

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL**

**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental**

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA  
INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA: UM MÚLTIPLO  
ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DE DESENVOLVIMENTO  
DO SERTÃO DO SÃO FRANCISCO DE PERNAMBUCO**

**MARIA MONIZE DE MORAIS**

**Orientador:** Prof. Dr. Romildo Morant de  
Holanda

**Co-orientador:** Prof. Dr. Paulo César da Silva  
Lima

Recife, PE

Julho, 2015

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL**

**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental**

**MARIA MONIZE DE MORAIS**

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA  
INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA: UM MÚLTIPLO  
ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DE DESENVOLVIMENTO  
DO SERTÃO DO SÃO FRANCISCO DE PERNAMBUCO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, Área de Concentração: Gestão Ambiental e de Recursos Hídricos.

**Orientador:** Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda

**Co-orientador:** Prof. Dr. Paulo César da Silva Lima

Recife, PE

Julho, 2015

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL**  
**Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental**

**MARIA MONIZE DE MORAIS**

APROVADO EM 17 DE JULHO DE 2015

---

**Prof. Dr. Bernardo Barbosa da Silva (PPEAMB/UFRPE)**  
**Examinador Interno**

---

**Prof. Dr. Lincoln Elói de Araújo (UFPB)**  
**Examinador Externo**

---

**Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda (UFRPE)**  
**Orientador**

---

**Prof. Dr. Vicente de Paulo Silva (UFRPE)**  
**Coordenador**

Ficha catalográfica

M827g    Morais, Maria Monize de  
          Gerenciamento de resíduos sólidos na indústria de  
          cerâmica vermelha: um múltiplo estudo de caso na região de  
          desenvolvimento do sertão do São Francisco de  
          Pernambuco / Maria Monize de Morais. – Recife, 2015.  
          120 f. : il.

          Orientador: Romildo Morant de Holanda.  
          Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) –  
          Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento  
          de Tecnologia Rural, Recife, 2015.  
          Inclui referências e apêndice(s).

          1. Política ambiental 2. Regulamento técnico 3. Gestão  
          ambiental 4. Resíduos sólidos 5. Qualidade I. Holanda,  
          Romildo Morant de, orientador II. Título

CDD 628

Dedico este trabalho aos meus pais,  
**João Eufrazio e Maria Helena.**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, meu criador, Senhor e Salvador, pelo seu amor incondicional e pelas suas bênçãos durante toda a trajetória da minha vida, frutos da sua maravilhosa graça à mim, um favor imerecido.

Aos meus pais pelo exemplo que são para mim, pelo amor, carinho, paciência, confiança e por sempre me ensinarem a não desistir dos meus sonhos e ter perseverança e humildade para alcançá-los.

Aos meus irmãos, Arlindo, Ângela, Rosilene e Monyk, por serem exemplo para mim. Pela companhia, brincadeiras, amizade e por me ajudarem sempre.

A Italo, meu noivo, pela paciência, amor, companheirismo, compreensão e por sempre tentar amenizar a situação quando ela se tornou ainda mais difícil. Agradeço também por sonhar junto comigo.

À toda minha família por tudo que representa para mim.

Ao meu orientador, prof. Romildo Morant, pela amizade, ensinamentos, apoio, paciência, que foram fundamentais para o meu aprendizado e bom desenvolvimento durante todo o curso. Agradeço também pela amizade e confiança no meu trabalho.

Ao meu co-orientador pelo auxílio no desenvolvimento das pesquisas e pela amizade.

Aos meus amigos do laboratório, em especial a minha amiga Yenê pela amizade, conhecimentos construídos juntas, trabalhos publicados e por me ajudar durante a caminhada.

A todos os colegas do mestrado pelo companheirismo, brincadeiras, estudos e aprendizados.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, pelos excelentes professores, que sempre estiveram disponíveis para ajudar e pelas aulas ministradas.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE, pela viabilização da realização da pesquisa, através da concessão de bolsa de mestrado.

Ao Sindicar/PE pelo apoio concedido durante todo o desenvolvimento da pesquisa.

Aos dirigentes das indústrias de cerâmica vermelha do Sertão do São Francisco, que abriu as portas das suas empresas para realização do trabalho.

Ao Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai-PE), na pessoa de Ana Paula, pela disponibilização da infraestrutura dos laboratórios para realização das análises.

A todos os outros que direta ou indiretamente contribuíram para que eu pudesse concluir o curso e este trabalho de dissertação com um bom aproveitamento.

## RESUMO

A indústria da cerâmica vermelha é responsável por produzir uma quantidade significativa de resíduos, podendo chegar a 10% do total da produção. Neste cenário o gerenciamento dos resíduos sólidos em conformidade com a PNRS tem grande relevância. Essas indústrias podem ser encontradas na maior parte dos estados do Brasil e no sertão pernambucano também podem ser encontradas, contribuindo para o desenvolvimento da região com graves problemas de infraestrutura e conflitos socioeconômicos. Diante disso, o objetivo do trabalho foi elaborar uma Proposta de Regulamento Técnico para as indústrias que produzem cerâmica vermelha na Região de Desenvolvimento (RD) do Sertão do São Francisco de Pernambuco se adequem à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A metodologia utilizada consistiu em um múltiplo estudo de caso, realizado em três indústrias situadas na RD. Realizou-se um desenho do perfil empresarial das empresas e a classificação e caracterização dos resíduos sólidos produzidos por estas. Com isso, constatou-se que os principais resíduos gerados nessas são indústrias são provenientes de perdas no processo produtivo. Com isso, buscou-se avaliar as principais causas das perdas através da averiguação da qualidade matéria-prima, através de ensaios de caracterização de argila e da qualidade do produto, através de ensaios do Programa Setorial de Qualidade (PSQ). Os ensaios foram realizados no laboratório no SENAI-PE, que o único laboratório que possui a acreditação do INMETRO para esse fim, onde todos os seus procedimentos seguem as diretrizes das normas regulamentadoras e seus equipamentos são calibrados periodicamente. Os resultados dos ensaios mostraram que as indústrias utilizam uma argila com potencial para fabricação de peças de cerâmica vermelha dentro dos padrões estabelecidos em norma. No entanto, nos testes para verificação da qualidade do produto, o lote de blocos de vedação das três indústrias foi reprovado. A partir disso, elaborou-se um modelo para plano de gerenciamento de gerenciamento de resíduos sólidos para as indústrias estudadas, que pode ser replicado para as demais existentes no país. Ao final elaborou-se uma proposta de regulamento técnico, para a adequação indústrias à PNRS, trabalhando as particularidades e dificuldades da RD.

**Palavras-chave:** política ambiental, regulamento técnico, gestão ambiental, resíduos sólidos, qualidade.

## ABSTRACT

The clay industry is responsible for producing a significant amount of waste, reaching 10% of total production. In this scenario the management of solid waste in accordance with PNRS has great relevance. These industries can be found in most states of Brazil and Pernambuco hinterland can also be found, contributing to the development of the region with serious infrastructure problems and socio-economic conflicts. Thus, the objective was to prepare a proposal for Technical Regulation of industries producing red ceramic in the Development Region (RD) of the Wild's St. Francis of Pernambuco suited to the National Solid Waste Policy (PNRS). The methodology consisted of a multiple case study, carried out in three industries located in DR. We conducted a design business profile of the companies and the classification and characterization of solid waste produced by them. Thus, it was found that the main waste generated in these industries are come from losses in the production process. Thus, we sought to evaluate the main causes of losses by averiagução of matéria material quality through characterization of clay testing and product quality through the Quality Sector Program testing (PSQ). The tests were performed in laboratório in SENAI-PE, the only laboratory that has accreditation from INMETRO for this purpose, where all your procedures follow the ditrezes of regulatory norms and their equipment are calibrated periodically. The test results showed that industries use a clay with potential for the production of red ceramic pieces within the standards set by DOT. However, testing for product quality check, the batch sealing blocks of the three industries disapproved. From this we developed a model plan for management of solid waste management for the industries studied, which can be replicated to the existing ones in the country. At the end it was elaborated one technical regulation proposal for the adequacy industries to PNRS working the particularities and difficulties of RD.

**Keywords:** environmental policy , technical regulation , environmental management, solid waste , quality.

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABETRE	Associação de Empresas de Tratamento de Resíduos
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANICER	Associação Nacional das indústrias de Cerâmica Vermelha
APL	Arranjo Produtivo local
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FEAM	Fundação Estadual do meio Ambiente
FGV	Fundação Getúlio Vargas
FIEMG	Federação das Indústrias do estado de Minas Gerais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
LETMAC	Laboratório de Ensaios Tecnológicos de Materiais de Construção Civil
NBR	Norma Brasileira
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PGRS	Programa de gerenciamento de Resíduos Sólidos
PGRSI	Programa de gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais
PIB	Produto Interno Bruto
PNMA	Política nacional de Meio Ambiente
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RT-GRS/ICV	Regulamento Técnico para Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Indústria de Cerâmica Vermelha
PSQ	Programa Setorial de Qualidade
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
RD	Região de Desenvolvimento
RSI	Resíduos Sólidos Industriais
RT	Regulamento Técnico
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SIMAC	Sistema de Qualificação de Empresas de Materiais, Componentes de Sistemas Construtivos

SINDICER/PE	Sindicato da Indústria de Cerâmica Vermelha para Construção no Estado de Pernambuco
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
TRF	Tensão de Ruptura à Flexão
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estimativa do percentual de geração de resíduos sólidos no Brasil.....	32
Figura 2 – Processo produtivo da indústria de cerâmica vermelha .....	38
Figura 3 – Extração de argila.....	38
Figura 4 – Caixa alimentador .....	39
Figura 5 – Desintegrador .....	39
Figura 6 – Misturador .....	39
Figura 7 – Laminador .....	39
Figura 8 – Estoque da massa de produção.....	40
Figura 9 – Conformação das peças.....	40
Figura 10 – Secagem natural .....	41
Figura 11 – Secagem em estufa.....	41
Figura 12 – Forno intermitente (abóboda).....	43
Figura 13 – Forno contínuo (túnel) .....	43
Figura 14 – Caracterização da área de estudo .....	48
Figura 15 – Determinação do desvio em relação ao esquadro .....	52
Figura 16 – Determinação da planeza das faces.....	53
Figura 17 – Determinação da massa seca.....	54
Figura 18 – Imersão das amostras em água.....	54
Figura 19 – Capeamento dos blocos.....	55
Figura 20 – Determinação da resistência à compressão .....	56
Figura 21 – Identificação das amostras .....	56
Figura 22 – Extrusora utilizada para confecção dos corpos de prova .....	57
Figura 23 – Estufa com circulação de ar .....	57
Figura 24 – Forno utilizado para queima.....	57
Figura 25 – Medição do comprimento linear pós-secagem.....	58
Figura 26 – Corpo de prova após a queima .....	59
Figura 27 – Determinação da carga de ruptura à flexão.....	60
Figura 28 – Mapeamento das indústrias associadas ao SINDICER/PE .....	63
Figura 29 – Mapeamento das indústrias participantes do múltiplo estudo de caso.....	64
Figura 30 – Baias de separação de resíduos sólidos da indústria A .....	71
Figura 31 – Coletores de resíduos sólidos na indústria B .....	71

Figura 32 – Resíduos de sucata ferrosa contaminada e não contaminada.....	72
Figura 33 – Solo contaminado.....	72
Figura 34 – Resíduos do processo produtivo .....	73
Figura 35 – Geração de resíduos sólidos no processo produtivo .....	73
Figura 36 – Disposição de resíduos sólidos do processo produtivo .....	74
Figura 37 – Largura dos blocos da Indústria A .....	78
Figura 38 – Largura dos blocos da Indústria B .....	78
Figura 39 – Largura dos blocos da Indústria C .....	79
Figura 40 – Altura dos blocos da Indústria A.....	79
Figura 41 – Altura dos blocos da Indústria B.....	79
Figura 42 – Altura dos blocos da Indústria C.....	80
Figura 43 – Comprimento dos blocos da Indústria A.....	80
Figura 44 – Comprimento dos blocos da Indústria B.....	80
Figura 45 – Comprimento dos blocos da Indústria C.....	81
Figura 46 – Espessura das paredes externas dos blocos da Indústria A .....	81
Figura 47 – Espessura das paredes externas dos blocos da Indústria B .....	82
Figura 48 – Espessura das paredes externas dos blocos da indústria C .....	82
Figura 49 – Espessura dos septos dos blocos da Indústria A .....	82
Figura 50 – Espessura dos septos dos blocos da Indústria B .....	83
Figura 51 – Espessura dos septos da Indústria C .....	83
Figura 52 – Desvio em relação ao esquadro dos blocos da Indústria A.....	83
Figura 53 – Desvio em relação ao esquadro dos blocos da Indústria B .....	84
Figura 54 – Desvio em relação ao esquadro dos blocos da Indústria C .....	84
Figura 55 – Planeza das faces do blocos da Indústria A .....	84
Figura 56 – Planeza das faces do blocos da Indústria B.....	85
Figura 57 – Planeza das faces do blocos da Indústria C.....	85
Figura 58 – Bloco normatizado .....	85
Figura 59 – Bloco não normatizado .....	85
Figura 60 – Percentual de aprovação e reprovação dos ensaios de resistência à compressão .	86
Figura 61 – Índice de Absorção de Água Indústria A .....	87
Figura 62 – Índice de Absorção de Água Indústria B .....	88
Figura 63 – Índice de Absorção de Água Indústria C .....	88
Figura 64 – Fluxograma do gerenciamento de resíduos sólidos .....	95

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tipos de fornos intermitentes e contínuos.....	42
Quadro 2 – Reutilização de resíduos provenientes de outros processos produtivos .....	46
Quadro 3 – Gestão de qualidade nas indústrias estudadas .....	67
Quadro 4 – Licenças obtidas pelas indústrias.....	68
Quadro 5 – Caracterização dos resíduos do setor administrativo.....	68
Quadro 6 – Caracterização dos resíduos do setor de produção .....	69
Quadro 7 – Diagnóstico do gerenciamento dos resíduos sólidos .....	70
Quadro 8 – Proposições para destinação dos resíduos sólidos do processo produtivo .....	89
Quadro 9 – Classificação e destinação dos tipos de resíduos gerados .....	94

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização das indústrias estudadas .....	65
Tabela 2 – Percentual de perdas nas indústrias estudadas .....	66
Tabela 3 – Quantidade de resíduos gerados nas indústrias .....	74
Tabela 4 – Características dos corpos de prova submetido a secagem a 110° C .....	75
Tabela 5 – Características dos corpos de prova queimados a 850°C .....	76
Tabela 6 – Características dos corpos de prova queimados a 950° C .....	77
Tabela 7 – Valores recomendados para cerâmica vermelha.....	77
Tabela 8 – Resistência mecânica dos blocos estudados .....	86
Tabela 9 – Porcentagem de absorção de água dos blocos de vedação .....	87

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 Política Ambiental .....</b>	<b>20</b>
2.1.1 Política Nacional de Meio Ambiente .....	21
2.1.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos .....	23
2.1.3 Política Estadual de Resíduos Sólidos .....	26
<b>2.2 Gestão Ambiental Empresarial .....</b>	<b>27</b>
2.2.1 Ecologia Industrial.....	29
2.2.2 Gestão de Resíduos Sólidos Industriais.....	31
<b>2.3 Indústria de Cerâmica Vermelha.....</b>	<b>34</b>
2.3.1 Panorama da Indústria de Cerâmica Vermelha .....	34
2.3.2 Características do Segmento de Cerâmica Vermelha.....	35
2.3.3 Matéria-Prima .....	36
2.3.4 Processo de Produção .....	37
2.3.4.1 Extração da Matéria-Prima.....	38
2.3.4.2 Beneficiamento .....	38
2.3.4.3 Moldagem .....	40
2.3.4.4 Tratamento Térmico .....	41
2.3.5 Qualidade na Indústria de Cerâmica Vermelha.....	43
2.3.6 A Indústria de Cerâmica Vermelha e o Meio Ambiente .....	45
<b>2.4 Regulamentação Técnica .....</b>	<b>47</b>
2.4.1 Aspectos Relativos a um Regulamento Técnico .....	47
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>48</b>
<b>3.1 Área de Estudo.....</b>	<b>48</b>
<b>3.2 Definição da Amostra.....</b>	<b>48</b>
<b>3.3 Delineamento Metodológico .....</b>	<b>49</b>
<b>3.4 Detalhes da Pesquisa .....</b>	<b>50</b>

3.4.1 Ensaio de Verificação da Qualidade do Produto .....	51
3.4.1.1 Determinação Dimensional .....	52
3.4.1.2 Espessura das paredes externas e septos .....	52
3.4.1.3 Desvio em relação ao esquadro .....	52
3.4.1.4 Planeza das faces (flecha) .....	53
3.4.1.5 Resistência à compressão .....	55
3.4.2 Ensaio de Caracterização da Matéria-Prima .....	56
3.4.2.1 Umidade de extrusão .....	57
3.4.2.2 Retração linear pós-secagem .....	58
3.4.2.3 Retração linear pós-queima .....	58
3.4.2.4 Perda ao fogo .....	59
3.4.2.5 Cor de queima .....	59
3.4.2.6 Resistência à flexão .....	60
3.4.2.7 Determinação do resíduo .....	60
3.4.3 Proposta de Regulamento Técnico .....	61
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>62</b>
<b>4.1 Características Gerais das Indústrias Estudadas .....</b>	<b>62</b>
<b>4.2 Gerenciamento de Resíduos na Indústria de Cerâmica Vermelha .....</b>	<b>68</b>
<b>4.3 Identificação das Causas de Geração dos Resíduos Sólidos na Produção .....</b>	<b>75</b>
4.3.1 Ensaio para verificação da qualidade da matéria-prima .....	75
4.3.2 Ensaio para verificação da qualidade do produto .....	78
4.3.2.1 Características geométricas .....	78
4.3.2.2 Características mecânicas .....	86
4.3.2.3 Características físicas .....	87
<b>4.4 Proposições para Melhoria no Gerenciamento de Resíduos Sólidos .....</b>	<b>88</b>
4.4.1 Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos .....	90
4.4.1.1 Classificação, tratamento e disposição final dos resíduos .....	91
4.4.1.2 Fluxograma de gerenciamento dos resíduos sólidos .....	93
4.4.1.3 Treinamento .....	96
4.4.1.4 Responsável técnico .....	96
<b>4.5 Proposta de Regulamento Técnico .....</b>	<b>97</b>
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>99</b>

<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>101</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>109</b>
<b>APÊNDICE B .....</b>	<b>114</b>
<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>117</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O setor produtivo de cerâmica vermelha para construção exerce uma grande contribuição na economia do país. No ano de 2013, somente o setor dos minerais não metálicos totalizou US\$ 19,3 bilhões no Produto Interno Bruto (PIB) da indústria, representando um aumento de 5,5% do ano anterior, através de uma produção estimada em 7,8 bilhões de peças cerâmicas (BRASIL, 2014). No mesmo estudo, o autor comenta que o setor participou neste mesmo ano de 0,9% do PIB Nacional e 3,2% do PIB industrial.

De acordo com a Associação Nacional das Indústrias de Cerâmica Vermelha (Anicer), a partir de dados do ano de 2008, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) existem no país aproximadamente 6.903 empresas que geram 293 mil empregos diretos e 900 mil indiretos, com um faturamento anual de R\$ 18 bilhões. Dentre as regiões do Brasil com maior importância na produção cerâmica estão as regiões Sudeste, Sul e Nordeste e somente no estado de Pernambuco, através de informações fornecidas pelo SINDICER/PE no seu relatório anual de 2010, o setor gerou no estado 5 mil empregos diretos e 15 mil indiretos, realçando seu potencial de crescimento. No sertão pernambucano também podem ser encontradas indústrias cerâmicas, contribuindo para o desenvolvimento de uma região com graves problemas de infraestrutura e conflitos socioeconômicos.

Apesar de existir outros setores que também estimulam o crescimento econômico e produtivo do país, a indústria cerâmica possui relevância nacional e regional, possibilitando a movimentação financeira e a oferta de empregos, crescendo consideravelmente nos últimos anos. Atrelado ao elevado volume de produção e importância do setor na economia brasileira, tem-se o aumento da degradação ambiental, pois na fabricação dos seus produtos essas indústrias extraem recursos naturais para utilização como matéria-prima e insumos, causando passivos ambientais. O crescimento é inevitável, no entanto faz-se necessário o planejamento focando numa produção maior atrelada a conscientização ambiental (ARAÚJO; MENDONÇA, 2009).

Além de consumir grandes quantidades de recursos renováveis e não renováveis, o setor produz grande quantidade de resíduos sólidos (HOLANDA; SILVA, 2011). Esses resíduos são gerados em todas as etapas do processo produtivo e no ambiente industrial como um todo, sendo de fundamental importância identificá-los e gerenciá-los da forma adequada, evitando a

geração de impactos ambientais, importante para uma melhoria da qualidade ambiental propícia à vida.

Neste cenário é de grande importância o desenvolvimento de um gerenciamento em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010), desenvolvendo ações desde a redução na fonte até a destinação e disposição final ambientalmente adequada de todos os resíduos gerados.

