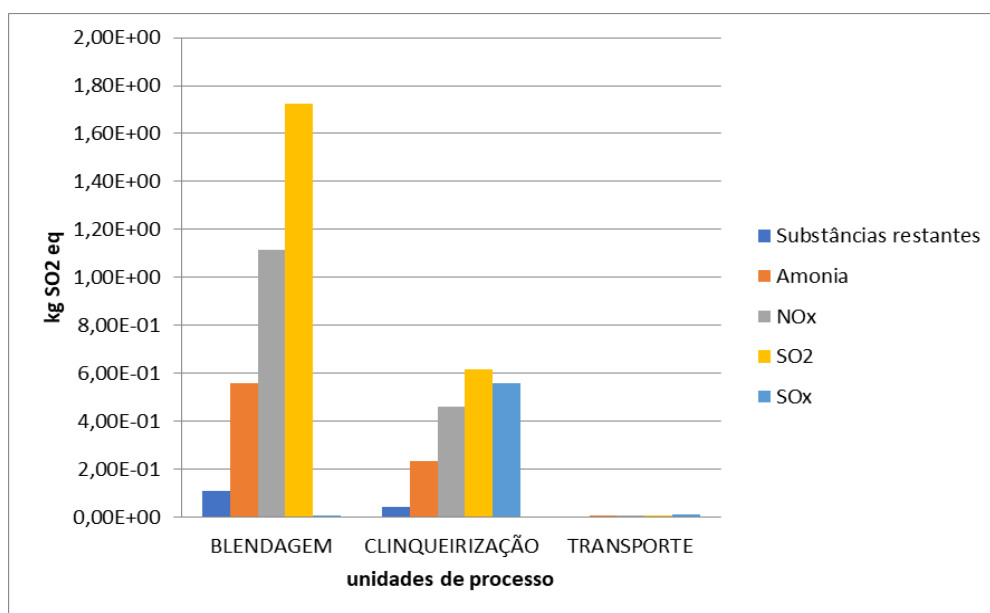


Gráfico 25: Principais substâncias na Acidificação Terrestre

Nessa categoria de Formação de Oxidantes Fotoquímicos, a Blendagem foi responsável por 62% do impacto na cadeia. As substâncias emitidas para o ar que mais se destacaram foram os óxidos de nitrogênio. As principais fontes dos NOx nas blendeiras são principalmente os veículos automotores utilizados nas etapas de produção dos *blends*.

Na clinquerização, a queima de rejeitos de biomassa contida nos *blends* sólidos, como as ceras e resinas, bem como as fontes líquidas como o etanol contaminados contidos nos *blends*, são as principais fontes dessas emissões (Gráfico 26).

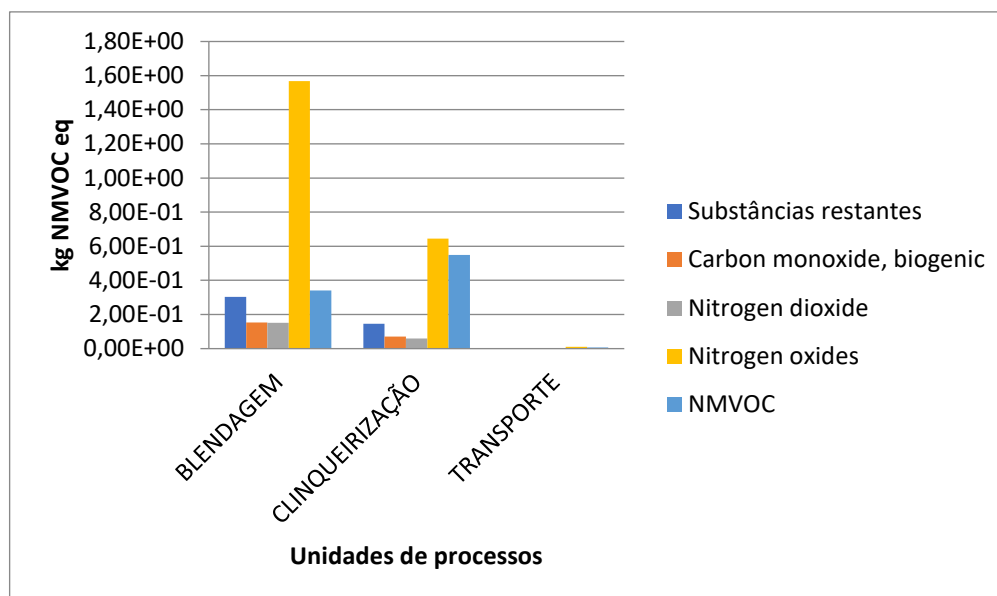


Gráfico 26: Contribuições das substâncias para FOF

A blendagem foi responsável por 75,45% do Impacto Ecotoxicidade Terrestre na cadeia do coprocessamento. A principal substância responsável pelo impacto na blendagem e na clinquerização foi a cipermetrina. É importante observar que tal substância foi diretamente lançada como a única substância no inventário com corte mássico de 5%.

A referida substância é geralmente utilizada como agrotóxico e logo não deveria ser utilizada no coprocessamento, pois na época proibida pela resolução do CONAMA 264 (CONAMA, 1999).

A cipermetrina é utilizada no Brasil geralmente como defensivo agrícola em culturas de algodão e soja. Cabe observar que resíduos como panos, trapos e EPI (uniformes) são provenientes de algodão e que essa substância possa estar ligada ao berço de materiais que estão fora das fronteiras de sistema do estudo, porém não se pode destacar a possibilidade da toxicidade existente nos materiais constantes nesses produtos que se transformaram em rejeitos após o descarte.

A seguir, nota-se o predomínio das substâncias restantes, aquelas que contribuem com menos de 5% para o total do impacto. Tal constatação pode indicar uma participação difusa de muitas substâncias no impacto proveniente da variedade dos tipos de resíduos encontrados.

A seguir a substância que mais se destaca nessa cadeia é o cobre. Dentre os resíduos utilizados na confecção dos *blends*, encontramos alguns ricos em cobre

(CETESB, 2020b) como: o cobre propriamente dito; lodos de ETE e ETA, em madeiras pelos conservantes que contém o elemento; borras etc. Já na clinquerização, nota-se um predomínio do Zn após a cipermetrina e das substâncias restantes. Nesse processo, o Zn é emitido para o ar oriundo da queima de resíduos no forno de clínquer (Gráfico 27).

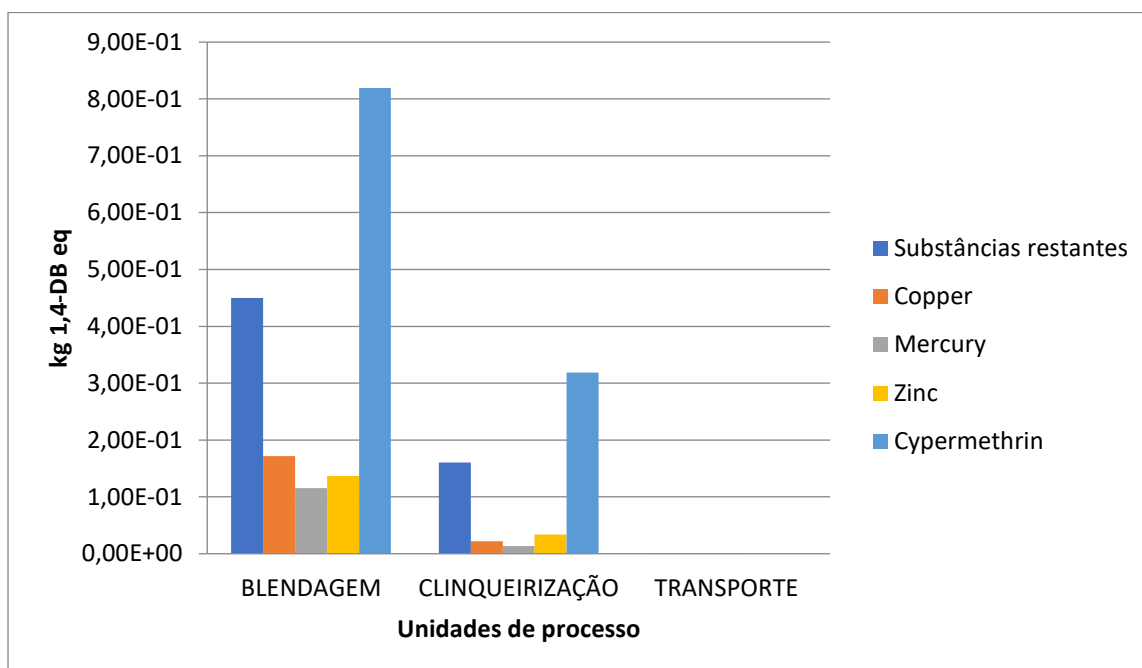


Gráfico 27: Contribuição das substâncias para Ecotoxicidade do Solo

Quanto à formação de material particulado, a blendagem foi responsável por 70,61% por esse impacto na cadeia. Na blendagem, há a co-predominância de duas substâncias emitidas, os NO_x e o SO₂. Na blendagem, a emissão de particulados está ligada principalmente aos processos envolvendo à produção de *blends* sólidos como a picagem e peneiramento dos resíduos sólidos.

Na clinqueirização, a emissão dos particulados está relacionada à atividade do próprio forno de clínquer e à queima do combustível coque.

Nota-se que, na blendagem, há a ausência de emissões de óxidos de enxofre, porém, na clinquerização a referida emissão surge como a terceira maior. Tal constatação pode estar relacionada diretamente a uma fonte de óxidos de enxofre proveniente exclusivamente da queima do coque de petróleo (Gráfico 28).

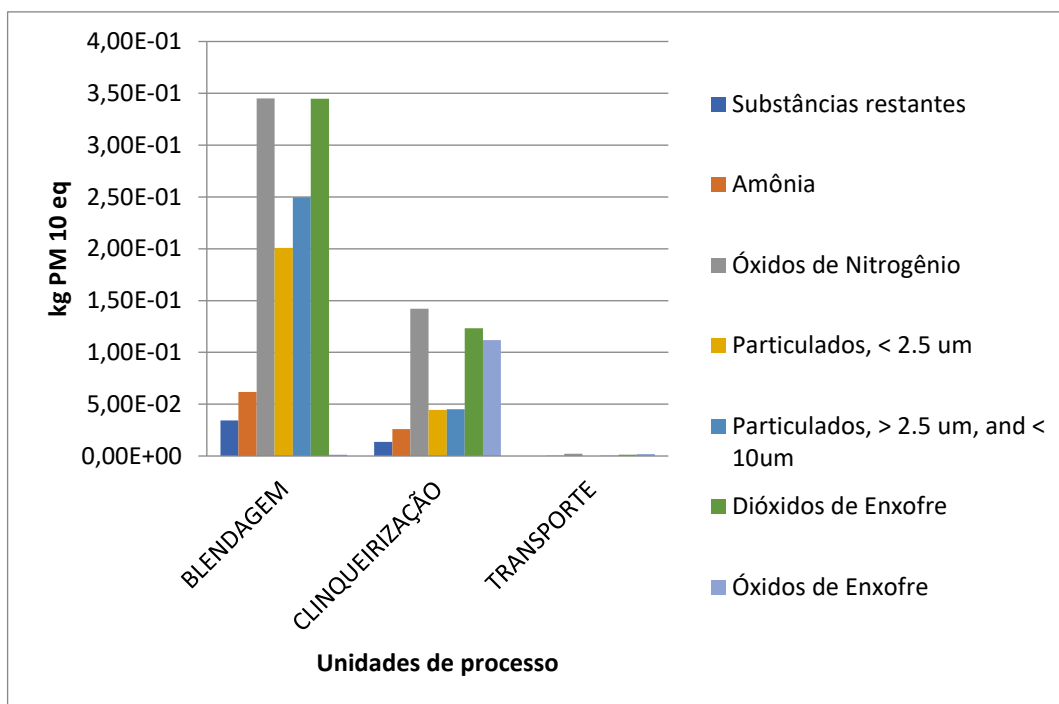


Gráfico 28: Contribuição das substâncias para a formação de MP

Observou-se que a blendagem é responsável por 71% da Eutrofização Marinha em toda a cadeia. Em ambos os processos, a principal substância emitida são os NOx. Os NOx e N₂O são emitidos para o ar e o nitrato para a água em ambas as unidades de processo. Os NOx e N₂O são oriundos da queima de combustíveis fósseis, no caso da blendeira e do trabalho de veículos automotores ligados diretamente ao processo, como pás e na clinqueirização à queima nos fornos de clínquer.

Os nitratos são emitidos para a água pelo descarte de efluentes sanitários e industriais. Da mesma forma, como na Eutrofização da água doce, o processo auxiliar de lavagem de peças impregnadas por resíduos contribuiu para essas emissões de nitrato para a água nas blendeiras. Os mesmos resíduos utilizados para composição dos *blends* com potencial de eutrofização da água doce também são fontes ricas em nitrogênio, que contribuem para a eutrofização marinha (Gráfico 29).

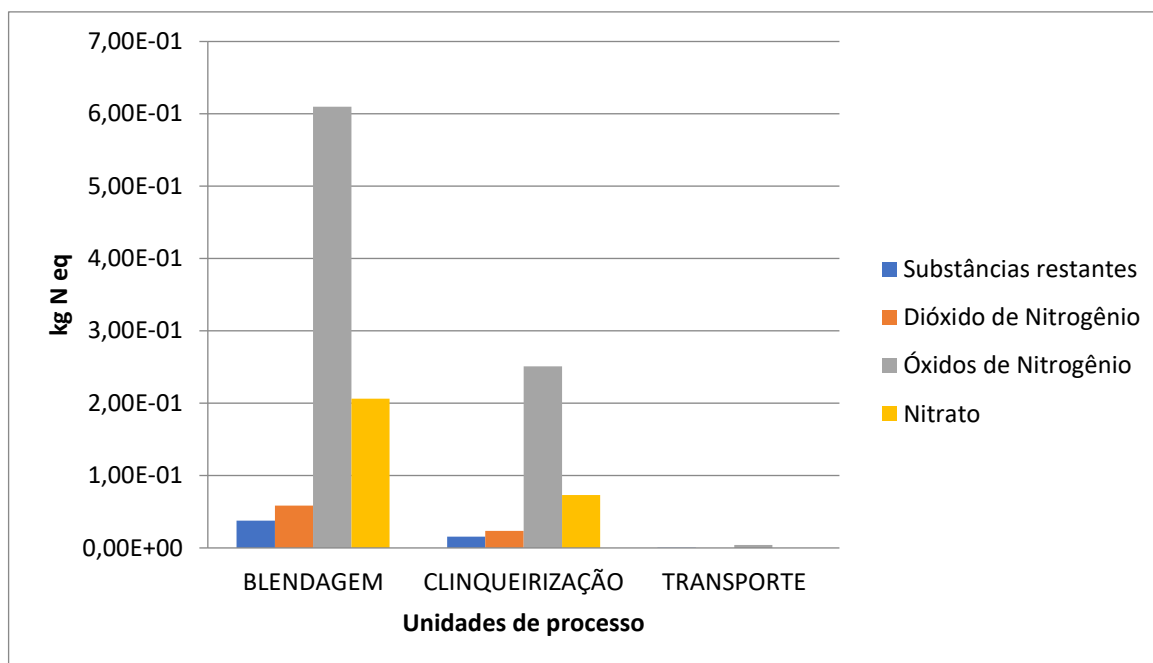


Gráfico 29: Contribuição das substâncias para a Eutrofização Marinha

A blendagem foi responsável por 71% do impacto da Transformação da Terra Natural. A atividade com maior peso para essa categoria foi a transformação da floresta por atividade extensiva, responsável por 46% do impacto na blendagem. Tal atividade esteve associada ao uso de madeira e derivados como serragem para confecção dos *blends*.

Nota-se que, nessa categoria, os cálculos apresentam valores negativos para o impacto. A blendagem apresentou o maior valor negativo para a atividade de transformação para floresta, intensiva, corte raso. Tal valor indica a mitigação do impacto nessa categoria. A seguir as atividades transformação para floresta, intensiva, ciclo curto e transformação para floresta, intensiva normal também tiveram valores negativos tanto na blendagem como na clinquerização (Gráfico 30).

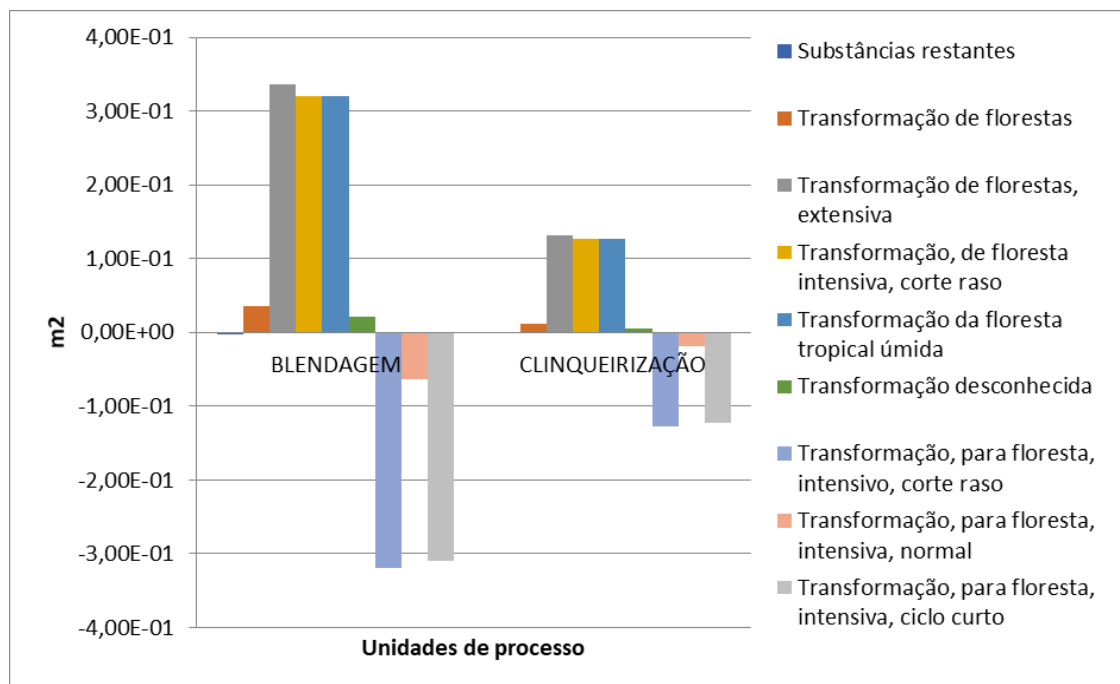


Gráfico 30: Contribuição das atividades para a Transformação da Terra Natural

Na categoria Eutrofização da Água Doce, a blendagem contribuiu para 83% desse impacto na cadeia. Tal fato pode ser explicado pela maior quantidade de emissões de P equivalente oriundo de emissões líquidas de processos auxiliares que requerem a lavagem de peças metálicas impregnadas com resíduos.

Importante também registrar as emissões de compostos orgânicos para água com efluentes domésticos e industriais. Registra-se alguns resíduos que contém substâncias compostas por fósforo e nitrogênio que estão no *blend* como: solos (contaminados), lodos de ETE, fertilizantes, fósforo propriamente dito, borras de fosfato e resíduos orgânicos diversos.

Na clinquerização, as emissões de fosfato na água são responsáveis por 96% do impacto. Acredita-se pelas análises que, primeiramente, as emissões de fosfato são direcionadas ao ar em decorrência da queima de resíduos e, posteriormente, chegam ao solo e na água. É nesse último compartimento que tal o impacto ocorre (Gráfico 31).

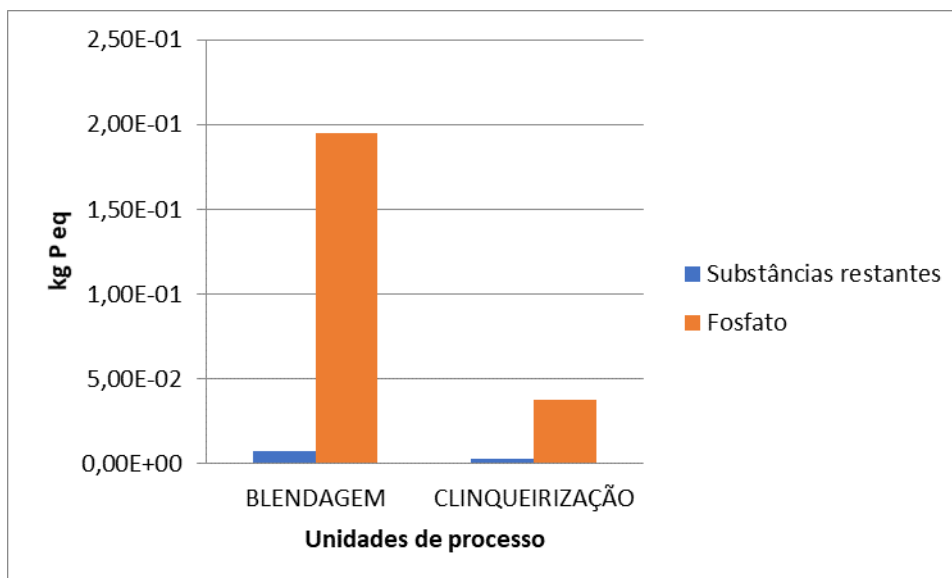


Gráfico 31: Contribuição das substâncias para a Eutrofização da Água Doce

A blendagem foi responsável por 72,82% do impacto da Depleção da Camada de Ozônio na cadeia do coprocessamento. A principal substância emitida foi o HCFC-22 que foi responsável pela contribuição de 47,2% para esta categoria em toda a cadeia. Na blendagem o HCFC-22 foi superior ao da clinquerização em 36,4% (Gráfico 32).

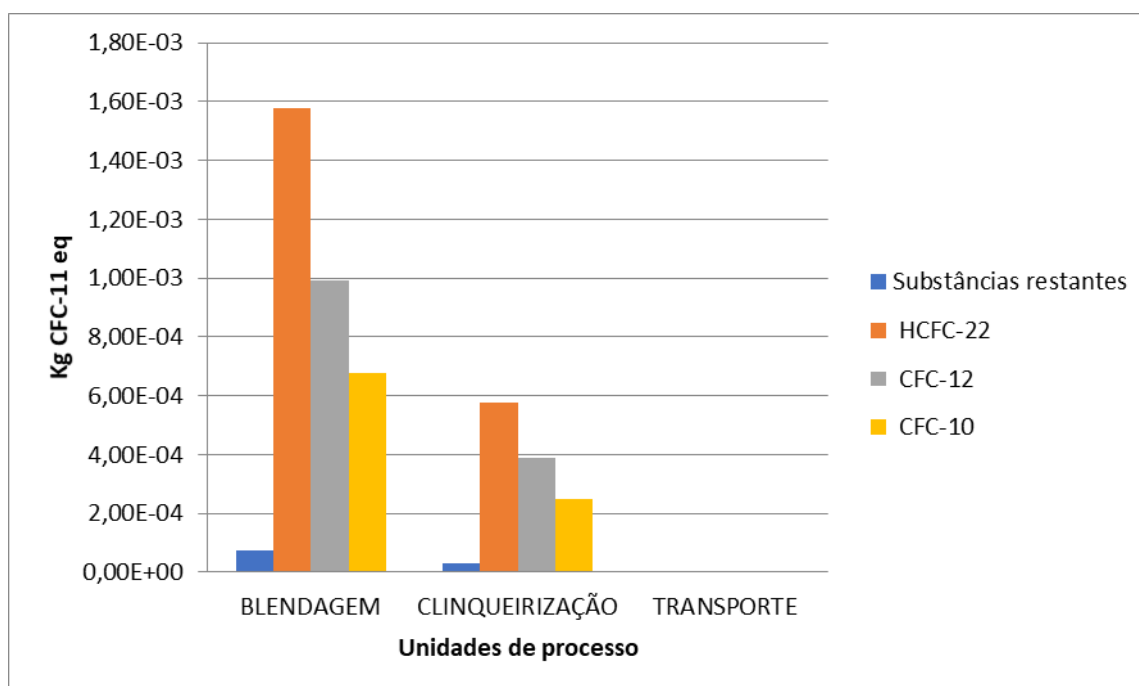


Gráfico 32: Contribuições das substâncias para a Depleção do Ozônio

b) Normalização dos Impactos:

Após o procedimento da normalização, já detalhado na seção de metodologia, os impactos são comparados entre si em toda a cadeia do coprocessamento, bem como em cada unidade de processo. Em toda a cadeia, a Toxicidade Humana foi responsável por 79,3% do impacto (Tabela 17). Na clinquerização, a Toxicidade Humana correspondeu a 85% do impacto. A principal substância responsável por esse impacto é o Se, que contribuiu com 97% das emissões para a água (Gráfico 33).

Tabela 17: Normalização dos impactos na cadeia do coprocessamento

Categorias de Impacto	Blendeira	%	Clinqueirização	%	Transporte	%	Total	%
TH	8,88E+00	54,80%	5,27E+01	85,56%	1,07E+00	88,62%	6,27E+01	79,30%
ETM	3,59E+00	22,15%	7,82E+00	12,70%	1,27E-01	10,52%	1,15E+01	14,60%
EA	1,60E+00	9,87%	3,17E-01	0,51%	-		1,92E+00	2,43%
ETA	7,58E-01	4,68%	2,53E-01	0,41%	5,27E-03	0,44%	1,02E+00	1,29%
DM	5,98E-01	3,69%	3,96E-02	0,06%	-		6,38E-01	0,81%
DF	1,29E-01	0,80%	1,25E-01	0,20%	3,08E-03	0,26%	2,57E-01	0,33%
EM	1,01E-01	0,62%	4,03E-02	0,07%	4,72E-04	0,04%	1,42E-01	0,18%
AT	8,39E-02	0,52%	4,57E-02	0,07%	5,47E-04	0,05%	1,30E-01	0,16%
MC	9,13E-02	0,56%	3,53E-02	0,06%	2,61E-04	0,02%	1,27E-01	0,16%
FMP	8,86E-02	0,55%	3,63E-02	0,06%	4,02E-04	0,03%	1,25E-01	0,16%
DO	8,91E-02	0,55%	3,32E-02	0,05%	1,20E-08	0,00%	1,22E-01	0,15%
OTA	1,98E-02	0,12%	7,61E-02	0,12%	-		9,59E-02	0,12%
FOF	5,08E-02	0,31%	2,97E-02	0,05%	4,32E-04	0,04%	8,09E-02	0,10%
RI	4,97E-02	0,31%	1,38E-02	0,02%			6,35E-02	0,08%
ETE	4,28E-02	0,26%	1,39E-02	0,02%	2,64E-06	0,00%	5,67E-02	0,07%
TTN	2,80E-02	0,17%	1,10E-02	0,02%	-		3,90E-02	0,05%
OTU	5,65E-03	0,03%	1,66E-03	0,00%	-		7,31E-03	0,01%

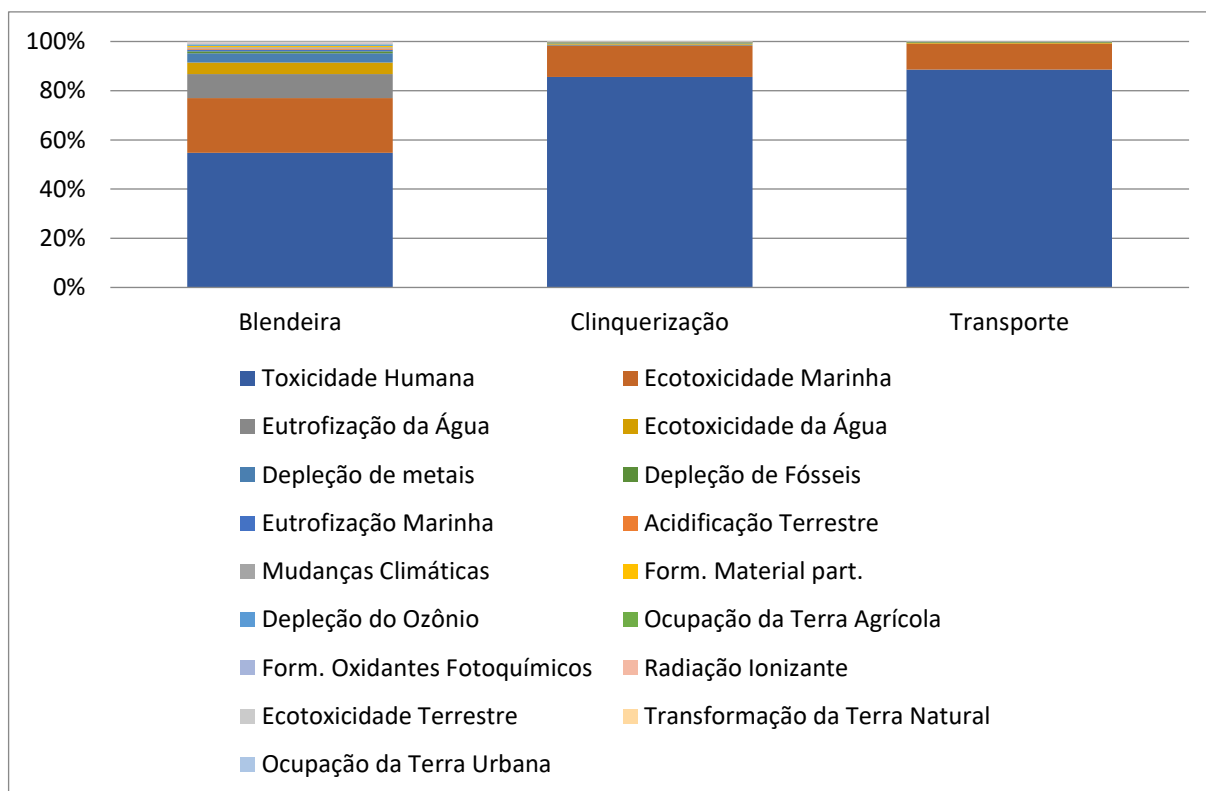


Gráfico 33: Distribuição dos impactos nas unidades de processo normalizados

Analisando cada unidade de processo, nota-se uma maior diversidade de impactos na blendagem, em que o maior impacto foi a Toxicidade Humana com 54% do impacto total, seguido por Ecotoxidade Marinha com 22% e Eutrofização da Água Doce 10%.

