

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO
TRABALHO**

MARCELO ERNANDES INFANTINI

**AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO DE UMA UNIDADE DE
PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL DERIVADO DE RESÍDUO – CDR**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2016

MARCELO ERNANDES INFANTINI

**AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO DE UMA UNIDADE DE
PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL DERIVADO DE RESÍDUO – CDR**

Monografia apresentada como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Especialista no curso de Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR.

Orientador: Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara

**CURITIBA
2016**

MARCELO ERNANDES INFANTINI

**AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO DE UMA UNIDADE DE
PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL DERIVADO DE RESÍDUO – CDR**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Banca:

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. Dr. Ronaldo Luis dos Santos Izzo
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara (orientador)
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba
2016

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a minha família,
pelo apoio incondicional que tornou
possível este momento.*

AGRADECIMENTOS

A Deus e ao meu anjo da guarda.

A minha querida mãe, Nézia E. E. Infantini pelo incentivo e total auxílio.

A minha amada Rafaela Jantsch dos Reis pela total compreensão e carinho, fundamentais para conclusão deste trabalho e também a pequena Nathália.

A toda a minha família, em especial aos meus irmãos, Elisiane, Patrícia e Junior, aos cunhados Mario e Marcos e sobrinhos, por todo o apoio prestado nessa longa jornada.

Ao meu co-orientador Professor Dr. Rodrigo Eduardo Catai pelo profissionalismo, dedicação e pela contribuição na minha formação acadêmica.

A Elisiane E. I. Wanzuita pelo apoio técnico.

Ao Dr. Marcos Flavio S. Borba pelo apoio técnico e revisão deste trabalho.

Ao Eng. Mario Carlos M. Wanzuita pelo apoio técnico e revisão deste trabalho.

RESUMO

O contínuo e acentuado crescimento dos agregados populacionais e industriais, o aumento descontrolado na quantidade de resíduos produzidos mundialmente, os volumes que a característica física dos resíduos representa e a escassez de áreas para o acúmulo desses resíduos de forma ambientalmente adequada sugerem que novas técnicas de tratamento e destino dos resíduos sejam discutidas e avaliadas. E a produção de Combustível Derivado de Resíduo (CDR) a partir de resíduos classe II – não perigosos para substituição de combustíveis utilizados em fornos de clínquerização, através de reaproveitamento energético (coprocessamento) em fábricas de produção de cimento é uma excelente alternativa tecnológica. Este trabalho teve a finalidade de avaliar o nível de pressão sonora a que estão expostos os colaboradores que exercem as atividades administrativas e operacionais em uma unidade de preparo de Combustível Derivado de Resíduo – CDR. As medições por dosimetria, e avaliações realizadas apontam que a jornada de trabalho dos colaboradores não é insalubre. Já as medições por medidor de nível de pressão sonora apontam que existem pontos de emissão de pressão sonora que ultrapassam os limites de tolerância para ruído sendo necessária assim a adoção de equipamentos de proteção auriculares visando a neutralização da insalubridade.

Palavras Chave: Combustível Derivado de Resíduo – CDR, ruído, insalubridade.

ABSTRACT

The intense and continue growth of the industrial and population, the uncontrolled increase of industrial residues worldwide production, the physical residues volumes characteristics represents and the areas insufficiency for the environmentally residues increase suggest that new techniques of treatment and disposal of residues need to be argued and evaluated. And the Refuse Derived Fuel (RDF) production from class II-not dangerous residues for the fuel displacement used in clinkering furnace through the energetic reuse (coprocessing) in cement production factories is an excellent technological alternative. This work has the objective to evaluate the sound pressure level that the collaborators that practice operational and administration activities in a preparation unit of Refuse Derived Fuel-RDF are exposed. The measurement by dosimetry and the performed evaluation show that the collaborators working hours is not insalubrious. But the measurement by the sound level meter show there are sound pressure points exceeding limits of tolerance for noise therefore necessary to adopt ear protection equipment in order to neutralize the insalubrity.

Key Words: Refuse Derived Fuel-RDF, noise, insalubrity.

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE QUADROS	11
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	12
1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivo Geral	16
1.2 Objetivos Específicos.....	17
1.3 Justificativas.....	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1 Resíduos Sólidos Urbano no Brasil.....	18
2.2 Geração de Resíduo Sólido Urbano - RSU em Curitiba/PR	19
2.2.1 Composição do Resíduo Sólido Urbano - RSU de Curitiba/PR.....	20
2.2.1 Destino do Resíduo Sólido Urbano - RSU de Curitiba/PR.....	22
2.3 Processo de Fabricação do Cimento	25
2.3.1 Indústria do cimento no Brasil.....	25
2.3.2 Fabricação do cimento	26
2.3.3 Combustível Derivado de Resíduo – CDR	42
2.4 Ruído	43
2.4.1 Característica do Som	44
2.4.2 Classificação de Ruído	44
2.4.3 Limites de Exposição.....	45
2.4.4 Efeitos da exposição sonora e distúrbios do ouvido.....	47
2.4.5 Medição da audição.....	48
2.4.6 Controle do ruído.....	50
3 METODOLOGIA.....	52
3.1 Descrição da Empresa.....	52
3.1.1 Estrutura organizacional	52
3.1.2 Caracterização dos Grupos Homogêneos de Exposição	57
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	60
4.1 Resultados Pontuais - Decibelímetro	60
4.2 Resultados dos postos de trabalho – Dosimetria.....	62
5 CONCLUSÃO.....	66
REFERÊNCIAS	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Geração de RSU ano e per capita no Brasil	18
Figura 2 - Produção média anual de lixo doméstico per capita em Curitiba.....	20
Figura 3 - Demonstrativos de resíduos dispostos no aterro sanitário 2000 a 2009...	23
Figura 4 - Produção de Cimento no Brasil de 1970 a 2011	25
Figura 5 - Produção de cimento no brasil por região no ano de 2011	26
Figura 6 - Produção de cimento pelo processo via seca	27
Figura 7 - Esquema das reações que ocorrem em processo de fabricação de clínquer de cimento Portland.....	29
Figura 8 - Forno rotativo com ciclone pré-aquecedor e coletor de material particulado dos gases – produção de clínquer	30
Figura 10 Dosímetro de ruído digital Portátil da marca Instrutherm, modelo DOS 500 utilizado na medição de ruído.....	59
Figura 11 – Nível de exposição – Dosimetria x Nível de exposição – Decibelímetro x Limite de tolerância.	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição gravimétrica média do RSU no Brasil.....	19
Tabela 2 - Geração de resíduos em Curitiba.....	21
Tabela 3 - Quantitativo de RSU gerado em Curitiba	22
Tabela 4 - Calor necessário para os processos via seca e úmida	31
Tabela 5 - Zonas térmicas nos fornos de clínquer	32
Tabela 6 - Parâmetros normais de operação de incineradores de resíduos perigosos em fornos de cimento.....	35
Tabela 7 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente.....	46
Tabela 8 - Tempo máximo diário de exposição permissível em função nível de ruído	47
Tabela 9 - Descritivo dos setor, cargo e atividades administrativas.....	53
Tabela 10 - Descritivo dos setor, cargo e atividades operacionais.....	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1– Medição por decibelímetro	61
Quadro 2 – Medição por dosimetria Fonte: O autor, 2016.	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABCP** – Associação Brasileira de Cimento Portland
- ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABRELPE** – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
- CDR** – Combustíveis Derivados de Resíduos
- CNAE** – Classificação Nacional das Atividades Econômicas
- CONAMA** – Conselho Nacional de Meio Ambiente
- CONRESOL** – Consórcio Intermunicipal para Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos
- CSR** – Combustível Sólido Recuperado
- dB** – Decibel
- EMR** – Exposto de Maior Risco
- EPI** – Equipamento de Proteção Individual
- ETE** – Estação de Tratamento de Efluentes
- GHE** – Grupos Homogêneos de Exposição
- Hz** – Hertz
- IAP** – Instituto Ambiental do Paraná
- IBAMA** – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IPPUC** – Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba
- ISO** – International Organization for Standardization
- NBR** – Norma Brasileira
- NR** – Norma Regulamentadora
- NHO** – Norma de Higiene Ocupacional
- PCA** – Plano de Controle Ambiental
- PCI** – Poder Calórico Inferior
- PGIRS** - Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
- PNRS** – Política Nacional de Resíduo Sólido
- PNS** – Política Nacional de Saneamento
- RBC** – Rede Brasileira de Calibração
- RCC** - Resíduos de Construção Civil
- RSU** – Resíduos Sólidos Urbanos
- S.I.** – Sistema Internacional de Unidades
- SNIC** – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento
- SIPAR** – Sistema Integrado de Processamento e Aproveitamento de Resíduos
- SLOW** - Circuito de Resposta Lenta
- SRT** - Limiar de Reconhecimento de Fala

1. INTRODUÇÃO

Acompanhando o crescimento populacional desenfreado, a geração de resíduos no mundo é notoriamente progressiva tanto nos meios industriais quanto nos urbanos, o que tem provocado intenso debate, principalmente sobre a sua destinação.

Poucos setores produtivos levam em consideração o que será feito após o consumo com as partes que compõem o seu produto final, como por exemplo, embalagens e/ou uma parcela desse produto que não é mais passível de ser utilizada de acordo com o seu propósito inicial de mercado.

Com isso têm-se índices de geração de resíduos em constante crescimento, principalmente em grandes conglomerados urbanos onde a população gera os chamados Resíduos Sólidos Urbanos, RSU, em sua grande maioria nos domicílios.

Historicamente os RSU são recolhidos, depositados e acumulados em grandes áreas com pouco ou nenhum controle ou acompanhamento do seu comportamento ao longo do tempo. Tal prática de deposição é comum em nosso país, principalmente em municípios de interior, onde é comumente conhecido como lixão. Segundo a ABRELPE (2014), em pesquisa realizada durante o ano de 2014 foi constatado que ainda alarmantes 41,6% do RSU gerado em nosso país é encaminhado para lixões ou aterros controlados, os quais pouco se diferenciam dos lixões, uma vez que ambos não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações.

Como consequência verifica-se uma grande agressão ao meio ambiente, já que, além de existirem materiais com tempo de degradação de milhares de anos, os locais de depósito não possuem uma preparação e impermeabilização prévia do solo e não há preocupação com o chorume (líquido de coloração escura, formado pela massa de lixo) gerado que acaba contaminando o solo e as águas subterrâneas, podendo disseminar doenças a população, além da liberação de gases prejudiciais à saúde e ao meio ambiente.

Outro ponto discutível e diretamente ligado as questões ambientais é a exploração de recursos naturais utilizados na geração de energia para a fabricação dos produtos, que posteriormente acabam perdendo a sua serventia específica e acabam compondo o chamado “lixo”.

Segundo o Política Nacional de Resíduo Sólido, em sua Lei Nº 12.305/2010, em seu Art. 9º o destino destes materiais deve seguir a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. E em seu § 1º do mesmo artigo, é definido que poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos.

O coprocessamento de resíduos em fábricas de cimentos, em seus fornos de produção de clínquer, matéria prima do cimento, segundo o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA em sua Resolução nº 264/1999 é uma forma de utilizar os resíduos como substituto de combustível, para fins de reaproveitamento de energia. A produção de Combustíveis Derivados de Resíduos, CDR, a partir de resíduos industriais ou urbanos é uma forma de realizar esse reaproveitamento.

Segundo o IBAMA através da Instrução Normativa IBAMA Nº 1 DE 25/01/2013, em seu *anexo II - lista de operações de destinação final*, considera como uma forma de Reciclagem a *“utilização como combustível (mas não incineração direta) ou outros meios de gerar energia (por exemplo: coprocessamento em fornos de cimento, etc.)”*.

E para que o processo produtivo desse combustível ocorra de forma a atender as legislações nacionais de segurança do trabalho, visando a saúde dos colaboradores, é de suma importância que os níveis de pressão sonora sejam monitoradas, principalmente considerando as operações unitárias utilizadas nessas plantas.

Assim, este trabalho objetiva analisar o nível de pressão sonora emitido a partir das principais atividades realizadas na unidade industrial de preparo de Combustível Derivado de Resíduo, CDR, destinados ao Coprocessamento em fábricas de produção de cimento, mais especificamente em seus fornos de produção do clínquer, minério artificial utilizado na fabricação do cimento.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta monografia foi avaliar o nível de pressão sonora a que estão expostos os colaboradores que exercem as atividades administrativas e operacionais em uma unidade de preparo de Combustível Derivado de Resíduo – CDR.

1.2 Objetivos Específicos

Para tornar possível atingir com êxito o objetivo geral deste trabalho foram estabelecidos objetivos específicos que são listados a seguir:

- Caracterizar os ambientes de trabalho das diferentes etapas que compõem as atividades envolvidas na produção de CDR da unidade em estudo;
- Caracterizar e identificar as principais fontes de ruído existentes na unidade determinando os Grupos Homogêneos de Exposição (GHE) ao ruído, identificando o Exposto de Maior Risco (EMR);
- Avaliar o nível de pressão sonora utilizando o decibelímetro e dosimetria nos setores em análise;
- Analisar os resultados e obtidos e identificar a atenuação necessária para que os limites máximos de exposição sejam atendidos.

1.3 Justificativas

A crescente urbanização e a ampliação industrial no Brasil apontem uma tendência de crescimento na geração de resíduo, criando oportunidades crescentes de uso do CDR, em processos que ao mesmo tempo reduzem impactos ambientais e custos energéticos da indústria cimenteira. Tal contexto justifica que se avalie as atividades exercidas pelos trabalhadores, dando grande importância aos níveis de pressão sonora ocupacional a que os mesmos são expostos de modo a evitar danos à saúde e a possibilidade de perdas auditivas.

Sendo assim, o presente trabalho objetiva a avaliação dos níveis de pressão sonora a que os trabalhadores envolvidos na unidade de produção de CDR estão expostos durante a sua jornada de trabalho, a fim de definir se existe a necessidade de atenuação e, caso sim, em que quantidades.

A avaliação dos níveis exposição de pressão sonora é de grande importância para caracterizar a insalubridade da atividade determinando inclusive os valores adicionais a serem pagos aos trabalhadores.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Resíduos Sólidos Urbano no Brasil

Segundo a definição estabelecida na Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS os resíduos sólidos urbanos englobam os resíduos domiciliares, isto é, aqueles originários de atividades domésticas em residências urbanas e os resíduos de limpeza urbana, quais sejam, os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, bem como de outros serviços.

Segundo o relatório da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2011) o Brasil tem apresentado índices de crescimento na geração anual e geração per capita de RSU superiores aos índices de crescimento populacional nos últimos anos. Em pesquisa desenvolvida pela associação o Brasil obteve um aumento de 0,8% no índice de geração per capita de RSU e um acréscimo de 1,8% na quantidade total gerada conforme demonstrados nos Figura 1.