Esse trabalho, portanto, teve como objetivo geral elaborar uma Proposta de Regulamento Técnico para a adequação da Indústria de Cerâmica Vermelha à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), trabalhando as particularidades e dificuldades da RD Sertão do São Francisco de Pernambuco. Buscando alcançar o objetivo geral proposto, foram desenvolvidos os seguintes objetivos específicos:

- i) Realizar mapeamento das indústrias de cerâmica vermelha da RD estudada;
- ii) Identificar perdas e geração de resíduos do processo produtivo nas indústrias de cerâmica vermelha da RD;
- iii) Caracterizar os resíduos sólidos produzidos pelas indústrias de cerâmica vermelha da RD;
- iv) Identificar a destinação/disposição dos resíduos sólidos pela indústria de cerâmica vermelha na RD;
- v) Verificar a qualidade da matéria-prima e do produto e a relação com a geração de resíduos sólidos;
- vi) Propor medidas para o gerenciamento dos resíduos sólidos pela indústria de cerâmica vermelha na RD.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Política Ambiental

Durante muitos anos o Brasil e diversos outros países compreendiam que o fator poluição era o indicativo de progresso, sendo mantida essa percepção até que os problemas relacionados à degradação do meio ambiente e da contaminação do ar, da água e do solo começassem a se intensificar, surtindo efeitos diretos ao homem (BRAGA, 2005). Nesse cenário, surgiu a necessidade de estabelecer medidas para preservar os recursos naturais, que vinham sendo utilizados de forma desordenada pela sociedade civil e pelas indústrias.

“A Revolução Industrial é um marco desencadeador de transformações profundas no paradigma de consumo” (SAMPAIO, 2012, p. 3). Comumente, aponta-se esse acontecimento como um marco importante na intensificação dos problemas relacionados ao meio ambiente, que existiam antes dessa época (BARBIERI, 2004). Ademais, o autor exprime que, a partir desse marco, passou a existir uma diversidade de substâncias e materiais que não existiam anteriormente, alterando a maneira de produzir, causando degradação ambiental.

Conforme comentado por Silveira (2007), a partir da revolução marginalista, em 1870, as questões ambientais começaram a ser discutidas; no entanto, ainda de forma tímida. Benson e Jordan (2015) corroboram e complementam que essa tinha como principal discurso o desenvolvimento sustentável. Os autores ainda explicam que, anteriormente, as disposições ambientais existentes eram apenas voltadas para garantir a saúde humana e o desenvolvimento de forma *ad hoc*.

A partir das discussões sobre a problemática ambiental, decorrente do avanço industrial, conforme diagnosticado por Jung (2011), houve um aumento da percepção da impossibilidade da renovação necessária dos recursos naturais; com isso, deu-se início a criação de leis visando a preservação ambiental. Sendo assim, a partir da década de 1930, a política ambiental passou a tomar maiores proporções, quando se iniciaram as ações de regulamentação para utilização dos recursos naturais (PECCATIELLO, 2011).

A política ambiental é ação eminentemente Executiva, muito embora não seja a ela limitada. Por diversos meios e modos, cada um dos diferentes Poderes da República acaba exercendo um papel importante, seja na formulação, seja na implementação de políticas públicas ambientais (ANTUNES, 2014, p.117).

As políticas ambientais criadas nessa época tinham apenas um caráter corretivo (BARBIERI, 2004). Apesar disso, o autor explica que a partir da década de 1970 começaram a surgir, em diversos países, políticas governamentais com uma postura preventiva, em se tratando de questões ambientais. Essa década, portanto, ficou marcada pelas primeiras tomadas de decisões com vistas à proteção ambiental.

Em atendimento às pressões internacionais que vinha sofrendo, em 1973 o Brasil criou a Secretaria Nacional do Meio Ambiente (SEMA), através do Decreto Nº 73.030, de 30 de outubro e aprovou a Lei n. 6.938/81 da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), objetivando, principalmente, a qualidade do meio ambiente. A criação dessa lei foi um grande marco no avanço das políticas públicas ambientais no Brasil.

Anos mais tarde à publicação da PNMA, a Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, também trouxe exigências para a preservação da qualidade ambiental. Dentre as exigências legais impostas na Constituição Federal (CF), destaca-se o Artigo 225º, que preconiza:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

A política ambiental brasileira passou por diversas fases, e até os dias de hoje o Poder Público, através da criação e aplicação de leis tem cobrado mais da população e dos empreendimentos o monitoramento e o desenvolvimento de suas atividades de modo que não venham a causar degradação ambiental. Acerca disso, outro grande marco da política ambiental no Brasil que também merece destaque foi a criação de uma política pública específica para tratar os problemas relacionados à disposição inadequada dos resíduos sólidos, sendo instituída em 2010 pela Lei nº 12.305 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que, segundo Reis (2011), integra a PNMA. Essa política é de grande importância, visto que os resíduos sólidos quando destinados inadequadamente têm grande potencial de causar impactos ambientais.

### **2.1.1 Política Nacional de Meio Ambiente**

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) regida pela Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, preconiza diretrizes para a preservação ambiental. O Ordenamento Jurídico Nacional em seu Artigo 1º estabelece a PNMA, seus fins e mecanismos de formulação e

aplicação, constitui o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e institui o Cadastro de Defesa Ambiental (BRASIL, 1981).

Essa ação governamental é o símbolo da proteção jurídica ambiental no Brasil, se caracterizando como um trabalho “visionário e consistente”, que impõe o cumprimento até os dias de hoje (DERANI; SOUZA, 2013). Ademais, os autores destacam que esta é uma norma revolucionária, pois ela “ultrapassou os contornos democrático-representativos que desenhavam a nova política brasileira” (p. 249). Depois da Constituição Federal (CF) de 1988, essa é a norma ambiental mais importante, dado que a partir dela foram traçadas todas as sistemáticas das políticas públicas no Brasil para o meio ambiente (FARIAS, 2006).

A PNMA estabelece os objetivos, os instrumentos de efetivação e proteção ao meio ambiente, assim como versa sobre conceitos jurídicos importantes, para: meio ambiente; degradação da qualidade ambiental; poluição; poluidor; e recursos ambientais. Do mesmo modo, prevê a aplicação de penalidades quando não houver o cumprimento das exigências legais.

Em seu Artigo 2º, apresenta como objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar as condições ao desenvolvimento socioeconômico, os interesses da segurança nacional e proteção da dignidade da vida humana (BRASIL, 1981). Os seus objetivos expressam a forma como essa norma “nasceu engajada em um sonho de transformação social” (DERANI; SOUZA, 2013, p. 249). Desse modo, objetivo geral da PNMA pode ser sintetizado como a preocupação em preservar, melhorar e recuperar a qualidade ambiental propícia a vida.

Ainda no mesmo Artigo, o ordenamento jurídico estabelece seus princípios norteadores, que são (BRASIL, 1981):

- I - ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo;
- II - racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;
- III - planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;
- IV - proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas;
- V - controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;
- VI - incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais;
- VII - acompanhamento do estado da qualidade ambiental;
- VIII - recuperação de áreas degradadas;
- IX - proteção de áreas ameaçadas de degradação;

X - educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente.

Convém destacar também o conceito de Meio Ambiente ditado por essa lei, que no seu Artigo 3º, inciso I, destaca como “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (BRASIL, 1981). É importante citar que tal definição prevalece sobre demais posições legais desenvolvidas, uma vez que se trata de uma norma geral sobre Direito Ambiental de competência atribuída ao ente federativo da União.

Para a efetivação do objetivo geral e os princípios, no Artigo 9º são estabelecidos os instrumentos da PNMA (BRASIL, 1981):

- I - o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental;
- II - o zoneamento ambiental;
- III - a avaliação de impactos ambientais;
- IV - o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras;
- V - os incentivos à produção e instalação de equipamentos e a criação ou absorção de tecnologia, voltados para a melhoria da qualidade ambiental;
- VI - a criação de espaços territoriais especialmente protegidos pelo Poder Público federal, estadual e municipal, tais como áreas de proteção ambiental, de relevante interesse ecológico e reservas extrativistas; (Redação dada pela Lei nº 7.804, de 1989)
- VII - o sistema nacional de informações sobre o meio ambiente;
- VIII - o Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental;
- IX - as penalidades disciplinares ou compensatórias ao não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção da degradação ambiental.
- X - a instituição do Relatório de Qualidade do Meio Ambiente, a ser divulgado anualmente pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA; (Incluído pela Lei nº 7.804, de 1989)
- XI - a garantia da prestação de informações relativas ao Meio Ambiente, obrigando-se o Poder Público a produzi-las, quando inexistentes; (Incluído pela Lei nº 7.804, de 1989)
- XII - o Cadastro Técnico Federal de atividades potencialmente poluidoras e/ou utilizadoras dos recursos ambientais. (Incluído pela Lei nº 7.804, de 1989)
- XIII - instrumentos econômicos, como concessão florestal, servidão ambiental, seguro ambiental e outros. (Incluído pela Lei nº 11.284, de 2006)

Esses instrumentos têm a finalidade de identificar as principais atividades econômicas que ameaçam a qualidade ambiental, através das aplicações preventivas e coibitivas, as quais se traduzem em normas de comando e controle, com vistas a regulamentar as atividades que possuem potencial de impactar o meio ambiente (MIRANDA RODRIGUES, 2010).

### **2.1.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos**

Para tratar especificamente das questões relacionadas à disposição inadequada de resíduos sólidos, após decorridas duas décadas e longas discussões no Congresso Nacional, o

Brasil passou a contar com um marco legal, que é a Política Nacional de Resíduos sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305, sancionada em 2 de agosto de 2010 e regulamentada pelo Decreto Federal nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010. Essa lei passou a servir de orientação para gestão adequada dos resíduos sólidos no Brasil.

O diploma legal preconiza as diretrizes, objetivos, princípios e instrumentos importantes para a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos, bem como apresenta definições importantes para o correto entendimento. É fundamental acentuar a essencialidade da aplicação dos princípios, no mundo jurídico, como alicerce para a elaboração de leis a serem aplicadas no ramo em questão.

O principal objetivo da PNRS é a proteção da saúde pública, visto que quando dispostos de forma ambientalmente inadequada os resíduos sólidos colocam em risco a saúde pública (ANTUNES, 2014). Apesar disso, pode-se afirmar a importância dessa política para tratar questões relacionadas a degradação ambiental, sobretudo os impactos ambientais causados pela disposição inadequada de resíduos sólidos.

Um dos conceitos importantes descritos na PNRS que merece destaque é o de resíduos sólidos. São caracterizados como todo material, objeto ou bem descartado, que resulta de atividades humanas, no estado sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes líquidos, possuindo particularidades que o torna inviável seu descarte em rede pública de esgotos ou corpos d'água (BRASIL, 2010), cuja destinação deve se proceder de maneira a não degradar os recursos naturais.

A política classifica os resíduos sólidos quanto à sua composição e periculosidade. Com relação à composição podem ser: resíduos domiciliares, resíduos de limpeza urbana, resíduos sólidos urbanos, resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, resíduos dos serviços públicos de saneamento básico, resíduos industriais, resíduos de serviços de saúde, resíduos da construção civil, resíduos agrossilvopastoris, resíduos de serviços de transportes, e resíduos de mineração. Com relação à periculosidade podem ser perigosos ou não perigosos (BRASIL, 2010).

Diante de todo conteúdo legal apresentado nessa lei, os objetivos da PNRS podem ser resumidos em: destinar apenas os resíduos que não são passíveis de reciclagem para os aterros sanitários; implantar a logística reversa; e erradicar os lixões até o ano 2014. No entanto, a erradicação dos lixões não ocorreu no prazo estabelecido, estendendo-se por mais alguns

anos. Especificamente para as empresas, a política exige que sejam tomadas medidas para o correto gerenciamento dos resíduos gerados por suas atividades, através da implantação de Plano de Gerenciamento de resíduos Sólidos (PGRS).

Dentre esses princípios estabelecidos da PNRS, destacam-se: o do poluidor-pagador, que se apresenta com uma vocação punitiva, tanto para pessoa física ou jurídica, que causar degradação ambiental como consequência de suas atividades; e o da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. De acordo com doutrinadores jurídicos, o princípio do poluidor-pagador tem atuação compatível com o poder de polícia ambiental exercido pela Administração Pública Direta e Indireta, posto que se trata de competências que visam à proteção ao meio ambiente e o combate à poluição nas mais variadas formas, decorrentes de atividades de controle e fiscalização ambiental na cobrança de taxas e tributos como forma punitiva de condutas inadequadas frente ao cenário ambiental.

Nesse sentido, Araújo (2012) destaca a importância do Ministério Público no que tange a problemática ambiental, devido à atribuição constitucional que lhe é repassada, sob o foco de agir judicialmente em defesa do patrimônio ambiental; além disso, a CF em seu Artigo 129 (BRASIL,1988) define a competência do Ministério Público no que concerne ao tema abordado em questão.

Nesse contexto, merece destaque o Artigo 14, parágrafo 1º da Constituição Federal – “[...] o Ministério Público da União e dos Estados terá legitimidade para propor a ação de responsabilidade civil e criminal, por danos causados ao meio ambiente” (BRASIL, 1988). Uma ação civil pública é meio processual mais importante de defesa ambiental, pois é eficaz contra as práticas devastadoras de poluição, degradação e subsequente destruição do nosso habitat natural (MOTA; BARBOSA; MOTA, 2011).

À luz desses conceitos fica evidente que compete ao Ministério Público a manutenção do meio ambiente ecologicamente equilibrado para as presentes e futuras gerações. Mas, não se restringe apenas ao poder público, esse é um dever de todos que usufruem dos recursos naturais, por isso a criação de tais princípios, além da aplicação de punições relacionadas às práticas negativas direcionadas ao Meio Ambiente.

A PNRS deu um novo direcionamento para a gestão dos resíduos sólidos, uma vez que responsabiliza a todos pelos problemas gerados pela disposição inadequada desses resíduos, através da imposição de metas e obrigações. Dessa forma, a partir das exigências legais

estabelecidas nessa política, cada um, quer seja pessoa física ou jurídica é responsável por buscar a melhor forma de gerenciar seus resíduos e pela sua destinação final, tendo em vista que essa lei apenas aponta as diretrizes a serem tomadas como base para o emprego da boa conduta no âmbito ecológico.

### **2.1.3 Política Estadual de Resíduos Sólidos**

O Artigo 11º da PNRS preconiza que “observadas as diretrizes e demais determinações estabelecidas nesta Lei e em seu regulamento, incumbe aos Estados” (BRASIL, 2010):

I - promover a integração da organização, do planejamento e da execução das funções públicas de interesse comum relacionadas à gestão dos resíduos sólidos nas regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, nos termos da lei complementar estadual prevista no § 3º do Artigo 25 da Constituição Federal; II - controlar e fiscalizar as atividades dos geradores sujeitas a licenciamento ambiental pelo órgão estadual do Sisnama.

Sendo assim, em atendimento a essas exigências legais, bem como para tratar da gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos no estado de Pernambuco, foi instituída pela Lei Nº 14.236, de 13 de dezembro de 2010, a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), a qual é compatível com a PNRS. Nessa referência normativa estão descritos princípios, objetivos, instrumentos, bem como conceitos jurídicos importantes. Dentre os conceitos apresentados no seu Artigo 2º, destacam-se:

V - deposição inadequada de resíduos: formas de depositar, descarregar, enterrar, infiltrar ou acumular resíduos sólidos sem medidas que assegurem a efetiva proteção ao meio ambiente e à saúde pública;

VI . descarte adequado ou responsável dos resíduos: depositar ou destinar os resíduos sólidos e separar de forma a facilitar a coleta seletiva para reciclagem e compostagem, garantindo as medidas necessárias e sanitárias que assegurem a efetiva proteção ao meio ambiente e à saúde pública (PERNAMBUCO, 2010).

Esse ordenamento jurídico mostra que o estado de Pernambuco tem tomado iniciativas para o cumprimento da PNRS, bem como para minimizar os efeitos negativos ao meio ambiente, que a destinação final inadequada dos resíduos sólidos pode causar. Assim, portanto, os objetivos dessa política, apresentados no seu Artigo 6º, são: proteção do meio ambiente; implementação da gestão integrada dos resíduos sólidos gerados no estado; cooperação interinstitucional para o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos; promoção de ações para a educação ambiental; promoção de ações para a inclusão social dos catadores de materiais recicláveis; erradicação do trabalho infantil em áreas onde envolvam o fluxo de

resíduos sólidos; disseminação de informações referentes a gestão dos resíduos sólidos; implantação do Sistema de Coleta Seletiva nos municípios; priorização dos produtos recicláveis e reutilizáveis; cooperação intermunicipal, buscando soluções para o correto gerenciamento dos resíduos sólidos; incentivo a pesquisa de tecnologias para o tratamento, destinação e disposição de resíduos sólidos, bem como para reciclagem e compostagem de resíduos orgânicos, para maior aproveitamento destes (PERNAMBUCO, 2010).

Igualmente a PNRS, a PERS, trás, dentre os seus princípios, o do poluidor-pagador e protetor-recebedor, bem como o da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. A utilização desses princípios mostra a importância do gerenciamento dos resíduos sólidos.

## **2.2 Gestão Ambiental Empresarial**

A globalização, a celeridade da tecnologia e a socialização das informações têm causado aumento da complexidade no meio empresarial, estabelecendo que os empresários invistam no sistema produtivo, na negociação e na prestação de serviços, além da melhoria no processo gerencial do trabalho (LIMA, 2009). Não obstante, a legislação ambiental tem exigido uma postura proativa das empresas no desenvolvimento dos seus processos, atrelando ações relativas à preservação ambiental, pois, de acordo com o que Jabbou e Santos (2006) destacam, as empresas são apontadas como principais culpados por causar a degradação do meio ambiente que se testemunha.

As pressões sofridas pelas empresas para mudança de postura têm sido influenciadas por três grandes conjuntos de forças que se integram de maneira recíproca: o governo, a sociedade e o mercado (BRABIERI, 2004). O autor ainda enfatiza a importância da sociedade quando menciona que “se não houvesse pressões da sociedade e medidas governamentais, não se observaria o crescente envolvimento das empresas na matéria ambiental” (p. 99). Espera-se, com isso, que as empresas passem a ser parte da solução para os problemas ambientais, deixando de ser o problema, conforme comenta o autor citado.

Essas pressões têm impulsionado novos desafios para o setor industrial. Para isso, a produção terá que estabelecer novos rumos, em alinhamento ao desenvolvimento de produto, fornecedores, distribuidores e, principalmente, o meio ambiente (GIANETTI; ALMEIDA; BONILLA, 2003). Isso, portanto, significa deixar de lado a economia como um sistema aberto, orientando-se para o princípio básico que é manter um comportamento harmônico

com o meio ambiente e com a sociedade, e entre as gerações (GONZÁLES, 2009). Desse modo, é importante atrelar a gestão ambiental, pois esta se torna uma perspectiva essencial para evitar as alterações negativas causadas pelo desenvolvimento de suas atividades.

A gestão ambiental é conceituada por Barbieri (2004) como “as diretrizes e atividades administrativas e operacionais”, que podem ser “planejamento, direção, controle e alocação de recurso”, com a principal finalidade de alcançar a qualidade do meio ambiente, minimizando ou excluindo os impactos negativos, causados pela atividade antrópica, ou ainda evitando o surgimento desses. Dessa maneira, convém destacar que, a gestão ambiental empresarial é adquirida através da inserção da variável ambiental, na busca atingir expectativas e metas previamente postas, através da mitigação dos efeitos negativos advindos do desenvolvimento dos seus produtos e processo (JABBOUR; SANTOS; NAGANO, 2009).

A iniciativa de aderir a uma gestão ambiental, tem se tornado uma alternativa fundamental para a minimização da degradação ambiental atrelada a melhoria econômica para a empresa. Isso é possível, porque um sistema de gestão ambiental (SGA) possibilita que a empresa obtenha uma redução de custos de produção, através da racionalização de insumos materiais e energéticos (PORTO; SCHÜTZ, 2012). Com isso, a gestão ambiental atua como um instrumento para que as organizações tornem-se, cada vez mais, competitivas (FERRO; BONACELLI; ASSAD, 2006; CAMPOS; MELO, 2008; FERREIRA, 2012; SANCHES, 2000).

Conforme comenta Barbieri (2004), uma empresa pode adotar um dos modelos de sistema de gestão ambiental genéricos propostos por entidades nacionais e internacionais ou criar seu próprio sistema, contanto que este não atue somente como forma de atender a legislação num primeiro momento, mas que promova a melhoria contínua e supere as exigências legais. Um modelo de gestão ambiental eficaz deve estabelecer a sequência das atividades a serem desenvolvidas e os responsáveis pela sua execução, abrangendo os aspectos ambientais importantes, sempre com o foco na melhoria contínua (DONAIRE, 1999).

Para Donaire (1999) qualquer medida por parte da empresa em relação a variável ambiental implica um aumento nas despesas, conseqüentemente um acréscimo no desenvolvimentos dos seus produtos. Desse modo, associar a sustentabilidade ao

desenvolvimento de processos industriais, portanto, deve ser de forma que promova um retorno positivo não só para o meio ambiente, como também para as organizações.

A utilização de tecnologias ambientais é de fundamental importância para assegurar tanto o desempenho econômico de uma empresa industrial, quanto a rentabilidade e competitividade (SANCHES, 2000). O autor ainda aponta as seguintes tecnologias: tecnologia de controle da poluição, que possui o objetivo de eliminar a saída de resíduos do processo produtivo, sem que haja a interferência no desempenho deste; tecnologia de prevenção da poluição, com o principal foco de tornar o processo produtivo mais eficiente; e tecnologias de produto e processo, que visa a aplicação contínua de técnicas que proporcionem a redução de impactos por todo o ciclo de vida do produto.

### **2.2.1 Ecologia Industrial**

No último século a velocidade e a escala de destruição do meio ambiente têm crescido devido ao aumento populacional, além da criação de novas tecnologias com um poder maior de extração dos recursos naturais e para acelerar os processos industriais. Com isso, convém estudar a forma de organização das indústrias e quais as ferramentas utilizadas por estas para minimizar ou eliminar possíveis impactos que agravem as condições negativas do meio.

Impulsionados pela globalização, a produção terá que estabelecer novos rumos, em alinhamento ao desenvolvimento de produto, fornecedores, distribuidores e, principalmente, o meio ambiente (GIANETTI; ALMEIDA; BONILLA, 2003). Neste contexto as indústrias começaram a montar por meio de um sistema, o reaproveitamento e transformações possíveis, utilizando ao máximo os recursos naturais inevitavelmente necessários, reduzindo a um mínimo a pressão sobre a natureza, tanto do lado da demanda quanto do da restituição (MARINHO; KIPERSTOK, 2001).