Pode-se notar que a predominância desse impacto reflete a periculosidade da atividade de blendagem para o trabalhador da blendeira, principalmente aqueles envolvidos diretamente com as operações das linhas de blendagem conforme relatado anteriormente. É importante mencionar também os possíveis efeitos na saúde da população circunvizinha conforme relatado por Salgado, em 2020.

Quanto à Ecotoxidade Marinha, podemos destacar que as blendeiras estão localizadas na Bacia da Baía de Guanabara e próxima a APA de Guapimirim, que é berçário de muitas espécies. Cabe mencionar que o risco maior é registrado pela atuação da blendeira Essencis, uma vez que está situada na sub-bacia do Rio Iriri que deságua na Baía de Guanabara ameaçando assim diversas espécies típicas da biota dos manguezais.

Quanto à Eutrofização da Água doce, notou-se que a blendeira Essencis é o principal empreendimento situado ao lado do Rio Iriri, local que utiliza como corpo receptor de seus efluentes conforme constam em seus relatórios de vistorias e pareceres do órgão licenciador. Tal impacto, provocado por uma substância à base de N e P, poderá afetar a qualidade ambiental das águas pelo aporte de nutrientes, favorecendo a proliferação de algas e queda das taxas de O_2 dissolvido, reduzindo a biodiversidade na bacia.

Na clinquerização, foi notória a predominância da Toxicidade Humana, responsável por 85% dos impactos. JUNIOR e BRAGA (2009) já haviam registrado os efeitos na saúde humana dos trabalhadores da cimenteira pelo manejo de resíduos. Nota-se também que a queima libera, através das emissões atmosféricas, muitos poluentes que podem atingir a população da região.

A seguir, nota-se também, em segundo lugar, o impacto da Ecotoxicidade Marinha com 13% do impacto. É importante salientar que o polo cimenteiro está localizado na Região Serrana afastado do ambiente marinho, porém é importante monitorar a qualidade dos rios da bacia à jusante pela possibilidade do impacto, tanto nos recursos hídricos como na foz ou região de estuário e manguezal já nas baixadas.

A TH e a EA também foram os impactos predominantes nos transportes 88 e 10%, respectivamente. Constatou-se que a MC teve resultado insignificante e que o maior peso das substâncias foi atribuído à TH pela emissão de substâncias como o CO e outros.

Considerando os conjuntos de Normalização utilizados, observou-se que em todas as unidades de processo pela perspectiva de tempo o impacto da Ecotoxicidade Marinha se manifesta curto prazo e diminui ao longo do tempo, enquanto a Toxicidade Humana tem comportamento contrário (Gráficos 34, 35 e 36)

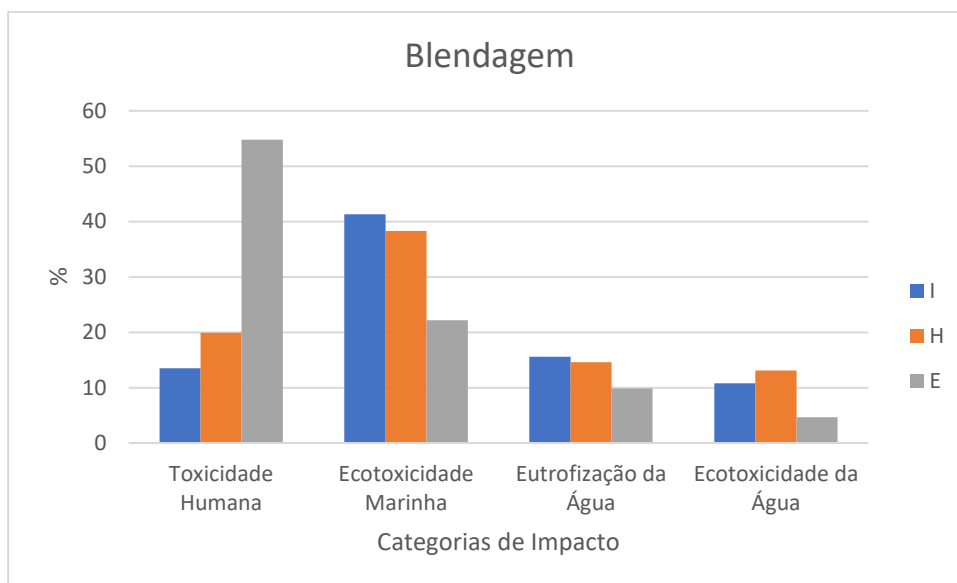


Gráfico 34: Principais impactos da blendagem normalizados

A Clinquerização repete o mesmo padrão com a Ecotoxicidade Marinha, reduzindo a sua contribuição ao longo do tempo; enquanto a Toxicidade Humana ganha maior significância.

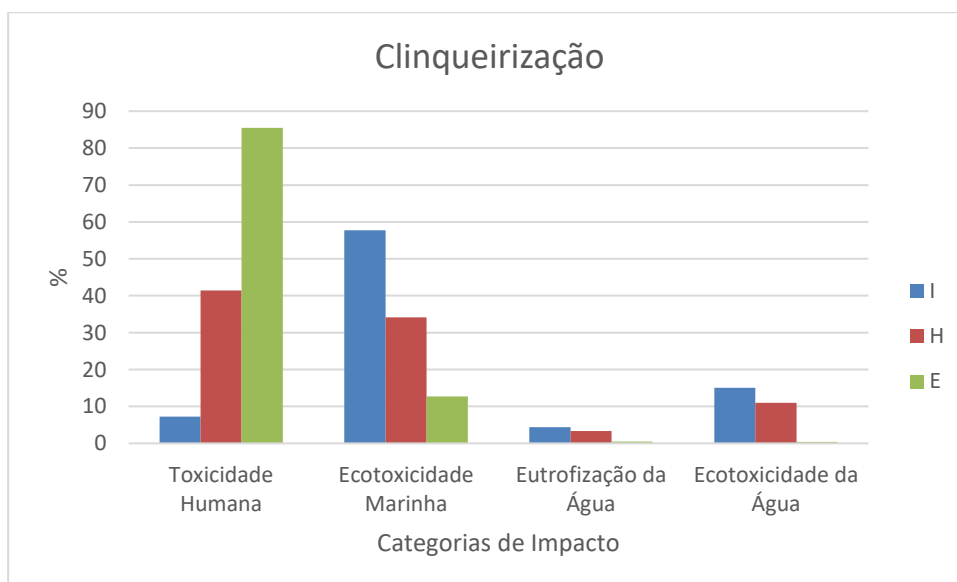


Gráfico 35: Principais impactos da clinquerização normalizados

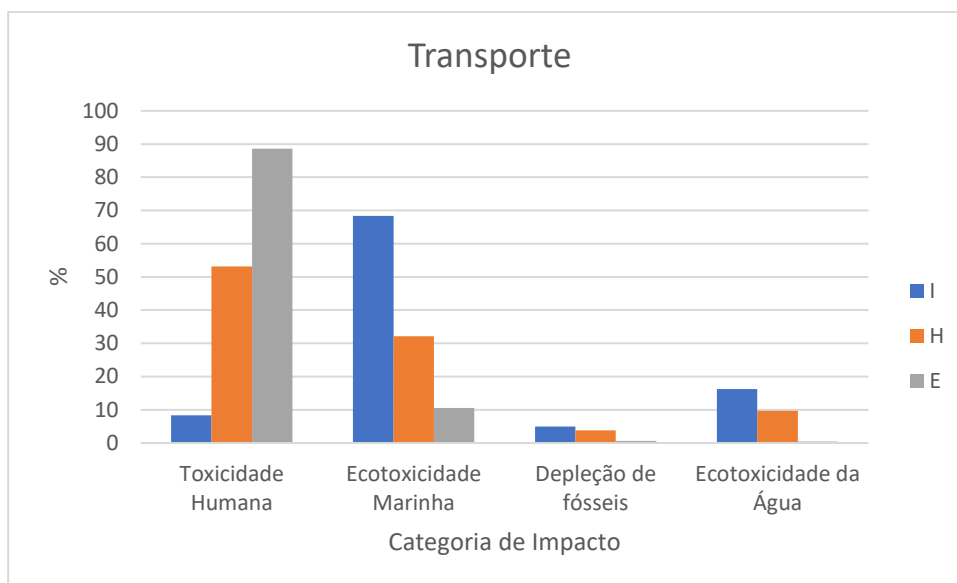


Gráfico 36: Principais impactos do transporte normalizados

Tal explicação encontra lógica pelos fundamentos da ecologia, em conceitos como a magnificação trófica, sendo o impacto da Toxicidade Humana típico de organismos que são “topo” de cadeia que sedia os mecanismos de efeitos que levam maior tempo para surgir, como o do câncer, por exemplo.

b) Ponderação

Como resultado da ponderação, utilizando o conjunto de normalização *EuropeReCiPe* (E/A), foi constatado que a cadeia do coprocessamento tem o maior impacto na categoria Saúde Humana com 71%, seguido pela categoria Ecossistemas com 24% e 6% na categoria Recursos (Gráfico 37).

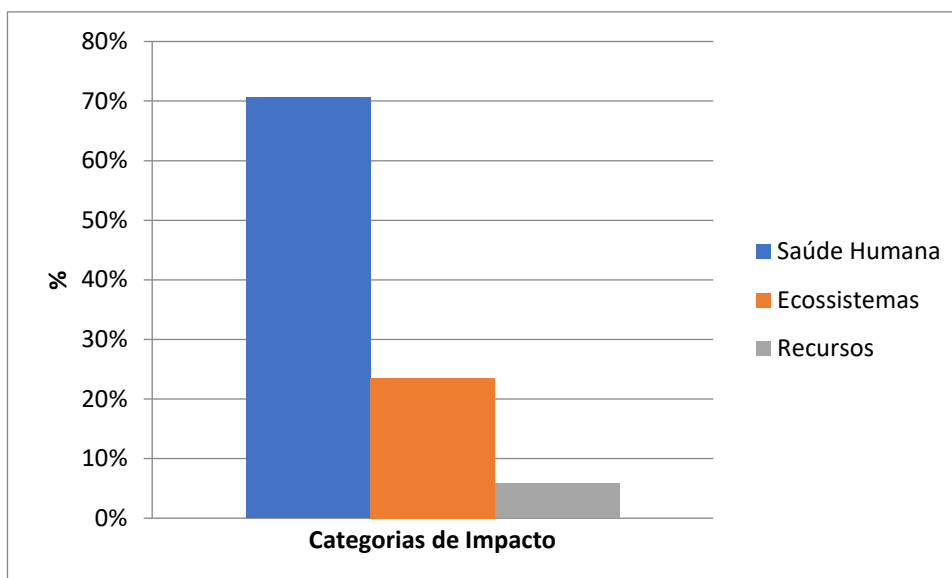


Gráfico 37: Predominância do impacto à saúde humana - ponderação

4.9. Interpretação da Cadeia do Coprocessamento

Submetendo os resultados aos três grupos de ponderação diferentes, notou-se um comportamento diferenciado, em que os impactos a saúde são predominantes a médio e longo prazo, enquanto que a curto prazo o impacto predominante é a qualidade dos ecossistemas.

Tal fato pode ser explicado pelo mecanismo dos impactos que primeiramente afeta a qualidade dos compartimentos para onde são emitidos e, posteriormente, através dos mecanismos de absorção, como a inalação e ingestão de substâncias, são danificados tecidos e órgãos, os efeitos são manifestados na saúde (Tabela 18).

Tabela 18: Ponderação dos resultados

Grupo	Recursos	Saúde Humana	Qualidade dos Ecossistemas
H	38%	17%	45%
I	39%	54%	7%
E	8%	89%	3%
Média	28%	53%	18%

Portanto, submetendo conjuntamente as ponderações no *mixing triangle*, o padrão confirma o impacto de toda a cadeia de coprocessamento, culminando com a da produção de clínquer, que é predominante na Saúde Humana (Gráfico 38).

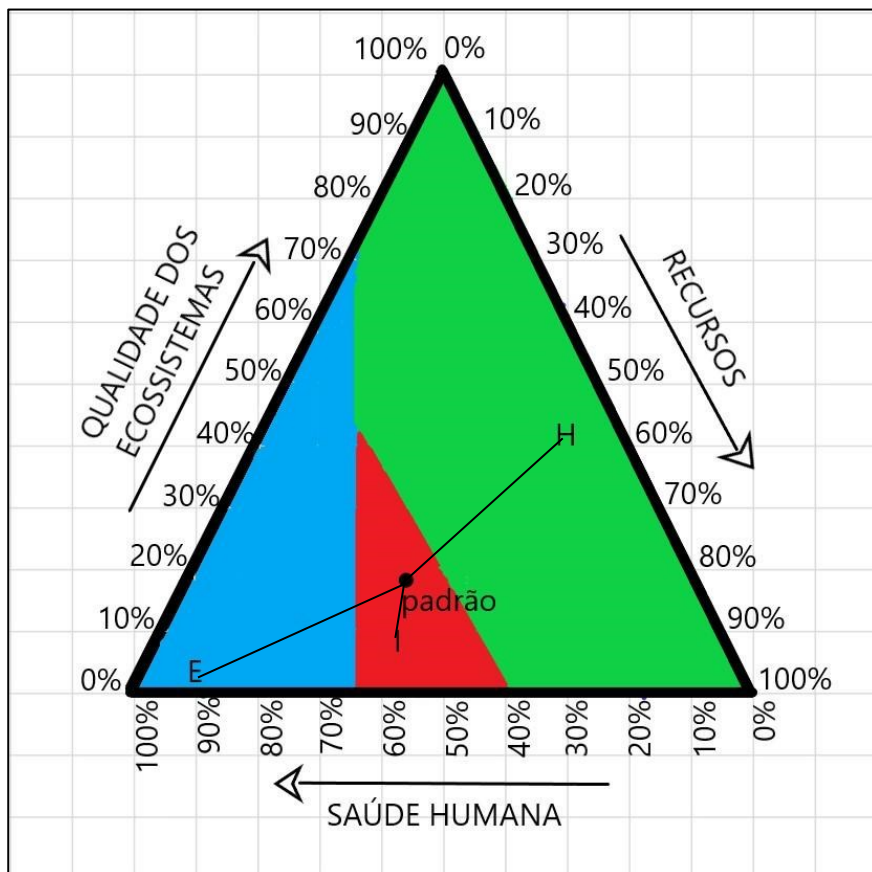


Gráfico 38: Relações entre as ponderações pelo *mix triangle*

4.10. Comparativo com outras formas de destinação final

Submetendo ao comparativo, já considerando a conversão dos elementos unitários do ICV pelos fatores de caracterização, exclusivamente, para a disposição final de 1 t de resíduos industriais em aterro sanitário regional para esse fim, com o coprocessamento em forno de clínquer, obtêm-se os seguintes resultados por caracterização na AICV, conforme a tabela 19:

Tabela 19: Resultados dos impactos das formas de destinação

Categoria de Impacto	Unidade	Aterro sanitário	Forno de Clínquer
MC	kg CO ₂ eq	35752956	35752956
DO	kg CFC-11 eq	181,6758	181,6758
TH	kg 1,4-DB eq	6266425	72899991
FOF	kg NMVOC	134002,4	134881,4
FMP	kg PM10 eq	51809,74	60031,96
RI	kg U ²³⁵ eq	2748728	2748728
AT	kg SO ₂ eq	162271	171497,7
EA	kg P eq	6368,667	6368,667
EM	kg N eq	46569,08	46622,33
ET	kg 1,4-DB eq	71916,06	71968,1
ETA	kg 1,4-DB eq	154894,2	691470
ETM	kg 1,4-DB eq	108739,5	670248,4
OTA	m ² a	6676456	6676456
OTU	m ² a	201550,1	201550,1
TTN	m ²	23633,9	23633,9
DA	m ³	1327432	1327432
DM	kg Fe eq	1999414	1999414
DF	kg <i>oileq</i>	9798401	9798401

Nota-se que, pelo coprocessamento em forno de clínquer, o impacto foi predominante nas categorias TH, ETM, ETA, FMP e AT. O restante das categorias apresentou o mesmo resultado para os impactos, em ambas as formas de destinação.

Na destinação de resíduos pelo aterro sanitário, o impacto da TH é 94,1% menor. Já nas categorias ETM, ETA, FMP e AT, o impacto foi reduzido em 84%, 78%, 14% e 6%, respectivamente. Ainda se registrou a redução do impacto pela destinação final pelo aterro sanitário, em 1% nas categorias FOF, EM e ET (Gráfico 39)

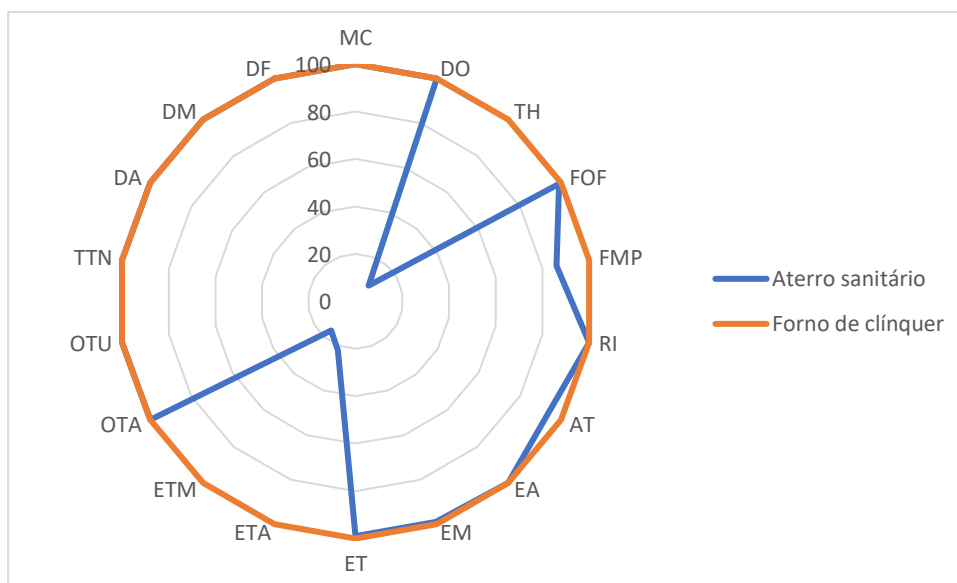


Gráfico 39: Comparativos das categorias de impacto - destinação final

Quando submetidos à normalização, nota-se a DF como o impacto predominante em ambas as atividades, 50% no aterro sanitário e 40% no coprocessamento. Tal impacto é causado predominantemente pelo predomínio da substância óleo cru, uma das mais predominantes nos resíduos industriais, tendo em vista que, no coprocessamento, o potencial energético do referido resíduo é aproveitado para gerar energia térmica.

O segundo maior impacto, no aterro sanitário, é a mudança climática na saúde humana (MCSH) com 26%, causado pela emissão de CO₂ fóssil, já no coprocessamento, é a TH com 21%, causada predominantemente pelo Se emitido para a água (Gráfico 40). Logo, entende-se que o benefício da redução significativa das emissões de CO₂, em aproximadamente 10% pela queima do resíduo em forno de clínquer, recebe uma contrapartida negativa do aumento da TH em mais de 20%.

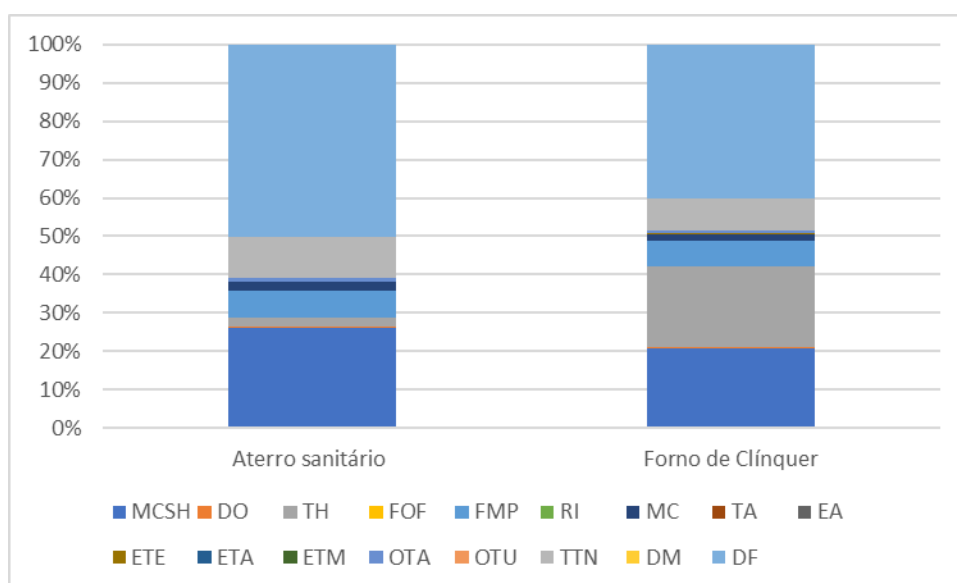


Gráfico 40: Percentual das categorias de impacto - destinação final

CONSIDERAÇÕES FINAIS:

Considerando as particularidades do método da ACV, ressaltando que este estudo visou apresentar dados históricos que garantem atribuir um perfil ao coprocessamento, baseado num histórico de seis anos, envolvendo a movimentação de resíduos desde as blendeiras, levando em consideração as especificidades da heterogeneidade dos resíduos. Os objetivos estabelecidos neste trabalho, para o aprofundamento da investigação sobre os potenciais impactos da cadeia de coprocessamento de resíduos industriais, apresentou grande consistência, subdividindo a análise do problema em três importantes abordagens: 1ª) Do “portão ao portão”, para os processos de blendagem; 2ª) Do “berço ao portão”, que tratou do sistema de produto composto por blendagem, clínquerização e transporte; e, por fim, 3ª) A do “portão-ao-túmulo”, realizando um comparativo do coprocessamento com a destinação em aterro sanitário de rejeitos, concluiu-se que:

Em ponto médio, a categoria Toxicidade Humana foi o principal impacto negativo na primeira e na segunda abordagem e, conseqüentemente, a Saúde Humana em ponto final. Na segunda abordagem, constatou-se que o auge da toxicidade tem a sua maior expressão potencializada na queima dos resíduos nos fornos de clínquer.

Tal constatação justifica-se pelo manejo de resíduos que foram classificados majoritariamente como tóxicos, segundo a NBR ISO 14001. A elevada diversidade de substâncias tóxicas e perigosas presentes, associadas ao manejo realizado nas blendeiras e na cimenteira, incluindo a queima, apresenta elevados riscos ocupacionais e a população circunvizinha, tendo como portas de entrada a via respiratória e contato com a pele, pela manufatura do produto (clínquer).

As avaliações demonstram a potencial evolução dos efeitos da toxicidade através dos mecanismos de interação das substâncias com o organismo, podendo apresentar desde sintomas imediatos, como dores de cabeça, tosse e enjoos, passando pelas manifestações de doenças diversas, como a do trato respiratório e circulatório, culminando com a possibilidade do desenvolvimento de câncer.

É possível também concluir que, além da Toxicidade Humana, outras categorias de impactos ligadas à qualidade da água merecem preocupação nas

referidas abordagens, tanto no bioma marinho, quanto em águas doces. São elas, Ecotoxicidade Marinha, Eutrofização da Água e Toxicidade da Água Doce.

Regionalmente, esses conjuntos de impactos apresentam-se como potencial ameaça ao espaço geográfico da região onde se encontram as blendeiras, por estarem situadas no entorno da Baía de Guanabara. O ponto de contato dá-se principalmente pelo lançamento de efluentes das blendeiras no Rio Iriri e Santo Aleixo, ambos no município de Magé.

No contexto regional das cimenteiras, esse conjunto de impactos pode afetar as bacias do Rio Negro e Macuco, que cortam as cimenteiras, com exceção do impacto Ecotoxicidade Marinha, que não se aplica a essa região.

Em suma, rios e bacias hidrográficas das regiões, onde estão situadas as blendeiras e cimenteiras, podem sofrer com impactos socioambientais no abastecimento de água potável humano e para dessedentação de animais, na biota aquática, acarretando a redução da biodiversidade da comunidade biológica, refletindo negativamente em atividades econômicas de subsistência, como a pesca realizada nessas regiões.

Especificamente, quanto ao processo de blendagem, verificou-se que a maioria dos resíduos que entram nas blendeiras não são incorporados à blendagem e seguem outros destinos como a incineração, o tratamento de efluentes e, principalmente, o aterro sanitário.

Quanto a terceira abordagem, é preciso destacar que os impactos da queima dos resíduos no forno de clínquer foram maiores que a destinação dos mesmos em aterros de rejeitos que, coincidentemente, apresentaram menor impacto nas principais categorias apontadas neste estudo.

Sendo assim, tais constatações permitem considerar que, nesse modelo de uso dos resíduos industriais no coprocessamento, as preocupações prioritárias dos setores de gerenciamento e tratamento de resíduos industriais e do setor cimenteiro devem estar voltadas, prioritariamente, aos impactos locais e regionais de suas atividades (Toxicidade Humana, Toxicidade Marinha e Eutrofização da Água), uma vez que os principais ganhos de sustentabilidade alegados pelo do setor cimenteiro têm sido a redução das emissões de CO₂ eq., que contribuem para o impacto das mudanças climáticas (global), enquanto que, no setor de gerenciamento de resíduos, é uma solução eficaz de “eliminação” de resíduos.

Tendo em vista que a geração de resíduos industriais continuará acontecendo e que o setor cimenteiro continuará adotando o coprocessamento dos resíduos industriais para reduzir as emissões de Carbono, recomenda-se o não uso indiscriminado desses resíduos, aconselhando os diversos setores da indústria e comércio a implantarem programas de prevenção à poluição, fazendo com que um percentual maior de resíduos possa ser aproveitado em linhas diversas de reciclagem ou bolsas de resíduos, ao invés de serem diretamente submetidos às blendeiras, ou seja, adotar o princípio da prevenção contra a poluição.

Recomenda-se também a reavaliação completa das atividades de blendagem pelos órgãos de controle ambiental e do trabalho, exigindo dos empreendedores a adoção das melhores práticas mundiais que abrangem rigorosa classificação dos resíduos e a elaboração de estudos de automação de seus processos, visando reduzir ao máximo a manipulação direta dos resíduos pelo trabalhador e a decorrente exposição a odores tóxicos e outros perigos.

Indica-se a realização de estudos epidemiológicos dos trabalhadores das blendeiras e cimenteiras e da população circundante, com a oportunidade da realização de futuros estudos de Avaliações do Ciclo de Vida Social e Econômica para complementação ao estudo de “ACV ambiental” realizada neste trabalho.

Recomenda-se aos órgãos de controle um maior rigor no licenciamento e no controle ambiental das atividades, incluindo uma política severa de monitoramento de metais no solo e na água e de gases e particulados na atmosfera nas áreas de influência das blendeiras e cimenteiras.

Mediante as contatações, cabe ao setor cimenteiro internalizar os impactos relacionados, principalmente à toxicidade dos resíduos e aos demais impactos destacados nesta conclusão, iniciando pelas blendeiras até o processo de queima dos *blends* e resíduos, que não estão sendo devidamente considerados e gera uma falsa sensação de redução de impactos com base apenas no êxito das reduções de CO₂ eq.