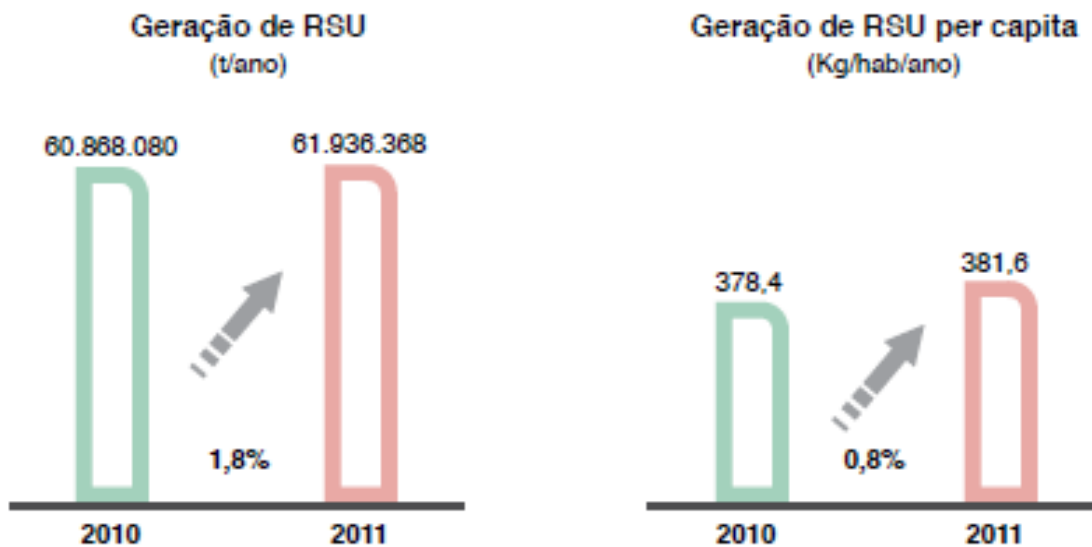


Figura 1 - Geração de RSU ano e per capita no Brasil
FONTE: ABRELPE, 2011.

Segundo a ABRALPE e o PNRS, no Brasil a composição gravimétrica média dos RSU coletados nos permite visualizar de um modo geral a participação de diferentes materiais na fração total dos RSU conforme apresentado na Tabela 1. A composição, porém, é bastante diversificada nas diferentes regiões, uma vez que está diretamente relacionada com características, hábitos e costumes de consumo e descarte da população local (ABRELPE, 2011).

MATERIAL	PARTICIPAÇÃO (%)	QUANTIDADE (t/ano)
Metais	2,9	1.610.499
Papel, Papelão e TetraPak	13,1	7.275.012
Plástico	13,5	7.497.149
Vidro	2,4	1.332.827
Matéria Orgânica	51,4	28.544.702
Outros	16,7	9.274.251
TOTAL	100,0	55.534.440

Tabela 1 - Composição gravimétrica média do RSU no Brasil
 FONTE: Adaptado de ABRELPE, 2011 e PNRS, 2012.

2.2 Geração de Resíduo Sólido Urbano - RSU em Curitiba/PR

A cidade de Curitiba, capital do Estado do Paraná, está situada na latitude 25°25'40" S Equador e de longitude 49°16'23" W Greenwich, 934,6 m acima do nível do mar, no primeiro planalto paranaense e no Bioma da Mata Atlântica (IPPUC, 2010). Sua população é de 1.751.907 habitantes (IBGE 2010). Segundo o CONRESOL 2008, a população estimada para 2020 é de aproximadamente 2.073.328 de habitantes.

O resíduo doméstico gerado por habitante em Curitiba tem crescido nas últimas décadas, como mostrado na Figura 2, porém a velocidade deste crescimento está reduzindo.

Segundo o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, PGIRS, da Cidade de Curitiba, elaborado em Outubro de 2010, que segundo o mesmo foi desenvolvido em conformidade com a Lei Federal nº 11.445/07, que estabelece a Política Nacional

de Saneamento, PNS, e a Lei Federal 12.305/10 que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos, são coletadas uma média de 2.344,06 toneladas de resíduos por dia no município. Desta forma tem-se uma produção per capita estimada em 1,33 kg/hab/dia considerando a população disponibilizada no último censo demográfico realizado pelo IBGE (2010).

Em Curitiba a coleta de lixo está universalizada e é quase 11% superior ao padrão nacional atingindo 99% da sua população. Atendendo mais de 90% dos domicílios nas duas últimas décadas (IPPUC, 2010).

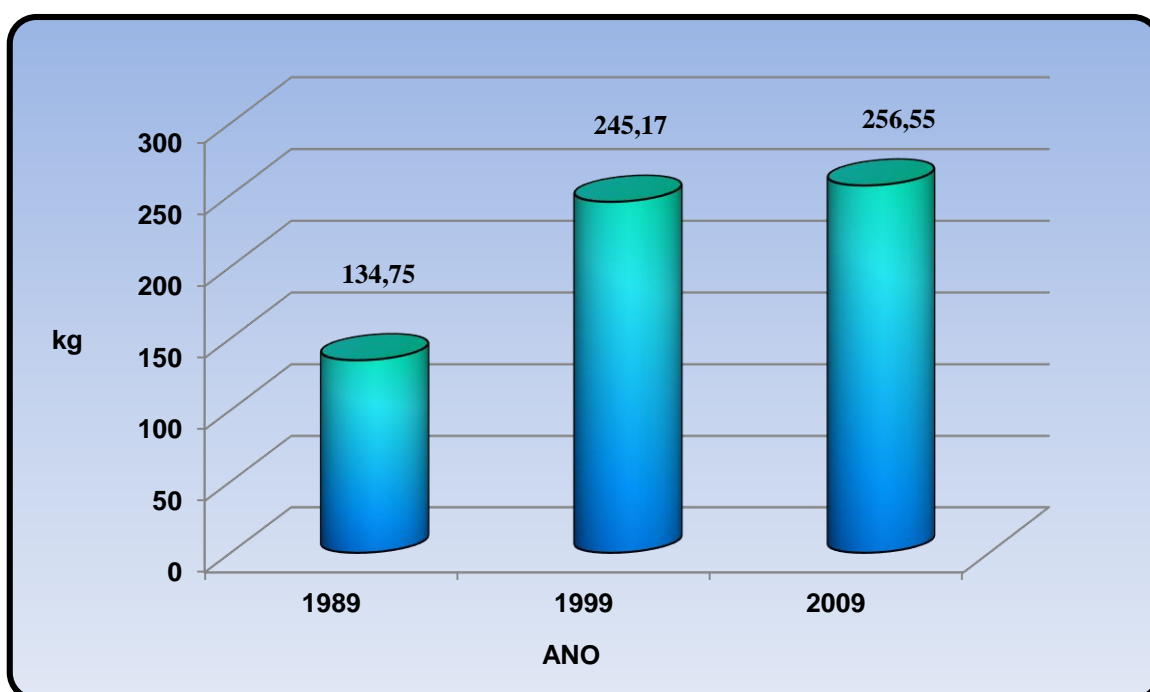


Figura 2 - Produção média anual de lixo doméstico per capita em Curitiba
FONTE: Adaptado de PGIRS, 2010.

2.2.1 Composição do Resíduo Sólido Urbano - RSU de Curitiba/PR

A Tabela 2 a seguir demonstra a geração de resíduos no Município de Curitiba.

RESÍDUO	QUANTIDADE (t/dia)	PERCENTUAL (%)
Domiciliares da Coleta Convencional	1.472,70	62,82
Recicláveis provenientes da coleta seletiva	89,16	3,80
Recicláveis provenientes da coleta seletiva informal	445,00	19
Vegetais	70,83	3,02
Resíduos Oriundos dos Serviços de Limpeza Pública (Varrição Manual, Varrição Mecanizada, Serviços de Roçada, Limpeza de Feiras-Livres e Limpeza Mecanizada)	266,37	11,36
TOTAL	2.344,06	100

Tabela 2 - Geração de resíduos em Curitiba
 FONTE: Adaptado de PGIRS, 2010.

Segundo o PGIRS (2010), não se encontra contemplado no cálculo desta taxa o quantitativo de resíduos cuja responsabilidade é do gerador, tais como: resíduos de serviços de saúde, resíduos de características domiciliares oriundos de grandes geradores e entulhos (resíduos de construção civil, RCC).

Segundo a PNRS (2012) tem-se por definição em seu artigo 13º que os resíduos sólidos urbanos são formados pelas seguintes parcelas:

- ✓ Resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas, e;
- ✓ Resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana.

Desta forma se considerado as parcelas dos resíduos Domiciliares da Coleta Convencional somados aos Resíduos Oriundos do Serviço de Limpeza Pública (Varrição Manual, Varrição Mecanizada, Serviços de Roçada, Limpeza de Feiras-Livres e Limpeza Mecanizada) tem-se as quantidades de RSU gerado na cidade Curitiba apresentadas na Tabela 3.

RESÍDUO	QUANTIDADE (t/dia)	PERCENTUAL (%)
Domiciliares da Coleta Convencional	1.472,70	62,82
Resíduos Oriundos dos Serviços de Limpeza Pública (Varrição Manual, Varrição Mecanizada, Serviços de Roçada, Limpeza de Feiras-Livres e Limpeza Mecanizada)	266,37	11,36
TOTAL	1.739,07	74,18

Tabela 3 - Quantitativo de RSU gerado em Curitiba
 FONTE: Adaptado de PGIRS, 2010.

2.2.1 Destino do Resíduo Sólido Urbano - RSU de Curitiba/PR

2.2.1.1 Aterro Sanitário de Curitiba

Segundo o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de Curitiba (2010), em 2010 o Aterro Sanitário recebia diariamente em média 2.495 toneladas de resíduos sólidos oriundos da Coleta Pública e Limpeza Urbana (PGIRS, 2010).

Localizado no bairro da Caximba na região sul, iniciou sua operação em 20 de novembro de 1989 para receber os resíduos de Curitiba, Almirante Tamandaré e São José dos Pinhais, após o esgotamento da vida útil do aterro controlado da Lamenha Pequena. Durante sua operação, outros municípios da Região Metropolitana de Curitiba passaram a dispor seus resíduos no Aterro Sanitário. Além de Curitiba, dezessete municípios dispunham seus resíduos sólidos domiciliares no Aterro, são eles: Almirante Tamandaré, Araucária, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Campo Magro, Colombo, Contenda, Fazenda Rio Grande, Itaperuçu, Pinhais, Piraquara, São José dos Pinhais, Mandirituba, Quatro Barras, Bocaiúva do Sul, Quitandinha e Tunas do Paraná. A operação do Aterro Sanitário de Curitiba se deu em três fases distintas, descritas a seguir (PGIRS, 2010).

Fase I - O projeto original do aterro sanitário, com 2.920.000 m³ de volume disponível, foi calculado prevendo 11 anos e 5 meses de vida útil. Alguns programas Municipais como o Lixo que Não é Lixo e o Câmbio Verde possibilitaram o aumento

de vida útil da Fase I, que operou de novembro de 1989 a outubro de 2002. Posteriormente houve duas sobreposições ao maciço da Fase I, que ocorreram nos períodos de julho a novembro de 2005 e de março a abril de 2006. No período o maciço da Fase I continuou recebendo resíduos em razão das obras de reconformação geométrica do Aterro Sanitário previstas no seu Plano de Encerramento (PGIRS, 2010).

Fase II - No ano de 2002, executou-se uma ampliação do aterro em caráter emergencial. Esta Fase começou a receber resíduos em novembro de 2002 e operou até o mês de abril de 2004 (PGIRS, 2010).

Fase III - As obras de ampliação para a Fase III foram iniciadas em dezembro de 2003, após a desapropriação de terrenos vizinhos. Esta Fase iniciou sua operação em maio de 2004 (PGIRS, 2010).

No Figura 3 é apresentado o demonstrativo de resíduos dispostos no Aterro Sanitário entre os anos de 2000 a 2009.

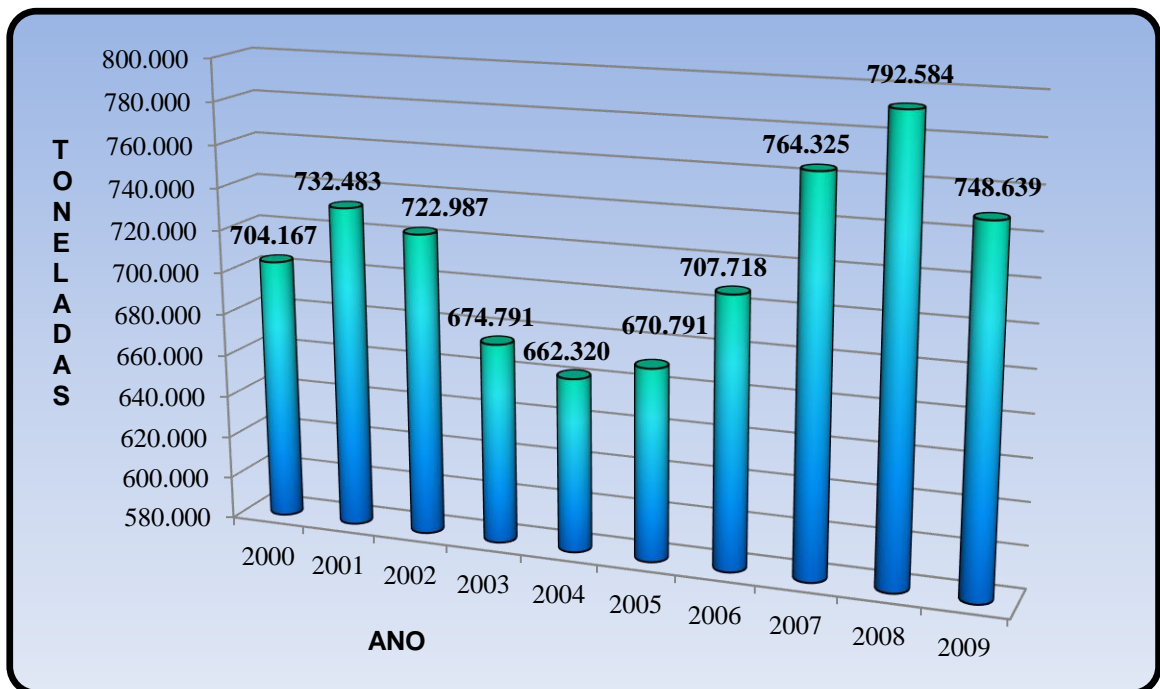


Figura 3 - Demonstrativos de resíduos dispostos no aterro sanitário 2000 a 2009
 FONTE: Adaptado do PGIRS, 2010.