A Ecologia Industrial traz soluções, olhando internamente para os processos e tendo uma visão holística da atividade industrial e dos ecossistemas, buscando uma modificação da maneira de se pensar nos processos e produtos para reduzir os impactos causados ao meio ambiente (LUTZ; PIRES; MORAIS, 2013, p. 38).

A Ecologia dentro da Indústria surgiu para integrar os sistemas artificiais aos sistemas naturais, conforme explica Trevisan et al. (2012). Um dos motivos para seu fortalecimento foi o estabelecimento de diversas normativas exigentes, além de que muitos dos recursos naturais estão se tornando escassos e as atividades produtivas provocando impactos ambientais

significativos, sendo necessária a adequação e a busca por alternativas e tecnologias mais avançadas (LUTZ; PIRES; MORAIS, 2013).

Tendo seu conceito afirmado somente na década de 80, visa igualmente a Produção mais Limpa, a prevenção da poluição e a redução de demandas por matérias-primas e a devolução dos resíduos à natureza (MARINHO; KIPERSTOK, 2001). O início dos estudos tem relação com o conceito de ecologia dos ecossistemas e com os ciclos biogeoquímicos (LUTZ; PIRES; MORAIS, 2013). Os autores ainda trazem a importância desses ciclos naturais, pois os elementos químicos e os compostos químicos são transferidos entre os organismos e entre diferentes partes do planeta.

Para se aumentar a eficiência, há uma corrente em torno da desmaterialização onde há uma utilização de menos insumos por unidade produzida, optando muitas vezes pelo não uso de certos materiais (GONZÁLES, 2009). De acordo com Erkman (1997) é fundamental que exista uma integração industrial com ecologia, design de ambiente, produção mais limpa, prevenção da poluição e novas práticas de gestão.

As interações com os elementos culturais e sociais são fundamentais para que a implementação dos processos de Ecologia Industrial sejam exitosos, pois tem o intuito de abrandar os riscos naturais que técnicas e ferramentas são submetidas (TREVISAN et al., 2012). Os autores ainda colocam que a Ecologia Industrial poderá ter dificuldades “para ser compreendida e se desenvolver caso não seja analisada do ponto de vista integrado entre sistemas de engenharia e sistemas sociais em relações interorganizacionais” (p.4). No entanto, a cooperação entre uma comunidade de indústrias e com a comunidade local para compartilhar de forma eficiente recursos e serviços (matéria-prima, resíduos, água, energia, infraestrutura, informações, transporte e treinamento), gera ganhos econômicos, ambientais e sociais (LUTZ; PIRES; MORAIS, 2013).

De acordo com Lutz; Pires e Moraes (2013) as principais ferramentas da ecologia industrial, que são utilizadas para melhorar os ciclos de materiais nos sistemas industriais são a Simbiose Industrial e os Parques Industriais Ecológicos. Estes últimos são mencionados quando envolve uma rede de empresas e organizações que estejam trabalhando em conjunto para melhorar o seu desempenho ambiental e econômico (SARACENI; ANDRADE JÚNIOR, 2012).

Ecologia industrial, portanto, pode ser abordada em função de duas formas distintas: i) do selecionando um determinado material ou grupo de materiais e analisando as formas em que flui através do ecossistema industrial; ii) de um produto específico, selecionando um produto específico e analisando as formas em que seus diferentes materiais e componentes podem ser modificadas a fim de otimizar a interação produto-ambiente (JELINSKI et al., 1992)

### **2.2.2 Gestão de Resíduos Sólidos Industriais**

As preocupações com a degradação do meio ambiente, causada pela disposição inadequada dos resíduos sólidos têm aumentado cada vez mais. As formas de disposição têm sido tema de debates para os dirigentes de indústrias, uma vez que gera problemas tanto para o meio ambiente quanto para a sociedade. Desse modo, o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados nos processos industriais é de grande importância, haja vista que, sua disposição inadequada, pode causar alterações na qualidade do meio ambiente.

A Política Estadual de Resíduos Sólidos do estado de Pernambuco, no Artigo 3º e inciso II, define Resíduos Sólidos Industriais (RSI) como aqueles:

Provenientes de atividades de pesquisa e de transformação de matérias primas e substâncias orgânicas ou inorgânicas em novos produtos, por processos específicos, bem como, os provenientes das atividades de mineração e extração, de montagem e de manipulação de produtos acabados e aqueles gerados em áreas de utilidade, apoio, depósito e de administração das indústrias e similares, inclusive resíduos provenientes de Estações de Tratamento de Água - ETAs e Estações de Tratamento de Esgoto – ETEs (PERNAMBUCO, 2010).

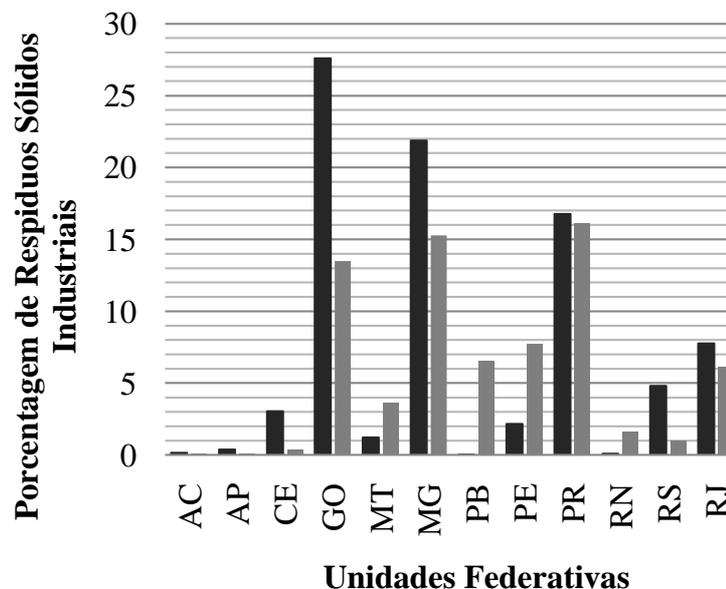
A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da Norma Brasileira Regulamentação (NBR) 10.004/04, classifica os resíduos em (ABNT, 2004):

- Resíduos Classe I – Perigosos: oferecem perigo ou apresentam uma das características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.
- Resíduos Classe II – Não Perigosos
  - Resíduos Classe II A – Não Inertes: se enquadram nessa classe aqueles que podem apresentar propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água, mas não se enquadra nas classificações de resíduo Classe I e Classe II B

- Resíduos Classe II B – Inertes: se enquadram nessa classe aqueles que não contiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, com exceção aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor

As indústrias brasileiras geram grandes quantidades de resíduos sólidos perigosos e não-perigosos, sendo de responsabilidade dos seus dirigentes a correta destinação. De acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2012), a partir de dados levantados dos Inventários Estaduais de Resíduos Sólidos Industriais e do Panorama das Estimativas de Geração de Resíduos Industriais da Associação Brasileira de tratamento de Resíduos da Fundação Getúlio Vargas (ABETRE/FGV), são gerados pelas indústrias brasileiras cerca de 97.655.438 toneladas de resíduos por ano (ton/ano), dos quais 3.786.391 ton/ano, representando 4% do total, foram classificados como resíduos perigosos e 93.869.046 ton/ano, representando 96% do total de resíduos não perigosos, conforme classificação da NBR 10.004/04 (ABNT, 2004). Do percentual de resíduos não perigosos gerados pelas indústrias, destaca-se o estado de São Paulo, o qual foi o maior gerador desse tipo de resíduo, com aproximadamente 28%. Em se tratando de geração de resíduos perigosos, destaca-se o estado de Goiás, com aproximadamente 22% (Figura 1).

**Figura 1 – Estimativa do percentual de geração de resíduos sólidos no Brasil**



Fonte: Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2012) a partir dos Inventários Estaduais de RSI e do Panorama das Estimativas de Geração de Resíduos Industriais – ABETRE/FGV

A indústria de cerâmica vermelha contribui de forma bastante significativa para elevar esse volume de resíduos apresentado. A maior geração de resíduos é proveniente do processo produtivo, devido as perdas na produção. No seu processo industrial as perdas podem chegar a 10% do total da produção somente na etapa de queima (VIEIRA; SOUZA; MONTEIRO, 2004). Sabendo-se que a produção média mensal de uma indústria é na ordem de 700 a 750 milhares de produtos (SCHWOB et al., 2012), percebe-se o potencial da geração de resíduos sólidos por esse setor.

No que tange à gestão dos resíduos sólidos por parte das indústrias, sabe-se que, há um grande número de empresas onde a prática de gerenciamento adequado dos seus resíduos sólidos não é vista. Em decorrência disso, os resíduos gerados são capazes de poluir o solo, as águas e o ar, podendo alcançar uma resultante demasiadamente negativa. Essas questões, portanto, mostram a importância da implantação de um programa de gerenciamento de resíduos sólidos industriais (PGRSI). Souto e Povinelli (2013) alertam que, para um gerenciamento dos resíduos sólidos de forma adequada, é necessário conhecer: seus aspectos qualitativos, isto é, o tipo de resíduos que se deseja gerenciar; e, quantitativos, ou seja, o volume de resíduos gerados diariamente.

A Resolução Conama Nº 307/2002 no Artigo 2º, inciso V, trás que o gerenciamento de resíduos tem por objetivo reduzir, reutilizar ou reciclar os tais, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos. A importância da realização de um gerenciamento de resíduos adequado se reflete na minimização de problemas ambientais provocados pelo descarte inadequado desses resíduos e no potencial de uso desses materiais reciclados em outras atividades.

O PGRSI deve conter: uma descrição do empreendimento; o diagnóstico dos resíduos gerados; designação dos responsáveis pelas etapas do gerenciamento dos resíduos; determinação dos procedimentos operacionais nas etapas do gerenciamento; a identificação da gestão compartilhada dos resíduos; ações preventivas e corretivas que deverão ser executadas em ocorrência de situação de gerenciamento inadequado; metas e procedimentos para minimização da geração de resíduos; medidas para mitigação dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos; e a periodicidade de revisão e o prazo de vigência (IPEA, 2012).

Na elaboração do PGRSI é necessário realizar um estudo das normas e diretrizes da Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH), que trata das exigências para tal plano para as indústrias. A Instrução Normativa CPRH N° 004/2006, que disciplina o Artigo 20° da Lei n° 12.008/01, cria critérios para a apresentação e elaboração de um PGRSI, determinando que deve seguir as instruções do “Termo de Referência para apresentação do PGRSI”, aprovado por esta instrução normativa (CPRH, 2006).

Seguindo as orientações expostas no Anexo I do “Termo de Referência para apresentação do PGRSI”, a elaboração é realizada seguindo as seguintes etapas: i) Análise da Geração dos Resíduos Industriais; ii) Diretrizes e estratégias para adoção de procedimentos operacionais de gerenciamento de resíduos sólidos (CPRH, 2006).

O PGRSI deverá apontar e descrever as ações relativas ao gerenciamento de resíduos sólidos, buscando minimizar a geração de resíduos na fonte, adequar a segregação na origem, controlar e reduzir riscos ao meio ambiente e assegurar o correto manuseio e destinação ou disposição final, em conformidade com a legislação vigente, em especial com a Lei Estadual n° 12.008/2001, regulamentada pelo Decreto Estadual n° 23.941/2002 e a Resolução CONAMA n°313/2002. (CPRH, 2006).

## **2.3 Indústria de Cerâmica Vermelha**

As indústrias de cerâmica são responsáveis por fabricarem tijolos, telhas, tubos blocos de laje, pisos, entre outros produtos, e são caracterizadas por desenvolverem produtos de cerâmica vermelha, utilizando como matéria prima a argila. Essa denominação de cerâmica vermelha é dada pela coloração que o produto recebe, após passar pelo processo de queima. Segundo Pérez et al. (2010) esta é uma atividade de grande importância para a geração de renda do setor industrial brasileiro. Essas indústrias apresentam grande número de processos e produtos, que são produzidos, essencialmente, pela preparação da argila, matéria-prima utilizada, pela conformação, pelo tratamento térmico e pela secagem (MATOS, 2010).

### **2.3.1 Panorama da Indústria de Cerâmica Vermelha**

De acordo com Brasil (2014), somente no ano de 2013 o setor obteve uma produção estimada em 7,8 bilhões de peças cerâmicas. No entanto, frente a outros países essa produção torna-se baixa, mostrando a necessidade de modernização da produção (BANCO DO NORDESTE, 2010).

No Brasil os principais polos de produção industrial de cerâmica vermelha têm sua estrutura produtiva organizada na forma de Arranjos Produtivos Locais (APLs), possibilitando, assim, a melhoria da capacidade produtiva, bem como a articulação com outros atores como o governo, as associações empresariais, as instituições de crédito e as instituições de pesquisa (BRASIL, 2014).

### **2.3.2 Características do Segmento de Cerâmica Vermelha**

O segmento da cerâmica ficou conhecido por significar a atividade que utilizava a argila como matéria-prima, para produção de artefatos (SEBRAE, 2012). Esse segmento pode ser classificado a partir do “emprego dos seus produtos, natureza de seus constituintes, características texturais do biscoito (massa base), além de outras características cerâmicas ou técnico-econômicas” (MOTTA et al., 2001, p. 28). O autor aponta que um desses grupos é o da cerâmica vermelha, que se caracteriza pela cor vermelha de seus produtos.

Além de cerâmica vermelha, o setor é conhecido como cerâmica estrutural, pois alguns dos seus produtos compõem a estrutura de edificações (BRASÍLIA, 2010). As principais características desse setor são: indústria nativa da região e uma estrutura de gestão familiar (ASSUNÇÃO; SICSÚ, 2001).

De um modo geral, o processo de produção desenvolvido pelas indústrias de cerâmica vermelha é relativamente simples, o que faz com que essa atividade seja desempenhada por diversas escalas produtivas, seja micro, pequena ou média empresa, em diferentes estágios tecnológicos, bem como distintos níveis de eficiência (LIMA; SPÍNDOLA, 2014).

O processo de produção se inicia com extração da argila, passando pelo seu beneficiamento, seguindo para a conformação das peças até a sua transformação em cerâmica, ao passar pela queima. Além da utilização do recurso natural, argila, como principal matéria prima, utiliza-se no processo de produção a água, e a lenha para a queima do produto. Esse ramo de empreendimento possui bastante destaque devido a sua importância relativa, tanto em termos econômicos quanto de consumo energético (BRASÍLIA, 2010).

O processo produtivo dessas empresas é considerado tecnologicamente atrasado, quando comparados com o padrão produtivo desenvolvido nos principais países produtores (BNB, 2010). No mesmo estudo, destaca-se que mediante a necessidade de reverter esse quadro, os empresários têm buscado investir em tecnologias no sentido de melhorar a

qualidade do seu produto. O empresariado, sob liderança da Anicer, tem buscado parcerias com instituições como o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) e Serviços Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), para implantação de mudanças no segmento (BRASIL, 2014).

A estrutura produtiva do segmento da indústria de cerâmica vermelha se assemelha ao que os economistas denominam de “mercado competitivo”, ou “vala comum” (LIMA; SPÍNDOLA, 2014). No mesmo estudo, os autores enfatizam que esse é o caso de setores onde existem diversas empresas que desenvolvem um produto homogêneo, onde existem poucas alternativas no sentido de “construir uma marca de produtos diferenciados frente à concorrência, que seja preferida pelos consumidores e, portanto, permita a uma empresa individual possibilidade de cobrar por esse valor adicional percebido” (p. 13).

O setor da indústria de cerâmica vermelha, como todos os outros setores industriais, enfrenta diversos problemas para execução das suas atividades. Os principais problemas enfrentados pelo setor são referentes a deficiência tecnológicas na pesquisa mineral, lavra e beneficiamento, o que interfere diretamente na qualidade da matéria-prima, além disso enfrentam dificuldades no atendimento das exigências legais na regularização dos empreendimentos (CABARAL JUNIOR et al., 2012). Além desses, Assunção e Sicsú (2001) apontam a falta de capital de giro, a sazonalidade e a instabilidade do mercado, como problemas enfrentados por essas empresas.

No que se refere a mão-de-obra, o Informe Setorial do Banco do Nordeste, destaca a cerâmica vermelha como um segmento industrial no qual utiliza-se a mão-de-obra intensiva, prevalecendo de um lado as microempresas familiares utilizando técnicas essencialmente artesanais e, do outro, as empresas de pequeno a médio porte utilizando processos produtivos tradicionais (BNB, 2010). Lima e Spindola (2014) corroboram afirmando que, além da mão-de-obra intensiva, há a não exigência da qualificação dos trabalhadores na contratação.

### **2.3.3 Matéria-Prima**

A principal matéria-prima utilizada nas indústrias de cerâmica vermelha é a argila, recurso natural não renovável. Este é um material de baixa granulometria, que adquire um grau de plasticidade ao passar por um processo de adição de água, o que permite a moldagem dos produtos (HOLANDA, 2011). “O termo argila significa um material de textura terrosa e de baixa granulometria, que desenvolve plasticidade quando misturado com uma quantidade

limitada de água” (SANTOS, 1975a). Os motivos pelos quais utilizam-se esse recurso natural são diversos, a saber: boa plasticidade; boa resistência mecânica após a sinterização, permitindo a utilização dos produtos em diversos setores; técnicas de processamento simples; e, estão disponíveis em grandes quantidades (VIEIRA; HOLANDA; PINATTI, 2000).

Conforme comenta Ortigosa (2006), argilas contêm aluminossilicatos hidratados de granulometria fina, que adquirem plasticidade quando são adicionados determinados volumes de água. Plasticidade é uma propriedade que um sistema rígido possui de sofrer deformação, sem se romper, ao ser submetido a uma força e de reter tal deformação quando essa força é retirada (CAMPOS et al., 1999). As argilas com maior índice de plasticidade são frequentemente ilítica ou montmorilonítica, já as que possuem características menos plásticas são, em geral, muito silicosas (MORAIS; SPOSTO, 2006).

Segundo Pérez (2010), a escolha da matéria-prima é realizada, na maioria das vezes, de forma empírica, sem nenhum conhecimento técnico, e forma que proporcione certas características mecânicas antes e após o processo de queima, para que o produto acabado obtenha um bom desempenho. Um dos indicadores importantes para a escolha da matéria-prima é o índice de plasticidade. Outro de grande relevância é o percentual de resíduo<sup>1</sup> presente na amostra, pois influencia diretamente na qualidade do produto final. Em geral, são utilizados dois tipos de argila, uma com característica mais plástica e outra menos plástica. A mistura desses dois tipos de argila ocorre por que é difícil encontrar uma única matéria-prima que forneça, sozinha, uma melhor estrutura e qualidade do produto final (PERÉZ et al., 2010), sendo importante para que haja um equilíbrio de plasticidade, bem como boa moldagem e queima do produto.

#### **2.3.4 Processo de Produção**

De um modo geral, o processo se inicia com a extração matéria-prima, etapa que ocorre em ambiente externo à indústria, isto é, na jazida de extração do mineral argila. No ambiente interno à indústria o processo é composto, em geral, das seguintes etapas: desintegração; laminação; mistura; moldagem, pela extrusora; corte; secagem; queima; e estoque/expedição (Figura 2).

---

<sup>1</sup> Refere-se a quantidade de material não argiloso presente na amostra de argila.

**Figura 2 – Processo produtivo da indústria de cerâmica vermelha**

Extração	Aquisição de Argila
Beneficiamento	Caixão Alimentador
	Desintegrador
	Misturador
	Laminador
Moldagem	Extrusora
	Cortador
Tratamento Térmico	Secador
	Forno
Comercialização	Estoque/ Expedição

Fonte: O autor (2015)

#### 2.3.4.1 Extração da Matéria-Prima

Em geral, as jazidas de extração de argila localizam-se próximas as indústrias. Essa questão é devida ao fato de que as argilas utilizadas na produção de cerâmica vermelha possuem baixo valor unitário, inviabilizado o seu transporte para longas distâncias. (BRASÍLIA, 2010). A extração é realizada a céu aberto por um equipamento escavadeira hidráulica (Figura 3), durante todo o ano, com exceção dos meses da estação chuvosa, devido a dificuldade de acesso a jazida, bem como do deslocamento das máquinas no próprio local de extração.

**Figura 3 – Extração de argila**

#### 2.3.4.2 Beneficiamento

A partir da etapa de beneficiamento até a queima para obtenção do produto final, os processos envolvidos ocorrem dentro da indústria. O beneficiamento se inicia com a

preparação da massa de produção. Algumas indústrias utilizam em seu processo dois tipos de argila, uma contendo um alto índice de plasticidade e outra um índice de plasticidade mais inferior. A massa de produção, após ser formada passa por um processo de refinamento, para que seus torrões sejam destruídos e a mistura ocorra de forma mais homogênea. Para isso, a massa passa por: caixão alimentador, desintegrador, misturador e laminador (Figuras 4, 5, 6, 7).

**Figura 4 – Caixão alimentador**



**Figura 5 – Desintegrador**



**Figura 6 – Misturador**



**Figura 7 – Laminador**



O caixão alimentador é utilizado para garantir a alimentação constante e uniforme da argila no processo de fabricação; o desintegrador promove o destorroamento da massa de argila, de modo a diminuir sua granulometria; o misturador é utilizado para homogeneizar e misturar a massa de produção; o laminador melhora o processo de homogeneização, promovendo um maior fracionamento dos pedriscos, laminando e misturando a massa argilosa e direcionando as partículas de argila, garantindo uma melhor massa de produção e evitando perdas no processo produtivo (MONTEIRO et al., 2007). O caixão alimentador é alimentado por uma enchedeira e os demais equipamentos por esteiras transportadoras.