REFERÊNCIAS

AL-DADI, M.M.; HASSAN, H.E.; SHARSHAR, T.; ARIDA, H.A.; BADRAN, H.M. *Environmental impact of some cement manufacturing plants in Saudi Arabia*, Journal of Radioanalytica land Nuclear Chemistry, n. 302, p. 1103–1117, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). *Coprocessamento: Unidades de Coprocessamento no Brasil* [em linha], 2020, São Paulo. [Acesso em 3 novembro 2020]. Disponível em: <https://coprocessamento.org.br/quem-coprocessa-no-brasil/>. Acesso em 29 de janeiro de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). *Panorama do coprocessamento: Uma tecnologia sustentável*, ano base (2017). Disponível em bps.com.br/abcp/panorama/2019/vr2.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS E EFLUENTES (ABETRE). *Perfil do setor de tratamento de resíduos* [em linha], 2013. São Paulo. [Acesso em 04 janeiro 2021]. Disponível em: [Perfil do Setor \(abetre.org.br\)](https://abetre.org.br)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 14044:2009 – *Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações*, 2009, Rio de Janeiro, p. 46.

ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE MUNICÍPIO (AMM). *Caracterização Econômica das Regiões de Planejamento: Área de Desenvolvimento Econômico* [em linha], 2014, Belo Horizonte. [Acesso em 20 janeiro 2021]. Disponível em: [Caracterização econômica das regiões de planejamento – Portal AMM](#)

BIZERRIL, C. R. S. F.; PRIMO, P. B. S. *Peixes de Águas Interiores do Estado do Rio de Janeiro*. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Rio de Janeiro – Projeto PlanaguaSemads/GTZ, 2001, Rio de Janeiro.

BOESCH M.E.; KOEHLER, A.; HELLWEG, S. *Model for Cradle-to-Gate Life Cycle Assessment of Clinker Production*, Environ Sci Technol. 43 (19), 7578–7583, 2009. <https://doi.org/10.1021/es900036e>

BÖESCH, M.E.; HELLWEG S. *Identifying improvement potentials in cement production with life cycle assessment*, Environ. Sci. Technol. 44 (23), 9143-9149, 2010. <https://doi.org/10.1021/es100771k>

BÖESCH, M.E.; HELLWEG, S., HUIJBREGTS, M.; FRISCHKNECHT R. *Applying cumulative exergy demand (CExD) indicators to the ecoinvent database*. Int. J. LCA 12 (3), 181-190, 2007. <http://dx.doi.org/10.1065/lca2006.11.282>

BRAGA, B. *Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do Desenvolvimento Sustentável*. 2ª ed. São Paulo: Editora Pearson, 2017.

BRASIL, 2010. Lei nº 12305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei 9605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, p. 2, 03 ago. 2010.

BRASIL. Secretaria de Trabalho do Ministério da Economia. Portaria nº 3214 de 08 de junho de 1978. Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. *Diário Oficial da União* 1978; 08 jun.

ÇANKAYA, S.; PEKEY, B. A. *comparative life cycle assessment for sustainable cement production in Turkey*, Journal of Environmental Management, Volume 249, 2019, 109362, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109362>

CEMBUREAU. *Environmental product declaration (EPD) for Cement*. The European Cement Association [online], 2015. <https://cembureau.eu/media/3lplreko/epd-for-cement-cem-i.pdf>

CEN. EN 15804:2012+A1:2013: Sustainability of construction works — Environmental Product Declarations — Core rules for the product category of construction products. European Committee for Standardization. European Committee for Standardization, Brussels, BE, 2013, p. 43.

CEN. EN 197-1:2011: Cement – part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements. European Committee for Standardization, Brussels, BE, 2011, p. 38.

Chen, C.; Habert, G.; Bouzidi, Y.; Jullien, A. *Environmental impact of cement production: detail of the different processes and cement plant variability y evaluation*. J. Clean. Prod. 18(5), p. 478-485, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.12.014>

Chen, W.; Hong, J.; Xu, C. *Pollutants generated by cement production in China, their impacts, and the potential for environmental improvement*. J. Clean. Prod. 103, p. 61-69, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.04.048>

Chen, W.; Liu, W.; Geng, Y.; Ohnishi, S.; Sun, L; Han, W. *Life cycle based emergy analysis on China's cement production*. J. Clean. Prod. 131, p. 272-279, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.036>

CIMPOR. *Coprocessamento: quais os resultados alcançados?* Disponível em: cimpor.com/coprocessamento.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO (CBHSF). *Municípios da Bacia* [em linha], 2018. [Acesso em 4 novembro 2020]. Disponível em: https://issuu.com/cbhsofrancisco/docs/lista_de_munic_pios_bhsf_-_2018.xls

COMITÊ DE FOMENTO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI (COFIC). *Portal COFIC SSMA 1.0* [em linha], 2020. [Acesso em 31 outubro 2020]. Disponível em: <http://www.bameq.portalcoficssma.com.br/ConsultarProdutos/Consultar/184>.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Dióxido de Enxofre*. Ficha de informações de produtos químicos, 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/> São Paulo. [Acesso em 10 fevereiro de 2021].

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Ficha de Informação Toxicológica: Arsênio*. São Paulo, 2017a. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/servicos/informacoestoxicologicas/>>. Acessado em: 18 de outubro de 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Ficha de Informação Toxicológica: Bário*. São Paulo, 2017b. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/servicos/informacoestoxicologicas/>>. Acessado em: 18 de outubro de 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Ficha de Informação Toxicológica: Selênio*. São Paulo, 2018a. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/servicos/informacoestoxicologicas/>>. Acessado em: 18 de outubro de 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Ficha de Informação Toxicológica: Manganês*. São Paulo, 2018b. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/servicos/informacoestoxicologicas/>>. Acessado em: 18 de outubro de 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Ficha de Informação Toxicológica: Aldrin e Dieldrin*. São Paulo, 2018c. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/servicos/informacoestoxicologicas/>>. Acessado em: 18 de outubro de 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Ficha de Informação Toxicológica: Radônio*. São Paulo, 2018d. Disponível em [Radônio.pdf \(cetesb.sp.gov.br\)](https://cetesb.sp.gov.br/Radonio.pdf). Acessado em: 18 de outubro de 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Ficha de Informação Toxicológica: Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs)*. São Paulo, 2018c. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/servicos/informacoestoxicologicas/>>. Acessado em: 18 de outubro de 2020. (possivelmente cortar)

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Ficha de Informação Toxicológica: Níquel e seus compostos*. São Paulo, 2018e. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/servicos/informacoestoxicologicas/>>. Acessado em: 18 de outubro de 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Emissão Veicular*. São Paulo: CETESB, 2020a. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/veicular/>>. Acessado em: 18 de outubro de 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Ficha de Informação Toxicológica - Cobre*. São Paulo: CETESB, 2020b. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/veicular/>>. Acessado em: 18 de outubro de 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Ficha de Informação Toxicológica: Dioxinas e furanos* [em linha]. São Paulo, 2020a. [Acesso em 27 janeiro 2021]. Disponível em [Dioxinas-e-furanos.pdf \(cetesb.sp.gov.br\)](#)

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Qualidade do Ar: Poluentes* [em linha]. São Paulo, 2020b. [Acesso em 10 novembro 2020]. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). *Centro Regional: Poluentes Orgânicos Persistentes* [em linha]. São Paulo, 2020c. [Acesso em 11 novembro 2020]. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes>

Conselho Estadual de Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro (CONEMA-RJ). *Manual de Classificação de Atividades Poluidoras MN-050. R-5*. Rio de Janeiro: CONEMA-RJ; 2011.

CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (CONEMA-RJ). *Manual de Classificação de Atividades Poluidoras MN-050. R-5*. Rio de Janeiro, 2011.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (COPAM), 2017. Estabelece critérios para classificação segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locais a serem utilizados para definição de modalidades de licenciamento ambiental e atividades utilizadoras de recursos ambientais no Estado

de Minas Gerais e dá outras providências. *Diário Executivo de Minas Gerais*, 08 dez. 2017.

Consórcio Fator. Apêndice 7 – Município de Magé, RJ. Disponível em [Apêndice 7 – Magé \(www.rj.gov.br\)](#). Acessado em 16 de fevereiro de 2021.

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. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, n. 54, p. 80-83, 20 mar. 2000. Seção 1.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA), 2020. Resolução CONAMA/MMA Nº 499 de 06 de outubro de 2020. Dispõe sobre o licenciamento da atividade de coprocessamento de resíduos em fornos rotativos de produção de clínquer. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, ed. 194, p. 50, 08 out. 2020. Seção 1.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA), 2000. Resolução

DATASUS. *Informações de Saúde*. Cadernos de Informações de Saúde Rio de Janeiro: Magé. ftp://ftp.datasus.gov.br/caderno/geral/rj/RJ_Mage_Geral.xls. Acessado em 16 de fevereiro de 2021.

DATASUS. *Informações de Saúde*. Cadernos de Informações de Saúde Rio de Janeiro: Cantagalo. ftp://ftp.datasus.gov.br/caderno/geral/rj/RJ_Cantagalo_Geral.xls. Acessado em 16 de fevereiro de 2021.

DIAS, M.C.O.; PEREIRA, M.C.B.; DIAS, P.L.F.; VIRGÍLIO, J.F. *Manual dos Impactos Ambientais: Orientações Básicos dos Aspectos Ambientais das Unidades Produtivas*. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999.

ECOSPHOR. *Relatório de Auditoria Ambiental DZ-056.R-3*. Essencis Soluções Ambientais S.A. Magé/RJ, 2011

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). *Non-methane volatile organic compounds (NMVOC) emissions*. Copenhagen, 2015.

EUROPEAN COMMISSION – JOINT RESEARCH CENTRE – INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY (JRC-IES). *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook- Framework and Requirements for Life Cycle Impact Assessment Models and Indicators*, Publications Office of the European Union. Luxembourg, 2010.

FARIAS, Robison Fernandes. *A química do tempo: carbono 14*. QNESC, v.16, 6-8, Novembro, 2002.

FEIZ, R.; AMMENBERG, J.; BAAS, L.; EKLUND, M.; HELGSTRAND, A.; MARSHALL, R. *Improving the CO₂ performance of cement, part I: utilizing life-cycle assessment and key performance indicators to assess development within the*

cement industry. J. Clean. Prod. 98, 272-281, 2015.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.083>

FRISCHKNECHT, R.; JUNGBLUTH, N.; ALTHAUS, H.-J.; DOKA, G.; DONES, R.; HECK, T.; HELLWEG, S.; HISCHIER, R.; NEMECEK, T.; REBITZER, G.; SPIELMANN, M. *The ecoinvent database: Overview and methodological framework*, International Journal of Life Cycle Assessment 10, 3–9, 2005.

FEEMA. *Parecer Técnico de Licença de Operação nº LO – 477/05*. Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente. Rio de Janeiro, 2005.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). *Estudo de Vulnerabilidade Regional às Mudanças Climáticas de Minas Gerais*. Agência Francesa de Meio Ambiente e Gestão de Energia, Conselho Regional de Nord-Pas-de-Calais. Belo Horizonte: FEAM, 2014.

GALVEZ-MARTOS, J.L.; SCHOENBERGER, H. *An analysis of the use of life cycle assessment for waste co-incineration in cement kilns*. Resour. Conserv. Recycl. 86, 118-131, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.02.009>

GARCÍA-GUSANO, D.; HERRERA, I.; GARRAÍN, D.; LECHÓN, Y.; CABAL, H. *Life cycle assessment of the Spanish cement industry: implementation of environmental-friendly solutions*. Clean Technol. Environ. Policy 17, 59-73, 2015. <https://doi.org/10.1007/s10098-014-0757-0>

GIORGIOPOULOU, M.; LYBERATOS, G. *Life cycle assessment of the use of alternative fuels in cement kilns: a case study*. J. Environ. Manag. 216, 224-234, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.07.017>

GÜERECA, L.P.; TORRES, N.; JUÁREZ-LÓPEZ, C.R. *The co-processing of municipal waste in a cement kiln in Mexico: a life-cycle assessment approach*. J. Clean. Prod. 107, 741-748, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.085>

Google Earth. Imagem de satélite - 2015

HONG, J.; XU, C.; HONG, J.; TAN, X.; CHEN, W. *Life Cycle Assessment of sewage sludge co-incineration in a coal-based power station*. J. Waste Manag. 33 (9), 1843-1852, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.05.007>

HOSSAIN, M.U.; POON, C.S.; LO, I.M.C.; CHENG, J.C.P. *Comparative LCA on using waste materials in the cement industry: A Hong Kong case study*. Resour. Conserv. Recy. 120, 199-208, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.12.012>

HUANG, Q.F.; YANG Y.F.; WANG, Q. *Potential for serious environmental threats from uncontrolled co-processing of wastes in cement kilns*. Environ. Sci. Technol., v. 46 (24), p. 13031–13032, 2012.

HUNTZINGER, D.N.; EATMON, T.D. *A life-cycle assessment of Portland cement manufacturing: comparing the traditional process with alternative technologies*. J. Clean. Prod. 17 (7), 668-675, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.04.007>

HUIJBREGTS; M.A.J.; STEINMANN, Z.J.N.; ELSHOUT, P.M.F.; STAM, G.; VERONES, F.; VIEIRA, M.D.M.; HOLLANDER, A.; ZIJP, M.; VAN ZELM, R. *A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level*. Report I: Characterization [em linha], *ReCiPe*, V.1.1, 2016. [Acesso em 25 janeiro 2021]. The Netherlands: National Institute for Public Health and the Environment. Disponível em: <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2016-0104.pdf>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Cidades e Estados – Cantagalo*. Disponível em [Cantagalo \(RJ\) | Cidades e Estados | IBGE](#). Acesso em 10 de fevereiro de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Cidades e Estados – Magé*. Disponível em [Magé \(RJ\) | Cidades e Estados | IBGE](#). Acesso em 10 de fevereiro de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE)*. Brasília-DF, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Produto Interno Bruto dos Municípios: Taubaté* [em linha], 2017a. [Acesso em 12 novembro 2020]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/taubate/pesquisa/38/0>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo Agropecuário: Taubaté* [em linha], 2017b. [Acesso em 10 novembro 2020]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/taubate/pesquisa/24/0>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Potencial de Poluição do Ar no Estado do Rio Concentra-se em Quatro Municípios*, 2008. Disponível em [Potencial de poluição industrial do ar no estado do Rio concentra-se em 4 municípios | Agência de Notícias | IBGE](#)

INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA (IBICT). *Recomendações de Modelos de Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida para o Contexto Brasileiro* [em linha]. Rede de Avaliação do Impacto de Ciclo de Vida. Brasília, 2019. [Acesso em 25 janeiro 2021]. Disponível em: [Relatório-de-Recomendações-de-Modelos-de-Avaliação-de-Impacto-para-o-Contexto-Brasileiro.pdf \(ibict.br\)](#)

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. *Atributos Naturais*. Disponível em [ICMBio - Área de Proteção Ambiental de Guapi-Mirim - Atributos naturais](#). Acessado em 15 de dezembro de 2020.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). *Pós-Licença e Fiscalização: Consulta a Processos* – Proc. E-07/202238/2008 e Proc. E-07/202258/2003. Rio de Janeiro, 2019. Recuperado em 15 outubro, 2019, de <http://200.20.53.7/SCUP/>

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM). *Mapa Unidades de Planejamento* [em linha]. Portal dos Comitês, 2020. [Acesso em 8 novembro 2020]. Disponível em: <http://comites.igam.mg.gov.br/mapa-unidades-de-planejamento>

INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS (INPEV). *Informativo nº 81* [em linha]. São Paulo: Acervo INPEV, 2019a. [Acesso em 10 dezembro 2020]. Disponível em: [Destino certo para as sobras pós-consumo de agrotóxicos \(inpev.org.br\)](#)

INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS (INPEV). *Relatório de Sustentabilidade de 2019* [em linha]. São Paulo, 2019b. Acesso em 25 de dezembro de 2020. Disponível em [inpEV-RS2019.pdf](#). Acervo INPEV.

INSTITUTO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE EMBALAGENS VAZIAS (INPEV). *Passo-a-passo da destinação* [em linha], 2020. [Acesso em 14 outubro 2020]. Disponível em: <https://inpev.org.br/logistica-reversa/passa-a-passo-destinacao/>

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL (ISA). *Área de Proteção Ambiental Cachoeira das Andorinhas*. Unidades de Conservação no Brasil [em linha], 2010. [Acesso em 7 novembro 2020]. Disponível em: <https://uc.socioambiental.org/arp/2098>

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate Change 2014: Synthesis Report* [em linha]. Geneva, 2014. P. 151. [Acesso em 09 novembro 2020]. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf

IPEA. *Diagnóstico dos Resíduos Sólidos de Logística Reversa Obrigatória*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília, 2012.

IPCC (2008). 2006 IPCC *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change. *National Greenhouse Gas Inventories Programme* [online]. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/support/Primer_2006GLs.pdf 31/08/2020.

JOSA, A.; AGUADO, A.; CARDIM, A.; BYARS, E. *Comparative analysis of the life cycle impact assessment of available cement inventories in the EU*. Cement

Concrete Res. 37 (5), p. 781-788, 2007.
<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2007.02.004>

JRC-IES. *International Reference Life Cycle Data System (ILCD)*: General guide for Life Cycle Assessment: Detailed guidance. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability. Handbook. Traduzido por Luiz Marcos Vasconcelos. Luxembourg, Belgium, 2010, p. 319 (versão em português).

JUNIOR, A.G.P.; BRAGA, A.M.C.B. *Trabalho e saúde: a atividade da queima de resíduos tóxicos em fornos de cimenteiras de Cantagalo*, Rio de Janeiro. Ciência & Saúde Coletiva, v.14 (6), p. 2005–2014, 2009.

KJERFVE, B.; LACERDA, L.A. Mangroves of Brazil. In: p: 245-272, L.D. Lacerda (ed.) *Conservation and Sustainable Utilization of Mangrove Forests in Latin America and Africa Regions*. Part I. Latin America. ITTO/ISME, Okinawa, 1993.

LACERDA, L.D. *Mangrove Ecosystems: Function and Management*. Springer Verlag, Berlin, 332 p, 2002.

LAMAS, W.Q.; PALAU, J.C.F.; CAMARGO, J.R. *Waste materials co-processing in cement industry: ecological efficiency of waste reuse*. Renewable and Sustainable Energy Reviews [em linha]. v. 19, p. 200-207, março 2013. [Acesso em 12 dezembro 2019]. DOI . Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.015>

LE QUÉRE, C. et al. *The Global Carbon Budget 2018*. Earth Syst. Sci. Data 10 (4), 2141–2194, 2018. <https://doi.org/10.5194/essd-10-2141-2018>

LI, C.; CUI, S.; NIE, Z.; GONG, X.; WANG, Z.; ITSUBO, N. *The LCA of Portland cement production in China*. Int. J. Life Cycle Assess. 20, 117-127, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0804-4>

MATOS, A.T. *Poluição Ambiental: Impactos no Meio Físico*. Viçosa: Ed. UFV, 2010.

MENDES, N. C.; BUENO, C; ANDOMETTO, A. R. *Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida: revisão dos principais métodos*. Prod. 26 (1), p. 160-175, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.153213>

MILAN, M. *Reciclagem de Materiais: Empresa e Conceito*. SENAI. São Paulo, 2017.

MILANEZ, B.; FERNANDES, L.O.; PORTO, M.F.S. *A Co incineração de resíduos em fornos de cimento: riscos para a saúde e o meio ambiente*. Ciência & Saúde Coletiva, v.14(6), p. 2143–2152, 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA), *Pesquisa de Licenciamento Ambiental*. Portal Nacional do Licenciamento Ambiental. Brasília, 2019. Disponível em <http://pnla.mma.gov.br/>. Acessado em 24 de dezembro de 2019.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR), *Brasil é referência na destinação correta de embalagens vazias de agrotóxicos* [em linha]. 17 abr. 2014 (atualizado em 03 jun. 2019). [Acesso em 07 novembro 2020]. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/brasil-e-referencia-na-destinacao-correta-de-embalagens-vazias-de-agrotoxicos>

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA), *Avaliação Ambiental Estratégica*. Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos (SQA) [em linha]. Projeto Instrumentos de Gestão (Progestão), Brasília, 2002. [Acesso em 10 dezembro 2020]. Disponível em: http://mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/aae.pdf

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA), *Política Nacional de Resíduos Sólidos apresenta resultados em 4 anos* [em linha]. Departamento de Ambiente Urbano - Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano, Brasília – DF, 2014. [Acesso em 20 dezembro 2020]. Disponível em: [Política de Resíduos Sólidos apresenta resultados em 4 anos — Português \(Brasil\) \(www.gov.br\)](http://www.gov.br/politica-de-residuos-solidos/pt-br/assuntos/destaques/politica-nacional-de-residuos-solidos-apresenta-resultados-em-4-anos)

MOYA, J.A.; PARDO, N.; MERCIER, A. *The potential for improvements in energy efficiency and CO₂ emissions in the EU27 cement industry and the relationship with the capital budgeting decision criteria*. J. Clean. Prod. 19 (11), 1207-1215, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.03.003>

PLANARES. *Plano Nacional de Resíduos Sólidos*. Secretaria de Qualidade Ambiental - Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2020.

PRÉ CONSULTANTS. *Programming the SimaPro COM interface. Pré-Consultant's product ecology*. Software. Amsterdam, the Netherlands, 2010.

PINTO JR., A.G.; BRAGA, A.M.C.B. *Trabalho e saúde: a atividade da queima de resíduos tóxicos em fornos de cimenteiras de Cantagalo, Rio de Janeiro*. Ciênc. saúde coletiva [em linha]. v. 14, n. 6, p. 2005-2014., Rio de Janeiro, dezembro de 2009. Acesso em 15 novembro 2020. DOI [10.1590/S1413-81232009000600008](https://doi.org/10.1590/S1413-81232009000600008). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-81232009000600008>

REZA, B.; SOLTANI, A.; RUPARATHNA, R.; SADIQ, R.; HEWAGE, K. *Environmental and economic aspects of production and utilization of RDF as alternative fuel in cement plants: A case study of Metro Vancouver Waste*

Management. Resour. Conserv. Recycl. 81, p. 105-114, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.10.009>

RIBEIRO, H.; ASSUNÇÃO, J.V. *Efeitos das queimadas na saúde humana*. Estudos Avançados, v.16(44), p. 125-148, 2002.

ROCHA, T.B. *Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida* [em linha]. ACV Brasil, 2017. [Acesso em 15 dezembro 2020]. Disponível em: [ACV Brasil - Ead ACV](#)

ROCHA, S.D.F.; LINS, V.F.C.; ESPÍRITO SANTO, B.C. *Aspectos do coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer*. Eng. Sanit. Ambient., v. 16 (1), p. 1-10, 2011.

SACHETTO. *Análise da qualidade ambiental do rio Roncador, Magé – RJ*. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Engenharia – Centro de Tecnologias e Ciências – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012.

SALAS, D.A.; RAMIREZ, A.D.; RODRÍGUEZ, C.R.; PETROCHE, D. M.; BOERO, A.J.; DUQUE-RIVERA, J. *Environmental impacts, life cycle assessment and potential improvement measures for cement production: a literature review*. J. Clean. Prod. 113, 114-12, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.11.078>

SANER, D.; WALSER, T; VADENBO, C.O. *End-of-life and waste management in life cycle assessment* – Zurich, 6 December 2011. Int. J. Life Cycle Assess. 17, p. 504-510, 2012. <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0390-2>

SANTOS, L.S.C. *Prejuízos ao meio ambiente e agravos na saúde das populações vizinhas relacionados com as unidades de blendagem no município de Magé - Rio de Janeiro*. (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

SEA. *Plano Municipal de Saneamento Básico de Água e Esgoto de Magé*. Secretaria de Estado do Ambiente do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em [PMSB Magé.pdf - OneDrive \(live.com\)](#). Acessado em 15 de dezembro de 2020.

SECRETARIA DE TRABALHO DO MINISTÉRIO DA ECONOMIA. Portaria nº 3214 de 08 de junho de 1978. Aprova as Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 1978.

SEYLER, C.; HELLWEG, S.; MONTEIL M.; HUNGERBÜHLER, K. *Life Cycle Inventory for Use of Waste Solvent as Fuel Substitute in the Cement Industry – A*

Multi-Input Allocation Model. Int J LCA 10 (2), p. 120-130, 2005. <https://doi.org/10.1065/lca2004.08.173>

SILVA, G.A.; BRASHER, M.; LIMA, J. A. O.; LAMB, C. R. L. *Avaliação do Ciclo de Vida: Ontologia Terminológica*. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT), Brasília, 2015.

SHEN, W.G.; CAO, L.; LI, Q.; ZHANG, W.; WANG, G.; LI, C.; *Quantifying CO₂ emissions from China's cement industry*. Renew. Sustain. Energy Rev. 50, p. 1004-1012, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.031>

SILVA, M.G.; SAADE, M.R.M.; GOMES, V. *Influence of service life, strength, and cement type on life cycle environmental performance of concrete*. Rev. IBRACON Estrut. Mater. 6 (6), p. 844-853, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1983-41952013000600002>

SIG-RHBG. *Estações de Monitoramento da Qualidade da Água no Estado do Rio de Janeiro*. Disponível em [Estações de Monitoramento da Qualidade de Água no Estado do Rio de Janeiro \(arcgis.com\)](http://arcgis.com). Acessado em 16 de fevereiro de 2021.

SIG-RHBG. *Áreas de Importância Biológica*. Disponível em [Áreas de Importância Biológica \(arcgis.com\)](http://arcgis.com). Acessado em 16 de fevereiro de 2021.

SIMAPRO DATA SERVER. (Version 2,0803. Release - D11) [Software]. Queensland: Nexus data base pty ltd; 2006.

SIMAPRO 7: Classroom. (Version 7.2.3 Multi-user) [Software]. Amersfoot: Pre-Consultants bv. 2010

SONG, D.; YANG, J.; CHEN, B.; HAYAT, T.; ALSAEDI A. *Life-cycle environmental impact analysis of a typical cement production chain*. Appl. Energy 164, p. 916-923, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.09.003>

SPIRO, T.G.; STIGLIANI, W.M. *Química Ambiental*. Ed. Pearson Prentice Hall. São Paulo, 2009.

STAFFORD, F.N.; RAUPP-PEREIRA, F.; LABRINCHA, J.A.; HOTZA, D. *Life cycle assessment of the production of cement: A Brazilian case study*. J. Clean. Prod. 137, p. 1293-1299, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.050>

STRAZZA, C.; DEL BORGHI, A.; GALLO, M.; DEL BORGHI, M. *Resource productivity enhancement as means for promoting cleaner production: analysis of co-*

incineration in cement plants through a life cycle approach. *J. Clean. Prod.* 19 (14), p. 1615-1621, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.05.014>

SILVA, G.A.; OLIVEIRA, S.A., *Glossário de Avaliação do Ciclo de Vida* [em linha], 2014. Associação Brasileira de Análise do Ciclo de Vida (ABCV). [Acesso em 20 dezembro 2020]. Disponível em: [Glossário de Avaliação de Ciclo de Vida - PDF Free Download \(docplayer.com.br\)](https://www.docplayer.com.br/13848477-Glossario-de-Avaliacao-do-Ciclo-de-Vida-ABCV-2014.pdf)

SIMAPRO DATA SERVER, 2006. *Version 2,0803*. Release - D11 [Software]. Queensland: Nexus data base pty ltd.

SIMAPRO 7: CLASSROOM, 2010. *Version 7.2.3 Multi-user* [Software]. Amersfoot: Pre-Consultantsbv.

SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO (SIGRH). Comitê das Bacias Hidrográficas do Rio Paraíba do Sul (PS) – Apresentação. *Portal SIGRH* [em linha]. São Paulo, 2010. [Acesso em 20 novembro 2020]. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhps/apresentacao>

TCE. *Estudos Socioeconômicos Municípios do Estado do Rio de Janeiro 2019 – Cantagalo*. Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em [Cantagalo \(1\).pdf](#). Acessado em 16 de fevereiro de 2021.

TCE. *Estudos Socioeconômicos Municípios do Estado do Rio de Janeiro 2019 – Magé*. Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em [Magé-2019.pdf](#). Acessado em 16 de fevereiro de 2021.

Thinkstep (2012). GaBi 6 - Software and database contents for Life Cycle Engineering. PE International AG, Stuttgart, Germany.