2.2.1.2 Encerramento do Aterro Sanitário

O Plano de Encerramento do Aterro Sanitário de Curitiba foi realizado tendo como base o levantamento topográfico de toda a área do aterro, realizado no início de 2009, que determinou a necessidade da reconformação geométrica, especialmente nas áreas mais antigas de disposição de resíduo o que indicou o tempo de uso remanescente do aterro. Em junho de 2009 foi apresentado para análise do Instituto Ambiental do Paraná - IAP o plano de encerramento do aterro sanitário de Curitiba, cujas obras já entraram em execução, de acordo com o cronograma de ações. O plano também prevê as atividades mantidas após o encerramento do recebimento dos resíduos até a completa estabilização do aterro, que deve ocorrer no horizonte de tempo de pelo menos 20 (vinte) anos, como o tratamento dos efluentes, monitoramento geotécnico, monitoramento ambiental, controle e uso futuro da área, sendo que, como uso futuro destaca se o projeto do biogás (PGIRS, 2010).

Os resíduos sólidos urbanos foram destinados ao aterro sanitário de Curitiba, com decisão judicial para recebimento de resíduos até início de novembro de 2010. A partir de 01 de novembro de 2010 os resíduos passaram a serem enviados a aterros sanitários privados das empresas Essencis Soluções Ambientais S/A e Estre Ambiental S/A (PGIRS, 2010).

2.2.1.3 Destino proposto

Para abordar as questões relacionadas ao RSU, em Junho de 2008, foi criado o projeto do Consorcio Intermunicipal para Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos, chamado de SIPAR – Sistema Integrado de Processamento e Aproveitamento de Resíduos, como alternativa a ser utilizada pelos Municípios que o integram, tendo como maior gerador de resíduos o Curitiba, em substituição ao Aterro Sanitário da Caximba (PGIRS, 2010).

O SIPAR é um sistema composto por um conjunto de tecnologias, capazes de promover o máximo aproveitamento dos resíduos, mediante a aplicação de processos de recuperação e aproveitamento de recicláveis presentes nos resíduos, que não foram separados nos domicílios, aplicação de técnicas de compostagem ou biodigestão visando produzir o composto orgânico a partir da parcela orgânica que compõem os resíduos, e ainda a produção do CDR, possibilitando o aproveitamento destes materiais para fins energéticos (PGIRS, 2010).

Mas SIPAR encontra-se ainda em processo licitatório em razão de demandas judiciais sem previsão de conclusão. Em função disso houve a necessidade de buscar alternativas de destino de resíduos, em caráter temporário.

2.3 Processo de Fabricação do Cimento

2.3.1 Indústria do cimento no Brasil

Operam atualmente no Brasil 81 fábricas, pertencentes a 15 grupos industriais nacionais e estrangeiros. Com capacidade instalada da ordem de 78 milhões t/ano, o parque industrial está plenamente capacitado para atender à demanda interna (SNIC, 2012).

Na Figura 4 é apresentada a evolução da produção de cimento no Brasil desde 1970 a 2011. Passando respectivamente de 9 (nove) milhões de toneladas por ano para aproximadamente 64 (sessenta e quatro) milhões de toneladas por ano.

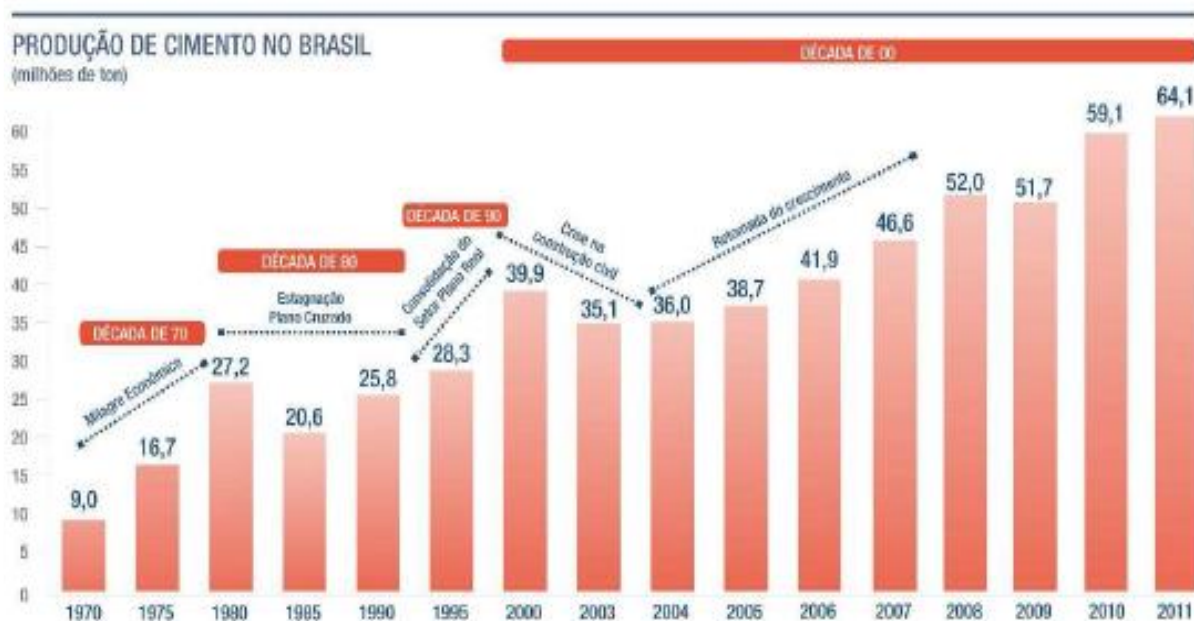


Figura 4 - Produção de Cimento no Brasil de 1970 a 2011
FONTE: SNIC, 2012.

Na Figura 5 é apresentada a produção de cimento no Brasil por região no ano de 2011. Podendo observar que a região Sudeste está bem à frente das demais no período em questão.

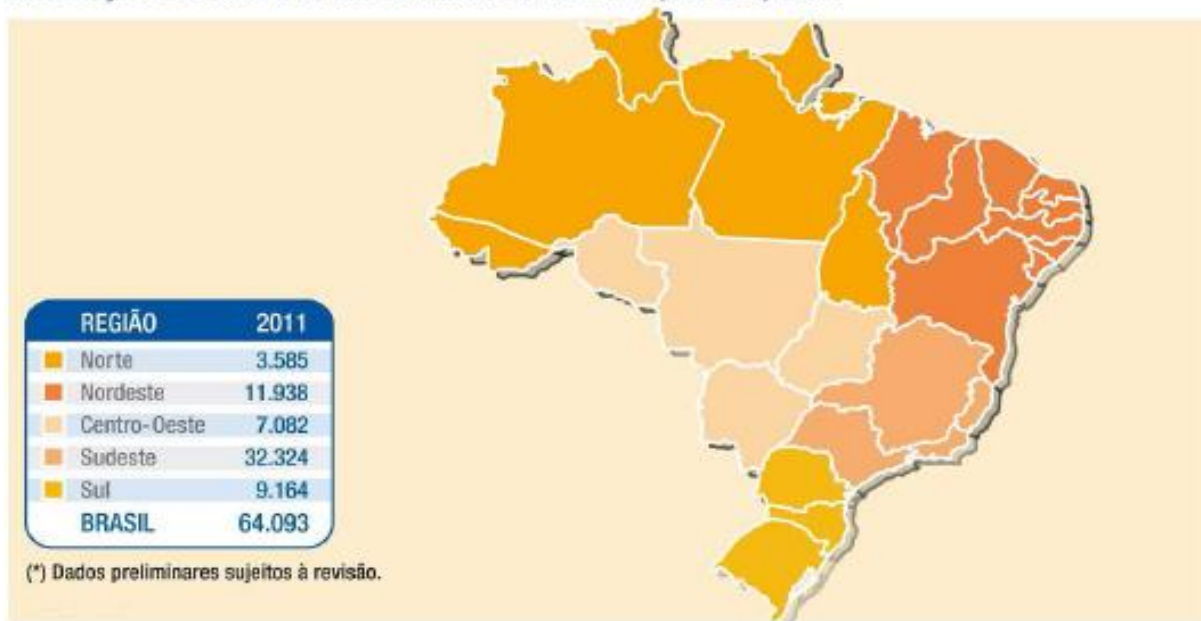
PRODUÇÃO DE CIMENTO NO BRASIL POR REGIÃO (mil ton.) 2011*

Figura 5 - Produção de cimento no Brasil por região no ano de 2011
FONTE: SNIC, 2012.

2.3.2 Fabricação do cimento

Os processos mais utilizados na fabricação de cimento são via seca e via úmida. Devido ao grande consumo de energia térmica exigida pelo processo via úmida, o sistema via seca tornou-se o mais utilizado no atual panorama da produção de cimento. Na Figura 6 é apresentado o processo de produção via seca. No Brasil, praticamente 100% dos fornos de cimento operam por via seca (ABCP, 2002).

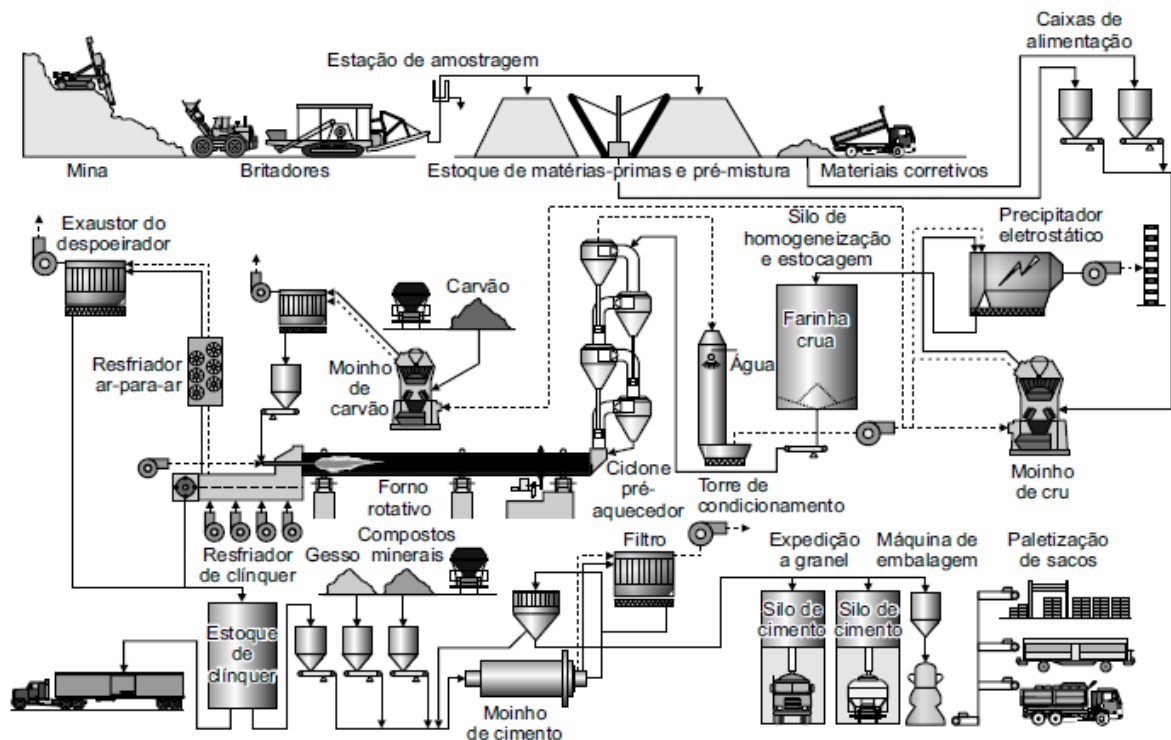


Figura 6 - Produção de cimento pelo processo via seca
 FONTE: KARSTENSEN, 2006.

A energia térmica provém da queima de diferentes combustíveis que correspondem a até 40% do custo da produção. Nos últimos 30 anos, a melhoria da eficiência energética dos fornos reduziu em até 30 % o consumo de energia para a produção da mesma quantidade de clínquer, favorecendo a redução da emissão de gases do efeito estufa (ABCP, 2002).

O processo de fabricação do clínquer, principal componente do cimento Portland, consiste das seguintes fases (ABCP, 2002):

- ✓ extração de matéria-prima: Minerais de origem natural bem como resíduos industriais podem ser utilizados na produção de cimento desde que possuam os seguintes componentes principais: cálcio, sílica, alumínio e ferro. Raramente, esses elementos são encontrados em proporções necessárias somente em um material. Portanto, faz-se necessário selecionar um material com alto teor de cálcio com outro de baixo teor, mas com maiores quantidades de sílica, alumínio e ferro. Os principais componentes são: o calcário, filito (fonte de sílica), minério de ferro e quartzito. Estes materiais são extraídos em

blocos de vários tamanhos e transportados até britadores, onde sofrem redução para dimensões centimétricas;

- ✓ britagem e moagem da matéria-prima: após a redução da granulometria, o calcário é empilhado para pré-homogeneização e depois conduzido ao moinho de matérias-primas; depois de devida dosagem com argila e materiais corretivos, é moído com granulometria micrométrica. O produto intermediário farinha é transportado por esteiras até um silo de homogeneização;
- ✓ aquecimento em ciclones pré-aquecedores e pré-calcinadores: a farinha é transportada para o alto dos trocadores de calor (torre de ciclones), onde entra em contato com os gases provenientes do forno de clínquer e sofre pré-aquecimento. Fornos modernos contam com a instalação de pré-calcinador que se compõem de queimadores secundários e câmaras de combustão, nos quais 60% do combustível são consumidos;
- ✓ queima em forno rotativo de clínquer: a farinha desce pelos ciclones e entra no forno, que gira a uma rotação de 1 a 4 rpm em torno de seu eixo, com a inclinação aproximada de 3 a 4°, de forma que o material atravessa o cilindro por efeito da rotação e da gravidade. Ao atingir a região mais baixa, o material encontra uma chama de um maçarico, posicionado longitudinalmente, que produz calor necessário para a clínquerização. O maçarico é alimentado por diferentes tipos de combustíveis ou uma mistura deles. A temperatura atingida pelos materiais processados é de cerca de 1450°C, que se deslocam através da zona de queima por 10 a 15 minutos. Neste processo, as cinzas e outros elementos gerados com a queima dos combustíveis são incorporados ao produto final. Os principais componentes formados nesta fase são o silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, ferro-aluminato tetracálcico que são responsáveis pelas propriedades hidráulicas e de resistência mecânica do cimento, estão ilustrados na Figura 7. É nesta fase que ocorre a transformação completa da farinha em clínquer;
- ✓ resfriamento do clínquer: o material passa pelos resfriadores, que são intercambiadores de calor para reduzir, o mais rápido possível a temperatura

do material que sai do forno, impedindo a reconversão das fases mineralógicas formadas durante a sinterização. Os gases provenientes dos resfriadores retornam ao sistema;

- ✓ moagem final com introdução de adições: o clínquer, juntamente com 3 a 6 % de sulfato de cálcio (genericamente denominado de gesso), eventual adições ativas (escória de alto forno ou materiais pozolânicos) e calcário em teores de variados, é submetido a processo de moagem, normalmente em moinhos de bolas de aço. A moagem transforma o clínquer e demais adições em um pó ultrafino denominado cimento Portland, e;
- ✓ condicionamento para venda e expedição: o cimento é transportado para silos de armazenamento que asseguram a integridade físico-química do produto. A comercialização é efetuada com o produto ensacado ou a granel, dependendo da solicitação do cliente.