Os principais motivos para efetuar o preparo da massa cerâmica são:

Homogeneizar a mistura das argilas; facilitar através do descanso da mistura uma maior absorção de água pelo grão argiloso; reduzir o tamanho de grãos; controlar o percentual de umidade da mistura; controlar o percentual de resíduo na massa; reduzir a quantidade de sais solúveis; auxiliar a decomposição da matéria orgânica; melhorar a trabalhabilidade da massa; reduzir o esforço e o desgaste dos equipamentos; padronizar a qualidade da massa cerâmica; proporcionar maior regularidade nas características e nas propriedades dos produtos; aumentar a produtividade; economizar energia; controlar a retração de secagem (TUBINO; BORBA, 2006, p.5).

Após passar por todo preparo, é necessário que a massa de argila passe por um processo de descanso, que, segundo Monteiro et al. (2007), esse período deve ser de, no mínimo, dois dias, em local fechado, para que ocorra uma melhor uniformidade da umidade da massa (Figura 8).

**Figura 8 – Estoque da massa de produção**



#### 2.3.4.3 Moldagem

A etapa de moldagem, também conhecida como conformação da peça, ocorre após a massa argilosa está preparada (Figura 9).

A conformação de um bloco perfeito ocorre a partir de uma boquilha com as dimensões centralizadas para a retração média da massa, extrusando uma massa com pouca deformação (uma massa dura), com retração baixa e variação estreita do teor de água (pouca variação dimensional) e corte preciso (Tubino e Borba 2006, p. 8).

**Figura 9 – Conformação das peças**



Nesse processo de extrusão “a massa plástica é colocada numa extrusora, também conhecida como maromba, onde é compactada e forçada por um pistão ou eixo helicoidal através do bocal (boquilha) com determinado formato” (MONTEIRO et al., 2007, p. 25). Conforme explica o autor citado, a função da maromba não é apenas de conferir o formato ao produto, mas também o de promover a homogeneização, desagregação e compactação da massa cerâmica. A compactação da massa ocorre porque a extrusora retira o ar presente nos seus vazios. Logo após o processo de extrusão, o produto já com o formato devido, passa pela mesa de corte, onde adquire as dimensões projetadas. O corte pode ser realizado de forma manual ou automático, em geral por fios de aço.

#### 2.3.4.4 Tratamento Térmico

O tratamento térmico é composto por duas etapas: secagem e queima. A secagem ocorre para retirar parte da umidade do produto, através do aquecimento, deixando-o com aproximadamente 5% de umidade. “O objetivo da secagem é o de eliminar a água, utilizada na etapa de conformação, necessária para a obtenção de uma massa plástica” (VIEIRA; FEITOSA; MONTEIRO, p. 42), favorecendo melhor manuseio dentro da indústria, pois a peça adquire melhor resistência.

Essa etapa pode ocorrer de forma natural ou artificial. Na secagem natural, ocorre sob influência da temperatura, da umidade relativa do ar, da velocidade e aplicação da direção do ar, da densidade de carga, da composição granulométrica da massa, da forma, da dimensão e da forma de moldagem das peças (TUBINO; BORBA, 2006) (Figura 10). Quando os produtos são submetidos a uma estufa, a secagem é caracterizada como artificial (Figura 11).

**Figura 10 – Secagem natural**



**Figura 11 – Secagem em estufa**



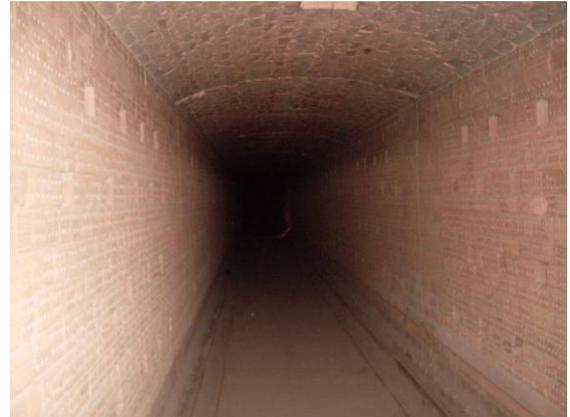
Essa é uma das etapas mais importantes na fabricação de peças de cerâmica vermelha, devendo, portanto, ser monitorada para que a água contida no produto seja retirada de forma lenta e uniforme por toda a massa cerâmica, para que não ocorram defeitos como empenamento e trincas (MONTEIRO et al., 2007).

A segunda etapa do tratamento térmico é a queima, na qual os produtos são submetidos a elevadas temperaturas, que, segundo Oliveira e Holanda (2008) é na faixa de 800 a 1000°C, promovendo a alteração na composição física, química e mineralógica da matéria-prima, transformando a argila em cerâmica. A queima é realizada em dois tipos de fornos (Quadro 1): intermitentes (Figura 12), ou seja, em bateladas, ou contínuos (Figura 13).

**Quadro 1 – Tipos de fornos intermitentes e contínuos**

<b>Fornos</b>	<b>Tipos</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
Intermitente	Caiera	Custo de implantação baixo	Baixa produtividade e da qualidade do produto; alto custo de produção
	Paulistinha	Baixo investimento; facilidade na construção e operação	Pouco econômico; lentidão no aquecimento e resfriamento
	Abóboda	Fácil construção e operação; bom desempenho com qualquer tipo de combustível.	Alta velocidade de aquecimento
	Vagão	Maior produtividade comparada aos outros fornos; fácil construção e operação; melhores condições de trabalho do funcionário	Deficiências durante a queima, apresenta requeima, tanto na lateral como no topo da carga.
	Metálico	Melhor isolamento térmico e produtividade; melhores condições de trabalho do funcionário	Deficiências na queima, principalmente no centro da carga; apresenta requeima, tanto na lateral como no topo da carga.
Contínuo	Hoffman	Bom rendimento energético; fácil operação e boa produtividade	Elevado custo de construção; requeima na soleira; manchas laterais causadas por falta de ar
	Túnel	Eficiente no consumo de energia; fácil operação e automação (robôs)	Elevado investimento; exige um volume de produção contínuo e exige grande conhecimento técnico para sua operação; resfriamento rápido, responsável por trincas e choque térmico nos produtos.

Fonte: Adaptado de FIENG e FEAM (2013)

**Figura 12 – Forno intermitente (abóboda)****Figura 13 – Forno contínuo (túnel)**

Nessa etapa, o produto adquire as características cerâmicas, tais como resistência mecânica, à abrasão e à agentes químicos, redução da porosidade, impermeabilidade, dentre outros (MONTEIRO et al., 2007). Essa etapa é dividida em três fases: “aquecimento controlado, da temperatura ambiente até a temperatura desejada; patamar durante o tempo de sinterização na temperatura especificada; resfriamento controlado até a temperatura ambiente” (KAWAGUTI, 2004, p. 13). A energia para queima, em geral é proveniente de de lenha com Documento de Origem Florestal (DOF), mas diversos resíduos podem ser utilizados, tais como: resíduos de construção civil e resíduos de outros processos, como o caroço do açaí.

### **2.3.5 Qualidade na Indústria de Cerâmica Vermelha**

A implantação de medidas buscando a qualidade dos produtos é de grande importância para elevar a competitividade de qualquer ramo de empreendimento. Com vistas à melhoria dos produtos, conseqüentemente, a elevação da competitividade do setor da construção civil, no qual se inclui a indústria de cerâmica vermelha, foi instituído, através da Portaria nº 134, de 18 de dezembro de 1998, o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H).

Esse programa é um instrumento do Governo Federal, para que seja possível o cumprimento do acordo firmado pelo Brasil, através da assinatura da carta de Istambul, na Conferência do Habitat II, ocorrida em 1996, que possui como meta a organização do setor da construção civil, através das premissas de melhoria da qualidade do habitat e modernização produtiva (BRASIL, 2015). Para o atendimento as exigências do PBQP-H foram criados os Programas Setoriais de Qualidade (PSQs). Através dos quais o Sistema de Qualificação de

Empresas de Materiais, Componentes de Sistemas Construtivos (SiMaC), tem atingido grandes avanços na melhoria da qualidade dos materiais e componentes de construção.

A Associação Nacional da Indústria de Cerâmica (ANICER) participa do PBQP-H desde 1999, focando seu trabalho na qualidade do produto cerâmico. Desde o ano de 2002, com a assinatura do Termo de Adesão da Anicer ao PBQP-H, se iniciou o processo de implantação do PSQ, passando a se tornar a Entidade Setorial Mantenedora dos PSQs para a indústria de cerâmica vermelha (ANICER, 2014a).

Para essas indústrias existem dois PSQs, sendo um específico para bloco (PSQ-BC) e outro para telha (PSQ-TC). Até o final de 2014 muitas empresas aderiram ao PSQ, tanto para bloco, como também para telha.

Das empresas que aderiram, até o final de 2014, já são 133 empresas qualificadas no PSQ-BC e 60 no PSQ-TC, conforme comenta a Anicer (2014b). Algumas empresas aderiram ao PSQ, mas não conseguiram a certificação, devido o produto não atender aos padrões das normas regulamentadoras. Apesar de ter tido um avanço na aquisição do programa, nota-se que o número de indústrias qualificadas ainda é muito pequeno, comparado a quantidade de empreendimentos regulares existentes no país.

Os ensaios para obtenção da certificação do PSQ tanto para blocos cerâmicos como para telhas cerâmicas, devem seguir os procedimentos e obedecer aos critérios estabelecidos nas normas regulamentadoras. Para os blocos de vedação e estrutural a norma que rege os requisitos, terminologias e métodos de ensaios é a NBR 15270, que é dividida em parte 1, 2 e 3. As telhas cerâmicas têm seus requisitos, terminologias e métodos de ensaios estabelecidos NBR 15310 (ABNT, 2009). Ambas as normas são de caráter compulsório. De acordo com o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), quando um produto deve atender a uma norma compulsória, os ensaios de verificação devem ser realizados por um laboratório acreditado, isto é, que tenha a certificação do Inmetro.

Para que uma indústria de cerâmica vermelha participe do programa através da aquisição da certificação do seu produto é necessário que, obtenha três relatórios consecutivos dos ensaios em conformidade com as normas regulamentadoras (ANICER, 2015). Além disso, é necessário que sempre mantenha a qualidade, pois, de acordo com a fonte citada, mensalmente realizados os ensaios exigidos pelas normas e os resultados devem mostrar que estão dentro dos padrões de tolerância estabelecidos, para que a certificação seja mantida.

No estado de Pernambuco as empresas têm buscado a excelência na produção, além da melhoria dos produtos com a aquisição do selo do PSQ. Essa busca por melhorias no processo e no produto podem ser vistas através das parcerias que o Sindicato da Indústria de Cerâmica Vermelha para Construção no Estado de Pernambuco (SINDICER/PE) tem firmado com outras instituições, para realização de trabalhos específicos para o setor. O SINDICER/PE tem realizado parcerias com o Serviço de Apoio as Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), que durante alguns anos ofereceu capacitação para os funcionários das indústrias e consultorias para melhoria do processo, e com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI-PE), o qual, através do PSQ alcançaram uma redução no custo dos ensaios para cerca de 20 cerâmicas (PAZ; MORAIS; HOLANDA, 2014). Adicionalmente, os autores apontam a parceria com a Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), para o desenvolvimento de pesquisas para elevação da competitividade e sustentabilidade do setor, no campo da Gestão Integrada, Produção Mais Limpa e Gerenciamento dos Resíduos Sólidos. Essa parceria foi firmada a partir da assinatura de um termo de Cooperação Técnica entre o sindicato e a universidade.

### **2.3.6 A Indústria de Cerâmica Vermelha e o Meio Ambiente**

No processo industrial da cerâmica vermelha, o combustível mais utilizado é a lenha, com consumo em torno de 0,4 m<sup>3</sup>/milheiro, o que representa uma densidade de 0,4 t/m<sup>3</sup> (BORLINI et al., 2005). Com alta demanda de lenha por produção, o quantitativo utilizado pelas indústrias é significativo, provocando o desmatamento e impactando na recomposição natural da vegetação. Há, portanto, a importância de um controle das espécies florestais utilizadas e uma recomposição da vegetação desmatada para minimização das alterações provocadas. Tendo em vista essa necessidade, diversas empresas do setor ceramista têm substituído sua matriz energética, utilizando biomassa renovável. Com isso, essas empresas têm assumido uma nova postura no mercado internacional, ao se tornarem aptas para a comercialização de créditos de carbono.

Convém destacar, também, que o setor é responsável por consumir grande quantidade de energia elétrica, com uma demanda de 3,8% de toda a energia consumida em todo país e 7,7% de todo o consumo energético da indústria, devido a utilização de elevadas temperaturas em seu processo (PRADO; BRESSIANI, 2013).

No tocante a extração de argila, sua principal matéria-prima, o consumo chega a valores na ordem de 70 milhões de toneladas por ano (tpa), pelas empresas de pequeno porte espalhadas por todo o país (TANO; MOTTA, 2000). Além de extrair do meio ambiente, elevadas quantidades do recuso natural, em grande parte dos empreendimentos, esta é realizada de forma precária, com práticas artesanais e sem um devido controle técnico (CABRAL JUNIOR et al., 2012).

Apesar de a argila ser a principal matéria-prima, o processo industrial da cerâmica vermelha possui um grande potencial de reutilização de resíduos sólidos de outros processos produtivos, incorporados à massa argilosa, tornando uma alternativa ambientalmente adequada de destinação desses resíduos (Quadro 2).

**Quadro 2 – Reutilização de resíduos provenientes de outros processos produtivos**

<b>Autor/ano</b>	<b>Resíduo Incorporado à Massa Cerâmica</b>	<b>Resultados</b>
Manhães, Moreira e Holanda (2009)	Resíduos de rochas ornamentais.	As peças de cerâmica vermelha se apresentaram com uma estrutura mais densificada com menos defeitos do que aquela da massa argilosa isenta de resíduo.
Matos, Santana e Souza (2010)	Torta de lodo da Estação de Tratamento de Água (ETA)	Foi obtida uma melhoria nas características dos produtos.
Klitzke (2011)	Lodo de Estações de Tratamento de Efluentes (ETE)	Obteve-se um produto com propriedades mecânicas superiores às convencionais, atendendo a exigências das normas brasileiras.
De Faria, Gurgel e de Holanda (2012)	Cinzas de bagaço de cana-de-açúcar.	Influenciou de forma positiva nas propriedades tecnológicas das peças cerâmicas.
Bruxel et al. (2012)	Lodo da serra de corte das gemas, gerado no processo de lapidação de ametistas e ágatas.	Os resultados apontaram a viabilidade da adição de 5% em massa cerâmica, pois obteve-se um produto dentro dos padrões estabelecidos em norma técnica vigente.
Medeiros et al. (2014)	Óleo lubrificante	Obtiveram-se uma elevação da absorção de água, da porosidade aparente e redução da massa específica aparente, entre outras alterações, estando dentro das normatizações existentes.
Almeida (2014).	Vidro reciclado em pó	Concluiu a viabilidade de incorporação de 10% na massa de produção, o que resultou em melhorias nas características tecnológicas do produto.

Fonte: O autor (2015)

“A incorporação de resíduos na matriz cerâmica traz diversas vantagens para a indústria, como economia de matéria-prima não-renovável, obtenção de produtos com forte apelo ambiental, redução do consumo de energia e outros” (LUCAS; BENATTI, 2008, p. 410). É importante destacar que, para não comprometer a qualidade do produto, é necessário realizar estudos prévios detalhados e testes para a dosagem correta do percentual dos resíduos sólidos que será incorporado na massa de produção da cerâmica vermelha. Através de pesquisas na literatura, identificou-se a utilização de diversos resíduos provenientes de outros processos produtivos, que, quando incorporados na massa de produção, foram obtidos resultados positivos quanto a qualidade do produto.

## **2.4 Regulamentação Técnica**

### **2.4.1 Aspectos Relativos a um Regulamento Técnico**

A degradação da qualidade ambiental, intensificada após a Revolução Industrial, quando se pensava que poluição era indicativo de progresso, incitou o poder público a criar medidas para minimizar essa situação.

Uma das iniciativas do Governo foi a criação de órgãos regulamentadores, com o intuito da elaboração de regulamentações técnicas, que contribuíssem na preservação da qualidade ambiental tanto por parte da sociedade civil como pela iniciativa privada. Além dos órgãos regulamentadores, a sociedade civil pode ter a iniciativa da criação de uma regulamentação técnica (FIGUEIREDO NETO, 2009).

O Regulamento Técnico (RT) é uma das principais ferramentas legais que são utilizadas no Brasil, dado que é um documento composto por requisitos técnicos e regras, as quais têm a obrigatoriedade de serem cumpridas, quer seja pela referência a norma técnica ou pela incorporação do conteúdo, no todo ou em parte (HOLANDA, 2011).

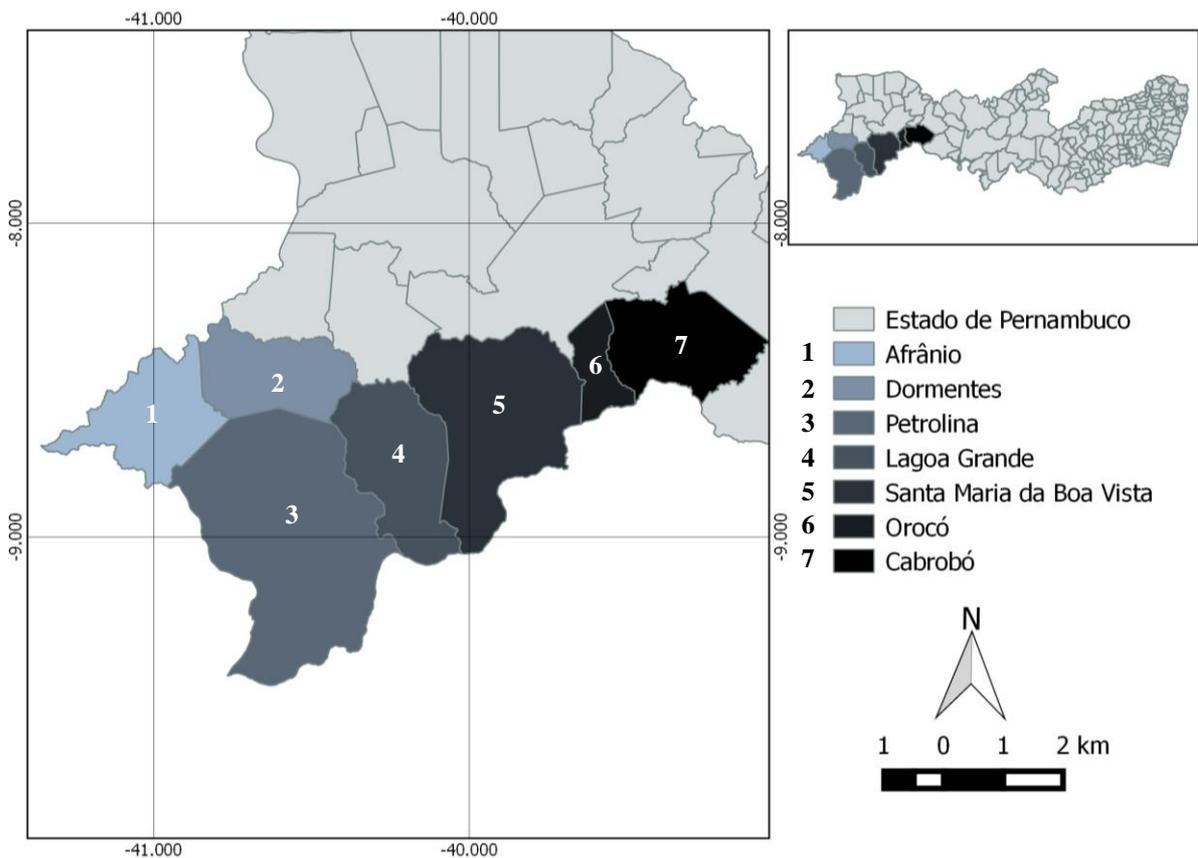
Acerca disso, Holanda (2011) destaca que de uma maneira geral, a regulamentação técnica visa assegurar os “aspectos relativos à saúde, à segurança, ao meio ambiente ou à proteção do consumidor e da concorrência justa”. Figueiredo Neto (2009) acrescenta que a regulamentação técnica “estabelece requisitos técnicos, seja diretamente, seja pela referência ou incorporação do conteúdo de uma norma, de uma especificação técnica ou um código de prática”.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Área de Estudo

O presente estudo focou as indústrias de cerâmica vermelha, situadas na divisão política do estado de Pernambuco da Região de Desenvolvimento (RD) do Sertão do São Francisco (BRASIL, 2011), constituído pelos municípios de Afrânio, Dormentes, Petrolina, Lagoa Grande, Santa Maria da Boa Vista, Orocó e Cabrobó, abrangendo uma área de 14.682,2 Km<sup>2</sup>, distribuídos na Mesorregião do São Francisco e localizados na Microrregião de Petrolina (Figura 14).

**Figura 14 – Caracterização da área de estudo**



#### 3.2 Definição da Amostra

Para definição da amostra, realizou-se uma pesquisa junto a instituições de registro e ao Sindicato da Indústria de Cerâmica Vermelha para Construção no estado de Pernambuco – SINDICER/PE, buscando o quantitativo de indústrias de cerâmica vermelha, associadas ao sindicato localizadas nos limites da região estudada. A partir dessa pesquisa, foi realizado o

mapeamento das indústrias cerâmicas associadas ao sindicato no estado de Pernambuco e na RD Sertão São Francisco, das quais foram selecionadas as indústrias participantes do múltiplo estudo de caso.

Os critérios para escolha das das foram: estar localizada nos limites da RD do Sertão São Francisco; ser associada ao Sindicar/PE; e apresentar interesse em participar da pesquisa.