Tukker, A. *A comparison of thermal treatment processes for hazardous waste*. *Int. J. LCA* 4 (6), p. 341-351, 1999. <https://doi.org/10.1007/BF02978525>

UGAYA, C.M.L. *Avaliação do Ciclo de Vida de Produtos*. In P.J. Adissi, F.A. Pinheiro, & R.S. Cardoso (Org.) *Gestão Ambiental de Unidades Produtivas* (p. 275-298). Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

VALDERRAMA, C.; GRANADOS, R.; CORTINA, J.L.; GASOL, C.M.; GUILLEM, M.; JOSA, A. *Implementation of best available techniques in cement manufacturing: a life-cycle assessment study*. *J. Clean. Prod.* 25, p. 60-67, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.11.055>

VENÂNCIO, L.C.A.; SOUZA, J.A.S.; MACEDO, E.N.; QUARESMA, J.N.N.; PAIVA, A.E.M. *Residues recycling: Reducing costs and helping the environment*. *JOM* 62 (9), 41-45, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11837-010-0135-2>

WANG, Y.; ZHU, Q.; GENG, Y. *Trajectory and driving factors for GHG emissions in the Chinese cement industry*, J. Clean. Prod. 53, p. 252-260, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.04.001>

WERNET, G.; BAUER, C.; STEUBING, B.; REINHARD, J.; MORENO-RUIZ, E.; WEIDEMA, B. *The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology*. The International Journal of Life Cycle Assessment, [online] 21(9), p.1218–1230, 2016. <http://link.springer.com/10.1007/s11367-016-1087-8> 05/07/2020.

ZHANG, L.; MABEE, W. E. *Comparative study on the life-cycle greenhouse gas emissions of the utilization of potential low carbon fuels for the cement industry*. J. Clean. Prod. 122, p. 102-112, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.019>

ANEXO I – MOVIMENTAÇÃO DE RESÍDUOS NA BLENDEIRA HAZTEC							
Tipo	Quant (t)	Empreendimento	Origem	ano	destino final após blendagem	doc. INEA	dist. km
LODO ETE	40	Sta. Rosa - Fábrica de embalagens	SP	2015	co-processamento em forno de clínquer	PT 55/15	461
Plástico/estopa/Panos/borras/luvas e outros cont. c. tinta	140	Sta. Rosa - Fábrica de embalagens	SP	2015	co-processamento em forno de clínquer	PT 55/15	
Efluente líquido industrial	40	Sta. Rosa - Fábrica de embalagens	SP	2015	co-processamento em forno de clínquer	PT 55/15	
SOLO CONTAMINADO	700	RHODIA POLIAMIDA	S.andre/SP	2015	co-processamento em forno de clínquer	PT 34/15	470
ÁGUA CONTAMINADA	15	RHODIA POLIAMIDA	S.andre/SP	2015	co-processamento em forno de clínquer	PT 34/15	
SOMATÓRIO 2015	935						
Lodo ETE	360	Marco Polo AS	Cax.Sul/RS	2014	co-processamento em forno de clínquer	PT-AA/13	1423
Lodo ETE	360	Marco Polo AS	Cax.Sul/RS	2014	co-processamento em forno de clínquer	PT-AA/13	
LODO ETE	250	Akzo nobel	S.andre/SP	2014	co-processamento em forno de clínquer	PT-69/14	456
PAPEL CONTAMINADO	120	Akzo nobel	S.andre/SP	2014	co-processamento em forno de clínquer	PT-69/14	
BORRA DE RESINA COM PAPEL	100	Akzo nobel	S.andre/SP	2014	co-processamento em forno de clínquer	PT-69/14	
RESÍDUO INDUSTRIAL VARRIÇÃO	90	Akzo nobel	S.andre/SP	2014	co-processamento em forno de clínquer	PT-69/14	
BORRA DE EMULSÃO	50	Akzo nobel	S.andre/SP	2014	co-processamento em forno de clínquer	PT-69/14	
ELEMENTO FILTRANTE	50	Akzo nobel	S.andre/SP	2014	co-processamento em forno de clínquer	PT-69/14	
PLASTICO CONTAMINADO	25	Akzo nobel	S.andre/SP	2014	co-processamento em forno de clínquer	PT-69/14	
BORRA ÓLEO	25	Akzo nobel	S.andre/SP	2014	co-processamento em forno de clínquer	PT-69/14	
TERRA CONTAMINADA E TINTA	15	Akzo nobel	S.andre/SP	2014	co-processamento em forno de clínquer	PT-69/14	
VIDRO CONTAMINADO C/VERNIZ E TINTA	9	Akzo nobel	S.andre/SP	2014	co-processamento em forno de clínquer	PT-69/14	
EPI CONTAMINADO	8	Akzo nobel	S.andre/SP	2014	co-processamento em forno de clínquer	PT-69/14	
ELEMENTO TÉRMICO	6	Akzo nobel	S.andre/SP	2014	co-processamento em forno de clínquer	PT-69/14	
RESÍDUO DE CALDEIRA	5	Akzo nobel	S.andre/SP	2014	co-processamento em forno de clínquer	PT-69/14	
SACARIAS-EMBALAGEM AEROSIL	50	BLUESTAR SILICONES	S.andre/SP	2014	co-processamento em forno de clínquer	PT 61/14	471
SILICONE LÍQUIDO E SÓLIDO	250	BLUESTAR SILICONES	S.andre/SP	2014	co-processamento em forno de clínquer	PT 61/14	
DIVERSOS PANO E VIDRARIA	100	BLUESTAR SILICONES	S.andre/SP	2014	co-processamento em forno de clínquer	PT 61/14	
SOMATÓRIO 2014	1873						

solvente (acetona, thinner, parafina)	12	Marco Polo AS	Cax.Sul/RS	2013	co-processamento em forno de clínquer	PT-AA/13	1423
solvente (acetona, thinner, parafina)	80	Marco Polo AS	Cax.Sul/RS	2013	co-processamento em forno de clínquer	PT-AA/13	
ÓLEO BPF (Não passivo de refino)	110	Internacional papel do Brasil	mogi/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	2391	553,5
BORRA DE TINTA	60	Internacional papel do Brasil	mogi/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	2391	
TINER	60	Internacional papel do Brasil	mogi/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	2391	
DIVERSOS (pano, balde, madeira)	360	Internacional papel do Brasil	mogi/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	2391	
cola	80	Internacional papel do Brasil	mogi/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	2391	
resina	20	Internacional papel do Brasil	mogi/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	2391	
produto químico leucophor	40	Internacional papel do Brasil	mogi/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	2391	
produto químico nalco	40	Internacional papel do Brasil	mogi/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	2391	
AREIA CONTAMINADA COM HIDROCARB	150	PETROBRÁS-TRANSPORTE	S.Dumon/MG	2013	co-processamento em forno de clínquer	2591/13	278,5
RESIDUOS OLEOSOS	150	PETROBRÁS-TRANSPORTE	S.Dumon/MG	2013	co-processamento em forno de clínquer	2591/13	
BRITA C/ÓLEO	150	PETROBRÁS-TRANSPORTE	S.Dumon/MG	2013	co-processamento em forno de clínquer	2591/13	
(plásticos, papel, madeira, raspa de piso, EPIs, embalagens plásticas vazias e panos de limpeza)	200	Akzo nobel	Mauá/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	28020/13	463
anidrido ftálico tubo contaminado	6	Akzo nobel	Mauá/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	28020/13	
borra de tinta a base de água	160	Akzo nobel	Mauá/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	28020/13	
borra de resina	50	Akzo nobel	Mauá/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	28020/13	
borra de tinta	150	Akzo nobel	Mauá/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	28020/13	
borra de slurry	80	Akzo nobel	Mauá/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	28020/13	
borra de emulsão de reatores	600	Akzo nobel	Mauá/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	28020/13	
epl contaminado com produto químico	10	Akzo nobel	Mauá/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	28020/13	
papel contaminado com tinta base água	500	Akzo nobel	Mauá/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	28020/13	
plástico contaminado com tinta	70	Akzo nobel	Mauá/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	28020/13	

LODO ETE	800	Akzo nobel	Mauá/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	28020/13	
varrição de fábrica	50	Akzo nobel	Mauá/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	28020/13	
solo contaminado com solventes e hidroc	50	Akzo nobel	Mauá/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	28020/13	
vidros de laboratório contaminados	6	Akzo nobel	Mauá/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	28020/13	
terra contaminada com solvente e hidroc	170	Akzo nobel	Mauá/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	28020/13	
elementos filtrantes	240	Akzo nobel	Mauá/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	28020/13	
elemento térmico (fibra)	5	Akzo nobel	Mauá/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	28020/13	
pó de limpeza de filtros	15	Dana spice - autopeças	Diadema/sp	2013	co-processamento em forno de clínquer	28023/13	486
oleos e graxas	5	Dana spice - autopeças	Diadema/sp	2013	co-processamento em forno de clínquer	28023/13	
graxas	5	Dana spice - autopeças	Diadema/sp	2013	co-processamento em forno de clínquer	28023/13	
borra de tinta	120	Dana spice - autopeças	Diadema/sp	2013	co-processamento em forno de clínquer	28023/13	
borra de fosfato	15	Dana spice - autopeças	Diadema/sp	2013	co-processamento em forno de clínquer	28023/13	
eipi contaminados	50	Dana spice - autopeças	Diadema/sp	2013	co-processamento em forno de clínquer	28023/13	
solvente (acetona, thinner, parafina)	12	Marco Polo AS	Cax.Sul/RS	2013	co-processamento em forno de clínquer	AA23/13	1423
LODO ETE	360	Marco Polo AS	Cax.Sul/RS	2013	co-processamento em forno de clínquer	AA23/13	
solvente (acetona, thinner, parafina)	80	Marco Polo AS	Cax.Sul/RS	2013	co-processamento em forno de clínquer	AA36/13	
LODO ETE	360	Marco Polo AS	Cax.Sul/RS	2013	co-processamento em forno de clínquer	AA36/13	
ÓLEO BPF (Não passivo de refino)	110	Internacional papel do Brasil	Mogi Guaçu/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	AA52/13	553,5
FILTRO DE ÓLEO E GRAXA	80	Internacional papel do Brasil	Mogi Guaçu/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	AA52/13	
SOLO CONTAMINADO COM ÓLEO	80	Internacional papel do Brasil	Mogi Guaçu/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	AA52/13	
BORRA DE TINTA	60	Internacional papel do Brasil	Mogi Guaçu/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	AA52/13	
SOLVENTE	60	Internacional papel do Brasil	Mogi Guaçu/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	AA52/13	
DIVERSOS - pano, balde, madeira e plástico	360	Internacional papel do Brasil	Mogi Guaçu/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	AA52/13	
cola	80	Internacional papel do Brasil	Mogi Guaçu/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	AA52/13	
resina	20	Internacional papel do Brasil	Mogi Guaçu/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	AA52/13	

leucophor - produto químico	40	Internacional papel do Brasil	Mogi Guaçu/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	AA52/13	
Nalco -produto químico	40	Internacional papel do Brasil	Mogi Guaçu/SP	2013	co-processamento em forno de clínquer	AA52/13	
SOLO CONTAMINADO COM HIDROCARBONETO	150	PETROBRÁS-TRANSPORTE	Santos Dumond/MG	2013	co-processamento em forno de clínquer	AA45/13	278,5
RESIDUOS OLEOSOS	150	PETROBRÁS-TRANSPORTE	Santos Dumond/MG	2013	co-processamento em forno de clínquer	AA45/13	
BRITA C/ÓLEO	150	PETROBRÁS-TRANSPORTE	Santos Dumond/MG	2013	co-processamento em forno de clínquer	AA45/13	
SOMATÓRIO 2013	6861						
ácido esteaérico	1,2	Caq - casa da química - ind.com	Diadema/sp	2012	co-processamento em forno de clínquer	aa09/12	486
BORRA DE RESINA COM PAPEL	70	Akzo nobel	S.andre/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA35/12	456
borra de emulsão	16	Akzo nobel	S.andre/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA35/12	
borra de óleo	16	Akzo nobel	S.andre/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA35/12	
elemento filtrante	25	Akzo nobel	S.andre/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA35/12	
elemento térmico	3	Akzo nobel	S.andre/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA35/12	
epis	3	Akzo nobel	S.andre/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA35/12	
LODO ETE	130	Akzo nobel	S.andre/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA35/12	
papel contaminado com pigmentos, uréia e anidrido ftálico	28	Akzo nobel	S.andre/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA35/12	
plástico contaminado com pigmentos, uréia e acido ftálico	10	Akzo nobel	S.andre/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA35/12	
pó de varrição	3	Akzo nobel	S.andre/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA35/12	
RESÍDUO DE CALDEIRA	3	Akzo nobel	S.andre/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA35/12	
resíduo de varrição industrial	6	Akzo nobel	S.andre/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA35/12	
vidro contaminado com verniz e tinta	4	Akzo nobel	S.andre/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA35/12	
terra contaminada com tinta	1,65	Akzo nobel	S.andre/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA35/12	
plástico contaminado com tinta	140	Santa Rosa Embalagens Flex	São Paulo/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	503441/12	461
LODO ETE	40	Santa Rosa Embalagens Flex	São Paulo/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	503441/12	
resíduo de tanque	40	Santa Rosa Embalagens Flex	São Paulo/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	503441/12	
BORRA DE RESINA	2280	Reichold do brasil	São Paulo/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA26/12	430

epis, papel/papelão, mangueira, madeira, cont. resinas, óleos e graxas	150	Reichold do Brasil	São Paulo/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA26/12	
BORRA DE TINTA A BASE DE ÁGUA	1010	Dovac Ind. E Com.	S. BERN/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA27/12	475
borra de tinta epóxi a base de solvente	20	Dovac Ind. E Com.	S. BERN/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA27/12	
EMBALAGENS DE PAPEL E PLÁSTICO PIGMEN.	130	Dovac Ind. E Com.	S. BERN/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA27/12	
EPI'S, filtros com tinta, mat-prima e solvente	24	Dovac Ind. E Com.	S. BERN/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA27/12	
SACARIAS-EMBALAGEM AEROSIL	30	BLUESTAR SILICONES	S. andre/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA39/12	471
SILICONE LÍQUIDO E SÓLIDO	150	BLUESTAR SILICONES	S. andre/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA39/12	710
EPIS com óleo e graxa	1	Internacional papel do Brasil	Luís Anto/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA79/12	
mangueiras hidráulicas com óleo e graxa	10	Internacional papel do Brasil	Luís Anto/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA79/12	
filtros de óleo	15	Internacional papel do Brasil	Luís Anto/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA79/12	
filtros de ar	15	Internacional papel do Brasil	Luís Anto/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA79/12	
trapos contaminados com óleo e graxa	0,5	Internacional papel do Brasil	Luís Anto/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA79/12	
areia contaminada com óleo	50	Internacional papel do Brasil	Luís Anto/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA79/12	
Ácido acrílico	18	IQ Soluções e Química AS	Guarulhos/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA47/12	428
flexpar - produto químico	1	IQ Soluções e Química AS	Guarulhos/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA47/12	
flexbor - produto químico	1	IQ Soluções e Química AS	Guarulhos/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA47/12	
sílica precipitada	10	IQ Soluções e Química AS	Guarulhos/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA47/12	
cekol - produto químico	10	IQ Soluções e Química AS	Guarulhos/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA47/12	
Keltrol	10	IQ Soluções e Química AS	Guarulhos/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA47/12	
Resina (isocyanete e fenólicas)	4	amisted-maxion fundição e equip. rod	cruzeiro/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA67/12	241
EPIS com óleo e graxa	11	amisted-maxion fundição e equip. rod	cruzeiro/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA67/12	
serragem, vermiculita e areia (oil, graxa, solv.)	6	amisted-maxion fundição e equip. rod	cruzeiro/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA67/12	
panos e baldes - óleo e graxa	6	amisted-maxion fundição e equip. rod	cruzeiro/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA67/12	

estopas com óleos e graxas	4	amisted-maxion fundição e equip. rod	cruzeiro/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA67/12	
borra de tinta	60	amisted-maxion fundição e equip. rod	cruzeiro/SP	2012	co-processamento em forno de clínquer	AA67/12	
SOMATÓRIO 2012	4566,35						
borra antirruído	80	Marco Polo AS	Cax.Sul/RS	2011	co-processamento em forno de clínquer	AA 30/11	1423
borra de tinta	100	Marco Polo AS	Cax.Sul/RS	2011	co-processamento em forno de clínquer	AA 30/11	
epis e plásticos com tintas	32	Marco Polo AS	Cax.Sul/RS	2011	co-processamento em forno de clínquer	AA 30/11	
solvente (acetona, thinner, parafina)	80	Marco Polo AS	Cax.Sul/RS	2011	co-processamento em forno de clínquer	AA 30/11	
LODO ETE	360	Marco Polo AS	Cax.Sul/RS	2011	co-processamento em forno de clínquer	AA 30/11	
borra de resina	140	Marco Polo AS	Cax.Sul/RS	2011	co-processamento em forno de clínquer	AA 30/11	
pó de limpeza de filtros	15	Dana spice - autopeças	Diadema/sp	2011	co-processamento em forno de clínquer	AA72/11	486
óleos e graxas	5	Dana spice - autopeças	Diadema/sp	2011	co-processamento em forno de clínquer	AA72/11	
graxas	5	Dana spice - autopeças	Diadema/sp	2011	co-processamento em forno de clínquer	AA72/11	
borra de tinta	120	Dana spice - autopeças	Diadema/sp	2011	co-processamento em forno de clínquer	AA72/11	
borra de fosfato	15	Dana spice - autopeças	Diadema/sp	2011	co-processamento em forno de clínquer	AA72/11	
epis, trapos, mantas ontaminadas com óleo	40	Dana spice - autopeças	Diadema/sp	2011	co-processamento em forno de clínquer	AA72/11	
PLASTICO CONTAMINADO C TINTA	140	Santa Rosa Embalagens Flex	SP	2011	co-processamento em forno de clínquer	503441/11	461
LODO ETE	40	Santa Rosa Embalagens Flex	SP	2011	co-processamento em forno de clínquer	503441/11	
LODO ETE	40	Santa Rosa Embalagens Flex	SP	2011	co-processamento em forno de clínquer	503441/11	
mix de tinta e verniz	300	j. Shayeb & Cia	BAURU/SP	2011	co-processamento em forno de clínquer	AA55/11	773
borra de resina	1500	Reichold do brasil	Mogi das cru/SP	2011	co-processamento em forno de clínquer	AA04/11	430
Cosméticos diversos	86	casa aladim	Teófilo Otoni/MG	2011	co-processamento em forno de clínquer	AA104/11	666
EPI'S, PLÁSTICOS, BORRACHAS, ESTOPAS, MANTAS C/ÓLEO	5372	bandeirante energia	itaimbibi/sp	2011	co-processamento em forno de clínquer	AA29/11	464
BRITA C/ÓLEO	30672	bandeirante energia	itaimbibi/sp	2011	co-processamento em forno de clínquer	AA29/11	
silica gel	0,58	bandeirante energia	itaimbibi/sp	2011	co-processamento em forno de clínquer	AA29/11	
ESTOPAS, PINCÉIAS, EMBALAGENS TINTA E SOLV	0,8	bandeirante energia	itaimbibi/sp	2011	co-processamento em forno de clínquer	AA29/11	

SOMATÓRIO 2011	39143,38						
borra de resina	1500	Reichold do brasil	mogi/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA-4/10	430
SAIS DE TRATAMENTO TERMICO AÇO-FERRO	0,63	MERCEDES BENZ	S.BERN/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA37/10	482
ACIDO CROMICO	0,4	MERCEDES BENZ	S.BERN/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA37/10	
TINTA	0,5	IBM DO BRASIL	SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA62/10	462
COLA	0,5	IBM DO BRASIL	SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA62/10	
EMBALAGENS	0,5	IBM DO BRASIL	SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA62/10	
REACTORES CONTAMINADOS COM ÓLEO	0,5	IBM DO BRASIL	SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA62/10	
SODA CAUSTICA	300	VOPAK BRASIL	Santos/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA57/10	511
Papéis, plásticos, rótulos e adesivos - COLA E TINTA	360	brasil kolor - grafica	Cax.Sul/RS	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA66/10	1435
Papéis, plásticos, rótulos e adesivos - COLA E TINTA	360	ADERE SERIGRÁFICA	Caxias do Sul	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA65/10	1453
SODA CAUSTICA	300	VOPAK BRASIL	Santos/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA70/10	511
Papéis, plásticos, rótulos e adesivos - COLA E TINTA	360	FOTOGRAVURA ZEYANA	Cax.Sul/RS	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA69/10	1434
BORRA DE TINTA	350	SEMEATO IND.COM.	Pass.fundo/RS	2010	co-processamento em forno de clínquer	aa87/10	1440
epis, trapos, mantas contaminadas com óleo	5,72	bandeirante energia	itaimbibi/sp	2010	co-processamento em forno de clínquer	aa 05/11	464
BRITA C/ÓLEO	30,72	bandeirante energia	itaimbibi/sp	2010	co-processamento em forno de clínquer	aa 05/11	
silica gel	0,58	bandeirante energia	itaimbibi/sp	2010	co-processamento em forno de clínquer	aa 05/11	
estopas e trapos tintas e solventes	0,8	bandeirante energia	itaimbibi/sp	2010	co-processamento em forno de clínquer	aa 05/11	
BORRA DE TINTA - BASE SOLVENTE	65	universo tintas e vernizes Ltda	Diadema/sp	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA 86/10	483
Pigmentos	102	universo tintas e vernizes Ltda	Diadema/sp	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA 86/10	
resina acrílica	7	universo tintas e vernizes Ltda	Diadema/sp	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA 86/10	
epis, trapos, mantas contaminadas com óleo	3	universo tintas e vernizes Ltda	Diadema/sp	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA 86/10	
tolueno residual	4	universo tintas e vernizes Ltda	Diadema/sp	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA 86/10	
cola adesiva	2	universo tintas e vernizes Ltda	Diadema/sp	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA 86/10	

tinta à base d'água	15	universo tintas e vernizes Ltda	Diadema/sp	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA 86/10	
EPIS, trapos, mantas ontaminadas	30	sata Brasil	sumaré/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	Pla.trab	536
borra oleosa	40	sata Brasil	sumaré/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	Pla.trab	
cartucho de tintas não recicláveis	0,1	sata Brasil	sumaré/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	Pla.trab	
lata de tinta contaminada (depois siderúrgica)	5	sata Brasil	sumaré/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	Pla.trab	
borra de tinta à base de água	150	Dovac Ind. E Com.	S.BERN/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA14/10	480
borra de tinta à base de água	750	Dovac Ind. E Com.	S.BERN/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA14/10	
borra de tinta à base de solvente	96	Dovac Ind. E Com.	S.BERN/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA14/10	
borra de solvente	138	Dovac Ind. E Com.	S.BERN/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA14/10	
papel e papelão contaminado com pigmento	122	Dovac Ind. E Com.	S.BERN/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA14/10	
borra de tinta à base de água (ferro)	10	Dovac Ind. E Com.	S.BERN/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA14/10	
borra de tinta epóxi a base de solvente	20	Dovac Ind. E Com.	S.BERN/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA14/10	
epis e filtros usados contaminado com tinta e solvente	24	Dovac Ind. E Com.	S.BERN/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA14/10	
estireno solidificado	11,2	Dovac Ind. E Com.	S.BERN/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA14/10	
acrilato de butila	6,8	Dovac Ind. E Com.	S.BERN/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA14/10	
ácido acético/acrílico	6,8	Dovac Ind. E Com.	S.BERN/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA14/10	
Químicos diversos	1,5	itafof mineração	arraias/GO	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA11/10	1315
frascos de vidros	0,5	itafof mineração	arraias/GO	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA11/10	
BORRA DE TINTA DE CABINE	11	Agenor Rodrigo deCamargo Pinturas EPP	S.carlos/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA12/10	654
SAIS DE TRATAMENTO TERMICO AÇO-FERRO	0,63	MERCEDES BENZ	S.BERN/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA37/10	
ACIDO CROMICO líquido	0,3	MERCEDES BENZ	S.BERN/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA37/10	482
ácido crômico em grânulos	0,1	MERCEDES BENZ	S.BERN/SP	2010	co-processamento em forno de clínquer	AA37/10	
SOMATÓRIO 2010	5192,78						

ANEXO II – MOVIMENTAÇÃO DE RESÍDUOS NA BLENDEIRA ESSENCIS						
Tipo	Quant. t/ANO	Empreendimento	Lugar	ano	doc	DIST . KM
Borra de tinta	400	iochpe maxion S/A.	Cruzeiro/SP	2016	AA143/16	233
borra de óleo contendo ferro	400	iochpe maxion S/A.	Cruzeiro/SP	2016	AA143/16	
resíduo de material contaminado	240	iochpe maxion S/A.	Cruzeiro/SP	2016	AA143/16	
borra de tinta	300	scania latin america	S.Bernardo/SP	2016	AA143/16	469
RESÍDUOS COM CERAS, TINTA E SOLVENTE	100	scania latin america	S.Bernardo/SP	2016	AA143/16	
PRODUTO QUÍMICO VENCIDO	100	scania latin america	S.Bernardo/SP	2016	AA143/16	
BORRA DE RESINA	400	Reichhold do brasil LTDA	Mogi das cruze/SP	2016	AA143/16	421
EPIS COM TINTAS, RESINAS, O & GRAXA, ESTOPAS, PANOS,	200	Reichhold do brasil LTDA	Mogi das cruze/SP	2016	AA143/16	
BORRA DE TINTA	20	hrs tecnologia industrial	SP	2016	AA143/16	433
LODO DE FOSFATO	1	hrs tecnologia industrial	SP	2016	AA143/16	
EPI'S CONTAMINADOS COM ÓLEO E TINTA	1,5	hrs tecnologia industrial	SP	2016	AA143/16	
SOMATÓRIO 2016	2162,5					
EPI Com ÓLEO	3	alcos alumínio S/A.	Pindamonhangaba/S P	2015	AA19/15	299
ÓLEO BPF	3	alcos alumínio S/A.	Pindamonhangaba/S P	2015	AA19/15	
solo	1	alcos alumínio S/A.	Pindamonhangaba/S P	2015	AA19/15	
saco plástico com soda	4	alcos alumínio S/A.	Pindamonhangaba/S P	2015	AA19/15	
óleo lubrificantes usados	4	alcos alumínio S/A.	Pindamonhangaba/S P	2015	AA19/15	
EPIS Cont.PINTURA	10	AIR LIQUIDE BRASIL	Guarulhos/SP	2015	AA19/15	419
resíduo de caldeira	3	akzo nobel ltda	S.André/SP	2015	AA30/15	443
elemento térmico	3	akzo nobel ltda	S.André/SP	2015	AA30/15	
EPI	3	akzo nobel ltda	S.André/SP	2015	AA30/15	