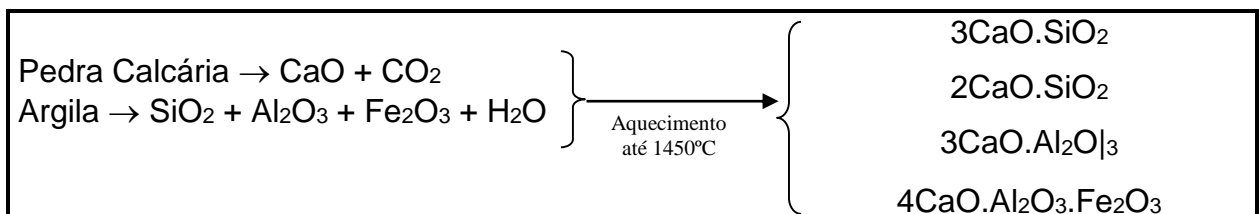


Figura 7 - Esquema das reações que ocorrem em processo de fabricação de clínquer de cimento Portland
 FONTE: Adaptado de KUMAR, 1994.

Na produção de cimento, o processo de queima da farinha (clínquerização) é a fase de maior importância ambiental, no tocante a consumo energético e emissões atmosféricas. Este processo ocorre na sua maioria no interior do forno.

Na Figura 8 é apresentado o forno rotativo de produção de clínquer.

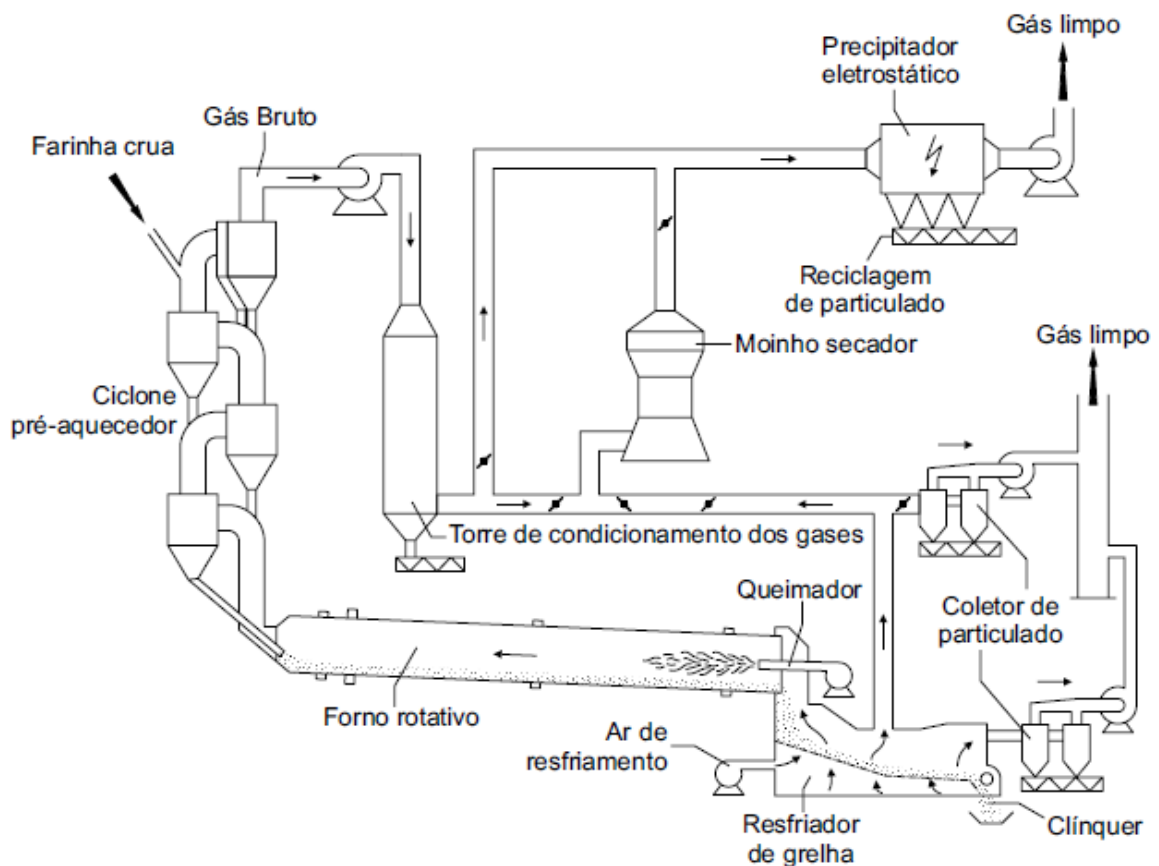


Figura 8 - Forno rotativo com ciclone pré-aquecedor e coletor de material particulado dos gases – produção de clínquer
 FONTE: KARSTENSEN, 2006.

2.3.2.1 Forno de cimento

Os fornos de cimento são do tipo rotativo. São constituídos de cilindros de aço revestidos internamente com material refratário e isolante. Apresentam inclinação de 3 a 4% com a horizontal (TAYLOR, 1997), ou uma relação queda/comprimento de 1/20 até 1/30 (JACKSON, 1998). A velocidade de rotação é de 1 até 4 rpm, sendo o tempo de residência da carga no forno é controlado pela rotação, da mesma forma que nos incineradores de fornos rotativos.

Segundo Peray (1986) os fornos de cimento são classificados em:

- ✓ processo por via úmida;
- ✓ processo por via seca;

- ✓ processos por via semi-seca;
- ✓ fornos com pré-aquecimento, e;
- ✓ fornos com pré-calcinadores.

Esta classificação é essencialmente ligada à quantidade de água adicionada na farinha. No processo por via úmida a carga é homogeneizada na forma de uma lama pela adição de 30-40% de água (PERAY, 1986). Como maior consequência, o forno tinha que ter grandes comprimentos para garantir total evaporação da água antes do processo de clínquerização, sendo registrados fornos com até 263m de comprimento (PERAY, 1986). Com a crise energética do início da década de 1980, os fornos de via úmida foram abandonados, passando a operar somente fornos por via seca nos quais o aproveitamento energético é mais eficiente, e conseqüentemente pode-se trabalhar com um comprimento menor de forno (PERAY, 1986). A Tabela 4 compara o calor necessário para os processos via seca e úmida.

	VIA SECA (kJ/kg de clínquer)	VIA ÚMIDA (kJ/Kg de clínquer)
Calor teórico para as reações químicas	1807	1741
Evaporação da água	13	2364
Calor perdido na saída dos gases e dos pós	623	753
Calor perdido no clínquer	88	59
Calor perdido no ar de resfriamento	427	100
Calor perdido por radiação e convecção	348	682
TOTAL	3306	5699

Tabela 4 - Calor necessário para os processos via seca e úmida
 FONTE: Adaptado de TAYLOR, 1997.

Pré-aquecedores e pré calcinadores são complementos ao forno nos quais a farinha é alimentada nos ciclones de saída dos gases com a carga sofrendo aquecimento antes da entrada do forno (BARROS, 1999).

No pré-aquecedor a farinha entra contra corrente aos gases de saída do forno, sendo aquecida até 340°C. Neste caso a carga perde totalmente a umidade, sendo sua principal função um melhor aproveitamento energético do forno (PERAY, 1986).

Na torre de ciclones, a troca de calor entre os gases e o material (farinha) é obtida por um contato íntimo do material com os gases quentes que deixam o forno em zonas de grandes turbulências, devido às constantes mudanças de direção sofrida pelos gases, à medida que sobem através da torre de ciclones (FERRARI, 1991).

Os pré calcinadores são basicamente pré-aquecedores, onde no último estágio a carga sofre uma pré-queima, atingindo temperaturas de 800°C. Esse tipo de forno apresenta um rendimento de 50-70% maior que os fornos convencionais (PERAY, 1986).

Com a rotação do forno em conjunto com a inclinação, a carga sofre rolamento em direção à fonte quente Figura 05. Assim, o rolamento da farinha no forno de cimento ocorre contra corrente com os gases de combustão sofrendo um ciclo térmico dependente o perfil térmico do forno.

Pela faixa de temperaturas e pelas reações que ocorrem na carga podem-se definir cinco zonas térmicas no forno de cimento, conforme indicado na Tabela 5. O tempo de residência da farinha nas zonas térmicas determina a condução das reações de formação do clínquer.

	FAIXA DE TEMPERATURA DA CARGA (°C)
Zona de secagem e pré-aquecimento	150-805
Zona de calcinação	805-1200
Zona de transição superior	1200-1400
Zona de sinterização/clinquerização	1400-1510
Zona de resfriamento (ou transição inferior)	1510-1290

Tabela 5 - Zonas térmicas nos fornos de clínquer
 FONTE: Adaptado de PERAY, 1986.

Em termos de operação do forno as zonas de transição superior, sinterização e de resfriamento são denominadas de “zona de queima” (PERAY, 1986). Nessa

região o clínquer é efetivamente formado com a geração de nódulo de 5 a 25 mm de diâmetro.

Na zona de sinterização há uma camada de clínquer junto ao refratário. Esta camada apresenta a vantagem de que o clínquer em formação não entra em contato direto com o refratário, diminuindo a erosão das paredes internas do forno (PERAY, 1986).

As condições de rolagem da carga na zona de sinterização devem conduzir a uma perfeita condição de transferência de calor para a carga do forno (PERAY, 1986).

De acordo com Ferrari (1991), na zona de calcinação o material avança no forno em zigue-zagues devido à rotação, com muito pouco tombamento. O leito de material “escorrega” no revestimento do forno à medida que este gira, apresentando sempre a mesma superfície de troca térmica (FERRARI, 1991).

Nessa zona é muito lenta a transferência de calor para o material e à medida que o mesmo avança, maior se torna a diferença de temperatura entre os gases (FERRARI, 1991).

Nessa zona os gases irradiam calor para o revestimento do forno e daí à carga de material por radiação e condução. Muito pouco calor é transmitido diretamente dos gases ao material, havendo a necessidade de longos períodos de aquecimento para alimentação do forno após uma parada prolongada (FERRARI, 1991).

É preciso que o pré-aquecimento do forno seja lento, de forma a estabelecer-se o equilíbrio entre a temperatura dos gases e o revestimento dessa zona (FERRARI, 1991).

O calor absorvido pelo material na zona de calcinação é utilizado para completar a descarbonatação e pré-aquecimento até a temperatura de clinquerização (FERRARI, 1991).

Na zona de queima o calor é transmitido à carga de material essencialmente por radiação da chama e da crosta. Aqui o material torna-se pegajoso e granuloso devido à formação de líquido. Isto provoca o tombamento do material expondo sucessivamente superfícies diferentes à radiação da chama (FERRARI, 1991).

A reação exotérmica torna possível a operação do forno, porém a passagem de uma reação endotérmica (calcinação) para outra exotérmica (clinquerização) torna esse ponto essencialmente delicado para o controle de operação. Se falharmos em obter, no ponto correto a temperatura mínima para que se inicie a clinquerização e a

liberação de calor do calor, o material avançará incontrolavelmente através da zona de queima (FERRARI, 1991).

Por último, após o clínquer passar pelo queimador este cai no resfriador. A temperatura decresce rapidamente para 50 °C, assim são mantidas as proporções das fases formadas e é evitada a decomposição do C3S (KUMAR, 1994).

A semelhança operacional que os fornos de cimento apresentam com relação aos incineradores rotativos faz com que esses equipamentos sejam os mais adaptados para a destruição de resíduos perigosos de resíduos na prática de coprocessamento (BARROS, 1999).

A Tabela 6 mostra as condições operacionais normalmente encontradas em fornos de cimento e em incineradores rotativos de resíduos perigosos (MOORE, 1995). Em todas as condições requeridas para a destruição de resíduos orgânicos os fornos de cimento superam os incineradores, com a vantagem que no coprocessamento não há geração de cinzas, já que estas são incorporadas no clínquer (FERRARI, 1991).

A prática de coprocessamento exige que o processo industrial seja adaptado para a queima de resíduos não provoque nem o aumento de emissão, nem a deterioração da qualidade do cimento (FERRARI, 1991).

Incineradores quando usados para a queima de resíduos clorados, como o PVC, exigem a adição de CaO para a neutralização do HCl formado (THEODORE; REYNOLDS, 1987). Como o ambiente do forno é naturalmente alcalino, os gases ácidos formados são eliminados no processo. O problema é que a introdução de cloretos provoca o comprometimento dos parâmetros operacionais do forno, podendo causar o aumento da emissão de particulados pela geração de voláteis. (TAYLOR, 1997; PERAY, 1986).

A introdução de resíduos implica em adaptações do processo. Estas alterações são específicas para cada resíduo. Resíduos com alto poder calorífico exigem que a introdução do forno seja na zona de queima. Para resíduos líquidos a introdução pode ser feita pelo queimador com fonte de energia (BARROS, 1999).

A Tabela 6 apresenta os parâmetros normais de operação de incineradores de resíduos perigos em fornos de cimento.

	FORNO DE CIMENTO	INCINERADOR
Temperatura máxima do gás.	> 2000 °C	≤ 1500°C
Temperatura máxima dos sólidos.	1.450 – 1500°C	≤ 1300°C
Tempo de retenção do gás a mais de ≥ 1.100°C.	6 – 10 segundos	0 – 3 segundos
Turbulência (nº Reynolds)	> 100.000	> 10.000
Taxa de alimentação do gás	100.000 – 230.000 Nm ³ /h (média)	25.000 – 30.000 Nm ³ /h (média)
Processamento de matéria-prima	150 t/h	Nenhuma
Dimensões	50 - 230m de comprimento, 3 – 8m de diâmetro e 1 – 3rpm.	5 - 18m de comprimento, 3 – 6m de diâmetro e 0,5 – 2rpm.
Carga de resíduos	Variação de 5 a 20%	100%
PRODUTO	CIMENTO	NENHUM

Tabela 6 - Parâmetros normais de operação de incineradores de resíduos perigosos em fornos de cimento

FONTE: Adaptado de MOORE, 1995.

O forno apresenta uma atmosfera enriquecida de 0,8 até 1,5% de oxigênio. O aumento das condições oxidantes da atmosfera do forno, devido à melhora das condições de destruição de resíduos, não causa problemas ao processo, já que enriquecimentos de oxigênio de 10 a 40 %, além de aumentar em 12 % a produção também obtiveram clínquer de qualidade superior (BARROS, 1999).

2.3.2.2 Matérias primas e combustíveis alternativos

As matérias-primas e os combustíveis alternativos vêm acompanhados, não somente dos elementos ideais para a fabricação de cimento, mas dependendo de sua origem, uma série de elementos que podem, mesmo em pequenas quantidades, alterar ou não a qualidade do clínquer produzido (KARSTENSEN, 2006).

Os elementos oriundos das matérias-primas e combustíveis alternativos, muitas vezes não apresentam constância na matéria prima e/ou no combustível

convencional, ou seja, a presença desses elementos não é uma constante no processo.