Das empresas situadas na RD, foram selecionadas três para o desenvolvimento do múltiplo estudo de caso, denominadas nesse trabalho como Indústrias A, B e C.

### **3.3 Delineamento Metodológico**

A pesquisa caracteriza-se como um estudo exploratório e descritivo de cunho qualitativo. Para tanto, desenvolveu-se um múltiplo estudo de caso, em várias organizações, “com o objetivo de ampliar a compreensão ou a teorização sobre um conjunto ainda maior de casos” (VENTURA, 2007, p.384).

O delineamento metodológico da pesquisa se deu inicialmente por um levantamento de dados secundários, através de investigação científica acerca do tema proposto no trabalho, bem como um panorama do setor das indústrias de cerâmica vermelha, no arcabouço teórico existente.

Foram realizados levantamentos de dados primários, para detalhamento e desenho do perfil empresarial, no que tange ao porte, nível tecnológico, capacidade de produção, percentual de perda, consumo dos recursos naturais, fontes energéticas, resíduos sólidos gerados e o gerenciamento dado a estes.

Para detalhamento da geração dos resíduos sólidos produzidos pelas indústrias estudadas, foram avaliadas as perdas oriundas do processo produtivo desenvolvido por cada indústria estudada. Do mesmo modo, foram identificados os resíduos sólidos gerados em cada setor do ambiente industrial.

A partir dos dados levantados acerca dos resíduos sólidos gerados, foi realizada a classificação conforme a NBR 10.004 (ABNT, 2004) e detalhamento do gerenciamento, desde a segregação, o armazenamento, o transporte e a destinação final. Com isso, foram propostas medidas para o correto gerenciamento de resíduos sólidos. Para isso, foi elaborado um modelo de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) para as Indústrias de

Cerâmica Vermelha da RD estudadas, explicitando alternativas para um gerenciamento de resíduos eficiente, o qual pode ser replicado para as demais indústrias do estado e do país.

Buscou-se, também, avaliar as principais causas da geração de resíduos sólidos no processo produtivo. Para isso, foi realizada uma pesquisa em laboratório buscando identificar a qualidade da matéria-prima e do produto. A matéria-prima foi submetida aos seguintes ensaios de caracterização: umidade de extrusão, retração linear pós-secagem, retração linear pós-queima, cor de queima, perda ao fogo, resistência à flexão, porcentagem de resíduo e análise granulométrica de resíduo. Os ensaios para verificação da qualidade do produto foram realizados em blocos de vedação (90x190x190 mm). Esses blocos foram submetidos aos ensaios do Programa Setorial de Qualidade, buscando verificar a conformidade segundo os padrões da NBR 15.270, partes 1 e 3. Todos os ensaios foram realizados nos laboratórios do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial de Pernambuco (SENAI-PE), por ser o único laboratório do estado de Pernambuco que possui a acreditação do INMETRO, para realização desses ensaios.

Com base nos dados obtidos durante a pesquisa e arcabouço jurídico relacionado aos RSI e correlatos, no âmbito nacional e estadual, foi elaborada uma proposta de regulamento técnico para a indústria de cerâmica vermelha, com o objetivo de propor medidas para que essas indústrias se adequem a PNRS.

### **3.4 Detalhes da Pesquisa**

A investigação inicial foi realizada através de uma pesquisa documental em Artigos técnicos e científicos de periódicos, livros, sites com um bom nível de confiança, teses, dissertações e notícias. As palavras-chave utilizadas foram: política ambiental, gestão ambiental, desenvolvimento sustentável, resíduos sólidos, cerâmica vermelha e gestão de qualidade. Essa etapa investigativa é base fundamental para o todo de uma pesquisa, pois proporciona melhor discussão do trabalho científico (PIZZANI et al., 2012).

Os dados referentes aos resíduos sólidos e a caracterização do setor foram coletados através entrevistas semiestruturadas (Apêndice C), aplicadas aos proprietários e dirigentes das indústrias que fizeram parte do múltiplo estudo de caso, e os dados foram checados *in loco*.

### 3.4.1 Ensaios de Verificação da Qualidade do Produto

Para verificação da qualidade do produto e atendimento aos critérios NBR 15.270: 1 foram realizados ensaios para determinação das características geométricas, físicas e mecânicas (ABNT, 2005a). A escolha dos blocos nessas dimensões se deu devido ser o produto fabricado e comercializado em maior escala nas três indústrias.

A norma regulamentadora aponta que os ensaios para determinação das características geométricas, obrigatórios para avaliação da conformidade dos blocos cerâmicos de vedação são: valores das dimensões das faces – dimensões efetivas; espessura dos septos e paredes externas do bloco; desvio em relação ao esquadro; e planeza das faces (ABNT, 2005a).

No que se refere aos ensaios para determinação das características físicas, a norma destaca que o ensaio obrigatório é a determinação do índice de absorção de água (ABNT, 2005a). Já para a determinação das características mecânicas, a norma trás como ensaio obrigatório a determinação da resistência à compressão dos blocos.

O procedimento inicial para realização dos ensaios foi a coleta dos blocos nas indústrias, de forma aleatória, por uma amostragem simples e as quantidades dos blocos coletados variaram conforme o tipo de ensaio a ser realizado, sendo divididos da seguinte forma (ABNT, 2005a):

- Determinação das características geométricas e mecânicas – mínimo de 13 unidades;
- Determinação das características físicas – mínimo de 6 unidades.

Desse modo, no total foram coletados 19 blocos, em cada uma das três indústrias estudadas, no ano de 2015. A metodologia utilizada na realização dos ensaios está descrita na NBR 15.270:3 (ABNT, 2013b) e foram utilizados os procedimentos do Laboratório de Ensaios Tecnológicos de Materiais de Construção Civil (LETMAC), do SENAI-PE;

Anteriormente a realização de todos os ensaios, as amostras foram identificadas, limpas, as rebarbas retiradas e acondicionadas em um local que não promovesse a modificação das suas características originais (ABNT, 2005b).

#### 3.4.1.1 Determinação Dimensional

Os blocos foram posicionados em uma superfície plana e indeformável, com o auxílio da lima de aço e de um paquímetro, foram obtidos os valores da largura (L), altura (H) e comprimento (C) (ABNT, 2005b).

Para resultados individuais, o valor de tolerância é de  $\pm 5$ , e para a média é de  $\pm 3$  (ABNT, 2005a).

#### 3.4.1.2 Espessura das paredes externas e septos

Os blocos foram posicionados em uma superfície plana e indeformável e com o auxílio do paquímetro, foram medidas as paredes externas, buscando a de menor espessura (ABNT, 2005b). Da mesma forma, foram medidos os septos na região central, buscando o de menor espessura.

O valor da espessura dos septos deve ser no mínimo 6 mm e das paredes externas o mínimo é 7 mm (ABNT, 2005a).

#### 3.4.1.3 Desvio em relação ao esquadro

Os blocos foram colocados em uma superfície lisa e indeformável e com o auxílio de um esquadro metálico e um paquímetro, mediu-se o desvio em relação ao esquadro nas das faces destinadas ao revestimento (ABNT, 2005b) (Figura 15).

**Figura 15 – Determinação do desvio em relação ao esquadro**



O valor do desvio em relação ao esquadro não deve ultrapassar um valor de 3 mm (ABNT, 2005a).

#### 3.4.1.4 Planeza das faces (flecha)

Determinou-se a planeza das faces com auxílio de um esquadro metálico e um paquímetro, a partir da medição da flecha formada na diagonal nas das faces destinadas ao revestimento (ABNT, 2005b) (Figura 16).

Como valor de tolerância, a flecha medida não deve ultrapassar um valor de 3 mm (ABNT, 2005a).

**Figura 16 – Determinação da planeza das faces**



#### 3.4.1.5 Índice de Absorção de Água

Na determinação do índice de absorção de água das amostras foi necessário determinar as massas seca e úmida.

##### a. Determinação da Massa Seca ( $m_s$ ):

As amostras foram submetidas a secagem em estufa à  $105^\circ \pm 5^\circ$  C, nas quais, anteriormente, foram retiradas as partículas soltas ou pó. Para determinação da massa seca de forma precisa e correta, a cada hora mediu-se a massa individual, até a sua estabilização (ABNT, 2005b). A norma destaca que a estabilização pode ser verificada quando duas pesagens consecutivas apresentem diferença de, no máximo, 0,25% entre elas. Com esse dado foi obtida a massa seca ( $m_s$ ) de cada amostra (Figura 17).

**Figura 17 – Determinação da massa seca**



As amostras secas em estufa foram submetidas a um tanque com água, onde permaneceram totalmente imersas durante um período de 24h (Figura 18). Em seguida, as amostras foram retiradas do tanque, das quais removeu-se o excesso de água e prosseguiu-se com a pesagem de cada uma, obtendo a massa úmida ( $m_u$ ). Deve-se atentar para que o tempo entre a remoção do excesso de água e o término pesagem não ultrapassasse 15 minutos (ABNT, 2005b).

**Figura 18 – Imersão das amostras em água**



b. Cálculo do Índice de Absorção de Água (AA):

Com os valores de massa seca ( $m_s$ ) e massa úmida ( $m_u$ ), previamente estabelecidos, o índice de absorção de água foi obtido pela expressão (ABNT, 2005a):

$$AA = \frac{(M_u - M_s)}{M_s} \times 100 (\%)$$

**(3.1)**

A tolerância do índice de absorção de água deve obedecer ao seguinte critério:  $8\% \leq AA \leq 22\%$  (ABNT, 2005a).

#### 3.4.1.5 Resistência à compressão

Como procedimento inicial da realização do ensaio de resistência à compressão, realizou-se o capeamento das duas faces destinadas ao assentamento dos blocos (Figura 19). Na realização do capeamento, inicialmente preparou-se o cimento, conforme a proporção de água para cimento pré-estabelecida por laboratoristas do LETEMAC.

Após a preparação do cimento, aplicaram-se folhas de jornal umedecido sobre uma superfície lisa e uniforme, observando para que não houvesse formação de bolhas de ar, prosseguindo com a aplicação e espalhamento do cimento, nivelando-o e ajustando a espessura. Posteriormente, os blocos foram posicionados com a face de assentamento sobre o cimento e exercida uma pequena força manual, formando um capeamento nesse bloco de no máximo 3 mm. Após o cimento atingir a cura, realizou-se o mesmo procedimento para a outra face de assentamento.

**Figura 19 – Capeamento dos blocos**



Quando o cimento utilizado no capeamento, de ambas as faces de assentamento, atingiu a cura, as amostras foram imersas em água, por um período de 6h (ABNT, 2005b). Em sequência, retirou-se o excesso de água e os blocos foram submetidos a uma carga de 20 toneladas (ABNT, 2005b), em prensa universal (Figura 20).

**Figura 20 – Determinação da resistência à compressão**



### **3.4.2 Ensaios de Caracterização da Matéria-Prima**

A caracterização da matéria-prima foi realizada com apenas duas amostras de argila prepara, pois as indústrias B e C utilizam a argila da mesma jazida. As amostras da indústria A foram identificadas nesse trabalho como X e das indústrias B e C como Y.

A metodologia que se utilizou na realização dos ensaios dessa pesquisa de caracterização da matéria-prima, foi desenvolvida pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de São Paulo e adaptada pelo Laboratório de Caracterização de Argila do SENAI-PE, onde os ensaios foram realizados.

Foram coletadas cerca de 12 kg das amostras de argila. As amostras foram identificadas e levadas para o Laboratório de Caracterização de Argila do SENAI-PE, onde foram conformados os corpos de prova por extrusão com vácuo de 25 pol/Hg (Figuras 21 e 22).

**Figura 21 – Identificação das amostras**



**Figura 22 – Extrusora utilizada para confecção dos corpos de prova**



Os corpos de prova foram submetidos a secagem em estufa de circulação de ar a 110° C, posteriormente queimados em muflas elétricas, sendo uma no patamar de 850° C e outra em 950° C (Figuras 23 e 24). A temperatura de ambos foi aumentada gradualmente, em torno de 150°C/h, até que atingissem as temperaturas desejadas. Após atingirem os patamares de queima, permaneceu durante 3 horas em temperatura constante. Os ensaios de retração linear pós-queima, perda ao fogo, cor de queima e resistência à flexão foram realizados para os corpos de prova submetidos aos dois patamares de temperatura de queima.

**Figura 23 – Estufa com circulação de ar**



**Figura 24 – Forno utilizado para queima**



#### 3.4.2.1 Umidade de extrusão

Na determinação da umidade de extrusão, os corpos de prova foram pesados imediatamente após serem extrudados, obtendo a massa úmida ( $m_u$ ). Estes, portanto, foram submetidos a secagem natural de 12h e em estufa a 110° C durante um período de 24h e pesados, obtendo a massa seca ( $m_s$ ). A partir do conhecimento desses valores, foi obtida a umidade de extrusão ( $U_m$ ), calculada a partir da seguinte expressão matemática:

$$Um = \frac{Mu - Ms}{Ms} \times 100 (\%)$$

(3.1)

#### 3.4.2.2 Retração linear pós-secagem

Ao saírem da extrusora, com o auxílio do paquímetro foi feita uma marcação de 100 mm em cada corpo de prova. Estes foram identificados e submetidos a secagem natural durante 12h e em estufa com circulação de ar a 110° C durante 24h (Figura 25). Após a retirada da estufa, mediu-se a nova marcação. A porcentagem da retração linear de secagem foi obtida a partir da seguinte expressão matemática:

$$RLs = \frac{(Lu - Ls)}{Ls} \times 100 (\%)$$

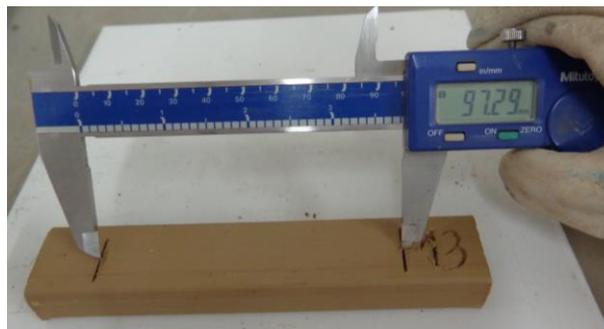
(3.2)

RLs = contração linear de secagem

Lu = comprimento do corpo de prova úmido = 100 mm

Ls = comprimento do corpo de prova seco (110° C)

**Figura 25 – Medição do comprimento linear pós-secagem**



#### 3.4.2.3 Retração linear pós-queima

Quando queimados, os corpos de prova foram retirados dos fornos e foram medidas os novos comprimentos, obtendo a retração linear de queima pela seguinte expressão matemática:

$$RLq = \frac{(Ls - Lq)}{Lq} \times 100 (\%)$$

(3.3)

Em que:

CLs = contração linear de queima

Ls = comprimento do corpo de prova seco (110° C)

Lu = comprimento do corpo de prova queimado

#### 3.4.2.4 Perda ao fogo

Para determinação de perda ao fogo foi levada em consideração a massa que o corpo de prova adquiriu após a secagem ( $M_s$ ) e após a queima ( $M_q$ ). A porcentagem de perda ao fogo (%P.F) foi obtida a partir da seguinte expressão matemática:

$$P.F. = \frac{(M_s - M_q)}{M_s} \times 100 (\%)$$

(3.4)

#### 3.4.2.5 Cor de queima

A cor da queima foi definida através da análise visual do produto após a queima a 850 e 950° C, com o auxílio da Tabela de Classificação de Munsell (Figura 26).

**Figura 26 – Corpo de prova após a queima**



### 3.4.2.6 Resistência à flexão

Com o auxílio do paquímetro foi medida a largura e a altura de cada corpo de prova. Em seguida foram colocados sobre dois apoios e aplicou-se uma carga na região central, com um aumento de 3 a 5 kgf/min (Figura 27). A tensão de ruptura à flexão foi calculada a partir da seguinte expressão matemática:

$$\text{Tensão de Ruptura à Flexão} = \frac{3PL}{2bh^2} \left( \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)$$

(3.5)

Em que:

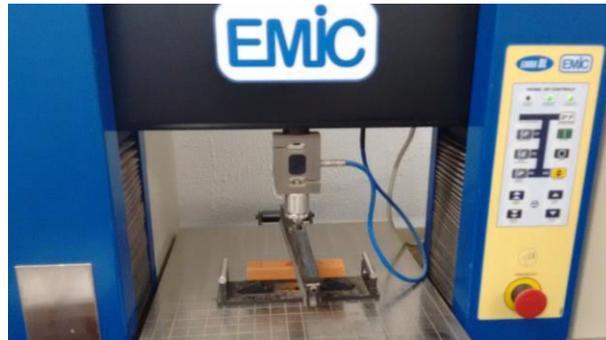
P = carga de ruptura (kgf)

L = distância entre os apoios do corpo de prova (cm)

b = largura do corpo de prova (cm)

h = altura do corpo de prova (cm)

**Figura 27 – Determinação da carga de ruptura à flexão**



Fonte: O autor (2015)

### 3.4.2.7 Determinação do resíduo

Na determinação do resíduo, foram pesados 200 g de cada amostra. Em seguida foram submetidas a secagem em estufa de circulação de ar a 110° C, até a retirada total da umidade. Ao retirar as amostras da estufa, foram pesados 100 g de cada amostra, obtendo o valor da massa seca (Ms) e foram destorroadas em almofariz. Logo após, cada amostra foi transferida para um becker de vidro, nos quais foram adicionados 600 ml de água destilada e uma

solução de ácido clorídrico (HCl 1:1), que atuou como dispersante, agitou-se com um bastão de vidro e foi deixado em repouso por 24h. A solução foi transferida para a peneira com malha TYLER MESH/ABNT 325, sendo lavada em água corrente até que toda argila foi retirada, sobrando somente o resíduo não argiloso retido na peneira, o qual foi submetido a estufa a 110° C até que toda umidade foi retirada. O resíduo seco foi pesado, obtendo o valor da massa seca retida ( $M_{sr}$ ). A porcentagem do resíduo (%R) foi calculada a partir da seguinte expressão matemática:

$$R = \frac{M_{sr}}{M_s} \times 100 (\%)$$

(3.6)

### 3.4.3 Proposta de Regulamento Técnico

A proposta de Regulamento Técnico, para a adequação das Indústrias de Cerâmica Vermelha à PNRS foi elaborada trabalhando as particularidades e dificuldades da RD Sertão do São Francisco de Pernambuco. A estruturação da Proposta de Regulamento Técnico foi desenvolvida mediante a aquisição dos seguintes levantamentos:

- i. A classificação e caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos sólidos das indústrias estudadas, bem como o gerenciamento desses resíduos;
- ii. Aspectos relativos a qualidade do produtos, através dos resultados dos ensaios realizados com base na NBR 15.270: 1 e 3;
- iii. Os dados referentes aos ensaios para verificação da qualidade da matéria-prima.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Características Gerais das Indústrias Estudadas

Através do mapeamento das indústrias associadas ao SINDICER/PE, identificou-se que existem 56 indústrias de cerâmica vermelha no estado (Figura 28). Notou-se, portanto que na RD do Sertão São Francisco há apenas quatro cerâmicas associadas. No entanto, de acordo com os dados da Rais (2013)<sup>2</sup>, o setor do qual as indústrias cerâmicas fazem parte, de fabricação de produtos cerâmicos não refratários para uso na construção, está representado nessa região por um quantitativo de 732 empresas com vínculos ativos. Mas, vale ressaltar que a Rais inclui todas as cerâmicas do setor dos minerais não-metálicos, o qual as indústrias de cerâmica vermelha estão inseridas. De acordo com um levantamento realizado pelo SINDICER/PE, no Estado de Pernambuco, existem apenas 198 indústrias da cerâmica vermelha (entre formais e informais) (PAZ; MORAIS; HOLANDA, 2014). Apesar de não ser atividade predominante, possui bastante representatividade, com a geração de emprego e renda para os municípios que fazem parte dessa região, assim como para os municípios vizinhos.

As quatro indústrias da região se encaixaram nos critérios estabelecidos para participação do múltiplo estudo de caso; no entanto, apenas 3 aceitaram contribuir com a pesquisa, sendo estas as Indústrias A, B e C. Dessas, uma localiza-se no município de Petrolina e as demais no município de Dormentes (Figura 28).

As indústrias de cerâmica vermelha estudadas fabricam diversos produtos que são utilizados na construção civil. A capacidade de produção total das indústrias estudadas é acima de um milhão de peças por mês, no entanto, identificou-se que estão operando abaixo da sua capacidade, apesar de utilizarem em sua maioria fornos do tipo Hoffman. Esse tipo de forno apresenta bons rendimentos energéticos e boa produtividade (FIENG; FEAM, 2013). A Tabela 1 apresenta, portanto, o desenho do perfil empresarial e as características das indústrias participantes do múltiplo estudo de caso.

---

<sup>2</sup> CNAE 2.0 - Seção C, Divisão 23, Grupo 234, Classe 2342-7 - Fabricação de Produtos Cerâmicos Não-Refratários para uso estrutural na construção.