Vidro contaminado com tintas e vernizes	4	akzo nobel ltda	S.André/SP	2015	AA30/15	
resíduo industrial de varrição	10	akzo nobel ltda	S.André/SP	2015	AA30/15	
borra de emulsão	10	akzo nobel ltda	S.André/SP	2015	AA30/15	
plástico contaminado com tintas e vernizes	10	akzo nobel ltda	S.André/SP	2015	AA30/15	
terra com tinta	10	akzo nobel ltda	S.André/SP	2015	AA30/15	
borra de separador de óleo	16	akzo nobel ltda	S.André/SP	2015	AA30/15	
elemento filtrante	25	akzo nobel ltda	S.André/SP	2015	AA30/15	
papel contaminado com tintas e vernizes	28	akzo nobel ltda	S.André/SP	2015	AA30/15	
borra de resina com papel	70	akzo nobel ltda	S.André/SP	2015	AA30/15	
lodo de ETE	130	akzo nobel ltda	S.André/SP	2015	AA30/15	
Filtros contaminados com resinas alquídicas	10	akzo nobel ltda	Guarulhos/SP	2015	AA30/15	416
borra de filtro prensa	12	akzo nobel ltda	Guarulhos/SP	2015	AA30/15	
serragem contaminada (tinta, verniz e tiner)	12	akzo nobel ltda	Guarulhos/SP	2015	AA30/15	
borra de tinta	14	akzo nobel ltda	Guarulhos/SP	2015	AA30/15	
borra de filtração	18	akzo nobel ltda	Guarulhos/SP	2015	AA30/15	
anidrido ftálico	6	akzo nobel ltda	mauá/SP	2015	AA43/15	455
borra de canaleta	200	akzo nobel ltda	mauá/SP	2015	AA43/15	
borra de emulsão	400	akzo nobel ltda	mauá/SP	2015	AA43/15	
borra de resina	50	akzo nobel ltda	mauá/SP	2015	AA43/15	
borra de slurry	150	akzo nobel ltda	mauá/SP	2015	AA43/15	
borra de tinta	200	akzo nobel ltda	mauá/SP	2015	AA43/15	
elemento filtrante	120	akzo nobel ltda	mauá/SP	2015	AA43/15	
elemento térmico	10	akzo nobel ltda	mauá/SP	2015	AA43/15	
papel contaminado	500	akzo nobel ltda	mauá/SP	2015	AA43/15	
epis contaminados	10	akzo nobel ltda	mauá/SP	2015	AA43/15	
lodo de ETB	70	akzo nobel ltda	mauá/SP	2015	AA43/15	
Lodo de ETE	800	akzo nobel ltda	mauá/SP	2015	AA43/15	
Óleo sujo	15	akzo nobel ltda	mauá/SP	2015	AA43/15	
plástico contaminado	100	akzo nobel ltda	mauá/SP	2015	AA43/15	

pó de varredura	50	akzo nobel ltda	mauá/SP	2015	AA43/15	
óleo sujo	15	akzo nobel ltda	mauá/SP	2015	AA43/15	
plástico contaminado	100	akzo nobel ltda	mauá/SP	2015	AA43/15	
resíduo industrial	200	akzo nobel ltda	mauá/SP	2015	AA43/15	
vidro contaminado	6	akzo nobel ltda	mauá/SP	2015	AA43/15	
solo contaminado com solvente	50	akzo nobel ltda	mauá/SP	2015	AA43/15	
terra contaminada com solvente	30	akzo nobel ltda	mauá/SP	2015	AA43/15	
matérias-primas vencidas	300	akzo nobel ltda	mauá/SP	2015	AA43/15	
lodo de revestimento	250	brasmatal Whaelzolz	diadema/SP	2015	AA43/15	476
resíduos com chumbo, ácido e óleo	100	brasmatal Whaelzolz	diadema/SP	2015	AA43/15	
serragem	0,5	hiper transportes	Guarulhos/SP	2015	AA43/15	415
Somatório 2015	4145,5					
solução polimérica	450	S.Rafael Ind.Com.	Aruja/SP	2014	AA92/14	404
aparas de elastano	400	S.Rafael Ind.Com.	Aruja/SP	2014	AA92/14	
lodo ETE de efl. líquidos ind.	20	S.Rafael Ind.Com.	Aruja/SP	2014	AA92/14	
epi, borra de shampoo, filtros de ar, borra de dewanol – solvente de limpeza, rolos, pincéis, estopas, poliuretano, varrição de área industrial e D.O.P. - dioctilftalato)	36	S.Rafael Ind.Com.	Aruja/SP	2014	AA92/14	
resíduos mistos/diversos (filtros, mangueira, papéis, EPI's, varrição de fábrica, embalagens de plástico, serragem (vermiculita), estopas, luvas, carvão (troca iônica), terra contaminada com resinas, óleos e graxas, proveniente de limpeza fabril, manutenção de fábrica, troca e descarte de EPI's e contenção de pequenos vazamentos	200	SI GROUP CRIOS RESINA	SP	2014	AA03/14	593
borra de resina sólida	200	SI GROUP CRIOS RESINA	SP	2014	AA03/14	
resíduo de produção de resina	1200	SI GROUP CRIOS RESINA	SP	2014	AA03/14	
SOLO/ESTOPA	20	DOCAS-SP	SP	2014	AA03/14	508
PICHE	6	DOCAS-SP	SP	2014	AA03/14	
GRAXA	8	DOCAS-SP	SP	2014	AA03/14	
CREOSOTO	6	DOCAS-SP	SP	2014	AA03/14	
VELAS	20	Bernardo Química	SP	2014	AA03/14	449
Embalagens contaminadas	36	Bernardo Química	SP	2014	AA03/14	

resíduo de óleo BPF	30	Tavex - indústria textil	americana/SP	2014	AA78/14	537
resíduo de borras de tintas e solventes	10	Tavex - indústria textil	americana/SP	2014	AA78/14	
areia e estopa contaminada corante	15	Tavex - indústria textil	americana/SP	2014	AA78/14	
areia e estopa cont. óleo sulfúrico	10	Tavex - indústria textil	americana/SP	2014	AA78/14	
estopa cont. óleo e graxa	60	Tavex - indústria textil	americana/SP	2014	AA78/14	
areia e estopa com soda cáustica	30	Tavex - indústria textil	americana/SP	2014	AA78/14	
EPIS cont.filtros (óleo/comb/frasc/filtros)	216	ecoplace - resíduos	SP	2014	AA78/14	537
epi com cola	50	shishung ind.com	sta. Barbara oeste	2014	AA78/14	
cola automotiva	200	shishung ind.com	sta. Barbara oeste	2014	AA78/14	547
EPIS, ESTOPAS, PANOS, PAPEL, AREIA, ...	200	diversey brasil ind.quim	SP	2014	AA91/14	471
produtos químicos neutros	200	diversey brasil ind.quim	SP	2014	AA91/14	
água de bateria	100	diversey brasil ind.quim	SP	2014	AA91/14	
água de lavagem de produção	100	diversey brasil ind.quim	SP	2014	AA91/14	
SOLVENTES SUJOS	700	Tambor line recup. Tamb.	Guarulhos/SP	2014	AA91/14	427
RASPA DE TAMBOR	200	Tambor line recup. Tamb.	Guarulhos/SP	2014	AA91/14	
cellosize (pó branco)	15	Detergentes ind. Lubrifil	Mogi das cruces/SP	2014	AA91/14	419
borra de óleo	30	Int. ind. Autom. Am.do Sul	Paulínea/SP	2014	AA30/14	518
borra de tinta	60	Int. ind. Autom. Am.do Sul	Paulínea/SP	2014	AA30/14	
epi's e panos com óleo, tinta e cola	30	Int. ind. Autom. Am.do Sul	Paulínea/SP	2014	AA30/14	
produtos químicos ppa 4002	30	Int. ind. Autom. Am.do Sul	Paulínea/SP	2014	AA30/14	
SOLVENTES	30	Int. ind. Autom. Am.do Sul	Paulínea/SP	2014	AA30/14	
Papel, papel, embal, epi's c/cola e resina	125	pulvitec. Ind.com. Colas e adesivos	SP	2014	AA30/14	453
estopas, panos, plásticos, papelão c.óleo	200	Reichhold do brasil LTDA	Mogi das cruces/SP	2014	AA30/14	421
borra de resina sólida	400	Reichhold do brasil LTDA	Mogi das cruces/SP	2014	AA30/14	
cavaco sólido, tec e fibra carbono, selante	50	Embraer	Gavião Peixoto/SP	2014	AA30/14	715
borra de tinta	60	Embraer	Gavião Peixoto/SP	2014	AA30/14	
lodo de ETE	50	Embraer	Gavião Peixoto/SP	2014	AA30/14	
Tecido (pano), papel e plástico c/solventes halog.	400	Embraer	Gavião Peixoto/SP	2014	AA30/14	

óleo skydrol hidráulico de aeronaves	2	Embraer	Gavião Peixoto/SP	2014	AA30/14	
latas contaminadas de pintura e selagem	40	Embraer	Gavião Peixoto/SP	2014	AA30/14	
vidros contaminados	50	Mann+Hummel Brasil	Idaiatuba/SP	2014	AA30/14	532
poliuretano sólido, luvas contaminadas, toalhas	250	Mann+Hummel Brasil	Idaiatuba/SP	2014	AA30/14	
poliuretano líquido	10	Mann+Hummel Brasil	Idaiatuba/SP	2014	AA30/14	
filtros contaminados com óleo	20	Mann+Hummel Brasil	Idaiatuba/SP	2014	AA30/14	
borra de tinta	10	Mann+Hummel Brasil	Idaiatuba/SP	2014	AA30/14	
klebefolia	50	Mann+Hummel Brasil	Idaiatuba/SP	2014	AA30/14	
lodo industrial	20	Mann+Hummel Brasil	Idaiatuba/SP	2014	AA30/14	
resíduo hot melt	30	Mann+Hummel Brasil	Idaiatuba/SP	2014	AA30/14	
terra, serragem, poliol, tiner e parafina	10	Mann+Hummel Brasil	Idaiatuba/SP	2014	AA30/14	
pó químico de extintor de incêndio	5	Texas - Centro Treinamento Bomb.	Hortolândia/SP	2014	AA42/13	501
Borra de cera	60	Ford Motor Company Brasil	S.Bernardo/SP	2014	AA42/13	476
lodo de ETE	360	Ford Motor Company Brasil	S.Bernardo/SP	2014	AA42/13	
borra de fosfato	60	Ford Motor Company Brasil	S.Bernardo/SP	2014	AA42/13	
borra de tinta	360	Ford Motor Company Brasil	S.Bernardo/SP	2014	AA42/13	
epi's contaminados com óleos e graxas	120	Ford Motor Company Brasil	S.Bernardo/SP	2014	AA42/13	
Borras oleosas com tintas e resinas	6000	Quím. Ind. Suply Ltda	Tapiraí/SP	2014	AA07/14	601
epis, plásticos, madeiras e borrachas	5000	Quím. Ind. Suply Ltda	Tapiraí/SP	2014	AA07/14	
solvente sujo	3	Eletromecanica Dyna	Guarulhos/SP	2014	AA07/14	429
resinas de estireno	160	rohm and haas química	Jacareí/SP	2014	AA07/14	471
tintas e solventes	900	PPG.IND. TINTAS E VERNIZES	SUMARÉ/SP	2014	AA47/14	529
pó de exaustão	180	PPG.IND. TINTAS E VERNIZES	SUMARÉ/SP	2014	AA47/14	
tintas e pigmentos	350	PPG.IND. TINTAS E VERNIZES	SUMARÉ/SP	2014	AA47/14	
resíduos de tinta de base aquosa	300	PPG.IND. TINTAS E VERNIZES	SUMARÉ/SP	2014	AA47/14	
vidros com tinta	10	PPG.IND. TINTAS E VERNIZES	SUMARÉ/SP	2014	AA47/14	

borra de resina acrílica, estireno e lodo	620	rohm and haas química	Jacarei/SP	2014	AA47/14	462
borra de resina acrílica, estireno e lodo	330	rohm and haas química	Jacarei/SP	2014	AA47/14	
resinas poliméricas, surfactantes e aditivos	160	rohm and haas química	Jacarei/SP	2014	AA47/14	
epis e embalagens com matérias primas	105	rohm and haas química	Jacarei/SP	2014	AA47/14	
resinas poliméricas, surfactantes e aditivos	155	rohm and haas química	Jacarei/SP	2014	AA47/14	
Solvente com tinta	20	bridgestone ind. E comércio	Santo André/SP	2014	AA47/14	462
borra de óleo	360	bridgestone ind. E comércio	Santo André/SP	2014	AA47/14	
material contaminado	700	bridgestone ind. E comércio	Santo André/SP	2014	AA47/14	
pigmento negro de fumo	100	bridgestone ind. E comércio	Santo André/SP	2014	AA47/14	
sacarias de matérias primas	145	bridgestone ind. E comércio	Santo André/SP	2014	AA47/14	
lodo de ETE	700	bridgestone ind. E comércio	Santo André/SP	2014	AA47/14	
EMBALAGENS PLÁSTICAS	50	Eletropaulo Eletricidade	Barueri/SP	2014	AA77/14	467
METAIS CONTAMINADOS COM TINTA	50	Eletropaulo Eletricidade	Barueri/SP	2014	AA77/14	
PAPEL, PAPELÃO, MADEIRA E POLÍMEROS C/TINTA	50	Eletropaulo Eletricidade	Barueri/SP	2014	AA77/14	
SOLO	200	Eletropaulo Eletricidade	Barueri/SP	2014	AA77/14	
BRITA	200	Eletropaulo Eletricidade	Barueri/SP	2014	AA77/14	
Madeiras, borracha, panos e papel c/óleo mineral	200	Eletropaulo Eletricidade	Barueri/SP	2014	AA77/14	
alumina ativada	20	Eletropaulo Eletricidade	Barueri/SP	2014	AA77/14	
borras de tintas e solventes	30	Eletropaulo Eletricidade	Barueri/SP	2014	AA77/14	
sílica sintética amorfa	20	Eletropaulo Eletricidade	Barueri/SP	2014	AA77/14	
BORRA ÁCIDA	16000	LUBRASIL LUBRIFICANTES	Piracicaba/SP	2014	AA77/14	577
Madeiras, borracha, panos e papel c/óleo mineral	300	LUBRASIL LUBRIFICANTES	Piracicaba/SP	2014	AA77/14	
TORTA DE FILTRAÇÃO	13000	LUBRASIL LUBRIFICANTES	Piracicaba/SP	2014	AA77/14	
Solvente líquido	12	dow brasil sudeste industrial	Pindamonhangaba/S P	2014	AA77/14	301
DMDEE, OCTOAO BSISM, DC-2	40	dow brasil sudeste industrial	Pindamonhangaba/S P	2014	AA77/14	
NEGRO DE FUMO DE PÓ	40	dow brasil sudeste industrial	Pindamonhangaba/S P	2014	AA77/14	

RESÍDUOS DIVERSOS CONT POLIURETANO	250	dow brasil sudeste industrial	Pindamonhangaba/S P	2014	AA77/14	
POLIURETANO	100	dow brasil sudeste industrial	Pindamonhangaba/S P	2014	AA77/14	
EPÓXI	100	dow brasil sudeste industrial	Pindamonhangaba/S P	2014	AA77/14	
PRÉ-POLÍMEROS	50	dow brasil sudeste industrial	Pindamonhangaba/S P	2014	AA77/14	
varrição de fábrica, raspa de tambor,EPI	40	real comercio e reciclagem	Guarulhos/SP	2014	AA66/14	426
escorrimento de tambor	130	real comercio e reciclagem	Guarulhos/SP	2014	AA66/14	
raspagem de etiqueta	20	real comercio e reciclagem	Guarulhos/SP	2014	AA66/14	
lodo de ete	40	real comercio e reciclagem	Guarulhos/SP	2014	AA66/14	
solvente	30	real comercio e reciclagem	Guarulhos/SP	2014	AA66/14	
6ppd e 44pd	25	solutia brasil	S.José dos camp/SP	2014	AA66/14	361
44pd	10	solutia brasil	S.José dos camp/SP	2014	AA66/14	
epis contaminados com tinta à base água	0,3	Magni America do Sul Ind. Com.	Campinas/SP	2014	AA66/14	514
SILICA GEL	1	elektro eletriciades e serviços	Franco da Rocha/SP	2014	AA51/14	473
EPIS, PANOS, ESTOPAS, ÓLEO, SOLVENTE, GRAXA	5	elektro eletriciades e serviços	Franco da Rocha/SP	2014	AA51/14	
terra, brita, areia e serragem	100	elektro eletriciades e serviços	Franco da Rocha/SP	2014	AA51/14	
SILICA GEL	1	elektro eletriciades e serviços	Santa Izabel/SP	2014	AA51/14	397
EPIS, PANOS, ESTOPAS, ÓLEO, SOLVENTE, GRAXA	5	elektro eletriciades e serviços	Santa Izabel/SP	2014	AA51/14	
terra, brita, areia e serragem	100	elektro eletriciades e serviços	Santa Izabel/SP	2014	AA51/14	
SILICA GEL	1	elektro eletriciades e serviços	Queluz/SP	2014	AA51/14	228
EPIS, PANOS, ESTOPAS, ÓLEO, SOLVENTE, GRAXA	5	elektro eletriciades e serviços	Queluz/SP	2014	AA51/14	
terra, brita, areia e serragem	100	elektro eletriciades e serviços	Queluz/SP	2014	AA51/14	
SILICA GEL	1	elektro eletriciades e serviços	Ubatuba/SP	2014	AA51/14	337
EPIS, PANOS, ESTOPAS, ÓLEO, SOLVENTE, GRAXA	5	elektro eletriciades e serviços	Ubatuba/SP	2014	AA51/14	

terra, brita, areia e serragem	100	elektro eletrícidades e serviços	Ubatuba/SP	2014	AA51/14	
EPIS, PAPELÃO, PAPEL, SERRAGEM, ESTOPA, LATA	50	BIG RODAS IND.COM.	SP	2014	AA25/14	435
Resíduos diversos cont. óleo, graxa, tinta, resina cnt	120	multipano com.gestão	sp	2014	AA25/14	430
borra de tinta	5	nacional gás butano	S.José dos camp/SP	2014	AA25/14	343
RESÍDUO GALÃO	1	REPRATA AMBIENTAL	SP	2014	AA25/14	436
MIX CONT. RESINA FENÓLICA	20	LORENZETTI ELETROMETALURGIA	SP	2014	AA25/14	448
MIX DIVERSOS C/TINTA E ÓLEO, SOLVENTE	45	iq soluções e química	SP	2014	AA25/14	444
VERMICULITA C/ BORRA DE TINTA	20	iq soluções e química	SP	2014	AA25/14	
GLUTEN COM ÓLEO E SOLVENTE	20	iq soluções e química	SP	2014	AA25/14	
ÁGUA CONTAMINADA COM ADITIVO	30	iq soluções e química	SP	2014	AA25/14	
DIÓXIDO DE TITANIO	120	RHODIA POLIAMIDA	Santo André/SP	2014	AA25/14	462
RESÍDUO DE GUARNIÇÃO FILTRANTE	250	RHODIA POLIAMIDA	Santo André/SP	2014	AA25/14	
ÓLEO DIESEL	1500	COM BRAXIS S/A.	Barueri/SP	2014	AA25/14	460
borra de fosfato	16	steelcoat pinturas ind.	taubaté/SP	2014	AA25/14	326
borra de tinta	2	steelcoat pinturas ind.	taubaté/SP	2014	AA25/14	
borra de desengraxante/fuligens	2	steelcoat pinturas ind.	taubaté/SP	2014	AA25/14	
diversos contaminados com verniz e solventes	2	steelcoat pinturas ind.	taubaté/SP	2014	AA25/14	
óleo desengraxante	3	steelcoat pinturas ind.	taubaté/SP	2014	AA25/14	
FILTRO DE CABINE	50	ALSTON ENERGIA E TRANSPORTE	taubaté/SP	2014	AA25/14	317
SERRAGEM+PANO	15	ALSTON ENERGIA E TRANSPORTE	taubaté/SP	2014	AA25/14	
DIVERSOS	40	ALSTON ENERGIA E TRANSPORTE	taubaté/SP	2014	AA25/14	
BORRA DE ÓLEO	23	ALSTON ENERGIA E TRANSPORTE	taubaté/SP	2014	AA25/14	
PEDRA BRITADA COM RESINA	30	ALSTON ENERGIA E TRANSPORTE	taubaté/SP	2014	AA25/14	
SOLO COM ÓLEO	50	ALSTON ENERGIA E TRANSPORTE	taubaté/SP	2014	AA25/14	
BORRA DE TINTA	40	ALSTON ENERGIA E TRANSPORTE	taubaté/SP	2014	AA25/14	

PANOS COM RESINS	40	ALSTON ENERGIA E TRANSPORTE	taubaté/SP	2014	AA25/14	
RESÍDUO DE TANQUE DE TRATAM.DE EFLUENTE	80	akzo nobel ltda	ITUPEVA/SP	2014	AA25/14	510
MISTURA DOS ACELERADORES	10	bann química ltda	SP	2014	AA25/14	433
SOLO CONTAMINADO COM HIDROCARBONETO	140	akzo nobel ltda	SP	2014	AA25/14	465
ÓLEO BPF	1	bann química ltda	SP	2014	AA25/14	433
TORTA EFLUENTE DE Ba e Cd	60	baerloche do brasil	americana/SP	2014	AA25/14	542
solvente	10	baerloche do brasil	americana/SP	2014	AA25/14	
diversos com óleos e graxas	82	baerloche do brasil	americana/SP	2014	AA25/14	
diversos com solventes e vernizes	82	baerloche do brasil	americana/SP	2014	AA25/14	
CINZAS DE INCINERADOR	1000	Antibióticos do brasil	Cosmópolis/SP	2014	AA25/14	540
diversos com óleos	300	Antibióticos do brasil	Cosmópolis/SP	2014	AA25/14	
diversos com tinta	100	Antibióticos do brasil	Cosmópolis/SP	2014	AA25/14	
diesel e asfalto	2,5	akzo nobel ltda	ITUPEVA/SP	2014	AA25/14	510
surfactantes e sais	9,6	akzo nobel ltda	ITUPEVA/SP	2014	AA25/14	
ácidos graxos e sais de sódio	17,8	akzo nobel ltda	ITUPEVA/SP	2014	AA25/14	
borras de tinta e solvente	10	akzo nobel ltda	S.Bernardo/SP	2014	AA25/14	470
vidros com tinta e solvente	5	banco votorantim	SP	2014	AA25/14	463
epis e plásticos com tinta e solvente	20	banco votorantim	SP	2014	AA25/14	
elementos filtrantes para resinas	20	banco votorantim	SP	2014	AA25/14	
torta de ete	15	banco votorantim	SP	2014	AA25/14	
resíduo termoplástico	60	banco votorantim	SP	2014	AA25/14	
SILICA GEL	1	elektro eletrícidades e serviços	SP	2014	AA32/14	469
terra, serragem, areia e brita c/óleo,graxa, solv.tint	50	elektro eletrícidades e serviços	SP	2014	AA32/14	
diversos com óleo, graxa, solv. Tinta	5	elektro eletrícidades e serviços	SP	2014	AA32/14	
Efluente percolado de aterro	3960	Essencis/MG	MG	2014	AA02/14	456
celulose	12	puróleo tec.lubrificantes	Limeira/SP	2014	AA06/2014	555
elementos filtrantes para resinas	12	puróleo tec.lubrificantes	Limeira/SP	2014	AA06/2014	

Lodo de ETE	200	Vasitex Vasilhames	Limeira/SP	2014	AA06/2014	555
Sobra de processo	800	Vasitex Vasilhames	Limeira/SP	2014	AA06/2014	
PRÉ-POLÍMEROS	30	Vasitex Vasilhames	Limeira/SP	2014	AA06/2014	
borra de fosfato	10	Delga Ind. E Comércio	Limeira/SP	2014	AA06/2014	555
lodo de ete	10	Delga Ind. E Comércio	Limeira/SP	2014	AA06/2014	
lodo de tinta	10	Delga Ind. E Comércio	Limeira/SP	2014	AA06/2014	
tinta	5	EOCHIPE-MAXION	Limeira/SP	2014	AA06/2014	556
material contaminado com tinta	50	EOCHIPE-MAXION	Limeira/SP	2014	AA06/2014	
óleo não reciclável	150	EOCHIPE-MAXION	Limeira/SP	2014	AA06/2014	
material contaminado com óleo	50	EOCHIPE-MAXION	Limeira/SP	2014	AA06/2014	
Papel, plásticos e latas com tinta	6	RUCKER Equip. Ind	carapicuíba/SP	2014	AA16/14	464
óleo de polimento	3	Pilkiton Brasil	SP	2014	AA16/14	341
solvente sujo	22	Maxi Ruber Ind. Química	diadema/SP	2014	AA16/14	
diversos com tinta epóxi	35	Pilkiton Brasil	SP	2014	AA16/14	461
panos, toalhas de papel e serragem	6	Pilkiton Brasil	SP	2014	AA16/14	
borra de óleo	2	Pilkiton Brasil	SP	2014	AA16/14	
pó de serra com óleo	6	Techint Eng. E Construção	Arujá/SP	2014	AA04/14	406
efluente líquido de pintura	6	Techint Eng. E Construção	Arujá/SP	2014	AA04/14	
areia de lavagem/borra com óleo	12	Techint Eng. E Construção	Arujá/SP	2014	AA04/14	
mix de resíduos com tinta, óleo, solvente, cola	10	ABB LTDA	São Paulo/SP	2014	AA04/14	449
carvão ativado com pb, ni e mn	5	ABB LTDA	São Paulo/SP	2014	AA04/14	
ÓLEO	1	ABB LTDA	São Paulo/SP	2014	AA04/14	
SOLVENTES	5	ABB LTDA	São Paulo/SP	2014	AA04/14	
RESINA	5	ABB LTDA	São Paulo/SP	2014	AA04/14	
BORRA OLEOSA	2	ABB LTDA	São Paulo/SP	2014	AA04/14	
óleo solúvel	10	ABB LTDA	São Paulo/SP	2014	AA04/14	
mix de resíduos com tinta, óleo, solvente, cola	20	ABB LTDA	sorocaba/sp	2014	AA04/14	
SOLVENTES	5	ABB LTDA	sorocaba/sp	2014	AA04/14	
RESINA	5	ABB LTDA	sorocaba/sp	2014	AA04/14	

BORRA OLEOSA	5	ABB LTDA	sorocaba/sp	2014	AA04/14	
óleo solúvel	10	ABB LTDA	sorocaba/sp	2014	AA04/14	
BORRA DE TINTA	5	ABB LTDA	sorocaba/sp	2014	AA04/14	
papel contaminado	1	Synthesis ind. Com. Imob	Guarulhos/SP	2014	2980/14	421
fosfato	2	Synthesis ind. Com. Imob	Guarulhos/SP	2014	2980/14	
panos contaminados	10	Synthesis ind. Com. Imob	Guarulhos/SP	2014	2980/14	
mix epis com solvente	50	artefatos de latex estrela	São Roque/SP	2014	2980/14	504
borra de tinta	100	artefatos de latex estrela	São Roque/SP	2014	2980/14	
EPI com óleo	3	alcoa alumínio	Santo André/SP	2014	2980/14	444
óleo bpf	3	alcoa alumínio	Santo André/SP	2014	2980/14	
solo de amostra	1	alcoa alumínio	Santo André/SP	2014	2980/14	
saco plástico com soda	4	alcoa alumínio	Santo André/SP	2014	2980/14	
Adesivo com solvente	50	COIM BRASIL	Vinhedo/SP	2014	2980/14	497
Adesivo sem solvente	50	COIM BRASIL	Vinhedo/SP	2014	2980/14	
borras, panos e EPIS	100	COIM BRASIL	Vinhedo/SP	2014	2980/14	
ÓLEO TÉRMICO	100	COIM BRASIL	Vinhedo/SP	2014	2980/14	
RESINA POLIESTER	100	COIM BRASIL	Vinhedo/SP	2014	2980/14	
Panos, estopas, epis, papel c/óleo, graxa, solv	10000	SIEMENS	Jundiaí/SP	2014	AA28/14	500
LÍQUIDO COM SOLVENTE E TINTA	6000	SIEMENS	Jundiaí/SP	2014	AA28/14	
lodo de ETE Industrial	30	KNNOR - sistema para veículos	São Paulo/SP	2014	AA05/14	471
lodo de ETE biológica	30	KNNOR - sistema para veículos	São Paulo/SP	2014	AA05/14	
diersos contaminados com óleos	40	KNNOR - sistema para veículos	São Paulo/SP	2014	AA05/14	
lona de freio	30	KNNOR - sistema para veículos	São Paulo/SP	2014	AA05/14	
resina de impregnação	30	KNNOR - sistema para veículos	São Paulo/SP	2014	AA05/14	
DIVERSOS COM ÓLEO, TINTA, COLA E SOLVENTE	300	embraer	S.José dos camp/SP	2014	AA05/14	337
QUEROSENE	100	embraer	S.José dos camp/SP	2014	AA05/14	
BORRA DE TINTA	50	embraer	S.José dos camp/SP	2014	AA05/14	

METILETILCETONA	30	embraer	S.José dos camp/SP	2014	AA05/14	
Borra oleosa	1200	Ford Motor Company Brasil	taubaté/SP	2014	AA05/14	318
borra de fosfato	24	Ford Motor Company Brasil	taubaté/SP	2014	AA05/14	
embalagens com adesivos e selantes	12	Ford Motor Company Brasil	taubaté/SP	2014	AA05/14	
borra de tinta	12	Ford Motor Company Brasil	taubaté/SP	2014	AA05/14	
Sobra de resíduo endurecedor	7,2	RVD materiais dielétricos	valinhos/sp	2014	AA15/14	506
resina	1,2	RVD materiais dielétricos	valinhos/sp	2014	AA15/14	
epis, filtros, feltros com óleo e graxa	17	arcelomital siderurgicos	Hortolândia/SP	2014	AA15/14	515
resinas estireno acrílicas	150	rohm and haas química	Jacareí/SP	2014	AA15/14	363
embalagens de papel e plástico com mat. prima	40	rohm and haas química	Jacareí/SP	2014	AA15/14	
papel de filtro	20	Affinia automotiva	diadema/SP	2014	AA15/14	476
material com óleo e graxa (epi)	2	Affinia automotiva	diadema/SP	2014	AA15/14	
borra de tinta	140	Affinia automotiva	diadema/SP	2014	AA15/14	
resíduo líquido	5	global tecnologia ind	Barueri/SP	2014	AA15/14	462
SILICA GEL	1	elektro eletriciades e serviços	pirapozinho/sp	2014	AA62/14	996
TERRA, SERRAGEM E BRITA C/ÓLEO ISOLANTE	50	elektro eletriciades e serviços	pirapozinho/sp	2014	AA62/14	
EPIS e estopas com óleo, graxa, solvente e tinta	5	elektro eletriciades e serviços	pirapozinho/sp	2014	AA62/14	
SILICA GEL	1	elektro eletriciades e serviços	pirassununga/sp	2014	AA62/14	582
TERRA, SERRAGEM E BRITA C/ÓLEO ISOLANTE	50	elektro eletriciades e serviços	pirassununga/sp	2014	AA62/14	
EPIS e estopas com óleo, graxa, solvente e tinta	5	elektro eletriciades e serviços	pirassununga/sp	2014	AA62/14	
SILICA GEL	1	elektro eletriciades e serviços	Registro/SP	2014	AA62/14	635
TERRA, SERRAGEM E BRITA C/ÓLEO ISOLANTE	50	elektro eletriciades e serviços	Registro/SP	2014	AA62/14	
EPIS e estopas com óleo, graxa, solvente e tinta	5	elektro eletriciades e serviços	Registro/SP	2014	AA62/14	
SILICA GEL	1	elektro eletriciades e serviços	Rio Claro/SP	2014	AA62/14	587
TERRA, SERRAGEM E BRITA C/ÓLEO ISOLANTE	50	elektro eletriciades e serviços	Rio Claro/SP	2014	AA62/14	