O uso destes materiais alternativos, com os resíduos industriais, inorgânicos ou orgânicos se constitui da seguinte forma:

- ✓ resíduos com características predominantemente orgânicas deverão compor misturas que serão alimentadas ao forno como substituto de combustível. Os compostos orgânicos são totalmente destruídos termicamente, gerando energia e promovendo a economia de combustíveis fósseis. Como substituto de combustíveis têm-se as borras oleosas, borras de tintas, solventes contaminados, óleos contaminados, fundos de colunas de destilação, resíduos asfálticos, resíduos secos e trituráveis como plásticos e madeiras contaminadas, resinas secas, etc., e;

- ✓ resíduos com características predominantemente inorgânicas deverão compor as misturas que serão alimentadas ao forno como substituto de matéria-prima. Os metais pesados, eventualmente presentes, são inertizados na matriz de cimento, sem alterar as características e qualidade do produto. Como substituto de matéria prima, têm-se areias de processo, lodos inorgânicos, pó de exaustão, cinzas, materiais fora de especificação como ampolas de vidro de remédios, borras de retíficas, etc.

As misturas alimentadas ao forno de cimento possuem concentrações de componentes que possam conferir periculosidade aos resíduos (metais e/ou compostos orgânicos perigosos), ainda menores que resíduos que as compõe (KARSTENSEN, 2006).

2.3.2.3 Coprocessamento de resíduos

O coprocessamento em fornos de clínquer é considerado e classificado como um processo de tratamento de resíduos semelhante aos processos de incineração. A resolução Nº 264/99 do CONAMA disciplina o coprocessamento definindo-o como “a técnica de utilização de resíduos sólidos a partir do processamento destes como um

substituto parcial de matéria-prima e/ou de combustível no sistema forno de produção de clínquer na fabricação de cimento”. Esta resolução proíbe para coprocessamento os seguintes tipos de resíduos:

- ✓ domiciliares brutos;
- ✓ de serviços de saúde;
- ✓ explosivos;
- ✓ radioativos;
- ✓ organoclorados, e;
- ✓ agrotóxicos e afins.

Segundo Ferrari (2002) a tecnologia de coprocessamento de resíduos industriais em fornos de clínquerização apresenta uma série de vantagens, dentre as quais citam-se:

- ✓ baixo custo para destruição de resíduos;
- ✓ economia de combustíveis convencionais no processo;
- ✓ conservação de fontes energéticas não renováveis;
- ✓ conservação dos recursos mineralógicos utilizados no processo, e;
- ✓ incorporação das cinzas geradas no processo.

2.3.2.4 Premissas para utilização de resíduos em fornos de clínquer

Nem todos os tipos de resíduos poderão ser utilizados num forno de clínquer, muitas vezes por restrições ambientais (legislação) e também do próprio processo de fabricação de clínquer. Verifica-se o objetivo da utilização do resíduo, se para substituição parcial de combustível ou como substituto parcial de matéria prima. Para que um resíduo possa ser considerado um substituto de combustível o mesmo deve fornecer energia térmica ao processo quando de sua combustão e quando considerado como substituto parcial de matéria prima, o mesmo deverá conter como componentes majoritários cálcio, sílica, alumínio e ferro. Incluem-se neste caso os materiais mineralizadores e/ou fundentes (FERRARI, 2002).

Uma vez definido o propósito de utilização (como substituto parcial de combustível ou matéria prima), suas características físico-químicas serão avaliadas, uma vez que determinados contaminantes do resíduo terão suas quantidades limitadas com relação à taxa de alimentação de resíduo ao forno. A taxa máxima de alimentação do resíduo ao forno é estabelecida através de balanços materiais, com base em testes em branco já previamente efetuados, e tem por finalidade evitar que os limites de emissão pré-estabelecidos pela legislação sejam excedidos, bem como viabilizar a atividade de coprocessamento de tal forma a não causar impactos ambientais, não afetar as condições de segurança e saúde pública e não causar prejuízos às instalações, equipamentos e qualidade dos produtos (FERRARI, 2002).

2.3.2.5 Características de um forno de clínquer para Coprocessamento

Um dos pontos mais críticos de análise consiste na adequação do forno para o coprocessamento de resíduos perigosos. As características que tornam o forno de cimento um ambiente apropriado para tratamento de resíduos perigosos são apontadas a seguir (FERRARI, 2002).

2.3.2.5.1 Alta temperatura e longo tempo de residência

O processo de fabricação de clínquer requer que o forno seja operado a altas temperaturas, o que também é necessário e fundamental para a destruição de resíduos orgânicos perigosos. Para produzir clínquer, o material no interior do forno precisa alcançar temperaturas da ordem de 1.400 a 1.500°C requerendo para tal temperatura uma temperatura de chama de até 2.000 °C. O tempo de residência dos gases no sistema forno com temperatura maior que 1.100 °C varia de 6 a 10 segundos. Portanto, os fornos de clínquer operam em condições que garantem a destruição dos compostos orgânicos já que tais condições são essenciais para a produção de clínquer (FERRARI, 2002).

2.3.2.5.2 Alta turbulência dos gases

O escoamento dos gases no sistema forno é altamente turbulento, condição altamente favorável ao processo de combustão e destruição de resíduos (FERRARI, 2002).

2.3.2.5.3 Ambiente alcalino natural

Um dos problemas com a incineração de determinados tipos de resíduos perigosos é a geração de gases ácidos, conseqüentemente os incinerados convencionais de resíduos perigosos possuem mecanismos de neutralização dos ácidos, os quais usam compostos alcalinos como Hidróxido de Sódio ou Óxido de Cálcio para neutralizar os gases ácidos. Os fornos de clínquer não possuem mecanismos de neutralização de gases ácidos, porque o ambiente no forno é naturalmente alcalino. Um dos principais estágios de produção de clínquer é a calcinação/descarbonatação do Carbonato de Cálcio com geração de Óxido de Cálcio que é o mesmo material usado nos mecanismos de neutralização dos gases ácidos nos incineradores convencionais de resíduos perigosos. Além disso, os gases ácidos se deslocam da zona de queima através das zonas de calcinação e pré-aquecimento onde a maioria destes gases são neutralizados pelo material alcalino do sistema forno (FERRARI, 2002).

2.3.2.5.4 Eliminação completa dos resíduos

Um dos problemas com a combustão de resíduos perigosos em incineradores convencionais é a geração de cinzas. Desde que a cinza é derivada da combustão de resíduos perigosos, a mesma é classificada como resíduo perigoso e precisa ser disposta atendendo às exigências dos órgãos ambientais competentes (FERRARI, 2002).

Não existe resíduo de cinza equivalente no processo de produção de clínquer, uma vez que a cinza gerada pela queima dos resíduos é incorporada e inertizada na massa de clínquer produzido (FERRARI, 2002).

2.3.2.5.5 Estabilidade térmica

Em função do forno de clínquer ser uma grande unidade de fabricação com elevada capacidade de calor, uma significativa mudança na temperatura do forno em um breve período de tempo não é possível e conseqüentemente caso ocorra uma reversão nas condições normais de operação, o fluxo de resíduo deverá ser imediatamente interrompido. É exigência dos órgãos ambientais competentes através de legislação específica para a atividade de coprocessamento que a instalação que utilize resíduo possua um sistema de intertravamento que interrompa automaticamente a alimentação de resíduos ao forno caso se verifique algum problema no processo (FERRARI, 2002).

2.3.2.6 Benefícios do coprocessamento através da queima de resíduos em fornos de clínquer.

Os benefícios da queima de resíduos perigosos em fornos de clínquer incluem a recuperação da energia contida no resíduo, contribuindo para a conservação de combustíveis fósseis não renováveis, reduzindo custos de fabricação e usando uma tecnologia existente para incinerar grandes volumes de resíduos perigosos. Estes benefícios são listados mais detalhadamente a seguir (FERRARI, 2002).

2.3.2.6.1 Recuperação da energia do resíduo

Uma grande quantidade de resíduos gerada possui um significativo conteúdo energético. Esta fonte de energia potencial é uma das primeiras razões do interesse da indústria cimenteira pela queima de resíduos. Devido ao fato de o resíduo ser queimado como combustível no processo de fabricação e também o valor energético ser recuperado. Esta atividade é designada modernamente como reciclagem. Tal prática é condizente com a moderna política mundial de gerenciamento de resíduos, cuja primeira meta é reduzir a quantidade de resíduos gerados (adoção de tecnologias limpas) e se o resíduo é gerado precisa ser reciclado ou reutilizado (FERRARI, 2002).

Assim, resíduos com potencial energético e baixa concentração de componentes restritivos ao processo de clínquerização (cloro e enxofre) tem sido utilizados como combustíveis chamados de alternativo ou secundários (FERRARI, 2002).

2.3.2.6.2 Conservação de combustíveis fósseis não renováveis

Uma das mais significativas vantagens do uso de resíduos como combustível suplementar na indústria de cimento é a conservação de combustíveis fósseis não renováveis como carvão e derivados de petróleo (FERRARI, 2002).

2.3.2.6.3 Redução dos custos da produção

A produção de clínquer/cimento é um processo de uso intensivo de energia. A percentagem dos custos de fabricação atribuída ao combustível varia de 20 a 25% dependendo da instalação. Como consequência, os custos de produção de cimento são altamente afetados pelos preços dos combustíveis e a substituição parcial de combustível convencional por combustíveis provenientes de resíduos pode em determinados casos reduzir significativamente os custos de produção (FERRARI, 2002).

2.3.2.6.4 Uso de tecnologia e instalações existentes

Uma vantagem do uso de fornos de clínquer para tratar resíduos é que a tecnologia atende aos anseios de uma política de gerenciamento de resíduos moderna e as instalações já estão prontas, algumas vezes necessitando de algumas modificações/adaptações para desenvolver a atividade de coprocessamento. A opção pelo forno de clínquer para o tratamento de grandes volumes de resíduos perigosos não proporciona a geração de outros resíduos perigosos e sim a sua destruição. Além disso, os fornos de clínquer representam um meio de tratamento de resíduos que não podem ser minimizados ou reciclados no processo gerador (FERRARI, 2002).

2.3.2.6.5 Substituição de matérias primas

As matérias-primas para a produção de cimento apresentam como principais componentes compostos de cálcio, sílica, alumínio e ferro. Resíduos contendo em sua composição quaisquer destes componentes são próprios, em princípio, a substituir uma parcela da matéria-prima. No processo de fabricação de cimento já é usual a utilização de resíduos no ajuste de composição de matéria-prima (FERRARI, 2002).

2.3.2.6.6 Certificado de destinação final dos resíduos

Para todos os resíduos recebidos nas dependências cimenteira e destruídos através do coprocessamento, a empresa gerenciadora emitiu um documento chamado “Certificado de destinação final de Resíduos”, garantindo que todos os materiais recebidos na cimenteira foram devidamente destinados (FERRARI, 2002).

2.3.3 Combustível Derivado de Resíduo – CDR

O combustível derivado de resíduo (CDR) teve origem nos anos 70 ao decorrer da crise petrolífera, o qual foi então promovido a combustível de baixo custo. O termo CDR destina-se a designar a fração combustível recuperada a partir de resíduos sólidos não perigosos. Atualmente, começa já surgir no mercado dos combustíveis alternativos a designação de Combustível Sólido Recuperado (CSR), consistindo a principal diferença de que estes últimos devem necessariamente de possuir características compatíveis com normas e especificações de qualidade, ou seja, serem considerados como produtos, enquanto o CDR é classificado como resíduo (GLORIUS et al., s.d.).

Segundo Palazzolo (2008) para um CDR ser um combustível terá de garantir pelo menos as seguintes características:

- ✓ um poder calorífico inferior (PCI), superior ao valor mínimo;
- ✓ um teor de umidade inferior ao limite pré-estabelecido;
- ✓ características físicas compatíveis com o sistema de combustão do utilizador final, e;
- ✓ garantir estabilidade biológica de modo a não produzir odores desagradáveis e não constituir perigo para a saúde dos intervenientes que intervêm no processo de queima.

De acordo com Roos e Peters (2007) os fatores de sucesso para a classificação de um CDR como combustível alternativo devem-se essencialmente:

- ✓ obter-se um produto com características definidas de acordo com uma especificação compatível com a utilização final;

- ✓ adequada seleção das matérias-primas utilizadas no processo de produção;
- ✓ uma adequada tecnologia de processamento, e;
- ✓ um controle de qualidade do CDR eficiente.

2.4 Ruído

Para que seja possível definirmos ruído, primeiramente, faz-se necessário uma breve abordagem a respeito dos aspectos relacionados ao Som, tendo em vista a natureza sonora do Ruído. A definição subjetiva considera que Ruído é um Som indesejável e a definição operacional considera o Ruído como um som que não contém informações úteis para a tarefa em execução (IIDA, 2005).

Segundo Guyton (2008), é possível definir som como uma série de ondas de compressão repetidas que trafegam pelo ar, produzido por sequências alternadas de compressão e relaxamento, podendo ser emitido pela voz humana ou por algum outro mecanismo produtor de ruído.

De acordo com Fantini Neto (2015), todo o Som incômodo ou excessivo pode ser considerado Ruído e esse é encontrado praticamente em todos os processos produtivos. O mesmo definiu como Som como uma energia vibratória que se propaga apenas em meio elástico (gasoso, líquido ou sólido), através de ondas que comprimem e descomprimem as moléculas.

Analisando ruído do ponto de vista da higiene do trabalho é possível definir como um fenômeno físico vibratório com características indefinidas de variações de pressão. De um modo geral pode ser definido como qualquer vibração ou conjunto de vibrações, ou ondas mecânicas, que podem ser ouvidas, podendo provocar respostas em nosso organismo, como sensações de bem ou mal-estar e até mesmo problemas, em determinadas condições (SALIBA, 2004).

Para Oliveira e Ribas (1995), é possível definir ruído pelo Som que resulta em uma sensação ruim e o Som agradável é apenas denominado por Som. Para os mesmos a irritação causada pelo ruído depende de algumas variáveis que dificultam a determinação do limiar entre som e ruído, são elas:

- tempo de exposição;
- Intensidade;
- informação transmitida pelo ruído;
- condição psicológica e física da pessoa que está exposta.

2.4.1 Característica do Som

É possível caracterizar o Som em função de três variáveis, que são: frequência, intensidade e duração.

A frequência é definida por Fernandes (2002) como o número de oscilações completas por unidade de tempo e possui sua medição em Hertz (Hz) seguindo o Sistema Internacional de Unidades – S.I.

Para definir a altura de um som é necessário caracterizar a sua frequência sonora, que pode ser grave, média ou aguda. Para que o Som seja perceptível pelo ouvido humano, o mesmo deve estar dentro de uma faixa de frequências de 20 a 20.000 Hz (IIDA, 2005).

A intensidade sonora corresponde à amplitude das vibrações periódicas das partículas de ar e está associada à pressão e energia sonora, determinado sons fracos e fortes, sendo expressa em decibéis (dB) (PAULUCCI, 2005). A máxima intensidade sonora percebida pelo ouvido humano é de até 140 dB (SOUZA, 2007).