**Figura 28 – Mapeamento das indústrias associadas ao SINDICER/PE**

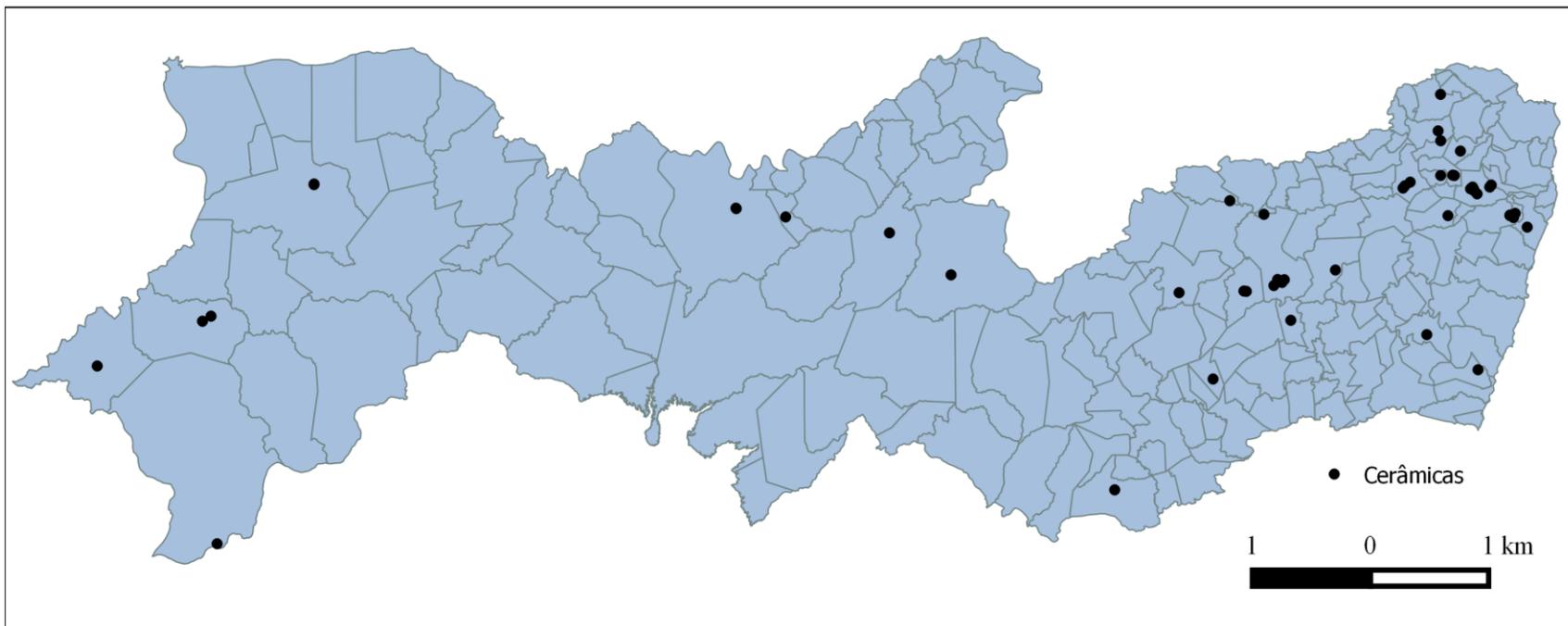


Figura 29 – Mapeamento das indústrias participantes do múltiplo estudo de caso

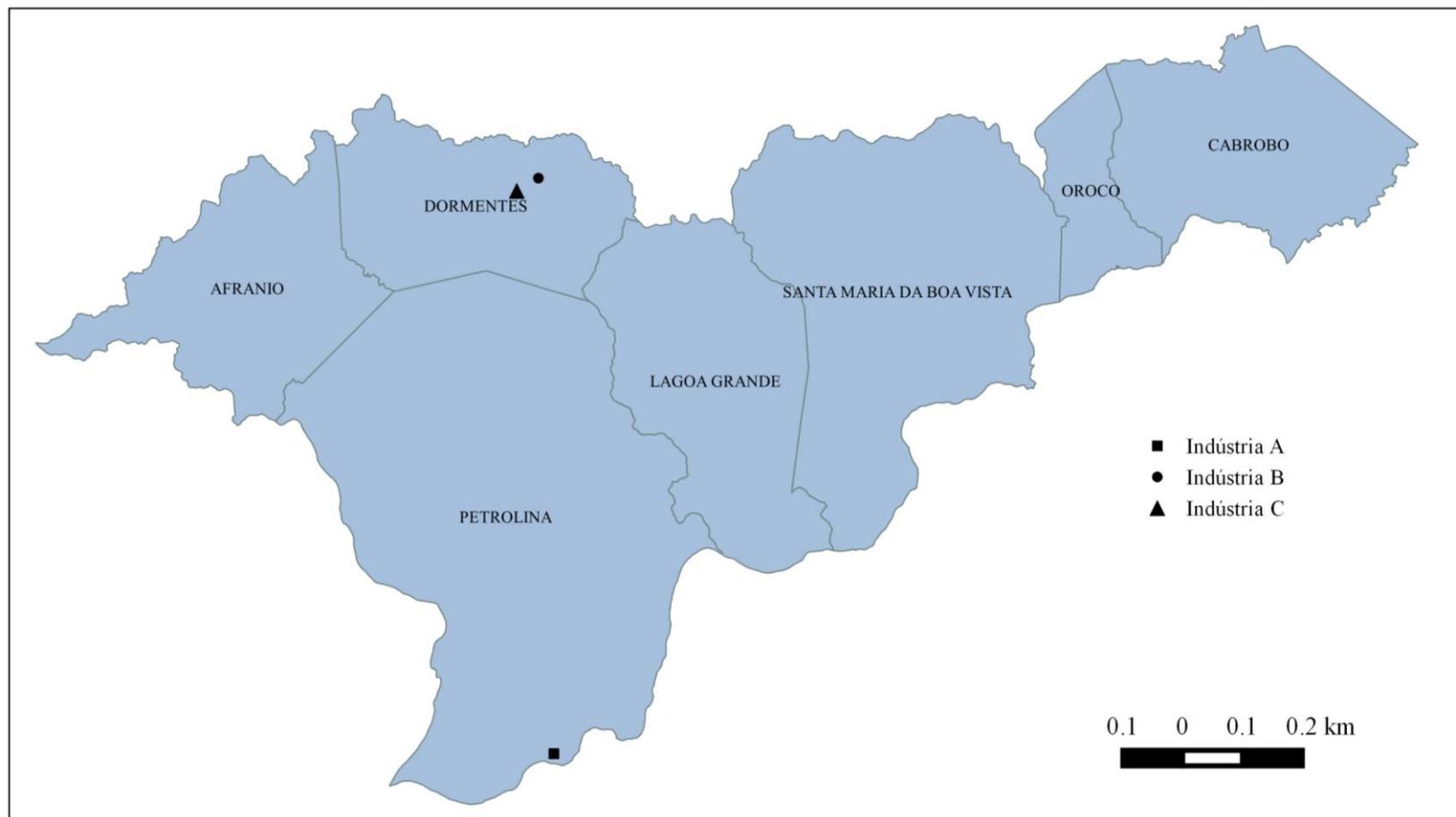


Tabela 1 – Caracterização das indústrias estudadas

CARACTERÍSTICAS	INDÚSTRIAS		
	A	B	C
Localização	Petrolina	Dormentes	Dormentes
Tempo de existência	12 anos	7 anos	10 anos
Área ocupada	20.000 m <sup>2</sup>	17.000 m <sup>2</sup>	12.000 m <sup>2</sup>
Capacidade de produção mensal	2.700.000	1.800.000	1.600.000
Produção mensal	1.200.000	1.000.000	900.000
Produtos	Bloco 8 furos (9x19x19 cm)	Bloco 8 furos (9x19x19 cm)	Bloco 8 furos (9x19x19 cm)
	Bloco 6 furos (9x14x19 cm)	Bloco 6 furos (9x14x19 cm)	Bloco 6 furos (9x14x19 cm)
	Lajota (7x19x29 cm)	Bandinha 4 furos (9x19x9,5 cm)	Bandinha 4 furos (9x19x9,5 cm)
		Lajota (7x19x29 cm)	Lajota (7x19x29 cm)
		Blocão (32x19x9 cm)	
Grau de automação	Semi- automatizada	Semi- automatizada	Semi- automatizada
Quantidade de funcionários	80	90	60
Mercado consumidor	Pernambuco (Petrolina e municípios próximos)	Pernambuco (Dormentes e municípios próximos)	Pernambuco (Dormentes e municípios próximos)
	Bahia	Bahia	Bahia
		Piauí	Piauí
Tipos de argila	1	2 (forte e fraca)	2 (forte e fraca)
Propriedade da jazida	Própria	Própria	Própria
		Terceiros	Terceiros
Tempo de vida útil da jazida	10 anos	15 anos	15 anos
Distância da jazida	2 km	5 km	1 km
Consumo mensal de argila	3.580 ton	2.800 ton	2.500 ton
Sazonamento	Sim	Sim	Sim
Utilização de aditivo	Não	Não	Não
Secagem	Natural	Natural	Natural
Queima	Hoffman	Hoffman	Hoffman
		Móvel	
		Cedan	
Fonte energética	Lenha	Lenha	Lenha
Consumo mensal de biomassa	920 m <sup>3</sup>	800 m <sup>3</sup>	510 m <sup>3</sup>

Através da análise detalhada dos relatórios de produção e do desenvolvimento do processo produtivo, identificou-se que as indústrias apresentam elevado percentual de perdas (Tabela 2). Essa questão pode estar relacionada ao fato de que, de modo geral, as indústrias estudadas apresentam baixo nível tecnológico em seu processo produtivo, com mão-de-obra pouco qualificada. Apesar disso possui um elevado índice de produção, que é comercializado na região onde está inserida, e municípios e estados vizinhos.

**Tabela 2 – Percentual de perdas nas indústrias estudadas**

	<b>Indústria A</b>	<b>Indústria B</b>	<b>Indústria C</b>
<b>Perdas</b>	11%	9%	12%

Em termos de blocos, somando as perdas das três indústrias resulta em um desperdício de 232.000 blocos por mês. De acordo com Holanda (2011) uma casa com área de 36,84 m<sup>2</sup> (sala, cozinha e banheiro) é necessário aproximadamente 2.370 blocos nas dimensões 90x190x190 mm. Assim, com as perdas das três indústrias, mensalmente poderiam ser construídas 97 casas no padrão do Programa Minha Casa Minha Vida.

Em relação as receitas, como o milheiros desses blocos é comercializado por um valor em torno de R\$ 320,00, a redução mensal se de aproximadamente R\$ 42.240, R\$ 28.800 e R\$ 34.560 para as indústrias A, B e C, respectivamente.

Para produção, essas empresas utilizam como matéria-prima argilas provenientes de jazidas próprias e de terceiros, as quais se localizam nas proximidades do empreendimento industrial, não ultrapassando 5 km de distância, o que, conforme comentado por Paz, Morais e Holanda (2013), atribui um baixo custo na obtenção da matéria-prima. O consumo médio mensal para as três indústrias é de 2.960 toneladas (ton) de argila. A indústria A utiliza apenas um tipo de argila como matéria-prima, enquanto que as indústrias B e C utilizam dois tipos de argila no processo produtivo, sendo uma mais plástica (forte) e a outra menos plástica (fraca).

As indústrias estudadas realizam o sazonalidade da argila. Oliveira (2011) explica que o sazonalidade é importante para a decomposição das piritas, carbonatos e sulfatos, assim como da matéria orgânica, o que irá favorecer a melhoria da qualidade da matéria-prima.

Como fontes energéticas utilizam lenha de reflorestamento na queima dos seus produtos. As três indústrias estudadas consomem um total mensal de 2.230 m<sup>3</sup> de biomassa

para queima. Além da lenha, as indústrias poderiam utilizar resíduos de outro processo produtivo para a queima. De acordo com Grigoletti; Sattler (2001), a lenha poderia ser substituída por pó de serragem e casca de arroz, por exemplo.

Em relação à qualidade, foi possível notar que apenas as indústrias B e C realizam um controle mais detalhado dos seus produtos (Quadro 3). No entanto, quando questionadas acerca de possuírem ou não a certificação do Programa Setorial de Qualidade (PSQ), as três empresas responderam que não possuem. O motivo mencionado diz respeito a dificuldade de realização dos ensaios, pois o único laboratório com acreditação do INMETRO para esse fim está localizado a uma distância em torno acima de 700 km das três indústrias. No entanto, sabe-se da importância dessa certificação, principalmente no que se refere a um melhor gerenciamento do seu processo e diminuição das perdas na produção. Através as qual, a qualidade dos produtos é monitorada mensalmente, através da realização de ensaios, com isso é possível identificar as principais causas das perdas e minimizá-las, reduzindo a geração de resíduos.

**Quadro 3 – Gestão de qualidade nas indústrias estudadas**

CARACTERÍSTICAS	INDÚSTRIAS		
	A	B	C
Programa Setorial de Qualidade	Não	Não	Não
Controle interno de matéria-prima	Análise de resíduo	Análise de resíduo	Análise de resíduo
Controle externo de matéria-prima	Não	Não	Não
Controle interno de produto acabado	Não	Retração linear de secagem	Retração linear de secagem
		Cor de queima	Cor de queima
		Retração linear de queima	Retração linear de queima
		Absorção de água	Absorção de água
Controle externo de produto acabado	Não	Não	Não

Quanto aos critérios legais, observou-se que as indústrias estudadas apresentaram as licenças necessárias que lhes são exigidas para o funcionamento, extração de argila e de lenha para utilização como combustível (Quadro 4). O licenciamento ambiental é um dos instrumentos tanto da PNMA (Artigo 9º, inciso IV), como da PNRS (Artigo 8º, inciso XVII, alínea f) e da PERS (Artigo 8º, inciso V), importantes para o controle da geração de impactos ambientais pelas atividades potencialmente poluidoras.

**Quadro 4 – Licenças obtidas pelas indústrias**

CARACTERÍSTICAS	INDÚSTRIAS		
	A	B	C
Alvará de funcionamento	Sim	Sim	Sim
Licenciamento ambiental	Licença de operação (CPRH)	Licença de pátio (CPRH)	Licença de pátio (CPRH)
	Licença de lavra (CPRH)	Licença de operação (CPRH)	Licença de operação (CPRH)
	Licença de lavra e de lenha (IBAMA)	Licença de lavra (CPRH)	Licença de lavra (CPRH)
		Licença de lavra e de lenha (IBAMA)	Licença de lavra e de lenha (IBAMA)

## 4.2 Gerenciamento de Resíduos na Indústria de Cerâmica Vermelha

Realizou-se uma descrição geral da identificação e classificação conforme a NBR 10.004 (ABNT, 2004), e gerenciamento dos resíduos sólidos gerados no setor administrativo (Quadro 5) e do setor de produção (Quadro 6).

**Quadro 5 – Caracterização dos resíduos do setor administrativo**

Resíduo	Unidade Geradora	Classe	Armaz. / Acond.	Frequência	Tratamento	Destinação
<b>Setor Administrativo</b>						
Papel	Escritório	IIA	Coletores	Diária	Sem tratamento	Aterro sanitário
Papelão	Escritório	IIA	Coletores	Diária	Sem tratamento	Aterro sanitário
Plástico	Escritório	IIB	Coletores	Diária	Sem tratamento	Aterro sanitário
Latas de alumínio	Escritório	IIB	Coletores	Diária	Sem tratamento	Aterro sanitário
Pilhas e baterias	Escritório	I	Coletores	Eventual	Sem tratamento	Aterro sanitário
Equipamento eletro eletrônicos	Escritório	I	Coletores	Eventual	Sem tratamento	Aterro sanitário
Lâmpadas fluorescentes queimadas	Escritório	I	Coletores	Eventual	Sem tratamento	Aterro sanitário
Papel higiênico sujo / absorvente	Banheiros	I	Coletores	Diária	Sem tratamento	Aterro sanitário
Orgânicos	Refeitório	IIA	Coletores	Diária	Sem tratamento	Aterro sanitário

Identificou-se que os resíduos administrativos em sua maioria podem ser reciclados, caso as empresas geradoras realizem segregação e acondicionamento adequados. No entanto

nota-se que todos esses resíduos são acondicionados misturados, sem tratamento adequado e destinados como rejeitos.

**Quadro 6 – Caracterização dos resíduos do setor de produção**

Resíduo	Unidade Geradora	Classe	Acond./ Armaz.	Frequência	Tratamento	Destinação
<b>Setor de Produção</b>						
Produto verde úmido com defeito	Extrusora – Processo produtivo	II A	Pilhas	Diária	Segregação	Reinseridos ao processo
Rebarbas <sup>3</sup>	Corte - Processo produtivo	II A	Pilhas	Diária	Segregação	Reinseridos ao processo
Produto verde seco com defeito	Estufa - Processo produtivo	II A	Pilhas	Diária	Segregação	Reinseridos ao processo
Produto sinterizado com defeito	Fornos / Estoque	II A	Pilhas	Diária	Segregação	Vendidos mediante aceitação
						Pavimentação das estradas
Cinza vegetal	Fornos / fornalhas	IIA	Sacos de nylon	Diária	Segregação	Produção de argamassa para fechamento dos fornos
						Fertilizante agrícola
Saco de cimento	Produção	I	Pilhas	Eventual	Sem tratamento	Aterro sanitário
Sucata ferrosa não contaminada	Produção	II A	Pilhas	Eventual	Segregação	Estocado na indústria
						Vendido
Sucata ferrosa contaminada	Produção	I	Pilhas	Eventual	Segregação	Estocado na indústria
EPIs	Produção	IIB	Coletores	Eventual	Sem tratamento	Empresa particular
EPIs contaminados	Produção	I	Contentor	Eventual	Segregação	Empresa particular
	Oficina mecânica					
Estopas contaminadas	Oficina mecânica	I	Contentor	Eventual	Segregação	Empresa particular
Resíduos pneumáticos	Oficina mecânica	IIB	Pilhas	Eventual	Segregação	Empresa particular
Lâmpadas fluorescentes queimadas	Produção	I	Coletores	Eventual	Sem tratamento	Empresa particular
Óleo lubrificante	Oficina mecânica	I	Tambor	Eventual	Segregação	Empresa particular
Solo contaminado	Produção	I	Pilhas	Eventual	Sem tratamento	Estocado na indústria
Correias contaminadas	Produção	I	Pilhas	Eventual	Segregação	Empresa particular
Estopas contaminadas	Oficina mecânica	I	Contentor	Eventual	Segregação	Empresa particular

<sup>3</sup> As rebarbas referem-se aos pedaços dos produtos gerados no corte

Através de um diagnóstico inicial, identificou-se a percepção a cerca da importância da política nacional do gerenciamento adequado dos resíduos sólidos (Quadro 7).

**Quadro 7 – Diagnóstico do gerenciamento dos resíduos sólidos**

CARACTERÍSTICAS	INDÚSTRIAS		
	A	B	C
Conhecimento da PNRS	Sim	Sim	Sim
Mudança na rotina da indústria através da PNRS	Não	Não	Não
Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	Não	Não	Não
Sistema de coleta seletiva	Sim	Não	Não
Separação dos resíduos contaminados	Sim	Sim	Sim
Exigência do órgão ambiental para o gerenciamento dos resíduos sólidos	Sim	Sim	Sim
Acompanhamento da disposição final dos resíduos sólidos	Não	Não	Não

Os dados apresentaram que, apesar do conhecimento da Lei nº 12.305/10 da PNRS e das exigências impostas através desta, as indústrias estudadas não apresentaram PGRS. Nessas, apenas os resíduos contaminados são segregados e coletados por uma empresa particular especializada que realiza a coleta, transporte, tratamento e destinação. No entanto, estas apenas possuem o manifesto de saída dos seus resíduos, mas não rastreiam o tratamento e a destinação que essa empresa dá aos seus resíduos. Com isso, nota-se o não cumprimento da exigência imposta na referida política, quando estabelece que os fabricantes são responsáveis pelo ciclo de vida dos seus produtos (princípio da responsabilidade compartilhada, Artigo 6º, inciso VII), que vai desde a obtenção da matéria-prima até a disposição final (Artigo 3º, inciso IV) (BRASIL, 2010). Ademais, responderam que essa segregação é realizada devido as exigências dos órgãos ambientais, no ato da retirada da licença de operação (LO).

Os demais resíduos são coletados pela prefeitura da cidade e encaminhados para aterro sanitário. Acerca disso, vale ressaltar que em Petrolina os resíduos sólidos são destinados a aterro sanitário localizado no próprio município. Em Dormentes, cidade onde se localizam as outras duas indústrias estudadas a prefeitura destina seus resíduos sólidos em Aterro Sanitário de Pequeno Porte (ASPP) consorciado e localizado no município de Afrânio (PERNAMBUCO, 2013).

As indústrias estudadas têm a prática de segregar apenas os resíduos contaminados (estopas, EPIs contaminados e correias) e óleo lubrificante. Mas, apenas na indústria A foi identificada uma estrutura com baias de segregação de resíduos sólidos. No entanto, apesar do

esforço, observou-se que os resíduos encontram-se misturados e o resíduo de óleo de lubrificante não encontra-se armazenado conforme estabelece a NBR 12.235 (ABNT, 1992), em destaque na Figura 30.

**Figura 30 – Baias de separação de resíduos sólidos da indústria A**



Do mesmo modo, foi observado que os coletores de resíduos sólidos na Indústria B se encontravam com diversos tipos de resíduos misturados, o que dificulta a reciclagem ou reutilização (Figura 31).

**Figura 31 – Coletores de resíduos sólidos na indústria B**



Na Indústria C foram identificados resíduos de sucata ferrosa contaminada e não contaminada, sem a devida segregação e dispostos de forma inadequada em pátio ao redor da empresa (Figura 32), assim como verificou-se a presença de solo contaminado com óleo lubrificante, disposto de forma inadequada (Figura 33). Em contato com o solo, esse resíduo

pode contaminar, também os cursos hídricos gerando graves problemas de saúde pública por conter compostos tóxicos.

**Figura 32 – Resíduos de sucata ferrosa contaminada e não contaminada**



**Figura 33 – Solo contaminado**



As cinzas são geradas nos fornos pela combustão da lenha utilizada para a queima dos produtos. Esse resíduo não se enquadra nas características dos anexos A e B da NBR 10.004 (ABNT, 2004), portanto não consideradas como um resíduo perigoso. Observou-se que, as indústrias reutilizam esse resíduo como fertilizante agrícola, sendo esta uma destinação adequada, visto que, segundo Bezerra (2013), promove maiores desenvolvimento, crescimento e produção de algumas espécies vegetais.