EPIS e estopas com óleo, graxa, solvente e tinta	5	elektro eletrícidades e serviços	Rio Claro/SP	2014	AA62/14	
SILICA GEL	1	elektro eletrícidades e serviços	Atibaia/SP	2014	AA62/14	438
TERRA, SERRAGEM E BRITA C/ÓLEO ISOLANTE	100	elektro eletrícidades e serviços	Atibaia/SP	2014	AA62/14	
EPIS e estopas com óleo, graxa, solvente e tinta	5	elektro eletrícidades e serviços	Atibaia/SP	2014	AA62/14	
Sílica gel	1	elektro eletrícidades e serviços	SP	2014	AA31/14	460
terra, serragem, areia e brita c/óleo	50	elektro eletrícidades e serviços	SP	2014	AA31/14	
EPIS, PANOS, ESTOPAS, ÓLEO, SOLVENTE, GRAXA	5	elektro eletrícidades e serviços	SP	2014	AA31/14	
SILICA GEL	5	elektro eletrícidades e serviços	SP	2014	AA33/14	
TERRA, SERRAGEM E BRITA C/ÓLEO ISOLANTE	250	elektro eletrícidades e serviços	SP	2014	AA33/14	
EPIS, PANOS, ESTOPAS, ÓLEO, SOLVENTE, GRAXA	25	elektro eletrícidades e serviços	SP	2014	AA33/14	
DIVERSOS C/ÓLEOS GRAXAS, TINTAS E SOLVS	85	iq soluções e química	SP	2014	AA08/14	444
SOLO CONTAMINADO, SERRAGEM, BORRA TINTA	30	iq soluções e química	SP	2014	AA08/14	
Matéria prima contaminada c/óleos e solv	22	iq soluções e química	SP	2014	AA08/14	
água oleosa	30	iq soluções e química	SP	2014	AA08/14	
lâmpadas fluorescentes	0,2	petrobras distribuidora	Caracaraí/RO	2014	AA100/14	
Somatório 2014	85126,8					
estopas, panos, plásticos, papelão c.óleo	700	embraer	sp	2013	AA78/14	460
sólidos cont. tintas, óleos, solv, borrachas	85	iq soluções e química	sp	2013	AA78/14	444
solo, serragem cont. óleo	30	iq soluções e química	sp	2013	AA78/14	
sebo	2	ottom bourgart ind.com.	SP	2013	AA08/14	440
acetato	3	ottom bourgart ind.com.	SP	2013	AA08/14	
asfalto e manta asfáltica	10	ottom bourgart ind.com.	SP	2013	AA08/14	
óleos, graxas, tinta, solvente e prod.limp.	32	ottom bourgart ind.com.	SP	2013	AA08/14	
trapos, estopas, epi's, borracha, madeira c/hidroc	200	Petróleo Brasileiro S.A.	mauá/SP	2013	AA42/13	460
borra oleosa	3000	Petróleo Brasileiro S.A.	mauá/SP	2013	AA42/13	

borra de tinta	200	Petróleo Brasileiro S.A.	mauá/SP	2013	AA42/13	
terra e areia com hidrocarboneto	7000	Petróleo Brasileiro S.A.	mauá/SP	2013	AA42/13	
catalisador	3000	Petróleo Brasileiro S.A.	mauá/SP	2013	AA42/13	
emulsão asfáltica	400	Petróleo Brasileiro S.A.	mauá/SP	2013	AA42/13	
EPIS, Plásticos, papéis e filtros c/óleo, tinta, solv.	15000	essencis soluções ambientais	Curitiba/PR	2013	AA86/13	874
pigmento de varrição de fumo	100	Firestone pneus	Santo Andre	2013	AA61/10	461
carvão ativado com pb, ni e mn	20	Magneti Marelli sistemas autom.	Amparo/SP	2013	AA40/13	514
borra de tinta	5	Coponel indústria e comércio	SP	2013	AA40/13	443
panos com tinta	12	Coponel indústria e comércio	SP	2013	AA40/13	
Solvente com tinta	2	Coponel indústria e comércio	SP	2013	AA40/13	
Embalagens contaminadas com tinta	5,7	Coponel indústria e comércio	SP	2013	AA40/13	
EPIS, ESTOPAS, PANOS, PAPEL, PLÁST. Óleos e grax.	300	Wheaton Brasil Vidros	S.Bernardo/SP	2013	AA40/13	468
borra de tinta	150	Wheaton Brasil Vidros	S.Bernardo/SP	2013	AA40/13	
borra oleosa	100	Wheaton Brasil Vidros	S.Bernardo/SP	2013	AA40/13	
resíduos líquidos de tinta	50	Wheaton Brasil Vidros	S.Bernardo/SP	2013	AA40/13	
Borra de diesel	10	Ipiranga produtos de petróleo S/A	S. José dos Campos/SP	2013	AA15/13	347
trapos contaminados com óleo e pó	10	Ipiranga produtos de petróleo S/A	S. José dos Campos/SP	2013	AA15/13	
Borra oleosa	10	Ipiranga produtos de petróleo S/A	S. José dos Campos/SP	2013	AA15/13	
areia contaminada com hidrocarbonetos e poeira	10	Ipiranga produtos de petróleo S/A	S. José dos Campos/SP	2013	AA15/13	
borra de tinta	10	nacional gás butano	bauru/SP	2013	6190/13	750
peças poliuretano	5	ITW belfast do Brasil	SP	2013	6190/13	472
papel, papelão, sacarias, vidro, vermiculita, madeira com tintas e pigmentos	200	Sun Chemical do Brasil	Guarulhos/SP	2013	6190/13	419
borra de pigmento contaminada com solvente	30	Sun Chemical do Brasil	Guarulhos/SP	2013	6190/13	
água contaminada com tintas e aditivos	30	Sun Chemical do Brasil	Guarulhos/SP	2013	6190/13	
resíduos drenagem de fundo de tanque	1600	Tankpool reciclagem do	taubaté/SP	2013	6190/13	319

		brasil				
lodo de ete	450	Tankpool reciclagem do brasil	taubaté/SP	2013	6190/13	
EPIS, panos e papel c/resinas, óleos, tintas e solven	3	Tankpool reciclagem do brasil	taubaté/SP	2013	6190/13	
Resíduos sólidos com tintas e solventes	70	SGD Brasil vidros	SP	2013	AA63/13	444
lambaios contaminados com óleos e graxas	50	SGD Brasil vidros	SP	2013	AA63/13	
lodo de zipe	50	SGD Brasil vidros	SP	2013	AA63/13	
uniformes e epis com óleos e graxas	20	SGD Brasil vidros	SP	2013	AA63/13	
água contaminada com tintas e solvente	100	SGD Brasil vidros	SP	2013	AA63/13	
EPIS contaminadas com óleos e tintas	100	Química Nitro	SP	2013	AA63/13	427
chincanas	100	Química Nitro	SP	2013	AA63/13	
Borra de tinta	400	Marchesan implementos e máq.agr	Matão/SP	2013	AA63/13	715
lodo galvânico	200	Marchesan implementos e máq.agr	Matão/SP	2013	AA63/13	
óleo solúvel	200	Marchesan implementos e máq.agr	Matão/SP	2013	AA63/13	
RESÍDUOS DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL	175	Invista fibras e polímeros	americana/SP	2013	AA63/13	535
resíduos de produção industrial	23	Invista fibras e polímeros	americana/SP	2013	AA63/13	
resíduos líquidos de produção industrial	68	Invista fibras e polímeros	americana/SP	2013	AA63/13	
Borra oleosa	100	fibria celulose	Jacarei/SP	2013	AA48/13	364
Borra de tinta	30	fibria celulose	Jacarei/SP	2013	AA48/13	
epis, plásticos, papel, estopas c óleos	100	fibria celulose	Jacarei/SP	2013	AA48/13	
Água de lavador de gases	500	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2013	AA51/13	494
epis contaminados com diesel	70	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2013	AA51/13	
borra de lavador de gases	500	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2013	AA51/13	
paraformal	1000	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2013	AA51/13	
filtros de cuno (de tintas e resinas)	100	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2013	AA51/13	
tinta spray	500	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2013	AA51/13	
esfera zirconio - moagem de tintas	250	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2013	AA51/13	
vidro contaminado com óleo diesel	20	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2013	AA51/13	

toalhas e panos contaminados com diesel	50	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2013	AA51/13	
borra de tinta	500	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2013	AA51/13	
filtros de tinta e resina	70	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2013	AA51/13	
plásticos contaminados com óleo diesel	250	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2013	AA51/13	
água contaminada de produção de tintas	500	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2013	AA51/13	
madeira contaminada com óleo diesel	20	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2013	AA51/13	
borracha contaminada com óleo diesel	20	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2013	AA51/13	
papel contaminado com óleo diesel	400	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2013	AA51/13	
solo contaminado com óleo diesel	30	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2013	AA51/13	
solo contaminado com hidrocarbonetos	7500	transpetro terminal	são caetano sul/SP	2013	AA18/13	444
diversos contaminados com solventes e tintas	5600	transpetro terminal	são caetano sul/SP	2013	AA18/13	
borra oleosa	7900	transpetro terminal	são caetano sul/SP	2013	AA18/13	
solo contaminado com hidrocarbonetos	5000	transpetro terminal	barueri/SP	2013	AA18/13	461
diversos contaminados com solventes e tintas	4500	transpetro terminal	barueri/SP	2013	AA18/13	
borra oleosa	500	transpetro terminal	barueri/SP	2013	AA18/13	
solo contaminado com hidrocarbonetos	5000	transpetro terminal	Arapeí/SP	2013	AA18/13	183
diversos contaminados com solventes e tintas	4300	transpetro terminal	Arapeí/SP	2013	AA18/13	
óleo lubrificante	5500	transpetro terminal	Arapeí/SP	2013	AA18/13	
solo contaminado com hidrocarbonetos	3100	transpetro terminal	Ribeirão Preto/SP	2013	AA18/13	731
diversos contaminados com solventes e tintas	2600	transpetro terminal	Ribeirão Preto/SP	2013	AA18/13	
borra oleosa	3800	transpetro terminal	Ribeirão Preto/SP	2013	AA18/13	
solo contaminado com hidrocarbonetos	7000	transpetro terminal	Cubatão/SP	2013	AA18/13	503
diversos contaminados com solventes e tintas	4500	transpetro terminal	Cubatão/SP	2013	AA18/13	
borra oleosa	7500	transpetro terminal	Cubatão/SP	2013	AA18/13	
solo contaminado com hidrocarbonetos	8300	transpetro terminal	São sebastião/SP	2013	AA18/13	450
diversos contaminados com solventes e tintas	5600	transpetro terminal	São sebastião/SP	2013	AA18/13	
borra oleosa	8800	transpetro terminal	São sebastião/SP	2013	AA18/13	
solo contaminado com hidrocarbonetos	7000	transpetro terminal	Guararema/SP	2013	AA18/13	397
diversos contaminados com solventes e tintas	5500	transpetro terminal	Guararema/SP	2013	AA18/13	

borra oleosa	7500	transpetro terminal	Guararema/SP	2013	AA18/13	
solo contaminado com hidrocarbonetos	7100	transpetro terminal	Guarulhos/SP	2013	AA18/13	425
diversos contaminados com solventes e tintas	4600	transpetro terminal	Guarulhos/SP	2013	AA18/13	
borra oleosa	7800	transpetro terminal	Guarulhos/SP	2013	AA18/13	
Borra de resina	70	akzo nobel ltda	Santo André/SP	2013	AA41/13	443
borra de emulsão	20	akzo nobel ltda	Santo André/SP	2013	AA41/13	
borra de óleo	16	akzo nobel ltda	Santo André/SP	2013	AA41/13	
elemento filtrante	25	akzo nobel ltda	Santo André/SP	2013	AA41/13	
elemento térmico	3	akzo nobel ltda	Santo André/SP	2013	AA41/13	
epis	3	akzo nobel ltda	Santo André/SP	2013	AA41/13	
lodo de ETE	130	akzo nobel ltda	Santo André/SP	2013	AA41/13	
EMBALAGENS CONT. COM TINTAS E VERNIZES	28	akzo nobel ltda	Santo André/SP	2013	AA41/13	
RESÍDUOS DE CALDEIRA	3	akzo nobel ltda	Santo André/SP	2013	AA41/13	
RESÍDUO DE VARRIÇÃO INDUSTRIAL	10	akzo nobel ltda	Santo André/SP	2013	AA41/13	
VIDRO Contaminado com Tintas e vernizes	4	akzo nobel ltda	Santo André/SP	2013	AA41/13	
TERRA Contaminada com TINTA	10	akzo nobel ltda	Santo André/SP	2013	AA41/13	
serragem contaminada (tinta, verniz e tiner)	12	akzo nobel ltda	Guarulhos/SP	2013	AA41/13	416
Filtros contaminados com resinas alquídicas	10	akzo nobel ltda	Guarulhos/SP	2013	AA41/13	
borra de filtração de resina	18	akzo nobel ltda	Guarulhos/SP	2013	AA41/13	
borra de filtro prensa	12	akzo nobel ltda	Guarulhos/SP	2013	AA41/13	
borra de tinta	14	akzo nobel ltda	Guarulhos/SP	2013	AA41/13	
resíduo de tanque de tratamento de efluente	80	akzo nobel ltda	ITUPEVA/SP	2013	AA41/13	
catalizador de tinta e primer	1,5	santone acessórios cortinas	caieiras/sp	2013	AA41/13	463
Dióxido de titânio líquido	120	RHODIA POLIAMIDA	Santo André/SP	2013	AA56/13	462
resíduo de filtrante sólido	250	RHODIA POLIAMIDA	Santo André/SP	2013	AA56/13	
Resíduos diversos c/tinta, óleo, solventes	45	iq soluções e química	SP	2013	AA56/13	444
solo, vermiculita, serragem cont. com óleo	20	iq soluções e química	SP	2013	AA56/13	
embalagens contaminadas com óleo	30	iq soluções e química	SP	2013	AA56/13	
glúten de trigo com óleos e solventes	20	iq soluções e química	SP	2013	AA56/13	

água oleosa	30	iq soluções e química	SP	2013	AA56/13	
cosméticos em geral	5000	GRI Gerenc. De resíduos	SP	2013	AA56/13	439
sanitizantes	5000	GRI Gerenc. De resíduos	SP	2013	AA56/13	
inflamáveis de higiene e limpeza	5000	GRI Gerenc. De resíduos	SP	2013	AA56/13	
bebidas alcóolicas	5000	GRI Gerenc. De resíduos	SP	2013	AA56/13	
miscelâneas diversas cont. com óleos	5000	GRI Gerenc. De resíduos	SP	2013	AA56/13	
DIVERSOS C/ÓLEOS GRAXAS, TINTAS E SOLVS	700	embraer	S.José dos camp/SP	2013	AA08/14	337
Epis contaminados com óleo	5	visteon sistemas automotivos	SP	2013	AA25/13	427
borra de tinta	120	visteon sistemas automotivos	SP	2013	AA25/13	
solo contaminado com petróleo	7100	transpetro	Santos/SP	2013	AA25/13	501
Resíduos diversos c/tinta, óleo,solventes	5600	Transpetro	Santos/SP	2013	AA25/13	
Borra oleosa	7900	Transpetro	Santos/SP	2013	AA25/13	
embalagem contaminada com vaselina	1	OMRON comp. Automotivos	Vinhedo/SP	2013	AA25/13	499
filtro de metal com poeira	1	OMRON comp. Automotivos	Vinhedo/SP	2013	AA25/13	
Borra de óleo de caju	22	SI GROUP CRIOS RESINA	Rio Claro/SP	2013	AA39/13	592
borra de resina sólida	200	SI GROUP CRIOS RESINA	Rio Claro/SP	2013	AA39/13	
borra de resina líquida	200	SI GROUP CRIOS RESINA	Rio Claro/SP	2013	AA39/13	
resíduos mistos/diversos	150	SI GROUP CRIOS RESINA	Rio Claro/SP	2013	AA39/13	
resíduo destilado intermediário	1200	SI GROUP CRIOS RESINA	Rio Claro/SP	2013	AA39/13	
anidrido ftálico	12	akzo nobel ltda	mauá/SP	2013	AA39/13	455
borra de canaleta	160	akzo nobel ltda	mauá/SP	2013	AA39/13	
borra de emulsão	812	akzo nobel ltda	mauá/SP	2013	AA39/13	
borra de resina	50	akzo nobel ltda	mauá/SP	2013	AA39/13	
borra de slurry	100	akzo nobel ltda	mauá/SP	2013	AA39/13	
borra de tinta	150	akzo nobel ltda	mauá/SP	2013	AA39/13	
elemento filtrante	240	akzo nobel ltda	mauá/SP	2013	AA39/13	
elemento térmico	5	akzo nobel ltda	mauá/SP	2013	AA39/13	

papel com titânio, carbonato de cálcio e pigmentos	500	akzo nobel ltda	mauá/SP	2013	AA39/13	
epi contaminado com titânio e dolomita	16	akzo nobel ltda	mauá/SP	2013	AA39/13	
lodo de etb	70	akzo nobel ltda	mauá/SP	2013	AA39/13	
lodo de ete	800	akzo nobel ltda	mauá/SP	2013	AA39/13	
óleo sujo	800	akzo nobel ltda	mauá/SP	2013	AA39/13	
embalagens com titânio e dolomita	70	akzo nobel ltda	mauá/SP	2013	AA39/13	
pó de varredura	50	akzo nobel ltda	mauá/SP	2013	AA39/13	
resíduos industriais	200	akzo nobel ltda	mauá/SP	2013	AA39/13	
vidro com reagente e tinta	6	akzo nobel ltda	mauá/SP	2013	AA39/13	
solo com benzeno, tolueno, etil, xileno	50	akzo nobel ltda	mauá/SP	2013	AA39/13	
terra contaminada com hidroc. E betex	232	akzo nobel ltda	mauá/SP	2013	AA39/13	
resíduos da produção de tintas	800	DPC Ind. Com. Tintas	Guarulhos/SP	2013	aa39/13	418
BORRA DE TINTA	300	scania latin america	S.Bernardo/SP	2013	AA18/13	469
Papel-papelão, c/tinta, solventes e óleos	100	scania latin america	S.Bernardo/SP	2013	AA18/13	
colas e adesivos	100	scania latin america	S.Bernardo/SP	2013	AA18/13	
plásticos, mantas, mangotes c/óleo	4	petrobras distribuidora	Caracaraí/RO	2013	AA100/13	4963
SOMATÓRIO 2013	230651,2					
mat.div. Óleo e graxa,	550	Firestone pneus	Santo Andre	2012	AA61/10	461
solo contaminado com hidrocarboneto petróleo	3000	transpetro transporte	Brasília/DF	2012	AA76/12	1150
diversos contaminados com hidroc.tintas e solv.	3000	transpetro transporte	Brasília/DF	2012	AA76/12	
borra oleosa	3500	transpetro transporte	Brasília/DF	2012	AA76/12	
RESÍDUOS DIVERSOS	36000	Petróleo Brasileiro S.A.	Natal/RN	2012	AA74/12	2525
Solo contaminado com hidrocarboneto	3100	transpetro transporte	Uberaba/MG	2012	AA80/12	872
diversos contaminados com hidroc. Tintas e solv.	2600	transpetro transporte	Uberaba/MG	2012	AA80/12	
borra oleosa	2900	transpetro transporte	Uberaba/MG	2012	AA80/12	
Solo contaminado com hidrocarboneto	3100	transpetro transporte	Uberlândia/MG	2012	AA80/12	952
diversos contaminados com hidroc. Tintas e solv.	2600	transpetro transporte	Uberlândia/MG	2012	AA80/12	
borra oleosa	3800	transpetro transporte	Uberlândia/MG	2012	AA80/12	
Solo com hidrocarboneto	500	Ipiranga produtos de	S.caetano do sul/SP	2012	AA06/12	444

		petróleo S/A				
Borra oleosa	500	Ipiranga produtos de petróleo S/A	S.caetano do sul/SP	2012	AA06/12	
trapos e embalagens com hidrocarbonetos	20	Ipiranga produtos de petróleo S/A	S.caetano do sul/SP	2012	AA06/12	
resíduos de biodiesel	100	Ipiranga produtos de petróleo S/A	S.caetano do sul/SP	2012	AA06/12	
Borra oleosa	45	petrobras distribuidora	Cubatão/SP	2012	AA32/12	493
diversos com óleo e graxa e partículas abrasão	30	lorenZETTI S/A.	SP	2012	AA32/12	448
resina epóxi c solvente	6	lorenZETTI S/A.	SP	2012	AA32/12	
caldo eletrolítico e monoetileno glicol e papel	6	lorenZETTI S/A.	SP	2012	AA32/12	
A.grxo,hexano,alc.etil.,silicone e aguarras	1,5	isotech com.prod. Automotivos	cajamar/SP	2012	AA32/12	475
Borra oleosa	12000	aterro mantovani	S.Antonio de posse/sp	2012	AA24/12	537
lode de ETA	300	aterro mantovani	S.Antonio de posse/sp	2012	AA24/12	
elemento filtrante	5	aterro mantovani	S.Antonio de posse/sp	2012	AA24/12	
areia do filtro de areia	50	aterro mantovani	S.Antonio de posse/sp	2012	AA24/12	
material de limpeza	10	aterro mantovani	S.Antonio de posse/sp	2012	AA24/12	
embalagens plásticas	1	aterro mantovani	S.Antonio de posse/sp	2012	AA24/12	
silicone líquido e sólido	200	blue star silicones	Santo André/SP	2012	AA20/12	457
sacaria com aerosil 150 (dióxido)	30	blue star silicones	Santo André/SP	2012	AA20/12	
borra de tinta	400	iochpe maxion S/A.	Cruzeiro/SP	2012	AA21/12	234
borra de óleo	400	iochpe maxion S/A.	Cruzeiro/SP	2012	AA21/12	
filtro com óleo	50	iochpe maxion S/A.	Cruzeiro/SP	2012	AA21/12	
Filtro de tinta e lâ de vidro	2	brasforno ind. E com.	Santa de Parnaíba/SP	2012	AA21/12	471
copolímero acrílico/água de vinila	8	Renovacor ind.com. De tintas	Poá/SP	2012	AA21/12	420
Borra de tinta	84	VALFIM. Ind. De embalagens	Lorena/SP	2012	AA21/12	254
solvente com tinta	288	VALFIM. Ind. De embalagens	Lorena/SP	2012	AA21/12	

diversos com tintas e solventes	1	VALFIM. Ind. De embalagens	Lorena/SP	2012	AA21/12	
MISTURA LÍQUIDA AROMÁTICA	800	GIVAUDAN do brasil	SP	2012	AA21/12	453
BORRA DE CHOCOLATE	120	GIVAUDAN do brasil	SP	2012	AA21/12	
Sobras de impermeabilizante com solv. E óleo	60	Denver Impermeabil. Ind. Com.	Suzano/SP	2012	AA21/12	417
diversos com óleo e graxa e partículas abrasão (turfa)	50	fibria celulose	Capão bonito/SP	2012	AA21/12	685
SOLO COM ÓLEO E GRAXA	70	fibria celulose	Capão bonito/SP	2012	AA21/12	
Borra de tinta e prod. Químicos	250	Mauser do brasil embalagens	Matão/SP	2012	AA21/12	713
solo contaminado com óleo e graxa e tinta	60	Mauser do brasil embalagens	Matão/SP	2012	AA21/12	
diversos contam. Com óleo (epóxi, papel, epi, bem)	520	siemens	Cambreúva/SP	2012	AA21/12	510
borra oleosa com tintas e resinas	392	SIEMENS	Cambreúva/SP	2012	AA21/12	
Borra oleosa	100	cia. Nitroquímica bras.	SP	2012	AA21/12	427
SACARIA COM ENXOFRE E PIGMENTOS	145	Firestone pneus	Santo André/SP	2012	AA21/12	461
lodo de ETE Industrial	700	Firestone pneus	Santo André/SP	2012	AA21/12	
BORRA DE TINTA	350	Toyota do Brasil	sorocaba/sp	2012	AA12/12	535
BORRA DE FOSFATO	30	Toyota do Brasil	sorocaba/sp	2012	AA12/12	
FOSFATO E DESENGRAXANTE	50	Toyota do Brasil	sorocaba/sp	2012	AA12/12	
BORRA DE DECAPANTE	30	Toyota do Brasil	sorocaba/sp	2012	AA12/12	
DIVERSOS COM TINTAS E SOLVENTES	80	Toyota do Brasil	sorocaba/sp	2012	AA12/12	
DIVERSOS COM ÓLEOS E GRAXAS	20	Toyota do Brasil	sorocaba/sp	2012	AA12/12	
TORTA DE FILTRO PRENSA	450	Toyota do Brasil	sorocaba/sp	2012	AA12/12	
LODO DE ETE	250	Toyota do Brasil	sorocaba/sp	2012	AA12/12	
AREIA COM ÁCIDO, ÓLEO OU SODA	30	Toyota do Brasil	sorocaba/sp	2012	AA12/12	
limalha desingraxe	30	Toyota do Brasil	sorocaba/sp	2012	AA12/12	
lã de vidro e lã de rocha	30	Toyota do Brasil	sorocaba/sp	2012	AA12/12	
TINTAS SUJAS	250	Toyota do Brasil	sorocaba/sp	2012	AA12/12	
SOLVENTES SUJOS	250	Toyota do Brasil	sorocaba/sp	2012	AA12/12	
SILICA GEL	1	elektro eletrificadas e serviços	Atibaia/SP	2012	AA19/12	438

EPIS, PANOS, ESTOPAS, ÓLEO, SOLVENTE, GRAXA	5	elektro eletrícidades e serviços	Atibaia/SP	2012	AA19/12	
terra, brita, areia e serragem c/óleo	150	elektro eletrícidades e serviços	Atibaia/SP	2012	AA19/12	
SILICA GEL	1	elektro eletrícidades e serviços	teodoro sampaio/sp	2012	AA19/12	1087
EPIS, PANOS, ESTOPAS, ÓLEO, SOLVENTE, GRAXA	5	elektro eletrícidades e serviços	teodoro sampaio/sp	2012	AA19/12	
terra, brita, areia e serragem c/óleo	100	elektro eletrícidades e serviços	teodoro sampaio/sp	2012	AA19/12	
SILICA GEL	1	elektro eletrícidades e serviços	SUMARÉ/SP	2012	AA19/12	644
EPIS, PANOS, ESTOPAS, ÓLEO, SOLVENTE, GRAXA	5	elektro eletrícidades e serviços	SUMARÉ/SP	2012	AA19/12	
terra, brita, areia e serragem c/óleo	100	elektro eletrícidades e serviços	SUMARÉ/SP	2012	AA19/12	
filtros com óleo	130	Mann+Hummel Brasil	Indaiatuba/SP	2012	AA19/12	532
diversos c/poliuretano,pré-polímero e poliéster	180	dow brasil	Pindamonhangaba/S P	2012	AA19/12	301
poliuretano	70	dow brasil	Pindamonhangaba/S P	2012	AA19/12	
epóxi vencido	70	dow brasil	Pindamonhangaba/S P	2012	AA19/12	
pré-polímeros	30	dow brasil	Pindamonhangaba/S P	2012	AA19/12	
solvente líquido	7	dow brasil	Pindamonhangaba/S P	2012	AA19/12	
DMDEE,OCTOAO BSISM, DC-2	30	dow brasil	Pindamonhangaba/S P	2012	AA19/12	
Negro de fumo em pó	30	dow brasil	Pindamonhangaba/S P	2012	AA19/12	
carvão ativado e rocha expandida	29,3	akzo nobel ltda	SP	2012	AA19/12	465
borra de neutrex (filtração de resina fenólica)	21,2	akzo nobel ltda	SP	2012	AA19/12	
areia contaminada com tinta e resina	10	akzo nobel ltda	SP	2012	AA19/12	
epis c/tintas, resinas, óleos e graxas	10,4	akzo nobel ltda	SP	2012	AA19/12	
plásticos/sacarias e papéis cont. tintas e resinas	28	akzo nobel ltda	SP	2012	AA19/12	
borra de tinta	36	akzo nobel ltda	SP	2012	AA19/12	
solo com hidrocarbonetos	2,5	petrobras distribuidora	Caracarai/RO	2012	AA100/12	4963