O timbre, por sua vez, é o parâmetro que permite distinguir sons de mesma intensidade e frequência, emitidos de fontes sonoras diferentes, pois depende da forma de vibração da fonte sonora que o emite (MAIA, 2001).

Já a duração está definida na Norma Regulamentadora 15 – Atividades e Operações Insalubres e possui correlação direta com o nível de ruído que o trabalhador está exposto – tempo de exposição.

2.4.2 Classificação de Ruído

Utilizando como referência a Norma de Higiene Ocupacional/NHO nº 01 da FUNDACENTRO de 2001 e a Norma Regulamentadora NR15 de 2011 o ruído pode ser classificados como:

- Ruído Contínuo ou Intermitente: todo e qualquer ruído que não está classificado como ruído de impacto ou impulsivo. Possui como critério de referência para os limites de exposição diários um valor de 85 dB (A), correspondente a uma dose de 100 % para uma exposição de 8 horas. O critério de avaliação considera, além do critério de referência, o incremento de duplicação de dose (q) igual a 3 e o nível limiar de integração igual a 80dB (A);
- Ruído de Impacto ou Impulsivo: Ruído que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a 1 segundo, a intervalos superiores a 1 segundo.

2.4.3 Limites de Exposição

A dose de exposição ou o nível de Ruído limites de tolerância são definidos na Norma Regulamentadora NR 15 e são apresentado na tabela 7. A norma define que os níveis de Ruído contínuo ou intermitente devem ser medidos em decibéis (dB) com instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compressão “A” e circuito de resposta lenta (SLOW). Também, determina que as leituras devem ser feitas próximas ao ouvido do trabalhador e que não é permitida a exposição a níveis de Ruído acima de 115 dB (A) para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos. Caso o colaborador esteja exposto a níveis de Ruído contínuo ou intermitente, superiores a 115 dB (A), sem a proteção adequada, oferecerão risco grave e iminente.

O ruído contínuo de 85 dB é considerado máximo tolerável para uma exposição de 8 horas de jornada de trabalho diária. Se o ruído subir para 90 dB ou mais, é necessário tomar medidas para reduzir o nível de ruído, limitar o tempo de exposição do trabalhador ou protege-lo com o uso de protetor auditivo (IIDA, 2005).

Na tabela 08 é apresentado o tempo máximo diário de exposição permissível em função do nível de Ruído estabelecidos na Norma de Higiene Ocupacional – NHO 01 da FUNDACENTRO, 2001.

NÍVEL DE RUÍDO dB (A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Tabela 7 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente
Fonte: NR 15 (Brasil, 2014).

NÍVEL DE RUÍDO dB (A)	TEMPO MÁXIMO DIÁRIO PERMISSÍVEL (Tn) (minutos)
80	1.523,90
81	1209,52
82	960,00
83	761,95
84	604,76
85	480,00
86	380,97
87	302,38
88	240,00
89	190,48
90	151,19
91	120,00
92	95,24
93	75,59
94	60,00
95	47,62
96	37,79
97	30,00
98	23,81
99	18,89
100	15,00
101	11,90
102	9,44
103	7,50
104	5,95
105	4,72
106	3,75
107	2,97
108	2,36
109	1,87
110	1,48
111	1,18
112	0,93
113	0,74
114	0,59
115	0,46

Tabela 8 - Tempo máximo diário de exposição permissível em função do nível de ruído

Fonte: NHO 01 FUNDACENTRO, 2001.

2.4.4 Efeitos da exposição sonora e distúrbios do ouvido

Os danos associados à exposição sonora, como o ruído, dependem de seu nível e também do tempo de exposição ao mesmo. A capacidade de causar danos à

audição não depende exclusivamente do seu nível, mas depende também do seu tempo de duração. Uma exposição de 1 minuto a 100 dB (A) não é tão prejudicial quanto uma de 60 minutos a 90 dB (A) (GERGES, 2000).

Os sons acima da voz humana podem ocasionar perturbações ao homem e são considerados como ruídos, normalmente produzidos por máquinas (IIDA, 2005). Ainda segundo Iida (2005), com base em um experimento, o ser humano quando exposto a níveis a partir de 90 ou 100 dB começam a ter reações fisiológicas prejudiciais ao organismo, que aumentam a fadiga e stress. A experiência também demonstrou que o ser humano é capaz de se adaptar a níveis de ruído abaixo de 90 ou 100 dB.

Segundo a Portaria n.º 19, de 9 de abril de 1998 do Ministério do Trabalho, define e caracteriza que entende-se por perda auditiva por níveis de pressão sonora elevados as alterações dos limiares auditivos, do tipo sensorineural, decorrente da exposição ocupacional sistemática a níveis de pressão sonora elevados. Tem como características principais a irreversibilidade e a progressão gradual com o tempo de exposição ao risco. A sua história natural mostra, inicialmente, o acometimento dos limiares auditivos em uma ou mais frequências da faixa de 3.000 a 6.000 Hz. As frequências mais altas e mais baixas poderão levar mais tempo para serem afetadas. Uma vez cessada a exposição, não haverá progressão da redução auditiva (BRASIL, 1998).

2.4.5 Medição da audição

Segundo a Portaria n.º 19, de 9 de abril de 1998 do Ministério do Trabalho, entende-se por exames audiológicos de referência e sequenciais o conjunto de procedimentos necessários para avaliação da audição do trabalhador ao longo do tempo de exposição ao risco, incluindo (BRASIL, 1998):

- a) anamnese clínico-ocupacional;
- b) exame otológico;
- c) exame audiométrico realizado segundo os termos previstos nesta norma técnica;
- d) outros exames audiológicos complementares solicitados a critério médico.

O exame audimétrico é realizado por meio do aparelho audiômetro a fim de determinar a natureza das deficiências auditivas ou grau de surdez. Este aparelho é capaz de gerar sons de todas as frequências em fone de ouvido ou em vibrador aplicado sobre um osso craniano. São testadas cerca de 8 a 10 frequências, abrangendo o espectro de audição. O zero do aparelho corresponde à intensidade do som que uma pessoa normal tem dificuldade em ouvir. Por meio de um controle de volume calibrado pode-se aumentar a intensidade acima do nível zero. O grau de surdez para uma frequência particular é a quantidade adicional de energia sonora que tem de ser aplicada para que o som possa ser ouvido, o que determinará a perda auditiva para aquela frequência (GUYTON e HALL, 2006; GUYTON, 2008).

O Comitê Nacional de Ruído e Conservação Auditiva, em seu Boletim n.º 2 revisado em 14/11/99, considera que:

1. A audiometria tonal liminar, exame obrigatório por lei, é um dos métodos que compõem a avaliação audiológica;
2. Este método é subjetivo e, como tal, pode sofrer variações relacionadas ao trabalhador, examinador, ambiente e equipamento. Para reduzir os efeitos destas variações e aumentar a confiabilidade dos resultados recomenda a observação dos seguintes requisitos:
 - a) repouso auditivo de, no mínimo 14 horas;
 - b) exame realizado por profissional legalmente habilitado - fonoaudiólogo ou médico;
 - c) identificação do trabalhador com documento oficial que contenha fotografia;
 - d) anamnese clínica e ocupacional;
 - e) inspeção visual do meato acústico externo no momento do exame;
 - f) ambiente para a realização do exame segundo a norma ISO 8253-1;
 - g) calibração acústica anual do audiômetro, pela RBC (Rede Brasileira de Calibração);
 - h) verificação subjetiva do audiômetro precedendo a realização dos exames audiométricos.

i) orientação ao trabalhador quanto a finalidade e a sistemática do exame;
j) via aérea: frequências de 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 e 8000 Hz;
k) via óssea, quando necessária: frequências de 500, 1000, 2000, 3000 e 4000 Hz.;

l) Limiar de Reconhecimento de Fala (SRT) e Imitanciometria devem ser realizados a critério do examinador;

m) periodicidade deverá ser, no mínimo: pré-admissional, seis meses após a admissão, anualmente a seguir e demissional;

n) a ficha de registro audiométrico deve conter no mínimo: nome, idade, identificação do examinado, data do exame, nome, assinatura e registro profissional do examinador, equipamento utilizado, data da calibração acústica, traçado audiométrico, tempo declarado de repouso auditivo, achados da inspeção visual do meato acústico externo e observações.

2.4.6 Controle do ruído

O Comitê Nacional de Ruído e Conservação Auditiva, em seu Boletim n.º 6 de 20 de agosto de 1999, sugere como etapas de elaboração do PCA, considerando a necessidade de estabelecer uma padronização, as seguintes diretrizes básicas:

III. Medidas de Proteção Coletiva (Engenharia, Administrativas): Uma vez identificados e avaliados os agentes de risco, sugerimos a seguinte hierarquia de ações, sempre que possível:

- 1º Controle da emissão na fonte principal de exposição ou risco;
- 2º Controle da propagação do agente no ambiente de trabalho;
- 3º Controles administrativos.

IV. Medidas de Proteção Individual: Seleção, indicação, adaptação e acompanhamento da utilização do equipamento de proteção individual adequado aos riscos.

2.4.6.1 Equipamentos de Proteção Individual de Proteção Auditiva - EPI

Em caso de não ser possível o controle do Ruído na fonte e na trajetória, o Equipamento de Proteção Individual – EPI faz-se necessário. O EPI é uma medida paliativa caso não seja possível medidas que eliminem os riscos de acidente de trabalho, ou durante períodos de implantação dessas medidas (GERGES, 2008).

Segundo a NR 6 – Equipamento de Proteção Individual, considera-se Equipamento de Proteção Individual – EPI todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho. Ainda, segundo a NR 6, são considerados EPI para proteção Auditiva (BRASIL, 2014):

- a) protetor auditivo circum auricular para proteção do sistema auditivo contra níveis de pressão sonora superiores ao estabelecido na NR 15, anexos n.º 1 e 2;
- b) protetor auditivo de inserção para proteção do sistema auditivo contra níveis de pressão sonora superiores ao estabelecido na NR 15, anexos n.º 1 e 2;
- c) protetor auditivo semi auricular para proteção do sistema auditivo contra níveis de pressão sonora superiores ao estabelecido na NR 15, anexos n.º 1 e 2.

3 METODOLOGIA

3.1 Descrição da Empresa

A empresa está localizada no estado do Paraná, e tem como atividade principal o tratamento e disposição de resíduos não perigosos. A mesma utiliza diversas tecnologias para recebimento, preparo e destino de resíduos não perigosos. Dentre estes os principais são o recebimento de resíduos com características químicas e físicas para o processo de compostagem acelerada em reatores e resíduos sólidos passíveis de trituração e preparo de Combustíveis Derivados de Resíduos - CDR para posterior substituição térmica dos combustíveis fósseis em plantas de produção de cimento através da tecnologia do Coprocessamento de resíduos.

A empresa é considerada de pequeno porte e possui mais de 20 colaboradores, executando as atividades em 1 turno de trabalho de 8 horas/diárias (480 minutos). O código de Classificação Nacional das Atividades Econômicas – CNAE é 38.21-1/00, e tem como atividade principal tratamento de resíduos não perigosos. De acordo com as atividades específicas desenvolvidas pelo empreendimento, o Grau de Risco é 3, conforme a NR 4 onde é possível verificar a Relação de Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE.

3.1.1 Estrutura organizacional

A empresa é composta por 5 (cinco) setores principais:

1. Administrativo;
2. Diretoria;
3. Limpeza;
4. Operacional;
5. Portaria.

Os 5 (cinco) setores descritos são basicamente divididos em duas áreas na empresa, uma administrativa e a segunda operacional, considerando a característica das atividades desenvolvidas pelos colaboradores. Nas tabelas 09 e 10 são

apresentados o setores, cargos e as atividades desenvolvidas nas áreas administrativas e também na operação.

Setor	Cargo	Descrição das Atividades
Administrativo	Encarregado Administrativo/ Gerente Operacional	Coordenar e supervisionar as atividades dos auxiliares administrativos. Coordenar o transporte, coleta e entrega de cargas em geral. Controlar o recebimento de cargas e materiais, realizando pesagem e conferência de cargas, emitindo notas fiscais e recebendo documentos correlatos. Emissão e controle de notas fiscais (entrada e saída). Atendimento a clientes e telefônico. Controlar e organizar documentos da organização. Providenciar assinaturas nos documentos recebidos da sede (RH, financeiro, contábil, etc.) e devolvê-los a mesma. Elaborar medição mensal de serviços realizados por terceiros, enviando ao escritório.
	Operador de Balança	Fazer conferência das cargas de entrada e saída, aferindo e registrando suas pesagens. Emitir tiket, nota fiscal quando necessário.
Diretoria	Diretor Administrativo	Assegurar o cumprimento da missão e das políticas da organização. Estabelecer objetivos e metas para a organização. Coordenar a análise da viabilidade de novos empreendimentos ou negócios de interesse da organização.
Limpeza	Servente	Limpar as instalações administrativas e operacionais (escritórios / sanitários, etc). Realizar serviços de copa (acomodação das refeições, café, lavagem de louça). Acompanhar a entrega e recebimento de uniformes vindos da lavanderia.
Portaria	Vigia Diurno	Controlar e orientar a entrada e saída de pessoas, veículos e materiais, exigindo a necessária identificação. Zelar pela segurança patrimonial da organização. Relatar aos superiores imediatos, os fatos ocorridos, durante o período de vigilância. Vistoriar rotineiramente a parte externa da organização e o fechamento das dependências internas. Realizar vistorias e rondas sistemáticas em todas as dependências, prevenindo situações que coloquem em risco a integridade da organização, dos equipamentos e a segurança dos colaboradores e visitantes.
Portaria	Vigia Noturno	Zelar pela segurança patrimonial da organização. Relatar aos superiores imediatos, os fatos ocorridos, durante o período de vigilância. Vistoriar rotineiramente a parte externa da organização e o fechamento das dependências internas. Realizar vistorias e rondas sistemáticas em todas as dependências, prevenindo situações que coloquem em risco a integridade da organização, dos equipamentos e a segurança dos colaboradores e visitantes.

Tabela 9 - Descritivo dos setor, cargo e atividades administrativas.

Fonte: O autor, 2016.