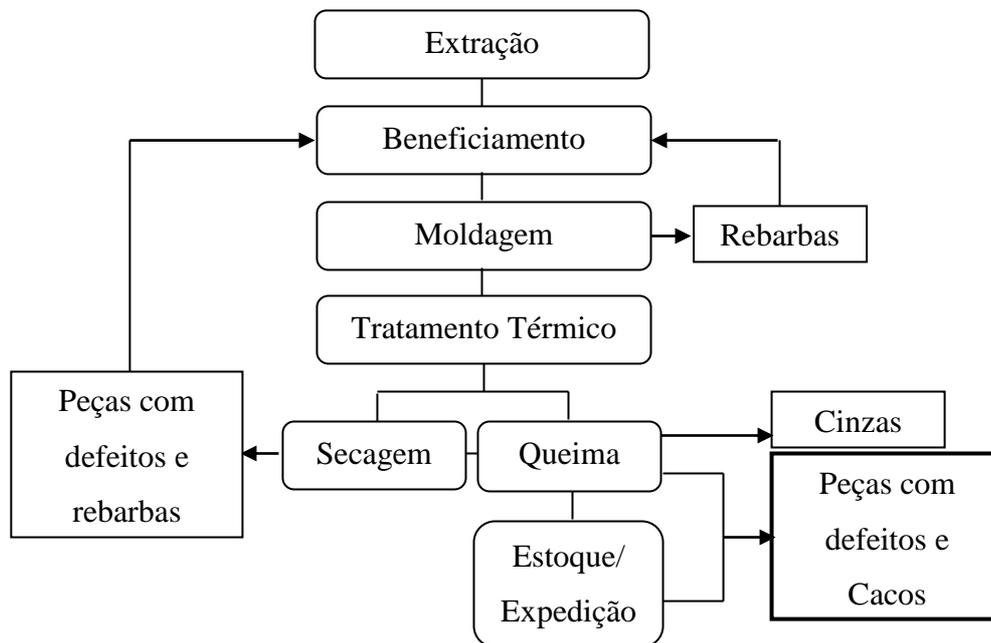
No que tange aos resíduos do processo produtivo (produtos defeituosos e cacos) (Figura 34), foi observado que a maior geração é proveniente de perdas do produto queimado, pois

anteriormente a essa etapa todos os resíduos sólidos gerados retornam ao processo mediante adição de água, como mostra o esquema da Figura 35.

**Figura 34 – Resíduos do processo produtivo**



**Figura 35 – Geração de resíduos sólidos no processo produtivo**



Fonte: O autor (2015)

Em relação ao gerenciamento dos resíduos gerados no processo produtivo, as indústrias estudadas acondicionam em pilhas nas suas proximidades, ou, quando possível, são comercializados como produtos de segunda e terceira linha e pavimentação das estradas do entorno da indústria (Figura 36). Vale ressaltar a importância do gerenciamento adequado

desses resíduos, pois quando lançados ao meio ambiente de forma aleatória, impactam de forma negativa, ainda que não tenham compostos tóxicos em sua maioria.

**Figura 36 – Disposição de resíduos sólidos do processo produtivo**



Identificou-se que os principais resíduos gerados nas indústrias estudadas são os resíduos contaminados (correias, estopas, sacos de cimento e EPIs), óleos lubrificantes e os resíduos gerados no processo produtivo. A partir dessa classificação, quantificaram-se esses principais resíduos (Tabela 3).

**Tabela 3 – Quantidade de resíduos gerados nas indústrias**

<b>Resíduo</b>	<b>Quantidade*</b>
<b>Resíduos contaminados (estopas, EPIs contaminados e correias)</b>	150 kg/ano
<b>Óleo lubrificante</b>	100 litros/ano
<b>Produtos defeituosos e cacos<sup>4</sup> (após a queima)</b>	3.300 ton/ano

\*Média de geração para as três indústrias estudadas

Considerando que o peso médio de um bloco de vedação (90x190x190 mm) é de 2,5 kg, a produção de cada indústria e o percentual de perdas apresentados anteriormente, nota-se que esses valores representam um desperdício mensal do recurso natural não renovável, a argila, de aproximadamente 330 toneladas pela indústria A, 225 toneladas pela indústria B e 270 toneladas pela indústria C. Esses valores apontam que, em média, são gerados 3.300 ton/ano de resíduos sólidos, somente do processo produtivo dessas indústrias.

<sup>4</sup> Os cacos são referentes aos pedaços de produtos com defeitos, já queimados

A quantificação dos resíduos Classe I foi realizada pela empresa responsável em coletar, transportar e destinar os resíduos e encontra-se registrada no manifesto da saída desses, nas três indústrias. Os demais resíduos sólidos do setor de produção das indústrias estudadas são gerados eventualmente e em menor quantidade, comparado aos do processo produtivo.

Além de todas as questões relacionadas ao desperdício do recurso natural não renovável, argila, e da geração de elevadas quantidades de resíduos sólidos sem a disposição e destinação ambientalmente adequadas, o que pode resultar em impactos ambientais negativos, destaca-se a questão econômica. Isso se deve ao fato de que, para a produção dos blocos cerâmicos as empresas investem em matéria-prima, insumos e mão-de-obra, buscando o lucro com a venda dos produtos. O elevado índice de perdas, portanto, faz com que as empresas deixem de usufruir de parte dos lucros.

### 4.3 Identificação das Causas de Geração dos Resíduos Sólidos na Produção

#### 4.3.1 Ensaios para verificação da qualidade da matéria-prima

Os resultados dos ensaios das amostras de argila preparada mostraram que ambas apresentam baixo percentual de resíduo não argiloso. A amostra X apresentou percentual desse resíduo (14,55%), enquanto que a amostra Y apresentou um valor mais elevado (22,08%). Esse resíduo representa o material que atua como desplastificante e também atua como um fundente nas massas cerâmicas (PISSATO; SOARES 2009). Oliveira (2011) explica que as argilas que apresentam maior percentual de resíduo, proporcionam maior velocidade de extrusão e secagem, o que confere ao produto maiores problemas na queima, e consequentemente na resistência mecânica do produto. O autor ainda aponta que essas impurezas são advindas das rochas originais, ou ainda, juntam-se as argilas no decorrer do transporte pelas águas, ou ainda são provenientes das águas de infiltração.

As características dos corpos de prova após a extrusão e secagem a 110° C estão apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4 – Características dos corpos de prova submetido a secagem a 110° C**

	110° C		
	Umidade de Extrusão (%)	Retração Linear (%)	Cor
<b>Amostra X</b>	19,9	3,8	Marrom
<b>Amostra Y</b>	28,2	5,3	Marrom

De acordo com Wieck e Duailib Filho (2013), a umidade de extrusão de uma argila vermelha deve ficar ente 16 e 20%, mas depende da característica de cada argila, podendo variar em torno desses valores. Dessa maneira, os resultados se mostraram positivos para ambas as amostras.

O controle do teor de umidade após extrusão é importante porque ele interfere da plasticidade da argila, conseqüentemente na qualidade do produto final extrudado (RIBEIRO; FERREIRA; LABRINCHA, 2003). A retração linear também é função da umidade de extrusão, uma vez que a retração linear aumenta com a elevação da umidade de extrusão (LINDINER, 2001).

Os resultados de retração linear para ambas as amostras também foram satisfatórios, caracterizando uma boa argila com umidade e retração linear de secagem ideal para os produtos de cerâmica vermelha (VIEIRA; FEITOSA; MONTEIRO, 2003). Os autores explicam que essa retração que ocorre durante o processo secagem representa um parâmetro de grande importância tecnológica, pois durante esse processo são originadas tensões, que podem provocar o aparecimento de defeitos nas peças, comprometendo sua qualidade. Outro ponto importante que pode ser destacado é que através do conhecimento da retração linear é possível dimensionar a boquilha da extrusora e dimensionar a máquina de corte do produto verde (MONTEITO et al., 2007).

As características dos corpos de prova queimados a 850° C estão apresentadas na Tabela 5 e queimados a 950° C podem ser vistos na Tabela 6.

**Tabela 5 – Características dos corpos de prova queimados a 850° C**

	<b>QUEIMA À 850° C</b>			
	Retração Linear (%)	Perda ao Fogo (%)	Tensão de Ruptura à Flexão (kgf/cm <sup>2</sup> )	Cor
<b>Amostra X</b>	1,4	6,0	93,0	Vermelha
<b>Amostra Y</b>	2,2	6,3	141,0	Vermelha

**Tabela 6 – Características dos corpos de prova queimados a 950° C**

	<b>QUEIMA À 950° C</b>			
	Retração Linear	Perda ao Fogo	Tensão de Ruptura à Flexão (kgf/cm <sup>2</sup> )	Cor
<b>Amostra X</b>	0,6	5,0	81,0	Vermelha
<b>Amostra Y</b>	2,8	6,1	178,0	Vermelha

Uma das características que pode ser observada é que a retração linear que os corpos de prova apresentaram após a queima em ambas as temperaturas, para as duas amostras analisadas foram baixas.

Na Tabela 7 estão apresentados os parâmetros do módulo de ruptura, estabelecidos por Santos (1975b).

**Tabela 7 – Valores recomendados para cerâmica vermelha**

<b>Massa cerâmica (manual e extrusada)</b>	<b>Tijolos de alvenaria</b>	<b>Tijolos furados</b>	<b>Telhas</b>
Tensão de ruptura da massa cerâmica após a queima (mínima)	20 kgf/cm <sup>2</sup>	55 kgf/cm <sup>2</sup>	65 kgf/cm <sup>2</sup>
Cor	Vermelha	Vermelha	Vermelha

Fonte: Santos (1975b)

A cor que o corpo de prova adquiriu após a secagem é uma característica das argilas utilizadas para cerâmica vermelha (PISSATO; SOARES 2009). Observou-se que todas as amostras analisadas apresentaram essa cor característica.

Comparando os resultados das características das argilas analisadas com os parâmetros estabelecidos por Santos (1975b) pode-se afirmar que ambas as argilas são apropriadas para uso na fabricação de cerâmica vermelha.

Observa-se que a amostra Y, para a queima nas duas temperaturas, apresentou uma resistência à flexão muito superior ao da amostra X. De um modo geral, os valores obtidos módulo de ruptura nas amostras foram superiores ao mínimo estabelecido, mostrando que essas argilas podem ser utilizadas para fabricação de produtos com boa qualidade e resistência.

Outra característica observada é que as amostras apresentaram baixa perda ao fogo, tanto para queima a 850° C quanto para a queima a 950° C. Essa perda ao fogo se refere a

perda de matéria orgânica, carbonatos e outros compostos voláteis presentes na argila (VIEIRA; SOUZA; MONTEIRO, 2004; BIGÉLLI, 2005; PISSATO; SOARES, 2009; FASTOFSKI et al., 2014). Esse resultado é de grande importância, pois garantirá menor ocorrência de retração linear durante a queima (VIEIRA; PINHEIRO, 2011).

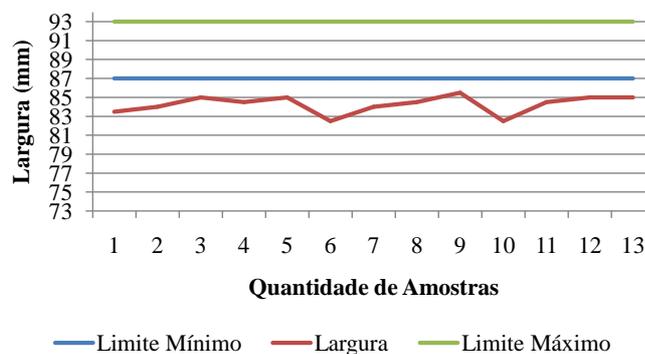
De um modo geral, os resultados mostraram que as argilas analisadas apresentam boas características de umidade de extrusão, retração linear de secagem e queima, resistência mecânica, perda ao fogo e cor que são favoráveis para o fabrico de peças de cerâmica vermelha com uma qualidade dentro dos padrões estabelecidos pelas normas, evitando, com isso, um maior quantitativo de perda e geração de resíduos sólidos.

### 4.3.2 Ensaios para verificação da qualidade do produto

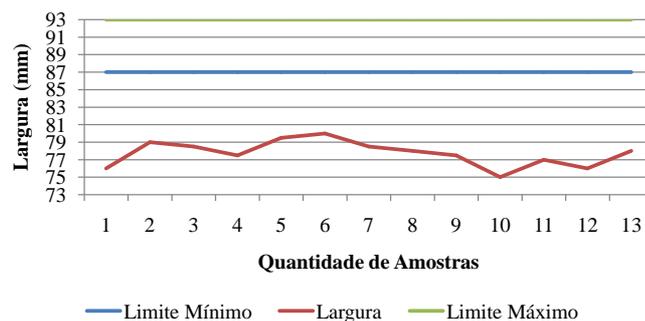
#### 4.3.2.1 Características geométricas

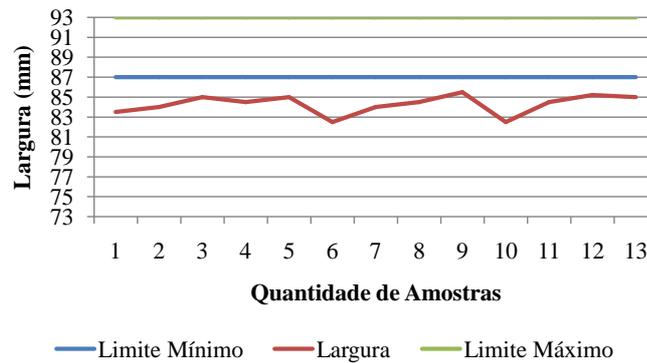
Na determinação da largura, todas as amostras analisadas das Indústrias A, B e B apresentaram valores abaixo do limite inferior estabelecido na referida norma (Figuras 37, 38, 39). Das indústrias analisadas, os blocos que mais se distanciaram do limite inferior foi a Indústria C.

**Figura 37 – Largura dos blocos da Indústria A**

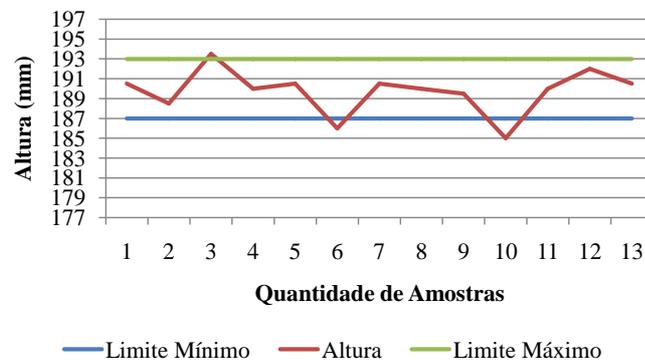
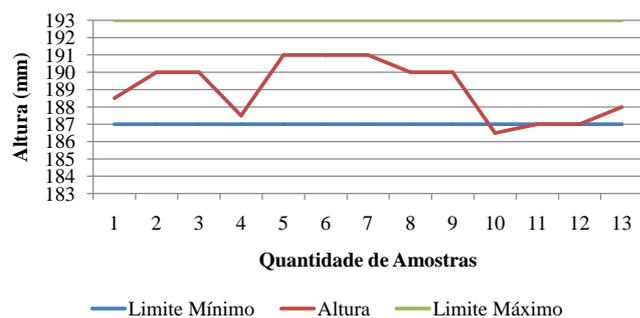


**Figura 38 – Largura dos blocos da Indústria B**

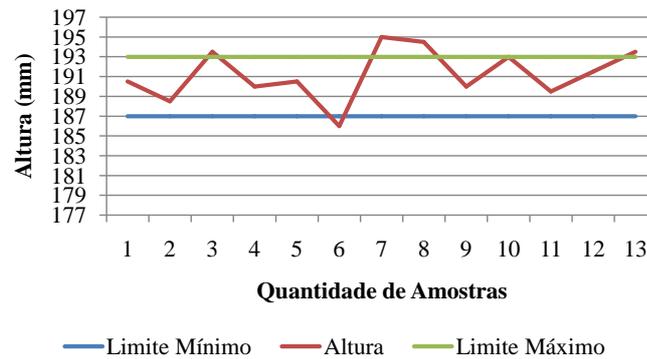


**Figura 39 – Largura dos blocos da Indústria C**

Observando os valores da altura dos blocos, percebe-se que na Indústria A, das 13 amostras ensaiadas apenas duas ficam abaixo do limite inferior e uma ficou acima do limite superior, mostrando que a maioria ficou com valores dentro dos limites estabelecidos (Figura 40). Para a Indústria B o resultado foi ainda mais favorável, em que apenas uma das amostras apresentou uma altura abaixo do limite inferior (Figura 41), em quanto que os blocos analisados da Indústria C, apresentaram resultados ainda mais desfavoráveis, comparado aos das outras indústrias analisadas (Figura 42).

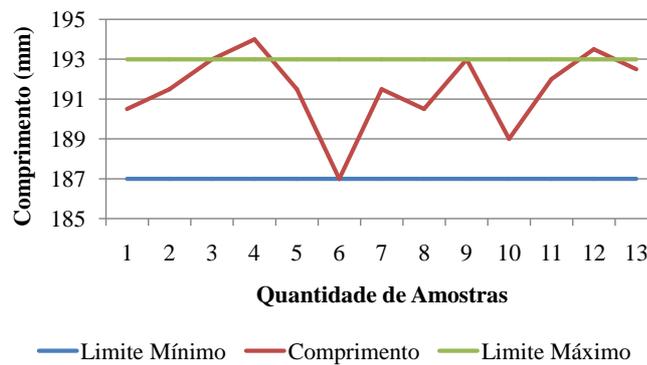
**Figura 40 – Altura dos blocos da Indústria A****Figura 41 – Altura dos blocos da Indústria B**

**Figura 42 – Altura dos blocos da Indústria C**

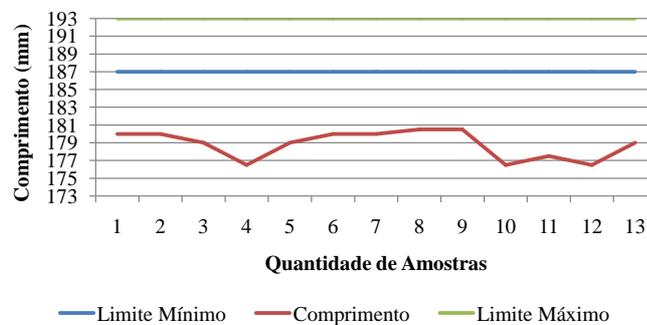


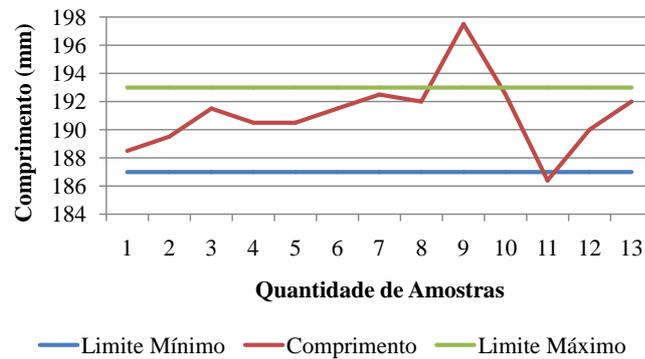
No resultado do comprimento dos blocos, observou-se que apenas as Indústrias A e C apresentaram a maioria dos blocos na dimensão dentro dos limites inferior e superior. Todos os blocos ensaiados da indústria B apresentaram comprimento abaixo do limite inferior (Figuras 43, 44 e 45).

**Figura 43 – Comprimento dos blocos da Indústria A**

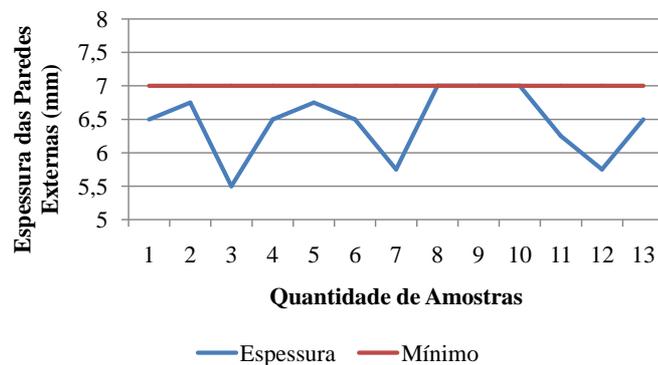


**Figura 44 – Comprimento dos blocos da Indústria B**



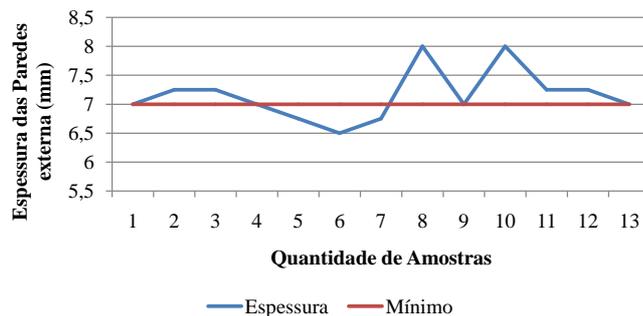
**Figura 45 – Comprimento dos blocos da Indústria C**

Na espessura das paredes externas dos blocos das três indústrias, os requisitos da NBR 15.270:1 não foram atingidos. A referida norma estabelece que o valor mínimo para a espessura das paredes seja de 7 mm. Os resultados dos ensaios realizados nos blocos da Indústria A mostraram que, apenas as amostras 8, 9 e 10 obtiveram a média aprovada. Nos demais ensaios a média da espessura ficou abaixo do que é estabelecido (Figura 46).