Somatório 2012	85356,9					
borra de óleo	350	Firestone pneus	Santo André	2011	AA61/10	461
areia, EPIS, embalagens com óleo e solvente	200	Consórcio Via Amarela	SP	2011	AA14/11	445
aditivo de concreto	450	Consórcio Via Amarela	SP	2011	AA14/11	
Borra de óleo	30	MWM Motores da A. Sul	SP	2011	AA16/11	458
borra de tinta	6030	MWM Motores da A. Sul	SP	2011	AA16/11	
solvente	15	MWM Motores da A. Sul	SP	2011	AA16/11	
epis, panos e embalagens com tinta e cola	30	MWM Motores da A. Sul	SP	2011	AA16/11	
material absorvente contaminado com óleo	30	MWM Motores da A. Sul	SP	2011	AA16/11	
TORTA DE FILTRAÇÃO	450	Toyota do Brasil	Indaiatuba/SP	2011	AA26/11	538
limalha desingraxante	30	Toyota do Brasil	Indaiatuba/SP	2011	AA26/11	
borra de fosfato	30	Toyota do Brasil	Indaiatuba/SP	2011	AA26/11	
areia contaminada com produto químico	30	Toyota do Brasil	Indaiatuba/SP	2011	AA26/11	
borra de tinta	350	Toyota do Brasil	Indaiatuba/SP	2011	AA26/11	
epis, panos, plásticos, luvas e tintas e solventes	80	Toyota do Brasil	Indaiatuba/SP	2011	AA26/11	
epis, panos, plásticos, luvas com óleo e graxas	20	Toyota do Brasil	Indaiatuba/SP	2011	AA26/11	
lã de vidro e lã de rocha	30	Toyota do Brasil	Indaiatuba/SP	2011	AA26/11	
filtros contaminados com pó e tinta	50	Toyota do Brasil	Indaiatuba/SP	2011	AA26/11	
lodo de ete	250	Toyota do Brasil	Indaiatuba/SP	2011	AA26/11	
borra decapante	30	Toyota do Brasil	Indaiatuba/SP	2011	AA26/11	
poliol	20	Toyota do Brasil	Indaiatuba/SP	2011	AA26/11	
isocianato	20	Toyota do Brasil	Indaiatuba/SP	2011	AA26/11	
lodo de ETE - cromo	17	Dana Ind. Com.	diadema/SP	2011	AA19/11	476
polimento de peças	2	Dana Ind. Com.	diadema/SP	2011	AA19/11	
borra de tinta	2	Dana Ind. Com.	diadema/SP	2011	AA19/11	
solo de sondagem	60	Dana Ind. Com.	diadema/SP	2011	AA19/11	
borra de tratamento térmico	8	Dana Ind. Com.	diadema/SP	2011	AA19/11	
borra de fosfato	1	Dana Ind. Com.	diadema/SP	2011	AA19/11	
Graxas	3	Dana Ind. Com.	diadema/SP	2011	AA19/11	

DRENAGEM DE FUNDO DE TANQUE	1600	Tankpool reciclagem do brasil	taubaté/SP	2011	AA18/11	319
BORRA DE FILTRO PRENSA DE ETE	450	Tankpool reciclagem do brasil	taubaté/SP	2011	AA18/11	
EPIS, PANOS E Papel	3	Tankpool reciclagem do brasil	taubaté/SP	2011	AA18/11	
residuo organico	144	Iharabras s/a ind. Química	sorocaba/sp	2011	AA17/11	577
lodo de star	60	Iharabras s/a ind. Química	sorocaba/sp	2011	AA17/11	
resíduo orgânico	180	Iharabras s/a ind. Química	sorocaba/sp	2011	AA17/11	
borra de escorrimento de tambores e de tinta	75	TAMLIMP. IND.COM. Embalagens	Guarulhos/SP	2011	AA39/11	425
panos, papel, plásticos e EPI's (tinta, solvente,o & g)	60	TAMLIMP. IND.COM. Embalagens	Guarulhos/SP	2011	AA39/11	
AREIA SHELL	100	INCESA IND.COMPON.ELÉTRICO S	OLIMPIA/SP	2011	AA40/11	843
AREIA VERDE	150	INCESA IND.COMPON.ELÉTRICO S	OLIMPIA/SP	2011	AA40/11	
BALDE DE GRAXA	20	INCESA IND.COMPON.ELÉTRICO S	OLIMPIA/SP	2011	AA40/11	
BOMBONAS COM PROD. TRAT.SUPERF. E EFLUEN.	20	INCESA IND.COMPON.ELÉTRICO S	OLIMPIA/SP	2011	AA40/11	
AREIA COLD BOX	150	INCESA IND.COMPON.ELÉTRICO S	OLIMPIA/SP	2011	AA40/11	
BORRA DE TINTA	14	nacional gás butano	Barueri/SP	2011	AA40/11	343
BORRA DE TINTA	14	nacional gás butano	Barueri/SP	2011	AA27/11	
BORRA DE TINTA	733	MANGELS IND. E COM.	TRES CORAÇÕES/MG	2011	AA33/11	382
LODO DE ETE	372	MANGELS IND. E COM.	TRES CORAÇÕES/MG	2011	AA33/11	
Borra oleosa	124	MANGELS IND. E COM.	TRES CORAÇÕES/MG	2011	AA33/11	
EPIS, PANOS, PAPEL, PLASTICO ÓLEOS E GRAXA	33	MANGELS IND. E COM.	TRES CORAÇÕES/MG	2011	AA33/11	
ÓLEO	242	MANGELS IND. E COM.	TRES CORAÇÕES/MG	2011	AA33/11	

BORRA DE DESPLACAMENTO	130	MANGELS IND. E COM.	TRES CORAÇÕES/MG	2011	AA33/11	
Resíduo oleoso	30	Merial saúde animal	Paulínea/SP	2011	AA20/11	517
resíduo de limpeza de tanques	120	Merial saúde animal	Paulínea/SP	2011	AA20/11	
álcool, acetona e água	30	Merial saúde animal	Paulínea/SP	2011	AA20/11	
resíduos líquidos de cromatografia	30	Merial saúde animal	Paulínea/SP	2011	AA20/11	
resíduo líquido de manutenção	10	Merial saúde animal	Paulínea/SP	2011	AA20/11	
epis, panos, papel, vidros e tampas metálicas	25	Merial saúde animal	Paulínea/SP	2011	AA20/11	
algodão e gaze	20	Merial saúde animal	Paulínea/SP	2011	AA20/11	
filtro de ar-condicionado e exaustão	55	Merial saúde animal	Paulínea/SP	2011	AA20/11	
pano, papelão, óleo, solvente e tinta	10	Merial saúde animal	Paulínea/SP	2011	AA20/11	
CINZAS DE INCINERADOR	1000	Antibióticos do brasil	Cosmópolis/SP	2011	AA15/11	518
REFRATÁRIOS	300	Antibióticos do brasil	Cosmópolis/SP	2011	AA15/11	
CONCRETO E FERRAGEM	100	Antibióticos do brasil	Cosmópolis/SP	2011	AA15/11	
AREIA	100	Antibióticos do brasil	Cosmópolis/SP	2011	AA14/11	
EPIS, EMBALAGENS, OLEO, GRAXAS, E SOLVENTES	100	Antibióticos do brasil	Cosmópolis/SP	2011	AA14/11	
aditivo de concreto	450	Antibióticos do brasil	Cosmópolis/SP	2011	AA14/11	
solo contaminado	60	BASF/S.A.	RJ	2011	AA85/11	47,7
borra de tinta e thinner	1	extipaul Eq. Contra incendio	SP	2011	AA84/11	436
EPIS, trapos, estopa, papel, plástico c/óleo e tinta	100	Voith paper maq e equip. Ltda	SP	2011	AA79/11	465
Resina acrílica, estireno e lodo biológico, ág.branca	1500	rohm and haas química	Jacarei/SP	2011	AA90/11	363
epis, borrachas e lã de vidro	100	rohm and haas química	Jacarei/SP	2011	AA90/11	
água de produção	40	Diversey ind. química	sp	2011	AA91/11	471
água de bateria	40	Diversey ind. química	sp	2011	AA91/11	
ácido clorídrico, nítrico, sulfurico, soda, potassa, ceras	300	Diversey ind. química	sp	2011	AA91/11	
epis, estopas, panos, embalagens plásticas	70	Diversey ind. química	sp	2011	AA91/11	
lâmpadas quebradas para reciclagem	1,5	Dow corning metais do para	Breu branco/PA	2011	AA12/11	2810
amianto para aterro cl. I	3	Dow corning metais do para	Breu branco/PA	2011	AA12/11	

Sulfato de alumínio, floculante, catalisadorMDI, inibidor de corrosão, NaOH	1	Dow corning metais do pará	Breu branco/PA	2011	AA12/11	
PILHAS E BATERIAS AT. Classe I	0,2	Dow corning metais do pará	Breu branco/PA	2011	AA12/11	
CATALISADOR DE TINTA ANTI-CORROSÃO	1	Dow corning metais do pará	Breu branco/PA	2011	AA12/11	
FILTRO DE CELULOSE COM ÓLEO	25	Brasil Com. Filtros de óleo	Jundiaí/SP	2011	AA13/11	491
catalisador processo de craqueamento	100	REFAP S/A.	Canoas/RS	2011	AA132/11	1577
meio filtrante (areia e argila) c/hidrocarboneto	500	REFAP S/A.	Canoas/RS	2011	AA132/11	
metal contaminado com tinta	50	Eletropaulo Eletricidade	SP	2011	AA131/11	447
embalagens plásticas	50	Eletropaulo Eletricidade	SP	2011	AA131/11	
papel-papelão, madeira e polímeros c/tinta	50	Eletropaulo Eletricidade	SP	2011	AA131/11	
solo	11	alpha equip. elétricos	SP	2011	AA131/11	
terra, bagaço de cana e diversos c/óleo	10	Usina Rio Pardo	Cerqueira César/SP	2011	AA125/11	700
resina solidificada (soja)	8	montana química	SP	2011	AA95/11	472
borra de tinta	2250	Resicontrol sol. Ambientais	sorocaba/sp	2011	AA94/11	519
resina	3000	Resicontrol sol. Ambientais	sorocaba/sp	2011	AA94/11	
Borra oleosa	2250	Resicontrol sol. Ambientais	sorocaba/sp	2011	AA94/11	
poliéster, poliuretano, epóxi, aminicas e fenólicas	3500	Resicontrol sol. Ambientais	sorocaba/sp	2011	AA94/11	
óleo skydrol hidráulico de aeronaves	10000	embraer	S.José dos camp/SP	2011	AA108/11	337
BORRA DE RESINA	400	reichhold do brasil LTDA	Mogi das cruzeiras/SP	2011	AA82/11	421
Diversos com óleos, graxas, tintas e resinas	200	reichhold do brasil LTDA	Mogi das cruzeiras/SP	2011	AA82/11	
Diversos com óleo e tinta	30	Faurecia emissions Technologies	Limeira/SP	2011	AA65/11	562
EPIS, PAPEL E PLÁSTICO C ÓLEO, GRAXA E TINTA	400	Sherwin willians do brasil	taboão da serra/SP	2011	AA109/11	482
Varrição de fábrica	50	Sherwin willians do brasil	taboão da serra/SP	2011	AA109/11	
SACO DE PAPEL COM ÓLEO DIESEL	10	Sherwin willians do brasil	taboão da serra/SP	2011	AA109/11	
LATAS DE TINTA	100	Sherwin willians do brasil	taboão da serra/SP	2011	AA109/11	
BORRA DE RESINA	60	Sherwin willians do brasil	taboão da serra/SP	2011	AA109/11	
borra de canaleta E LODO DE ETE	250	Sherwin willians do brasil	taboão da serra/SP	2011	AA109/11	
fibra de poliuretano	12	Nestlé do Brasil	S.Bernardo/SP	2011	AA71/11	469

materiais diversos com tintas	60	Nestlé do Brasil	S.Bernardo/SP	2011	AA71/11	
Resíduos de tintas e solventes	5,4	ultrafertil S/A.	Cubatão/SP	2011	AA81/11	494
embalagens com resíduos de tintas	12	ultrafertil S/A.	Cubatão/SP	2011	AA81/11	
epis e diversos	1,1	ultrafertil S/A.	Cubatão/SP	2011	AA81/11	
Resíduos de tintas e solventes	6	ultrafertil S/A.	Cubatão/SP	2011	AA80/11	
embalagens com resíduos de tintas	12	ultrafertil S/A.	Cubatão/SP	2011	AA80/11	
epis e diversos	1,6	ultrafertil S/A.	Cubatão/SP	2011	AA80/11	
epis, serragem e panos c/solventes	15	artefatos de latex estrela	São Roque/SP	2011	AA53/11	504
borra de tinta	50	artefatos de latex estrela	São Roque/SP	2011	AA53/11	
ESTOPAS E MANTAS CONTAMINADAS	50	SHELL BRASIL LTDA	Paulínea/SP	2011	AA54/11	518
água do lavador de gases	500	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2011	AA89/11	494
reagentes neutralizados	100	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2011	AA89/11	
borra do lavador de gases	500	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2011	AA89/11	
água contaminada da produção de resinas	500	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2011	AA89/11	
tinta spray	500	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2011	AA89/11	
paraformol (água)	500	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2011	AA89/11	
zirconio (moagem de tintas)	10	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2011	AA89/11	
borra de tinta	500	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2011	AA89/11	
resina gelatinada	250	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2011	AA89/11	
vidro contaminado com óleo diesel	20	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2011	AA89/11	
toalhas e panos contaminados com diesel	50	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2011	AA89/11	
filtros de tinta e resina	70	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2011	AA89/11	
plásticos contaminados com óleo diesel	250	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2011	AA89/11	
filtros cunho de tintas e resinas	10	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2011	AA89/11	
água contaminada com a produção de tintas	500	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2011	AA89/11	
madeira contaminada com óleo diesel	20	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2011	AA89/11	
borracha contaminada com óleo diesel	20	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2011	AA89/11	
papel contaminado com óleo diesel	300	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2011	AA89/11	
ribbon	5	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2011	AA89/11	

lã de vidro	10	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2011	AA89/11	
epis com óleo diesel	50	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2011	AA89/11	
solo com óleo diesel	500	Sherwin willians do brasil	SUMARÉ/SP	2011	AA89/11	
DIVERSOS COM ÓLEOS E GRAXAS (EPIS, EMBALAGENS)	20	SHELL BRASIL LTDA	SP	2011	AA61/11	436
resina iônica	5,35	alcoa alumínio	sorocaba/sp	2011	AA52/11	523
borra de retífica	2,04	alcoa alumínio	sorocaba/sp	2011	AA52/11	
tintas vencidas	0,96	alcoa alumínio	sorocaba/sp	2011	AA52/11	
epis, panos e papéis	3,89	alcoa alumínio	sorocaba/sp	2011	AA52/11	
filtro impregnado c/óleo	15,17	alcoa alumínio	sorocaba/sp	2011	AA52/11	
removedor vencido	0,2	alcoa alumínio	sorocaba/sp	2011	AA52/11	
material absorvente contaminado com óleo	100	Ipiranga produtos de petróleo S/A	ourinhos/SP	2011	AA49/11	804
borra te tanQue	100	Ipiranga produtos de petróleo S/A	ourinhos/SP	2011	AA49/11	
Água contaminada com combustível	30	Ipiranga produtos de petróleo S/A	ourinhos/SP	2011	AA49/11	
Solo com hidrocarboneto	200	Ipiranga produtos de petróleo S/A	ourinhos/SP	2011	AA49/11	
Lama unidade EDC	40	CARBOCLORO IND. QUÍMICA	Cubatão/SP	2011	AA66/11	495
Resíduo de tinta	20	OMAR MAKSOUD ENG.CIVIL	SP	2011	AA73/11	450
solo com óleos e graxas	20	OMAR MAKSOUD ENG.CIVIL	SP	2011	AA73/11	
óleo diesel não pass.de rerrefino e graxas	20	OMAR MAKSOUD ENG.CIVIL	SP	2011	AA73/11	
epis com tintas r primer	20	OMAR MAKSOUD ENG.CIVIL	SP	2011	AA73/11	
terra c/tinta, solv, verniz, látex, sulf. ferroso	250	DUPONT DO BRASIL S/A.	Guarulhos/SP	2011	AA38/11	418
borra oleosa e res. De varrição	3	Uniplen ind. Polímeros	diadema/SP	2011	AA105/11	456
Gás flux	3	Ford Motor Company Brasil	S.Bernardo/SP	2011	AA51/11	476
epis contaminados	120	Ford Motor Company Brasil	S.Bernardo/SP	2011	AA51/11	
resíduos mistos/diversos	180	Ford Motor Company Brasil	S.Bernardo/SP	2011	AA51/11	
borra de tintas	360	Ford Motor Company Brasil	S.Bernardo/SP	2011	AA51/11	

fluidos/combustível contaminado	40	Ford Motor Company Brasil	S.Bernardo/SP	2011	AA51/11	
borra de cera	360	Ford Motor Company Brasil	S.Bernardo/SP	2011	AA51/11	
borra de fosfato	360	Ford Motor Company Brasil	S.Bernardo/SP	2011	AA51/11	
resíduos oleosos	100	Ford Motor Company Brasil	S.Bernardo/SP	2011	AA51/11	
produtos químicos vencidos	1	Ford Motor Company Brasil	S.Bernardo/SP	2011	AA51/11	
terra contaminada	60	Ford Motor Company Brasil	S.Bernardo/SP	2011	AA51/11	
BORRA DE THINER	12	VELLROY ESTALEIROS	cajamar/SP	2011	AA116/11	475
BASE AQUOSA DE TINTA/ÁGUA DE REAÇÃO DQO	220	PPG.IND. TINTAS E VERNIZES	cajamar/SP	2011	AA116/11	474
sacarias, elementos filtrantes e barricas	220	PPG.IND. TINTAS E VERNIZES	cajamar/SP	2011	AA116/11	
lodo de zippe	110	SGD Brasil vidros	sp	2011	AA116/11	444
resíduo do precipitador	300	SGD Brasil vidros	sp	2011	AA116/11	
epis com óleos e graxas	30	SGD Brasil vidros	sp	2011	AA116/11	
lambaio. Parte pincek, parte tecido	30	SGD Brasil vidros	sp	2011	AA116/11	
lã de vidro	20	SGD Brasil vidros	sp	2011	AA116/11	
borra oleosa	130	petrobras distribuidora	Caracarai/RO	2011	AA100/11	4963
lodo biológico classe I	10000	Petróleo Brasileiro S.A.	Cubatão/SP	2011	AA103/11	493
LODO Biológico classe II	10000	Petróleo Brasileiro S.A.	Cubatão/SP	2011	AA103/11	
Solo classe II	300000	Cia. Docas do Est. De São Paulo	SP	2011	AA103/11	459
Borra de tinta	150	MARCOPOLLO S/A	CAXIAS do sul/RS	2011	AA113/11	1420
sedimentos c/ Pb, Mg e Fe	500	Cia. Docas do Est. De São Paulo	SP	2011	AA112/11	459
inorganicos com chumbo	20	Durox prod. Químicos	Rio Claro/SP	2011	AA120/11	592
terra e serragem cont. c/óleo	15	tavex brasil S/A	Americana/sp	2011	AA120/11	538
solvente	10	tavex brasil S/A	Americana/sp	2011	AA120/11	
borra com ácido	5	tavex brasil S/A	Americana/sp	2011	AA120/11	
terra com corante	12	tavex brasil S/A	Americana/sp	2011	AA120/11	
resíduo c/ fuligem	150	tavex brasil S/A	Americana/sp	2011	AA120/11	
SILICA GEL	1	elektro eletrificadas e serviços	Capão bonito/SP	2011	AA120/11	664

EPIS, PANOS, ESTOPAS, ÓLEO, SOLVENTE, GRAXA	5	elektro eletricidades e serviços	Capão bonito/SP	2011	AA120/11	
terra, brita, areia e serragem c/óleo	50	elektro eletricidades e serviços	Capão bonito/SP	2011	AA120/11	
Telas de plasma e LCD	10	RECICLO METAIS COM. RES. SOL.	SP	2011	AA93/11	
TONNER	20	RECICLO METAIS COM. RES. SOL.	SP	2011	AA93/11	436
Somatório 2011	371038,4					
Borra oleosa	12000	aterro mantovani	Sto. Ant. Posse/SP	2010	501440/10	537
ACETONA, METIL-ETILCETONA, SOLVENTE E NAFTA	2,7	biolab farmaceutica	jandira/SP	2010	501410/10	471
trapos, estopas, epi's, borracha, madeira c/hidroc	4000	Petróleo Brasileiro S.A.	mauá/SP	2010	501509/10	460
borra oleosa	5000	Petróleo Brasileiro S.A.	mauá/SP	2010	501509/10	
coque	800	Petróleo Brasileiro S.A.	mauá/SP	2010	501509/10	
borra de tinta	800	Petróleo Brasileiro S.A.	mauá/SP	2010	501509/10	
areia contaminada com hidrocarbonetos	20000	Petróleo Brasileiro S.A.	mauá/SP	2010	501509/10	
catalisador	4000	Petróleo Brasileiro S.A.	mauá/SP	2010	501509/10	
borra de tinta	222	akzo nobel ltda	SP	2010	501619/10	465
PRODUTOS QUÍMICOS RECICLAGEM DE PAPEL	10	Orsa celulose, papel e embalagens	Paulínea/SP	2010	501621/10	523
Areia e terra contaminada c/hidrocarboneto	41000	Petróleo Brasileiro S.A.	mauá/SP	2010	501791/10	460
PRODUTOS QUÍMICOS RECICLAGEM DE PAPEL	10	jari, celulose, papel e embalagens	Paulínea/SP	2010	501625/10	523
solo contaminado	1500	dow brasil sudeste industrial	Guarujá/SP	2010	AA02/2010	522
areia contaminada com hidrocarbonetos	20	bann química ltda	SP	2010	AA03/10	433
RESÍDUO DE LIMPEZA DE CANALETA	30	bann química ltda	SP	2010	AA03/10	
Solventes	2	bann química ltda	SP	2010	AA03/10	
fenol stirenado	2	bann química ltda	SP	2010	AA03/10	
estireno polimerizado	200	bann química ltda	SP	2010	AA03/10	
borra de limpeza banzone-100	2	bann química ltda	SP	2010	AA03/10	
borra oleosa	1,5	bann química ltda	SP	2010	AA03/10	
sulfeto de sódio	4	bann química ltda	SP	2010	AA03/10	

lodo de ETE	150	bann química Ltda	SP	2010	AA03/10	
panos, papel, plásticos e EPI's (tinta, solvente,o & g)	20	sk ind. Aeroespacial	S.José dos camp/SP	2010	AA04/10	351
SOLO COM LUBRIFICANTE	10	Castrol brasil Ltda	valinhos/sp	2010	AA24/10	496
BORRA OLEOSA	10	Castrol brasil Ltda	valinhos/sp	2010	AA24/10	
lodo de ETE	28	PPG.IND. TINTAS E VERNIZES	SUMARÉ/SP	2010	AA08/10	515
lama, carvão e zeolita	9	colorado investimentos imob.	SP	2010	AA09/10	457
borra de tinta	300	scania latin america	S.Bernardo/SP	2010	AA33/10	469
produtos químicos	100	scania latin america	S.Bernardo/SP	2010	AA33/10	
resíduos com tintas, vernizes e solventes	100	scania latin america	S.Bernardo/SP	2010	AA33/10	
resinas catiônicas e aniônicas	100	scania latin america	S.Bernardo/SP	2010	AA33/10	
resíduos asfálticos, areia, brita, polímero borracha	20	petrobras distribuidora	betim/MG	2010	AA27/10	436
resíduo de detergente	60,5	Thyssen Krupp metalurgica	campo limpo paul/SP	2010	AA28/10	476
lodo e areia com óleo	54,5	Thyssen Krupp metalurgica	campo limpo paul/SP	2010	AA28/10	
borra de tinta	20	Thyssen Krupp metalurgica	campo limpo paul/SP	2010	AA28/10	
lubrificante	122	Thyssen Krupp metalurgica	campo limpo paul/SP	2010	AA28/10	
manta asfáltica	30,5	Thyssen Krupp metalurgica	campo limpo paul/SP	2010	AA28/10	
neutralizador	34	Thyssen Krupp metalurgica	campo limpo paul/SP	2010	AA28/10	
líquidos brancos smg não identificados	2,45	Thyssen Krupp metalurgica	campo limpo paul/SP	2010	AA28/10	
solos contaminados com hidrocarbonetos	500	Ipiranga produtos de petróleo S/A	S.caetano do sul/SP	2010	AA35/10	454
borra oleosa	500	Ipiranga produtos de petróleo S/A	S.caetano do sul/SP	2010	AA35/10	
trapos e embalagens com hidrocarbonetos	20	Ipiranga produtos de petróleo S/A	S.caetano do sul/SP	2010	AA35/10	
resíduo de biodiesel	100	Ipiranga produtos de petróleo S/A	S.caetano do sul/SP	2010	AA35/10	
Embalagens, panos, contaminadas medic e cosmét.	3300	RCR Representação e serviço	taboão da serra/SP	2010	AA36/10	468
cosméticos em geral	8000	RCR Representação e serviço	taboão da serra/SP	2010	AA36/10	
sanitizantes	3300	RCR Representação e serviço	taboão da serra/SP	2010	AA36/10	

remédios	3300	RCR Representação e serviço	taboão da serra/SP	2010	AA36/10	
bebidas alcoólicas	3300	RCR Representação e serviço	taboão da serra/SP	2010	AA36/10	
Papelão, plásticos e poliéster - tintas e solventes	74	SGD Brasil vidros	SP	2010	AA49/10	444
água com tinta	82	SGD Brasil vidros	SP	2010	AA49/10	
Solvente com tinta	20	Firestone pneus	Santo Andre	2010	AA61/10	461
borra de fosfato	16	steelcoat pinturas ind.	taubaté/SP	2010	AA68/10	326
borra de tinta	2	steelcoat pinturas ind.	taubaté/SP	2010	AA68/10	
borra desengraxante	2	steelcoat pinturas ind.	taubaté/SP	2010	AA68/10	
diversos contaminados (epis, panos, filtros)	2	steelcoat pinturas ind.	taubaté/SP	2010	AA68/10	
óleo desengraxante	3	steelcoat pinturas ind.	taubaté/SP	2010	AA68/10	
BORRA ÁCIDA	1440	GERDAU AÇO MINAS S/A.	Ouro Branco/MG	2010	AA67/10	355
dióxido de titânio sólido	120	RHODIA POLIAMIDA	Resende/RJ	2010	AA59/10	174
RESÍDUO DE GUARNIÇÃO FILTRANTE	250	RHODIA POLIAMIDA	Resende/RJ	2010	AA59/10	
Dióxido de titânio líquido	240	RHODIA POLIAMIDA	Resende/RJ	2010	AA59/10	
sebo bovino, cera parafina, carnaúba, bauxita	10	nicrotex mat.polimentos	Jundiaí/SP	2010	AA10/10	492
solo contaminado c/ óleo lubrificante	10	Castrol brasil ltda	valinhos/sp	2010	AA24/10	496
borra de lubrificante	10	Castrol brasil ltda	valinhos/sp	2010	AA24/10	
LODO DE ETE	28	PPG.IND. TINTAS E VERNIZES	SUMARÉ/SP	2010	AA08/10	529
Somatório 2010	115406,2					

Obs: destinação final em fornos de clínquer após a blendagem

Anexo III: Informações sobre consumo e fontes de energia elétrica para 1 t de clínquer

Referência	kwh/t	Observações
Çankayaa e Pekey, 2019	109.85	-
Giorgiopoulou e Lyberatos, 2018	120	-
Boesch et al., 2009	41	Os números médios são calculados a partir de um tamanho total da amostra de 169 linhas de produção (mín/máx: 18/64 kWh/t clínquer), todas divididas em diferentes categorias de forno.
García-Gusano et al., 2015	92	-
Zhang e Mabee, 2016	57	-
Valderrama et al., 2012	68	-
Güereca et al., 2015	75.88	Fontes de energia: termelétrica 73 %, vento 20 % e mix elétrico 7 % (46 % de gás natural, 7 % carvão duro, 3.9 % nuclear, 16.4 % termelétrica, eólica e geotérmica 0.15 %).
Boesch e Hellweg,, 2010	105	-
Boesch e Hellweg 2010	142	-