Setor	Cargo	Descrição das Atividades
Operacional	Auxiliar de Serviços Gerais	Auxiliar no processo de tratamento de resíduos sólidos. Operar equipamentos do processo de compostagem. Operar equipamentos no processo de tritura de poda vegetal e resíduos em geral. Realizar a limpeza do terreno em torno da empresa.
	Ajudante de Manutenção	Auxiliar na manutenção corretiva e preventiva de máquinas e equipamentos, bem como nas instalações prediais. Abastecer e lubrificar veículos e equipamentos.
	Mecânico	Executar serviços de manutenção mecânica. Funcionamento e prolongamento de vida útil dos equipamentos. Montagem e desmontagem de máquinas e equipamentos. Reparar ou substituir partes e peças, visando o perfeito funcionamento de máquinas e equipamentos. Efetuar inspeções de rotina para diagnosticar o estado de conservação e funcionamento de máquinas e equipamentos. Executar serviços de manutenção mecânica preventiva e corretiva em todas as máquinas, equipamentos e respectivos acessórios, assegurando o seu adequado funcionamento. Executar a lubrificação, regulagem, calibragem e abastecimento de óleo diesel em todas as máquinas e equipamentos, soldas conforme necessidade e eventuais pinturas em equipamentos. Acompanhar rotineiramente a produção, verificando o adequado funcionamento.
	Motorista Veículo Pesado	Transporte interno e externo de materiais não perigosos - CLASSE II. Eventualmente opera pá carregadeira no interior da empresa.
	Operador de Motosserra	Auxiliar no recebimento de podas vegetais. Realizar o desgalhe de poda a ser triturada. Auxiliar (se necessário) o recebimento de outros materiais. Eventualmente operar máquina (pá carregadeira) conforme necessidade.
	Operador de Pá Carregadeira	Operar máquinas. Realizar manutenção básica das máquinas. Reportar de imediato ao gerente de operações, encarregado administrativo e encarregado de produção, problemas ou ocorrências quanto às máquinas. Auxiliar (se necessário) o recebimento de outros materiais. Auxiliar no carregamento e descarregamento de silos e caminhões. Proceder à movimentação de materiais relacionados aos processos da organização.

Tabela 10 - Descritivo dos setor, cargo e atividades operacionais.

Fonte: O autor, 2016.

Na área administrativa são realizados recursos humanos, financeira, projetos e licenciamentos. Nessas áreas as principais fontes de ruídos estão relacionadas ao uso de microcomputadores, impressora, telefones e ruído de fundo proveniente das operações.

Na área operacional basicamente existem 2 macro atividades, a primeira é a operação de resíduos com a finalidade de serem processados na compostagem acelerada e a segunda é a linha de preparo de Combustível Derivado de Resíduos – CDR que envolve a trituração dos materiais. O foco de avaliação do presente trabalho é a operação de preparo de resíduos para a produção de Combustível Derivado de Resíduos – CDR. Na operação de preparo de resíduos para a produção de CDR, são utilizados, em operações por batelada, sem que haja misturas, Resíduos Sólidos Urbanos ou Resíduos Sólidos Industriais.

3.1.1.1.1 Operações unitárias de produção do Combustível Derivado de Resíduo – CDR

3.1.1.1.1.1 Recepção, pesagem e descarga

A primeira etapa é responsável por receber os caminhões que realizam o transporte dos resíduos dos pontos de geração até a unidade em questão. Na recepção é realizada a respectiva pesagem de entrada (peso bruto = caminhão mais resíduo) em balança e posteriormente encaminhamento para etapa seguinte do processo, seja ela dá compostagem e/ou para produção de CDR. Os caminhões após realizarem a descarga do resíduo devem novamente passar pela balança para pesagem apenas do equipamento de transporte. A diferença no valor de pesagem aponta a quantidade de material entregue (peso bruto – pesagem apenas do caminhão = peso líquido do resíduo).

Após passarem pela pesagem os caminhões com os resíduos são descarregados numa área destinada para o acondicionamento a granel temporário, de material bruto, aguardando a sua entrada propriamente dita no sistema operacional.

Neste local os operadores recolhem amostras da carga para caracterização físico química em laboratório com a finalidade de efetuar uma pré-triagem de quaisquer materiais indesejáveis.

3.1.1.1.1.2 Alimentação

Essa etapa é onde ocorre a condução do resíduo até a linha de produção propriamente dita. É realizada por pás carregadeiras.

3.1.1.1.1.3 Pré Trituração / Descaracterização

Após passar pela etapa de recepção, o resíduo é encaminhado para a pré trituração e descaracterização. A alimentação desses equipamentos é feita pela pá carregadeira. O equipamento é automatizado e pode ser operado remotamente a distância.

Nesta etapa do processo ocorre a primeira redução de granulometria dos materiais. A operação de pré-trituração destina-se a essencialmente reduzir o diâmetro dos materiais, descaracterizar e promover uma primeira homogeneização/mistura dos materiais de diferentes características, abrindo sacolas, desmanchando aglomerados, promovendo a desintegração de vários materiais e etc. É a etapa de trituração grosseira. Também, nesse momento ocorre a extração de materiais metálicos através de separação magnética automatizada. Etapa do sistema que apresenta níveis elevados de ruídos. Os operadores expostos diretamente nesse caso são os operadores da pá carregadeira e o operador do equipamento de pré-trituração caso o mesmo fique nas proximidades do mesmo.

3.1.1.1.1.4 Peneiramento

Nessa etapa do sistema ocorre a separação, por processo físico, de duas frações em função de suas dimensões e densidades basicamente. Desta separação, no caso de Resíduos Sólido Urbanos – RSU, resultará a parcela úmida composta pela matéria “orgânica”, que é encaminhada para compostagem e a parcela seca com característica própria para granulação. No caso de matérias que não contenham a parcela úmida o peneiramento é utilizado para remover da linha materiais que possuem granulometria já apropriado, evitando a necessidade de passagem pela moagem.

O sistema de peneiramento é rotativo, composto por um cilindro furado chamado de malha.

Etapa do sistema que apresenta níveis de ruídos inferiores em comparação com a pré trituração/descaracterização e moagem.

3.1.1.1.1.5 Moagem

Essa fase de operação visa a homogeneização e redução granulométrica, realizando um ajuste fino dos resíduos sólidos trituráveis de acordo com a exigência da fábrica de cimento que CDR será encaminhado.

A alimentação dessa etapa é realizada por pá carregadeira em uma moega com forma de plataforma que através de esteiras leva o resíduo até o equipamento de moagem. Nas proximidades da moega, quando necessário, colaboradores auxiliam a alimentação do resíduo da pá da pá carregadeira até atingirem as esteiras de alimentação. Quando isso ocorre os operadores são expostos a níveis elevados de pressão sonora. Nas esteiras colaboradores realizam uma inspeção visual com a finalidade de detectar e remover materiais indesejáveis, como metais e etc. Todos os colaboradores envolvidos nessa etapa estão expostos a elevados níveis de ruídos.

3.1.2 Caracterização dos Grupos Homogêneos de Exposição

Com o levantamento das atividades desenvolvidas em cada uma das áreas do empreendimento, o passo seguinte foi então definir quais seriam os colaboradores expostos aos semelhantes níveis de ruído e que dentro de um grupo trabalhador qualquer um dos componentes possa ser avaliado sendo representativo da exposição, permitindo assim determinar os Grupos Homogêneos de Exposição - GHE aos níveis de ruído e o Exposto de Maior Risco - EMR, que considera os trabalhadores expostos ao maior nível de pressão sonora no desenvolvimento de suas atividades. Para isso, utilizou-se como meio de medição pontual prévia o Decibelímetro.

Com a verificação e definição dos Grupos Homogêneos de Exposição - GHE foi possível determinar os colabores a serem avaliados por dosimetria a exposição a ruído contínuo ou intermitente.

3.1.2.1 Equipamentos de medição – Decibelímetro

Para auxiliar na definição dos Grupos Homogêneos de Exposição – GHE foi utilizado um equipamento portátil Medidor de Nível de Pressão Sonora popularmente conhecido como decibelímetro. As configurações utilizadas foram:

- Circuito de ponderação “A”;
- Circuito de resposta lenta – SLOW;
- Escala de 30 a 130 db (A).

3.1.2.2 Equipamentos de medição – Dosímetro

Feitas as medições com decibelímetro e definidos os Grupos Homogêneos de Exposição – GHE, procedeu-se as medições do nível de pressão sonora por meio de medidor integrado de uso pessoal, para avaliação do ruído contínuo ou intermitente, medindo a exposição ao ruído acumulado na jornada de trabalho.

Para esse levantamento foi utilizado o dosímetro de ruído digital portátil da marca Instrutherm, modelo DOS 500. A calibração foi anteriormente realizada por meio do calibrador acústico.

As configurações utilizadas foram:

- circuito de ponderação “A”;
- circuito de resposta lenta (slow);
- critério de referência – 85 dB (A);
- nível limiar de integração – 80 dB (A);
- faixa de medição mínima – 70 a 140 dB (A);
- incremento de duplicação de dose = 5;
- indicação de ocorrência de níveis superiores a 115 dB (A);
- indicação de ocorrência de níveis superiores a 140 dB (A).



Figura 9 Dosímetro de ruído digital Portátil da marca Instrutherm, modelo DOS 500 utilizado na medição de ruído.
Fonte: INSTRUMBRASIL (2015)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Resultados Pontuais - Decibelímetro

No Quadro 1 a seguir, seguem os resultados obtidos com as medições pontuais realizadas por meio do decibelímetro nos setores administrativos e operacionais e seus respectivos cargos. Em todos os casos as medições foram realizadas no local de maior nível de pressão sonora, sendo considerado o pior caso. As medições foram realizadas próximas ao ouvido dos colaboradores.

AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE RUÍDO				Data das avaliações: 16/02/2016 e 26/02/2016		
Cargo	Ponto de Medição	Fonte Geradora	Nível de Ruído	Tempo de Exposição máximo conforme NR 15		
Administrativo - (Medição Pontual)						
Encarregado Administrativo/Gerente Operacional	Escritório	Ruído ambiente de escritório	62,6	dB(A)	480	min
	Veículo	Transito	77,1		480	
	Área Operacional	Ruído de fundo da pá carregadeira e maquinas (triturador, peneira e granulador)	87,2		300	
Administrativo - (Medição Pontual)						
Operador de Balança	Balança	Ruído ambiente	74,9	dB(A)	480	min
		Ruído de fundo (caminhão)	81,5		480	
Diretoria - (Medição Pontual)						
Diretoria	Escritório	Ruído ambiente de escritório	61,4	dB(A)	480	min
Limpeza - (Medição Pontual)						
Servente	Administrativo e Refeitório	Ruído ambiente	59,3	dB(A)	480	min
	Sala do Encarregado	Ruído de fundo (reatores e máquinas manuais da oficina)	69,5		480	
	Área operacional	Ruído de fundo da pá carregadeira e máquinas (triturador, peneira, misturador)	85,8		420	
Portaria - (Medição Pontual)						
Vigia (Diurno)	Portaria	Ruído de fundo do trânsito de caminhões e máquinas	64,3	dB(A)	480	min

Portaria - (Medição Pontual)						
Vigia (Noturno)	Portaria	Ruído de fundo do trânsito de caminhões e máquinas	52,7	dB(A)	480	min
Operacional - (Medição Pontual)						
Auxiliar de Serviços Gerais	Área operacional	Moagem / Pá carregadeira	112,4	dB(A)	8	min
		Pré Triturador	92,3		160	
		Peneira	78,7		480	
		Ruído ambiente (Pátio)	64,9		480	
Operacional - (Medição Pontual)						
Mecânico e Ajudante de Manutenção	Oficina	Ruído ambiente (Oficina)	75,2	dB(A)	480	min
		Esmerilhadeira / Lixadeira (disco de corte)	97,3		75	
		Ruído de fundo (operação e máquinas manuais)	82,5		480	
	Área operacional	Ruído de fundo da pá carregadeira e máquinas (tritador, peneira, misturador)	87,6		300	
Operacional - (Medição Pontual)						
Motorista	Caminhão	Motor caminhão / Trânsito	83,5	dB(A)	480	min
	Área operacional	Ruído de fundo da pá carregadeira e máquinas (tritador, peneira, misturador)	86,7		360	
Operacional - (Medição Pontual)						
Operador de Pá Carregadeira	Área operacional	Pá carregadeira	97,5	dB(A)	75	min
		Ruído ambiente (Pátio)	66,2		480	

Quadro 1– Medição por decibelímetro

Fonte: O autor, 2016.

Com as medições por decibelímetro realizadas, foi possível avaliar e definir quais seriam os Grupos Homogêneos de Exposição – GHE. Considerando que nesse caso existe uma clara divisão nas atividades desenvolvidas pelos colaboradores, sendo possível estabelecer dois macro grupos possibilitando determinar Grupos Homogêneos de Exposição – GHE Administrativos e Grupos Homogêneos – GHE Operacionais, isso por experimentarem exposições semelhantes. E para cada um deles utilizou-se o critério de pior caso para a realização das medições por dosimetria.

No caso do GHE Administrativo foi estabelecido que, pelos resultados obtidos com as avaliações pontuais e pelas atividades executadas, o posto de trabalho do cargo de Gerente Operacional e do Operador da Balança representam os piores casos dentro desse grupo. Já no GHE Operacional foi estabelecido que, pelos resultados obtidos com as avaliações pontuais e pelas atividades executadas, o posto de trabalho do cargo de Auxiliar de Serviços Gerais e do Operador de Pá Carregadeira representam os piores casos dentro desse grupo.

Tendo avaliado os resultados pontuais por decibelímetro e definidos os Grupo Homogêneo de Exposição Administrativo e o Grupo Homogêneo de Exposição Operacional o passo seguinte foi a realização das medições por dosimetria apresentados no quadro 2.

4.2 Resultados dos postos de trabalho – Dosimetria.

No quadro 2 encontram-se os resultados das medições realizadas por dosimetria, necessárias para a caracterização da insalubridade de acordo com a NR 15.

A insalubridade por ruído ocorrerá quando os limites de tolerância definidos nos anexos nº 1 e 2 da NR 15 forem extrapolados e o Equipamento de Proteção Individual - EPI não possuir capacidade de atenuação do ruído suficiente.

A seguir será realizada e apresentada uma análise dos resultados das medições sem considerar a utilização de proteção auricular e também se existe a necessidade de atenuação por meio de Equipamento de Proteção Individual – EPI visando neutralizar a insalubridade.

Dados	GHE Administrativo		GHE Operacional	
	Gerente operacional	Operador de Balança	Auxiliar de Serviços Gerais	Operador de Pá Carregadeira
Nível de critério dB (A)	85	85	85	85
Nível limiar dB (A)	80	80	80	80
Taxa de troca dB (A)	5	5	5	5
Ponderação de tempo	Lento	Lento	Lento	Lento
Excedeu 115 dB(A)	Não	Não	Não	Não
Excedeu 140 dB(A)	Não	Não	Não	Não
Data de início	26/02/2016	26/02/2016	26/02/2016	26/02/2016
Hora de início (hh:mm)	14:59	14:59	13:44	13:44
Hora de finalização (hh:mm)	16:08	16:08	14:51	14:51
Tempo de exposição (hh:mm)	01:08	01:08	01:06	01:06
Valor de dose (%)	4,28	7,20	77,58	22,34
TWA (% dose 8horas)	68,8	72,3	82,1	74,1

Quadro 2 – Medição por dosimetria

Fonte: O autor, 2016.