Anexo IV: Informações sobre consumo e fontes de energia elétrica para 1 t de cimento

Referência	kwh/t	Observações
Hossain et al., 2017	9.3	-
Li et al., 2015	30.92	-
Song et al., 2016	81.3	-
Chen et al., 2015	81.93	-
García-Gusano et al., 2015	39.1	-
Feiz et al., 2015	68.5	-
Strazza et al., 2011	110	-
Boesch e Hellweg, 2010	105	Baseada na média europeia, sendo 38 kWh utilizados em moagem. Os efeitos das modificações da produção de clínquer na eficiência energética, nas emissões e no consumo de recursos, são calculados com um modelo de produção de clínquer. O consumo mínimo de eletricidade por tonelada de cimento Portland foi estimado em aproximadamente 100 kWh (além do consumo de eletricidade na cadeia de suprimentos de produção de recursos e preparação de resíduos). No entanto, como o uso de eletricidade para moagem depende da finura necessária do cimento, cimentos com alta resistência inicial e alta resistência padrão podem ter um consumo de eletricidade substancialmente mais alto.
Boesch e Hellweg, 2010	142	Nos EUA, 57 kWh são utilizados para moagem do cimento.
Chen et al., 2010	70	-

ANEXO V: Cenários 1 t clínquer (Revisão de literatura)										
Referência	Participação no mix energético Comb. tradicionais e alternativos (percentual)	Matérias-primas (composição percentual)	MC (kg CO ₂ eq)	AT (kg SO ₂ eq)	EA (kg PO ₄ eq)	DO (kg CFC-11 eq)	FOF (kg C ₂ H ₄ eq)	DM (kg Sb eq)	DF (MJ eq)	Observação
Georgiopolou e Lyberatos, 2018	30 % carvão mineral e 70 % coque	Calcário 86.30 %, ardósia 9.08 %, fontes de Fe 1.82 %, 1.6 % de farinha, arenito 0.54 %, bauxita 0.23 %, agregados 0.20 %, cinzas volantes 0.18. <i>flysh</i> 0.05 %.	498	15.20	6.99 E-02	5.10 E-04	0.61	3.11 E-03	-	
	100 % carvão		498	14.20	7.22 E-02	4.88 E-04	0.57	3.00 E-03	-	
	100 % coque de petróleo		502	15.70	6.90 E-02	5.20 E-04	0.63	3.13 E-03	-	
	60 % coque de petróleo, 30 % carvão mineral e 10 % TDF		490	14.10	2.47 E+02	4.59 E-04	0.56	2.88 E-03	-	
	60 % coque de petróleo, 30 % carvão mineral e 10 % BS		490	14.70	6.47 E-02	4.59 E-04	0.59	2.88 E-03	-	
	60 % coque de petróleo, 30 % carvão mineral e 10 % RDF		483	13.70	8.03 E+02	4.59 E-04	0.54	2.88 E-03	-	
	60 % coque de petróleo, 30 % carvão mineral e 10 % TDF, BS e RDF		488	17.20	3.52 E+02	4.59 E-04	0.57	2.88 E-03	-	
	40 % coque de petróleo, 30 % carvão mineral e 30 % TDF		390	-	-	-	-	-	-	
	40 % coque de petróleo, 30 % carvão mineral e 30 % BS		390	-	-	-	-	-	-	
	40 % coque de petróleo, 30 % carvão mineral e 30 % RDF		370	-	-	-	-	-	-	
	40 % coque, 30 % carvão mineral e 30 % TDF, BS e RDF		385	-	-	-	-	-	-	
García-Gusano et al., 2015	81.7 % coque de petróleo, 0.97 % óleo combustível pesado, 0.12 % gás natural, 1.24 % carvão duro, 4.87 % pneus usados, 1.40 % farinha de osso, 0.85 % de lodo de esgoto municipal, 2.75 % combustível derivado de resíduo, 1.63 % resíduos de madeira, 1.18 % de serragem impregnada, 1.28 % vernizes e solventes, 0.19 % óleos usados, 0.72 % plásticos, 0.02 % celulose, papel e cartão, 0.01 %	72.3 % calcário, 17.8 % calcário marl., 5.1 % argila, 1.7 % areia, 0.54 % minério de ferro, 0.34 % caulim, 0.24 % areia silicosa, 0.17 % bauxita, 0.02 % feldspato, 0.01 % amônia, 0.01 % óxido de alumínio, 0.03 % óxido de alumínio, resíduos, 0.20 % cinzas de alto forno, 0.20 % lodos carbonizados, 0.05 % materiais cerâmicos, 0.05 % argila reciclada, 0.01 % sacarina de beterraba, 0.19 % cinzas volantes, 0.02 % areia de fundição, 0.31 % resíduos de	929	-	-	-	-	-	-	Cenário base espanhol em 2010.
			-	-	-	-	-	-	3536	Consumo térmico médio em MJ/t em 2010.
			-	-	-	-	-	-	3330	Cenário do consumo térmico em 2030 baseado em MTD.

	resíduos têxteis, 0.89 % outros sem biomassa e 0.09 % resíduos de hidrocarbonetos.	minério de ferro, 0.04 % ferro reciclado, 0.10 % resíduos de mina, 0.012 % outros materiais, 0.03 % escórias de refeição, 0.19 % cinzas de pirita e 0.06 % resíduos sólidos industriais.								
Boesch e Hellweg, 2010	48 % de coque de petróleo, 24 % de carvão mineral, 5 % de carvão marrom (linhito), 4 % de óleo e 1 % de gás natural. 3 % de pneus, 3 % de resíduos oleosos, 3 % resíduos perigosos, 3 % refeição animal e gordura, 3 % de outros, 1 % papel, papel-cartão e madeira, 1 % solventes, 1 % plásticos e serragem impregnada <1 %.	93.5 % matérias-primas tradicionais (calcário, marga, argila, xisto) e 6.5 % de materiais alternativos – 0.7%% de fontes de Si (ex: areia e areia de fundição), 1.1 % de fontes de Ca (ex: resíduos de calcário e cal descartado), 1.5 % de fontes de Fe (ex: minério de ferro, carepa e cinzas de pirita), 0.3 % de fontes de Al (ex: forros de latas gastos e lodo industrial), 1.8 % de fontes de Si-Al-Ca-Fe (ex: cinzas volantes, escória e cinzas volantes), 0.3 % solo (solo contaminado) e 0.8 % outros.	946	2.29	0.31	-	-	-	6050	Cenário corrente europeu.
	50 % mix de combustíveis fósseis tradicionais, 8 % de pneus, 8 % plásticos, 8 % solventes, 8 % resíduos oleosos. 7 % para lodo de esgoto, 7 % refeição animal e 4 % para papel, papel-cartão, madeira conjuntamente.		899	2.18	0.30	-	-	-	4490	50 % de substituição térmica de combustíveis tradicionais por alternativos.
	48 % de coque de petróleo, 24 % de carvão mineral, 5 % de carvão marrom (linhito), 4 % de óleo e 1 % de gás natural. 3 % de pneus, 3 % de resíduos oleosos, 3 % resíduos perigosos, 3 % refeição animal e gordura, 3 % de outros, 1 % papel, papel-cartão e madeira, 1 % solventes, 1 % plásticos e serragem impregnada <1 %.	89.5 % matérias-primas tradicionais, 6.5 % de materiais alternativos (0.7 % de fontes de Si (ex: areia e areia de fundição), 1.1 % de fontes de Ca (ex: resíduos de calcário e cal descartado), 1.5 % de fontes de Fe (ex: minério de ferro, carepa e cinzas de pirita), 0.3 % de fontes de Al (ex: forros de latas gastos e lodo industrial), 1.8 % de fontes de Si-Al-Ca-Fe (ex: cinzas volantes, escória e cinzas volantes), 0.3 % solo (solo contaminado) e 0.8 % outros), +1 % escória, +1 % de cinzas volantes, +1 % de calcário de resíduos e +1 % de solo contaminado.	944	2.29	0.31	-	-	-	6040	+4 % substituição por materiais alternativos, ou seja, 89.5 % matérias-primas tradicionais e 10.5 % de materiais alternativos.
	50 % mix de combustíveis fósseis tradicionais, 8 % de pneus, 8 % plásticos, 8 % solventes, 8 % resíduos oleosos. 7 % para lodo de esgoto, 7 % refeição animal e 4 % para papel, papel-cartão, madeira conjuntamente.		861	2.08	0.28	-	-	-	4200	Incluem os cenários de substituição de combustíveis, matérias-primas e eficiência energética.
	65 % de carvão mineral, 21 % de coque de petróleo, 3 % de gás natural e 1 % de óleo, 5 % óleos e solventes, 4 % de pneus, 2 %	92 % de matérias-primas tradicionais e 8 % de matérias-primas alternativas – 2.7 % de fontes de Si (ex: areia e areia de	1050	4.37	0.40	-	-	-	6180	Cenário médio norte-americano.

	outros.	fundição), 2.1 % de fontes de Fe (ex: minério de ferro, carepa e cinzas de pirita), 1.5 % de fontes de Si-Al-Ca-Fe (ex: cinzas volantes, escória e cinzas volantes), e 1.7 % outros.								
	50 % mix de combustíveis fósseis tradicionais, 8 % de pneus, 8 % plásticos, 8 % solventes, 8 % resíduos oleosos. 7 % para lodo de esgoto, 7 % refeição animal e 4 % para papel, papel-cartão, madeira conjuntamente.		985	4.47	0.41	-	-	-	4770	50 % de substituição térmica de combustíveis tradicionais por alternativos.
	65 % de carvão mineral, 21 % de coque de petróleo, 3 % de gás natural e 1 % de óleo, 5 % óleos e solventes, 4 % de pneus, 2 % outros.	88 % de matérias-primas tradicionais e 8 % de matérias-primas alternativas – 2.7 % de fontes de Si (ex: areia e areia de fundição), 2.1 % de fontes de Fe (ex: minério de ferro, carepa e cinzas de pirita), 1.5 % de fontes de Si-Al-Ca-Fe (ex: cinzas volantes, escória e cinzas volantes), e 1.7 % outros –, +1 % escória, +1 % de cinzas volantes, +1 % de calcário de resíduos e +1 % de solo contaminado.	1050	4.27	0.41	-	-	-	6210	4 % substituição por materiais alternativos, ou seja, 88 % de matérias-primas tradicionais e 12 % de matérias-primas alternativas.
	50 % mix de combustíveis fósseis tradicionais, 8 % de pneus, 8 % plásticos, 8 % solventes, 8 % resíduos oleosos. 7 % para lodo de esgoto, 7 % refeição animal e 4 % para papel, papel-cartão, madeira conjuntamente.		878	3.98	0.33	-	-	-	3600	Incluem os cenários de substituição de combustíveis, matérias-primas e eficiência energética.
	50 % de carvão mineral, 22.40 % de coque de petróleo, 0.80 % de gás natural, 13 % de resíduos sólidos urbanos preparados (RDF), 10.9 % de RI preparados, 2.20 % de pneus e 0.70 % de rejeitos de borracha.	Calcário 78.48 %, argila 20.35 % e minério de ferro 1.17 %.	937	1.31	0.20	-	-	-	4427	Dados de produção relatados.
	22.40 % de coque de petróleo, 0.80 % de gás natural, 50 % de pneus inteiros 13 % de resíduos sólidos urbanos preparados (RDF), 10.9 % de RI preparados, 2.20 % de pneus e 0.70 % de rejeitos de borracha.		944	1.55	0.25	-	-	-	4450	Dados de modelo específico.
	22.40 % de coque de petróleo, 0.80 % de gás natural, 60,9 % de RI preparados, 13 % de resíduos sólidos urbanos preparados (RDF), 2.20 % de pneus e 0.70 % de rejeitos de borracha.		922	-	-	-	-	-	4036	20 kg de pneus inteiros substituem o carvão mineral.
	22.40 % de coque de petróleo, 0.80 % de gás natural, 60,9 % de RI preparados, 13 % de resíduos sólidos urbanos preparados (RDF), 2.20 % de pneus e 0.70 % de rejeitos de borracha.		928	-	-	-	-	-	4225	20 kg de RI preparados substituem o carvão mineral.

Boesch et al., 2009	22.40 % de coque de petróleo, 50 % de lodo de esgoto seco 0.80 % de gás natural, 13 % de resíduos sólidos urbanos preparados (RDF), 10.9 % de RI preparados, 2.20 % de pneus e 0.70 % de rejeitos de borracha.		941	-	-	-	-	-	4516	20 kg de lodo de esgoto seco substituem o carvão mineral.	
	50 % de carvão mineral, 22.40 % de coque de petróleo, 0.80 % de gás natural, 13 % de resíduos sólidos urbanos preparados (RDF), 10.9 % de RI preparados, 2.20 % de pneus e 0.70 % de rejeitos de borracha.	98.83 % de lodo de esgoto e 1.17 % de minério de ferro.	937	-	-	-	-	-	4542	20 kg de escória de alto-forno substituem calcário e argila.	
Valderrama et al., 2012	99 % coque, 1 % demais combustíveis (carvão duro, diesel e óleo combustível pesado)	73 % calcário, 21 % argila, 4 % areia e 0.8 % de minério de ferro.	987	2.55	0.372	6.40 E-05	0.11	3.34	-	Linhas antigas.	
	100 % coque de petróleo		906	1.85	0.243	5.20 E-05	0.089	2.71	-	Dados de projeto.	
			938	2.16	0.310	5.50 E-05	0.093	2.88	-	1º trim. 2011.	
Çankaya e Pekey, 2019	87 % linhito importado, 11.99 % linhito local, 0.29 % óleo combustível leve, 0.55 % gás natural e 0.16 % RDF	74.85 % Calcário <i>marl.</i> , 21.18 % calcário, 1.69 % minério de ferro, 0.79 % folhelho de argila, 0.70 % bauxita, 0.54 % cascalho (brita) e 0.24 % cinzas de pirita.	890	8.41	0.108	2.52 E-06	2.83 E-02	-	2170	Cenário tradicional - Acidificação terrestre.	
	86 % linhito importado, 6 % de coque de petróleo, 1 % lodo seco, 4 % RDF, 3 % óleo residual, > 1 % óleo combustível e gás natural.	49.90 % calcário <i>marl.</i> , 45.49 % calcário, 2.37 % minério de ferro, 1.05 % bauxita, 0.55 % cinzas de alto forno, 0.36 folhelho de argila, 0.18 % cinzas volantes, 0.08 % lamas de alumínio e 0.02 % lamas de ferro.	878	6.75	0.104	1.92 E-06	2.23 E-02	-	1930	Cenário alternativo - Acidificação terrestre.	
	87 % linhito importado 11.99 % linhito local, 0.29 % óleo combustível leve, 0.55 % gás natural e 0.16 % RDF	74.85 % Calcário <i>marl.</i> , 21.18 % calcário, 1.69 %, minério de ferro, 0.79 % folhelho de argila, 0.70 % bauxita, 0.54 % cascalho (brita) e 0.24 % cinzas de pirita.	-	1.33	-	-	-	-	-	Cenário tradicional - Acidificação aquática	
	86 % linhito importado, 6 % de coque de petróleo, 1 % lodo seco, 4 % RDF, 3 % óleo residual, > 1 % óleo combustível e gás natural.	49.90 % calcário <i>marl.</i> , 45.49 % calcário, 2.37 % minério de ferro, 1.05 % bauxita, 0.55 % cinzas de alto forno, 0.36 folhelho de argila, 0.18 % cinzas volantes, 0.08 % lamas de alumínio e 0.02 % lamas de ferro.	-	1.05	-	-	-	-	-	Cenário tradicional - Acidificação aquática	

Zhang e Mabee, 2016	99 % coque de petróleo e 1 % carvão mineral	73.3 % calcário, 21.5 % argila, 4.2 % areia e 0.8 % minério de ferro.	971	-	-	-	-	-	-	
	100 % de resíduos de C e D		582	-	-	-	-	-	-	
	100 % de telhas de asfalto		827.6	-	-	-	-	-	-	
	100 % ligas de ferro (verificar tradução)		669.4	-	-	-	-	-	-	
	100 % plásticos		856.6	-	-	-	-	-	-	
Güereca et al., 2015	100 % coque de petróleo	98.16 % calcário e argila e 1.83 % minério de ferro.	966	2.39	0.39	5.30 E-05	-	-	-	
	80 % coque de petróleo e 20 % RDF (50 % de plásticos, 32 % de papel e papelão, 10 % de têxteis e 8 % de madeira)		932	1.67	0.19	4.30 E-05	-	-	-	

Anexo VI: Cenários 1 t cimento (Revisão de Literatura)

Referência	Participação no mix energético (%)	Tipos de matérias-primas – transformar tonelada	MC (kg CO ₂ eq)	AT (kg SO ₂ eq)	EA (kg PO ₄ eq)	DO (kg CFC-11 eq)	FOF (kg C ₂ H ₄ eq)	DM (kg Sb eq)	DF (MJ eq)	Observação
Li et al., 2015	48.79 % energia térmica, 48.78 % carvão mineral, eletricidade 1.85 %, resíduos recicláveis de combustíveis fósseis 0.35 % e biomassa 0.23 %.	90.26 % calcário, 5.19 % arenito, 1.20 % rejeitos ferrosos, 2.88 % gesso e 0.48 % escórias + cinzas volantes.	779	1.11	0.28	-	-	-	-	
Boesch e Hellweg, 2010	48 % de coque de petróleo, 24 % de carvão mineral, 5 % de carvão marrom (linhito), 4 % de óleo e 1 % de gás natural. 3 % de pneus, 3 % de resíduos oleosos, 3 % resíduos perigosos, 3 % de refeição animal e gordura, 3 % de outros, 1 % papel, papel-cartão e madeira, 1 % solventes, 1 % plásticos e serragem impregnada.	95 % clínquer e 5 % gesso.	903	2.26	0.294	-	-	-	6140	Cenário corrente europeu.
	50 % mix de combustíveis fósseis tradicionais, 8 % pneus, 8 % plásticos, 8 % solventes, 8 % resíduos oleosos. 7 % para lodo de esgoto, 7 % refeição animal e 4 % para papel, papel-cartão, madeira conjuntamente.		850	2.15	0.285	-	-	-	4700	50 % de substituição térmica de combustíveis tradicionais por alternativos.
	48 % de coque de petróleo, 24 % de		901	2.26	0.294	-	-	-	6130	4 %

Boesch e Hellweg, 2010	carvão mineral, 5 % de carvão marrom (linhito), 4 % de óleo e 1 % de gás natural. 3 % de pneus, 3 % de resíduos oleosos, 3 % de resíduos perigosos, 3 % de refeição animal e gordura, 3 % de outros, 1 % papel, papel-cartão e madeira, 1 % solventes, 1 % plásticos e serragem impregnada <1 %.									substituição por materiais alternativos, ou seja, 89.5 % de matérias-primas tradicionais e 10.5 % de materiais alternativos no clínquer.
	50 % mix de combustíveis fósseis tradicionais, 8 % de pneus, 8 % plásticos, 8 % solventes, 8 % resíduos oleosos. 7 % para lodo de esgoto, 7 % refeição animal e 4 % para papel, papel-cartão, madeira conjuntamente.		822	2.05	0.265	-	-	-	4380	Incluem os cenários de substituição de combustíveis, matérias-primas e eficiência energética.
	65 % de carvão mineral, 21 % de coque de petróleo, 3 % de gás natural e 1 % de óleo, 5 % óleos e solventes, 4 % de pneus, 2 % outros.	95 % de clínquer e 5 % gesso.	1000	4.39	0.388	-	-	-	6440	Cenário corrente norte-americano.
	50 % mix de combustíveis fósseis tradicionais, 8 % de pneus, 8 % plásticos, 8 % solventes, 8 % resíduos oleosos. 7 % para lodo de esgoto, 7 % de refeição animal e 4 % para papel, papel-cartão e madeira conjuntamente.		936	4.39	0.384	-	-	-	5070	50 % de substituição térmica de combustíveis tradicionais por alternativos.
	65 % de carvão mineral, 21 % de coque de petróleo, 3 % de gás natural e 1 % de óleo, 5 % óleos e solventes, 4 % de pneus, 2 % outros.		993	4.23	0.384	-	-	-	6370	4 % substituição por materiais alternativos, ou seja, 88 % de matérias-primas tradicionais e 12 % de matérias-primas alternativas no clínquer.

	50 % mix de combustíveis fósseis tradicionais, 8 % de pneus, 8 % plásticos, 8 % solventes, 8 % resíduos oleosos. 7 % para lodo de esgoto, 7 % de refeição animal e 4 % para papel, papel-cartão e madeira conjuntamente.		820	3.80	0.303	-	-	-	3700	Incluem os cenários de substituição de combustíveis e matérias-primas mais eficiência energética.
García-Gusano et al., 2015	-	97.5 % de clínquer e 2.5 % demais componentes.	799	-	-	-	-	-	-	Cenário base espanhol de 2010 para cimento I. Apenas acréscimo extra de eletricidade.
	81.7 % coque de petróleo, 0.97 % óleo combustível pesado, 0.12 % gás natural, 1.24 % carvão duro, 4.87 % pneus usados, 1.40 % farinha de osso, 0.85 % de lodo de esgoto municipal, 2.75 % combustível derivado de resíduo, 1.63 % resíduos de madeira, 1.18 % de serragem impregnada, 1.28 % vernizes e solventes, 0.19 % óleos usados, 0.72 % plásticos, 0.02 % celulose, papel e cartão, 0.01 % resíduos têxteis, 0.89 % outros sem biomassa e 0.09 % resíduos de hidrocarbonetos.	97.5 % de clínquer e 2.5 % demais componentes.	775	-	-	-	-	-	-	Cenário de eficiência energética.
		Relação clínquer/cimento: de 0.8 para 0.7.	715	-	-	-	-	-	-	Substituição de materiais no clínquer.
	Partilha de combustíveis alternativos: de 15.8 para 50 % (em energia).	97.5 % de clínquer.	743	-	-	-	-	-	-	Cenário de substituições de combustíveis alternativos.
	Partilha de combustíveis alternativos: de 15.8 para 50 % (em energia).	Relação clínquer/cimento: de 0.8 para 0.7.	628	-	-	-	-	-	-	Todas as medidas em conjunto.
Çankaya e Pekey, 2019	-	Clínquer 93 %, gesso 6 % e calcário 1 %.	850	8.20	0.108	2.71 E-06	0.03	-	2330	Cenário tradicional Eletricidade (kWh) 109.85.
			-	1.37	-	-	-	-	-	Acidificação aquática.

	-	Clínquer 92 %, gesso 5 % e calcário 3 %.	838	6.71	0.106	2.22 E-06	0.02	-	2190	Cenário alternativo Eletricidade (kWh) 114.67.
			-	1.15	-	-	-	-	-	Acidificação aquática.
Hossain et al., 2017	94 % de carvão mineral e 6 % de pallets de madeira (estimados a partir das emissões de CO ₂ /t).	92 % clínquer (80 % calcário, 9 % areia, 9 % argila e 2 % minério de ferro), 5 % gesso e 3 % calcário em pó.	980	-	-	-	-	-	5732	Cimento Portland comum (OPC) – cenário base.
		Idem (com diferentes bases de dados para o cenário alternativo).	979	-	-	-	-	-	5767	Cimento Portland comum (OPC) – cenário alternativo.
		75 % clínquer (idem), 5 % gesso e 20 % cinzas volantes pulverizadas.	806	-	-	-	-	-	4790	Cimento Portland cinzas volantes (PFC) – cenário base.
		Idem (com diferentes bases de dados para o cenário alternativo).	805	-	-	-	-	-	4819	Cimento Portland cinzas volantes (PFC) – cenário alternativo.
		90 % clínquer (idem), 5 % gesso, 2 % calcário em pó e 3 % casco de vidro.	960	-	-	-	-	-	5624	Cimento ecológico vidro (Eco GC-1) –cenário base.
		Idem (com diferentes bases de dados para o cenário alternativo).	958	-	-	-	-	-	5658	Cimento ecológico vidro (Eco GC-1) –cenário alternativo.
		75 % clínquer (idem), 5 % gesso e 20 % cascos de vidro.	809	-	-	-	-	-	4830	Cimento ecológico vidro (Eco GC-2) –cenário base.
		Idem (com diferentes bases de dados para o cenário	807	-	-	-	-	-	4858	Cimento ecológico

		alternativo).								vidro (Eco GC-2) –cenário alternativo.
Song et al., 2016	100 % carvão.	De 80 a 95 % de clínquer e gesso.	678	2.51	0.159	6.15 E-07	0.128	2.65 E-06	-	Linha de base.
		50 % de gesso e clínquer 50 % escória de carboneto.	673	2.48	0.154	5.31 E-07	0.121	1.95 E-06	-	Cenário 1-1.
		20 % de gesso e clínquer 80 % escória de carboneto.	670	2.47	0.152	4.81 E-07	0.117	1.52 E-06	-	Cenário 1-2.
		100 % escória de carboneto.	667	2.46	0.150	4.48 E-07	0.114	1.24 E-06	-	Cenário 1-3.
	80 % carvão e 20 % de palha de milho.	90 % escória de carboneto e 10 % escória de calcário.	670	2.46	0.150	4.48 E-07	0.114	1.24 E-06	-	Cenário 2-1.
	70 % carvão e 30 % de palha de milho.	80 % escória de carboneto e 20 % escória de calcário.	672	2.46	0.150	4.48 E-07	0.114	1.24 E-06	-	Cenário 2-2.
	50 % carvão e 50 % de palha de milho.	70 % escória de carboneto e 30 % escória de calcário.	674	2.46	0.150	4.48 E-07	0.114	1.24 E-06	-	Cenário 2-3.
Chen et al., 2010	47.21 % de coque de petróleo, 16.79 % óleo combustível pesado, 10.28 % carvão duro, 0.65 % gás natural (estimado), 13.64 % destilados leves e 11.43 % resíduos (estimado).	95 % clínquer e 5 % gesso.	782	3.49	0.504	4.20 E-05	0.111	2.43 E-06	-	- Estudo (diferentes fontes de dados). - Equalizado de 1 kg para 1 t de cimento.
		95 % clínquer e 5 % gesso.	899	0.224	0.297	4.20 E-05	0.102	2.43 E-06	-	- ATILH (indústria francesa). - Equalizado de 1 kg para 1 t de cimento.
Chen et al., 2015	100 % carvão.	58.22 % calcário, 2.93 % gesso, 20.85 % água, 3.17 % arenito, 0.85 % concreto de pirita e 13.98 % cinzas volantes.	734.12	0.89	0.0102	1.28 E-06	0.033	-	3270	Forno moderado.
			-	5.58	-	-	-	-	-	Acidificação terrestre.
		45 % calcário, 2 % gesso, 37 % água, 7 % arenito, 3 % lamito, 2 % pó de ferro e 4 % de escória.	801.95	2.54	0.0103	1.59 E-06	0.0465	-	4390	Forno pequeno.
			-	18.22	-	-	-	-	-	Acidificação terrestre.
		16.76 % calcário, 1.42 % gesso, 74.42 % água, 1.52 % arenito, 0.56 % xisto, 0.36 % escória de níquel, 0.82 % e 4.15 % cinzas volantes.	639.09	0.98	0.009	1.29 E-06	0.0369	-	3600	Forno amplo.
			-	6.13	-	-	-	-	-	Acidificação terrestre.
		51.71 % calcário, 1.88 % gesso, 37.25 % água, 2.35 % dolomita,	1000	3.82	0.0136	1.54 E-06	0.047	-	5260	Forno de eixo.
			-	20.35	-	-	-	-	-	Acidificação terrestre.

		1.48 % argila vermelha, 0.80 % pó de ferro, 3.11 % escória de magnésio e 1.41 % escória.								
Feiz et al. 2015	44 % de carvão, 35.11 % RDF (silo), 15.33 % linhito, 2.32 % pneus, 1.58 % RDF (aglomerado), 0.99 % RDF (forno), 0.64 % óleo combustível leve.	90 % clínquer, 10 % outros componentes.	779	-	-	-	-	-	-	Cimento I.
		100 % clínquer.	850	-	-	-	-	-	-	Clínquer.
		40 % clínquer, 53 % escória granulada de alto forno e 7 % de outros componentes.	385	-	-	-	-	-	-	Portfólio de cimento (genérico).
Strazza et al. 2011	65 % carvão, 3.05 % óleo combustível pesado, 9.18 % combustíveis não convencionais e 0.77 % gás natural e 22 % de plásticos.	90 % calcário, argila e marga e 10 % areia, bauxita e minério de ferro.	-	-	-	-	-	-	5400	Cenário A renovável.
	65 % carvão, 3.05 % óleo combustível pesado, 9.18 % combustíveis não convencionais e 0.77 % gás natural e 22 % coque de petróleo.		-	-	-	-	-	-	6400	Cenário B não-renovável.