Primeiramente avaliando o Grupo Homogêneo de Exposição – GHE Administrativo, de acordo com o resultado apresentado no Quadro 2, o nível de pressão sonora para uma dose de 8 horas do Gerente Operacional foi de 68,8 dB (A). Para este nível de pressão sonora o funcionário pode realizar sua jornada de trabalho de 8 horas sem a necessidade de utilizar equipamento de proteção individual auditivo, já que o resultado obtido está abaixo dos 85 dB (A) preconizados na norma, não sendo caracterizado como insalubre. Porém, aconselha-se que o mesmo utilize EPI com capacidade de atenuação mínima aconselhada de 30 dB (A) quando estiver próximo da área operacional submetido a ruído de fundo da pá carregadeira e máquinas (tritador, peneira e granulador) e principalmente quando estiver próximo das fontes emissoras de ruído (pá carregadeira, máquinas, tritador, peneira, misturador e outros), isso levando em consideração os resultados obtidos com o decibelímetro apresentados no quadro 1.

No caso do Operador de Balança o nível de pressão sonora para uma dose de 8 horas foi de 72,3 dB (A). Para este nível de pressão sonora o funcionário pode realizar sua jornada de trabalho de 8 horas sem a necessidade de utilizar equipamento

de proteção individual auditivo, já que o resultado obtido está abaixo dos 85 dB(A) preconizados na norma, não sendo caracterizado como insalubre.

Avaliando o Grupo Homogêneo de Exposição – GHE Operacional, de acordo com o resultado apresentado no Quadro 2, o nível de pressão sonora para uma dose de 8 horas do Auxiliar de Serviços Gerais foi de 82,1 dB (A). Para este nível de pressão sonora o funcionário pode realizar sua jornada de trabalho de 8 (oito) horas sem a necessidade de utilizar equipamento de proteção individual auditivo, já que o resultado obtido está abaixo dos 85 dB (A) preconizados na norma, não sendo caracterizado como insalubre. Porém, aconselha-se que o mesmo utilize EPI com capacidade de atenuação mínima aconselhada de 30 dB (A) quando estiver próximo das fontes emissoras de ruído (pá carregadeira, máquinas, triturador, peneira, misturador e outros), isso levando em consideração os resultados obtidos com o decibelímetro apresentados no quadro 1.

No caso do Operador de Pá Carregadeira o nível de pressão sonora para uma dose de 8 horas foi de 74,1 dB (A). Para este nível de pressão sonora o funcionário pode realizar sua jornada de trabalho de 8 (oito) horas sem a necessidade de utilizar equipamento de proteção individual auditivo, já que o resultado obtido está abaixo dos 85 dB (A) preconizados na norma, não sendo caracterizado como insalubre. Porém, aconselha-se que o mesmo utilize EPI com capacidade de atenuação mínima aconselhada de 30 dB (A) quando estiver próximo das fontes emissoras de ruído (pá carregadeira, máquinas, triturador, peneira, misturador e outros), isso levando em consideração os resultados obtidos com o decibelímetro.

A Figura 11 representa o gráfico comparativo dos valores medidos com o decibelímetro, dosimetria e o limite de tolerância para ruído contínuo ou intermitente definidos na NR 15.

De acordo com a Figura 11, pode-se verificar que, através das medições por dosimetria, em nenhum dos casos as áreas são consideradas insalubres. Porém, existem fontes de emissão de pressão sonoras no Grupo Homogêneo de Exposição Operacional que podem ser consideradas insalubres, já que os resultados obtidos estão acima dos 85 dB (A) preconizados na norma, de acordo com as medições com decibelímetro. Nesses casos se os colaboradores não estiverem utilizando o EPI devem ser respeitados os tempos máximos diário de exposição permissível em função do nível de ruído indicados na NR 15 apresentados na tabela 8.

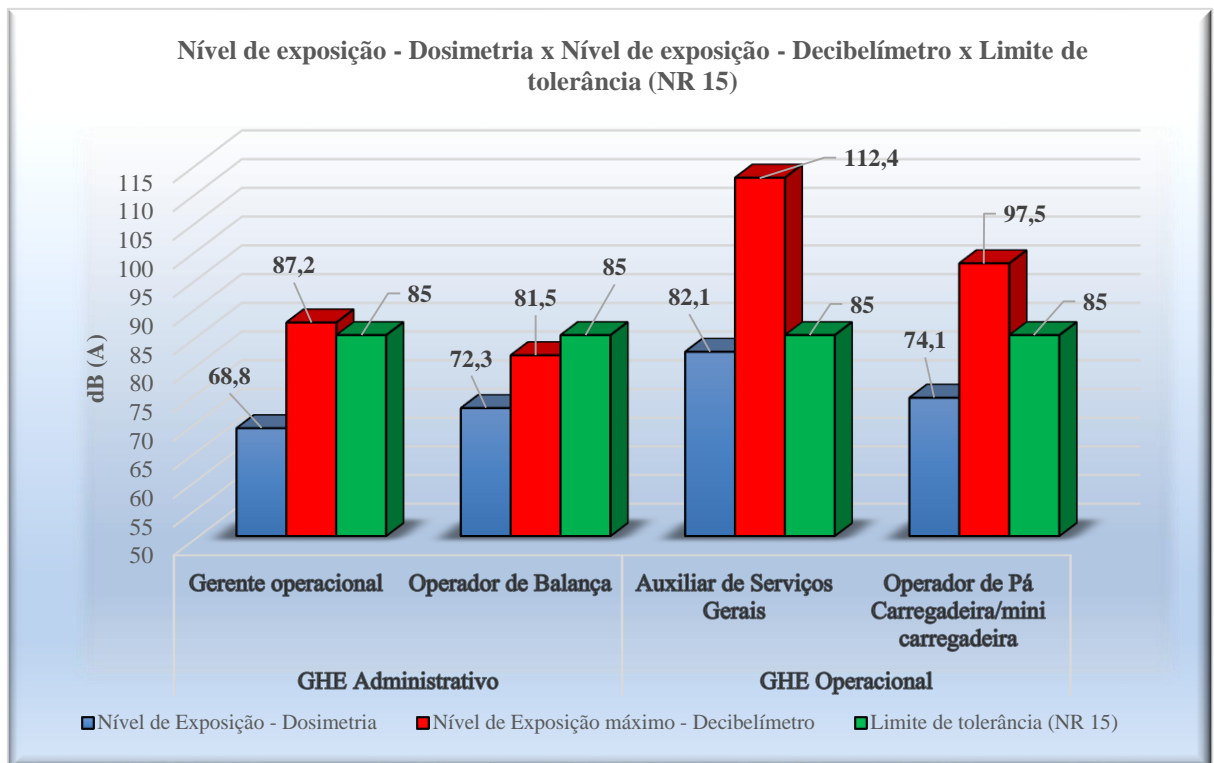


Figura 10 – Nível de exposição – Dosimetria x Nível de exposição – Decibelímetro x Limite de tolerância
 Fonte: O autor, 2016.

5 CONCLUSÃO

O trabalho proporcionou identificar o quão relevante é o ruído como agente físico causador de danos, muitas vezes irreversíveis, à saúde dos colaboradores expostos a elevados níveis de ruído, possibilitando entender como é significativo e importante a utilização de equipamentos de proteção auditivos na atenuação e mitigação de seus efeitos e riscos à saúde.

Considerando a metodologia adotada, a caracterização do ambiente de trabalho das diferentes etapas que compõem as atividades, foi possível a obtenção de resultados que representam e indicam a necessidade do monitoramento e mapeamento dos GHE, nos ambientes de trabalho, objetivando a inclusão de práticas e a adoção de equipamentos de proteção individual, já que considerou-se os piores casos de exposição à níveis de pressão sonora como norteadores.

As medições realizadas possibilitaram determinar que no Grupo Homogêneo de Exposição - GHE Administrativo a exposição ao ruído dos colaboradores em uma jornada de trabalho de 8 horas encontra-se dentro aos limites de exposição diária permissível na NR 15 não sendo consideradas insalubres.

As medições realizadas possibilitaram determinar que no Grupo Homogêneo de Exposição - GHE Operacional a exposição ao ruído dos colaboradores em uma jornada de trabalho de 8 horas também encontram-se dentro aos limites de exposição diária permissível na NR 15 não sendo consideradas insalubres.

Porém, na área operacional é notório que existem fontes de emissão de pressão sonora que transpõem os limites de exposição definidos na NR 15, assim quando da necessidade de aproximação, independentemente do GHE, desses pontos durante sua operação (pá carregadeira, máquinas em geral, triturador, peneira, misturador, lixadeira e outros) aconselha-se a utilização de Equipamento de Proteção Individual - EPI com capacidade de atenuação mínima 30 dB (A), isso levando em consideração os resultados obtidos com o decibelímetro.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2011, Primeira edição, São Paulo – 2011.

ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2011, 12ª Edição, São Paulo – 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). O Coque de Petróleo da Indústria de Cimento, 2002.

BARROS, A. M.; Influência do CdO, Cr₂O₃, NiO, PbO, e ZnO sobre o processo de produção de clínquer de cimento portland, Tese de Doutorado; USP – São Paulo-1999.

BRASIL, Casa Civil. Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010, Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS.

BRASIL, CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 264, 26 de agosto de 1999, Institui o Licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos.

BRASIL, IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Instrução Normativa nº 1 de 25 de Janeiro de 2013, Regulamenta o Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos (CNORP), e dá outras providências.

BRASIL, IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico de 2010.

BRASIL, MMA – Ministério do Meio Ambiente. PNRS - Plano Nacional de Resíduos Sólidos, 2012.

BRASIL, MTE - Ministério do Trabalho e Emprego. Norma de Higiene Ocupacional – NHO 01- Procedimento Técnico. Avaliação da exposição ocupacional ao ruído. Fundacentro (2001).

BRASIL, MTE - Ministério do Trabalho. Portaria n.º 19, de 9 de abril de 1998.

BRASIL, MTE - Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora 06: Equipamento de proteção individual - EPI. Manual de Legislação Atlas, 74ª Edição. São Paulo: Atlas, 2014.

BRASIL, MTE - Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora 15: Atividades e operações insalubres. Manual de Legislação Atlas, 74ª Edição. São Paulo: Atlas, 2014.

PARANÁ, CONRESOL - Consórcio Intermunicipal para O Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos – SIPAR – Sistema integrado de aproveitamento de resíduos. Relatório de Impacto Ambiental, 2008.

CURITIBA, SSMA - Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS), 2010.

CURITIBA, IPPUC - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba. Desenvolvimento Sustentável: Indicadores de sustentabilidade de Curitiba. Diversos anos.

CURITIBA, SMMA - Secretaria Municipal do Meio Ambiente. Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PGIRS, 2010.

FANTINI NETO, Roberto. Apostila de Higiene do Trabalho – Ruído, Apostila do curso de Eng. e Segurança do Trabalho da UTFPR. 2015.

FERNANDES, João Candido. Acústica e ruídos. 51 p. Laboratório de acústica e vibrações – Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual Paulista. São Paulo, 2002.

FERRARI, R. Apostila básica de CALCINAÇÃO/CLINQUERIZAÇÃO; Divisão de Treinamento e Processo – Cia de Cimento Itambé 1991; não publicado.

FERRARI, R. Co-processamento de Resíduos Industriais em fornos de clínquer; Cia de Cimento Itambé, 2002.

GERGES, S. N. Y. Ruído: Fundamentos e Controle. 2 ed. Florianópolis: Editora Imprensa Universitária UFSC, 2000.

GERGES, Samir N. Y. Manual de Saúde e Segurança do Trabalho. Coordenador Sebastião Ivone Vieira. Ed. LTr. 2ª Edição. São Paulo. 2008.

GLORIUS, T.; TUBERGEN J.V.; PRETZ, T.; KHOURY, A.; UEPPING, R (s.d.). Solid Recovered Fuels – Contribution to BREF “Waste Treatment”. European Recovered 73 Fuel Organization (ERFO); Institute and Chair of Processing and Recycling of Solid Waste, RWTH Aachen, 2009.

GUYTON, C. A. Fisiologia Humana. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

GUYTON, C.A.; HALL, J.E. Fisiologia médica. 11 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

IIDA, I. Ergonomia: projeto e produção. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

JACKSON, P. J., “Portland Cement Classification and Manufacture”, In: Lea’s Chemistry of Cement Concret, Edited by PETER C. Hewlett, 4 ed., Arnold Hodder Group, London, 1998.

KARSTENSEN, Kara Helge – SINTEF – Fundação para a Pesquisa Científica e Industrial da Noruega, 2006.

KUMAR, M. P. ; MONTEIRO, P. J. M., Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais, 1 ed. Brasileira, Editora Pini LTDA, São Paulo, 1994.

MOORE, T. E., Co-processamento de Insumos Alternativos, Rio de Janeiro, Ciclo de Conferências da Indústria de Cimento. Anais 1995.

MAIA, P. A. Estimativa de exposições não contínuas a ruído: Desenvolvimento de um método e validação na Construção Civil. Campinas: 2001.

OLIVEIRA, T. A. e RIBAS, O. T. Sistemas de Controle das Condições Ambientais de Conforto. Série Saúde e Tecnologia – Textos de Apoio à Programação Física dos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde – Sistemas de Controle das Condições Ambientais de Conforto. Brasília. 1995.

PALAZZOLO, R; CODA, F; COGGIOLA, F.; PORTO, G; GIUSIDE, R. “RDF Ozone Disinfection” - Secondary International Symposium on Energy from Biomass and Waste. Veneza, 2008.

PAULUCCI, B. P. 28º Seminário da Audição. HCFMUSP, 2005.

PARANÁ, CEMA - CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. Co-processamento de resíduos Industriais – Cia de Cimento Itambé. Disponível em: http://www.cema.pr.gov.br/arquivos/File/1_18.pdf. Acessado 25/01/2016.

PARANÁ, CEMA - CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. Co-processamento, Votorantim Cimentos, Unidade Rio Branco do Sul - Paraná. Disponível em: <http://www.cema.pr.gov.br/arquivos/File/apresent20fiep20Rejane20oficia12755.pdf> 6, Acessado 21/01/2016.

PERAY, K. E., The Rotary Cement Kiln, 2 ed., Chemical Publishing Co. Inc., New York, 1986.

ROOS, H. J.; PETERS, W (2007). “Advanced processing of municipal solid waste for the production of high-grade quality fuels.” Eleventh International Waste Management and Landfill Symposium, Sardenha, (2007)

SÃO PAULO, Comitê Nacional de Ruído e Conservação Auditiva. Boletim n.º 1 e 2. Revisto em 14/11/99

SALIBA, T. F. Manual Prático de Avaliação e Controle do Ruído: PPRA. 3 ed. São Paulo: LTr, 2004.

SNIC - SINDICATO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS DO CIMENTTO. Press Kit, 2012.

SOUZA, Décio Gomes. Anatomia e Fisiologia do Ouvido. Versão 2007. Disponível em: http://www.dgsotorrinolaringologia.med.br/apost_ouvido.htm - Acessado 25/02/2016.

TAYLOR, H. F. W., Cement Chemistry, 2 ed., Thomas Telford Publishing, London, 1997.

THEODORE, L. & REYNOLDS, J. Introduction to Hazardous Waste Incineration, 1 ed John Wiley & Sons Inc., New York, 1987.