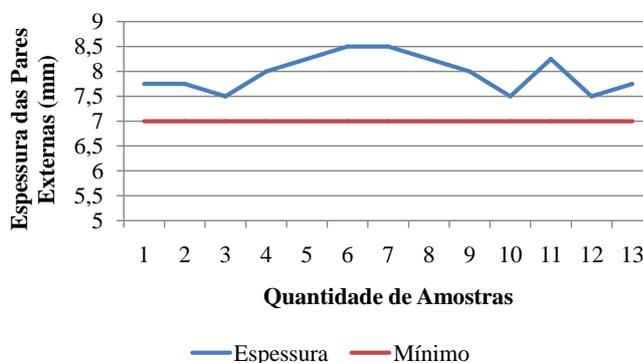
**Figura 46 – Espessura das paredes externas dos blocos da Indústria A**

Observando os resultados da Indústria B, mostraram que apenas as amostras 1, 4, 7, 9 e 13 apresentaram a média de 7 mm, enquanto que as demais chegaram até uma variação de 2 mm acima da média (Figura 47). Já para a Indústria C, todos os ensaios foram reprovados, pois nota-se que todas as médias ficaram acima da espessura estabelecida pela referida norma e apresentado uma variação de até 2,5 (Figura 48). Com isso nota-se que, para as três indústrias mais de 50% dos ensaios foram reprovados.

**Figura 47 – Espessura das paredes externas dos blocos da Indústria B**

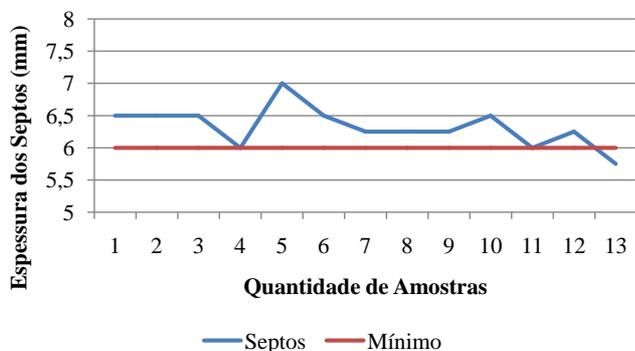


**Figura 48 – Espessura das paredes externas dos blocos da indústria C**

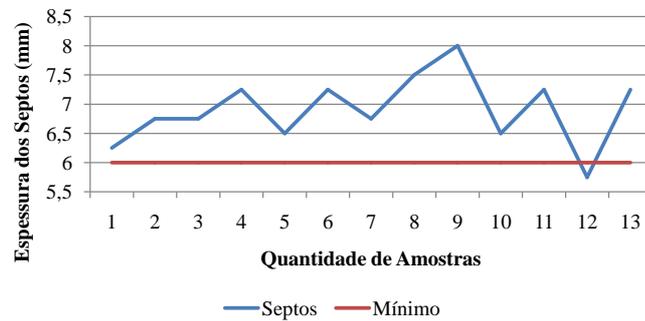


A média da espessura dos septos dos blocos das indústrias estudadas também não atendeu as exigências correspondentes. Enquanto que para a Indústria A apenas três ensaios foram aprovados, com a média no que é estabelecido, as Indústrias B e C tiveram todos os seus ensaios foram reprovados, estando a maioria dos valores acima do que é estabelecido (Figuras, 49, 50 e 51).

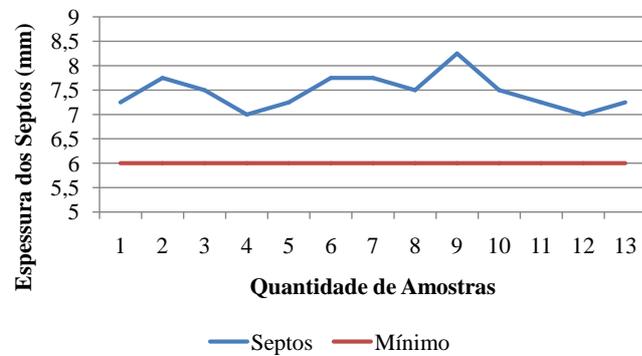
**Figura 49 – Espessura dos septos dos blocos da Indústria A**



**Figura 50 – Espessura dos septos dos blocos da Indústria B**

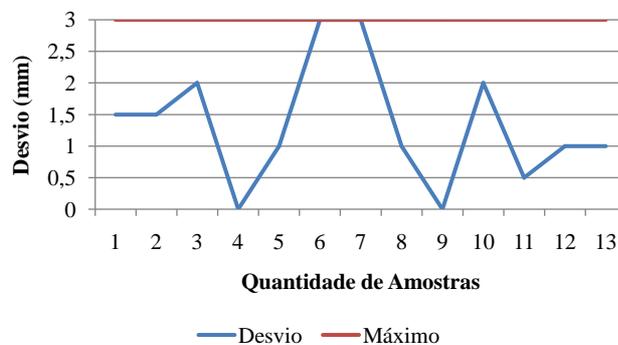


**Figura 51 – Espessura dos septos da Indústria C**

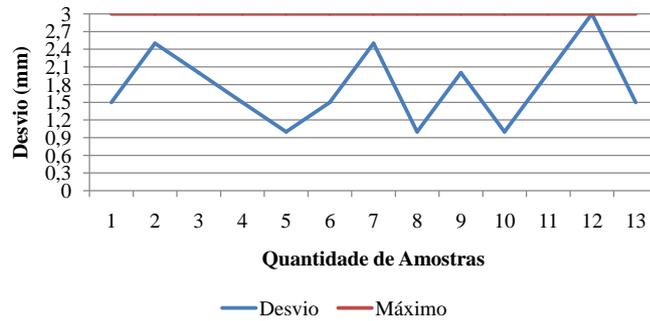


A maioria dos ensaios de determinação do desvio em relação ao esquadro se apresentaram de maneira satisfatória. No entanto, foram observadas variações nas médias dos ensaios em relação ao máximo de 3 mm estabelecido, estando os valores bem próximo a esse limite, e para a indústria B, esse limite foi ultrapassado nos ensaios 6 e 10 (Figuras 52, 53 e 54).

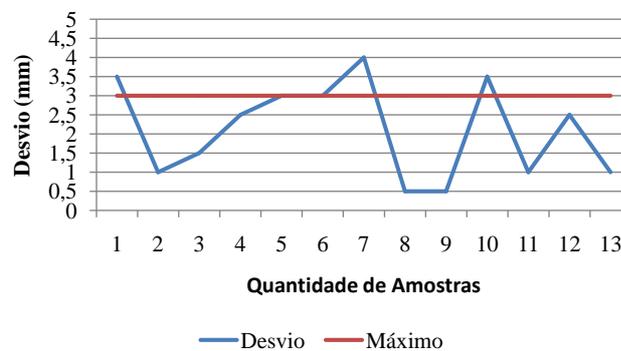
**Figura 52 – Desvio em relação ao esquadro dos blocos da Indústria A**



**Figura 53 – Desvio em relação ao esquadro dos blocos da Indústria B**



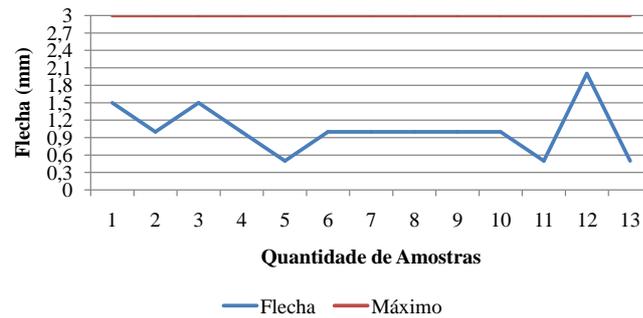
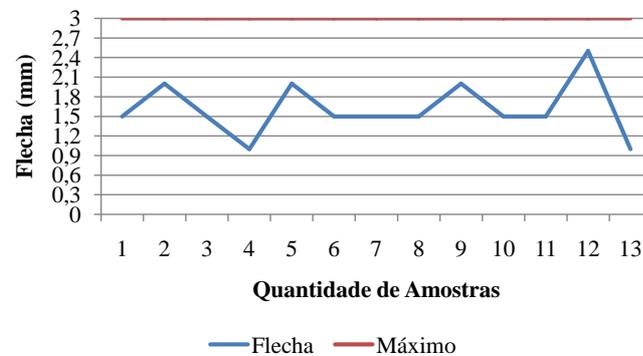
**Figura 54 – Desvio em relação ao esquadro dos blocos da Indústria C**



Os resultados da planeza das faces se mostraram de maneira satisfatória em sua maioria, para os blocos analisados das três indústrias, com valores abaixo do máximo de 3 mm como estabelece a norma. Os ensaios da indústria da Indústria A se apresentaram de maneira mais satisfatória, em relação as demais indústrias, apresentando menos variação nos valores e alcançando flecha zero no ensaio 8 (Figuras 55, 56 e 57).

**Figura 55 – Planeza das faces do blocos da Indústria A**



**Figura 56 – Planeza das faces do blocos da Indústria B****Figura 57 – Planeza das faces do blocos da Indústria C**

De um modo geral, os lotes das três indústrias foram reprovados nos os ensaios de determinação das características geométricas dos blocos destas, mediante especificações da NBR 15.270:1, significando que esse lote já estaria reprovado. Um dos motivos que encontrados diz respeito ao dimensionamento da boquilha, que não foi realizado para fabricar os blocos no formato que a norma exige (Figuras 58 e 59). Além disso, Posses (2013) explica que as irregularidade nas dimensões dos blocos podem está associadas à deficiência na uniformidade da massa cerâmica, como também na irregularidade no corte.

**Figura 58 – Bloco normatizado****Figura 59 – Bloco não normatizado**

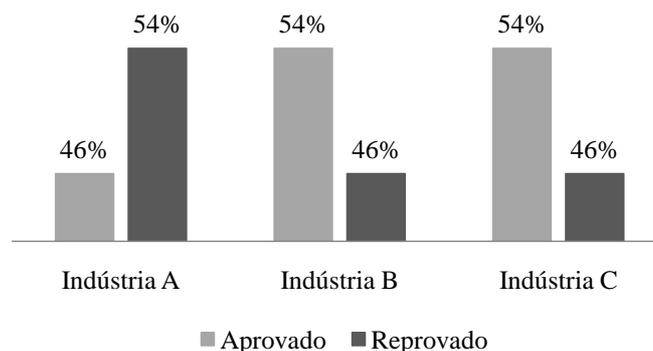
#### 4.3.2.2 Características mecânicas

Observa-se que, para as amostras analisadas, os valores obtidos da resistência mecânica das amostras analisadas apresentaram a média (1,3 MPa) abaixo da tolerância mínima estabelecida em norma (1,5 MPa) (Tabela 8). Analisando os valores individuais, das 13 amostras analisadas da Indústria A, apenas 6 foram aprovados na resistência mecânica, enquanto que as Indústrias B e C apresentaram 7 blocos com valores de resistência um pouco acima do mínimo estabelecido (Figura 60).

**Tabela 8 – Resistência mecânica dos blocos estudados**

Ensaio	Resistência Mecânica (MPa)		
	Indústria A	Indústria B	Indústria C
1	1,7	0,6	1,3
2	1,8	0,9	1,7
3	1,8	1,8	0,8
4	1,8	1,7	0,5
5	1,0	1,8	1,7
6	1,1	0,7	1,8
7	1,6	1,8	1,8
8	1,0	1,8	1,0
9	1,3	1,7	0,8
10	0,6	1,5	1,8
11	1,7	1,2	1,8
12	0,9	0,5	0,7
13	1,0	0,7	1,8
<b>Média</b>	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>0,41</b>	<b>0,51</b>	<b>0,50</b>
<b>Coefficiente de Variação</b>	<b>31,2</b>	<b>40,1</b>	<b>37,6</b>

**Figura 60 – Percentual de aprovação e reprovação dos ensaios de resistência à compressão**



#### 4.3.2.3 Características físicas

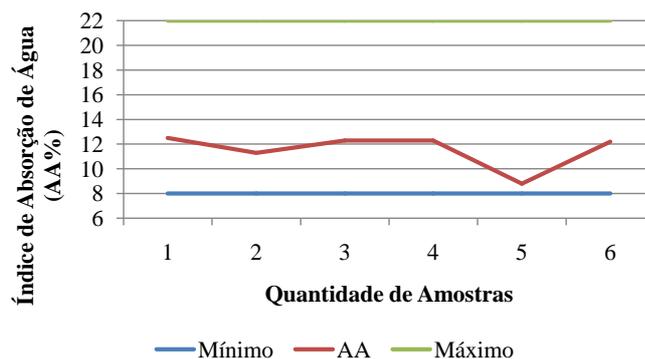
A norma regulamentadora de blocos de cerâmica vermelha estabelece que o índice de absorção de água deve ser de no mínimo 8% e no máximo 22%, para que melhor eficácia na utilização desses produtos (ABNT, 2005a). A Tabela 9 apresenta os dados do cálculo do índice de absorção de água obtidos nos ensaios das amostras estudadas.

**Tabela 9 – Porcentagem de absorção de água dos blocos de vedação**

Ensaio	Índice de Absorção de Água (AA%)		
	Indústria A	Indústria B	Indústria C
1	12,51	4,28	5,70
2	11,61	7,85	5,80
3	12,27	7,04	5,53
4	12,34	4,28	6,37
5	8,79	6,39	5,99
6	12,23	5,73	5,04
<b>Média</b>	<b>11,6</b>	<b>5,93</b>	<b>5,74</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>1,42</b>	<b>1,46</b>	<b>0,45</b>

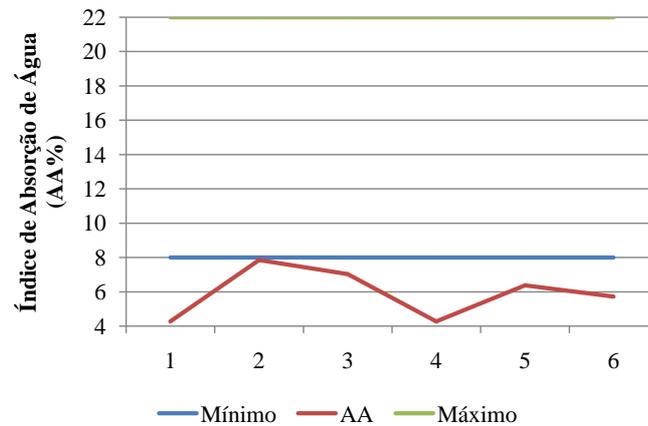
Verifica-se, portanto, que apenas a Indústria A apresentou o índice de absorção em todos os ensaios dentro dos limites estabelecidos e com pouca variação entre eles (Figura 61).

**Figura 61 – Índice de Absorção de Água Indústria A**

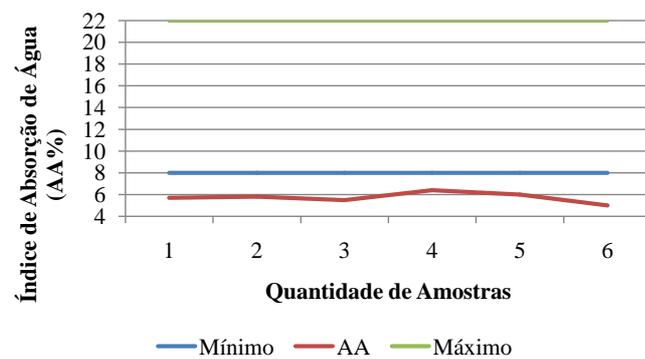


As Indústrias B e C tiveram todos os seus ensaios reprovados, pois dos 6 ensaios realizados, todos foram reprovados por estarem abaixo da tolerância mínima estabelecida (Figuras 62 e 63).

**Figura 62 – Índice de Absorção de Água Indústria B**



**Figura 63 – Índice de Absorção de Água Indústria C**



#### 4.4 Proposições para Melhoria no Gerenciamento de Resíduos Sólidos

A geração dos resíduos nas indústrias de cerâmica vermelha está diretamente ligada a qualidade do produto final, pois na medida em que diminui a qualidade do produto, aumenta-se o índice de perdas, e o volume de resíduos sólidos. Essas perdas podem estar associadas a baixa qualidade da matéria-prima utilizada e/ou deficiência na gestão da qualidade dentro das indústrias, conferindo baixa qualidade ao produto final.

Pode-se apontar como um dos principais objetivos tanto da PNRS, quanto da PERS a não-geração ou redução. Acerca disso, é importante destacar a necessidade da redução na fonte geradora, pelas indústrias apresentadas, conforme está preconizado nessas políticas. Esse objetivo pode ser alcançado através de uma gestão da qualidade eficaz. No entanto, mesmo com implantação de medidas de redução na fonte, ainda serão gerados resíduos. Deste

modo é importante promover a reciclagem e a reutilização, através da implantação dos 3 R's (reduzir, reciclar e reutilizar).

Os resíduos gerados no processo produtivo podem ser reutilizados para diversos fins, como mostra o Quadro 8.

**Quadro 8 – Proposições para destinação dos resíduos sólidos do processo produtivo**

<b>Etapas do processo</b>	<b>Resíduos gerados</b>	<b>Destinação</b>
Corte	Pedaços de produtos	Retorno ao processo
	Produtos defeituosos	Retorno ao processo
Secagem	Produtos defeituosos	Retorno ao processo
Sinterização	Produtos defeituosos	Utilização como agregado dentro da própria indústria, para fabricação de meio-fio
		Utilização em obras internas
		Doação para os empregados
		Comercialização mediante termo de aceitação do cliente
	Cinzas	Utilização internamente na argamassa para fechamento dos fornos
		Doação para utilização como fertilizante agrícola
Estoque/expedição	Produtos defeituosos	Utilização para nivelamento das estradas do entorno da indústria após transformação em pedaços menores (cacos)
		Utilização como agregado para fabricação de meio-fio
		Utilização em obras internas
		Doados para os empregados
		Comercialização mediante termo de aceitação do cliente

Fonte: Adaptado de PAZ; MORAIS; HOLANDA (2013)

Os resíduos provenientes da indústria de cerâmica vermelha também constituem uma boa opção para serem reaproveitados como substitutos parciais do cimento portland na produção de argamassas e concretos, pois se apresenta com grande disponibilidade no Brasil e propicia benefícios técnicos e ambientais (GONÇALVES, 2007).

Os resíduos gerados no processo produtivo também compõem os resíduos da construção e demolição, uma vez que são peças utilizadas em obras civis. Nesse sentido, Holanda e Silva (2011) apontam que poderiam ser utilizados como metralha para tapar buracos nas ruas ou descartados em encostas. Para essa última opção, os autores apontam que não seria a mais

correta, pois podem provocar o assoreamento dos rios e canais, além de catástrofes em períodos de dias chuvosos, já que as galerias entupidas por esses materiais teriam suas seções reduzidas e provocariam transbordamentos e retornos de efluentes.

Além das alternativas já citadas, após o produto passar pela queima, os resíduos podem retornar ao processo ao serem transformados em partículas bem pequenas, que segundo Casagrande et al. (2008) é do tamanho inferior a 4 mm, formando o chamote. Os autores ainda explicam que é totalmente viável a reutilização de um determinado percentual do chamote no processo cerâmico, garantindo que não haja qualquer perda da qualidade do produto. Adicionalmente Gouveia e Sposto (2009) afirmam que a utilização da quantidade correta do chamote na massa de produção pode corrigir problemas de alta plasticidade das argilas, além de ser capaz de diminuir a ocorrência de trincas por retração e aumentar a resistências dos produtos.

#### **4.4.1 Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos**

Apesar dos principais resíduos gerados nas indústrias de cerâmica vermelha serem do processo produtivo, é importante destacar a necessidade do gerenciamento de todos os resíduos sólidos. A existência de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) nessas indústrias é de grande importância, pois possibilitará a redução dos impactos ambientais advindos do mau gerenciamento dos resíduos, evitando também a ocorrência de riscos à saúde dos trabalhadores e da comunidade do entorno. Com isso, foi elaborado um modelo de PGRS para as indústrias estudadas, podendo ser replicado para as demais indústrias do estado.

Na elaboração de um PGRS, a Lei 12.305 estabelece em seu Artigo 21 que o conteúdo mínimo que deve constar é (BRASIL, 2010):

- identificação do empreendimento ou atividade;
- diagnóstico dos resíduos sólidos gerados;
- responsáveis por cada etapa do gerenciamento;
- procedimentos operacionais referentes às etapas do gerenciamento;
- soluções compartilhadas com outros geradores;

- ações preventivas e corretivas em caso de acidentes ou deficiência no gerenciamento;
- metas e procedimentos para minimização dos resíduos;
- responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- medidas mitigadoras dos passivos ambientais;
- revisar periodicamente o PGRS e atualizá-lo quando necessário.

#### 4.4.1.1 Classificação, tratamento e disposição final dos resíduos

Os resíduos gerados pelas indústrias de cerâmica vermelha foram caracterizados e as formas de gerenciamento destes foram definidas, a saber:

a) Papel, plástico e papelão

São resíduos sólidos gerados diariamente no setor administrativo, os quais devem ser segregados e armazenados em coletores identificados. Esses resíduos devem ser encaminhados para cooperativas de reciclagem, evitando que sejam encaminhados aos locais de destinação onde não poderão ser reutilizados ou reaproveitados.

b) Pilhas e baterias

São gerados eventualmente no setor administrativo, em pequena quantidade, mas que contém substância tóxicas que são nocivas a saúde humana, assim como causar impactos ambientais. Sendo assim, devem ser acondicionados/armazenados em locais específicos e com identificação, e devem ser encaminhados às instituições que arrecadam para destinarem da forma correta, promovendo a logística reversa, conforme descrito no Artigo 33 da Lei 12.305/2010.

c) Equipamentos eletroeletrônicos

São gerados eventualmente no setor administrativo e devem ser segregados e encaminhados para empresas que reciclam e reutilizam esse tipo de resíduo, promovendo a logística reversa, conforme descrito no Artigo 33 da lei 12.305/2010 da PNRS.

d) Não-recicláveis

São compostos por plásticos e papéis sujos, gerados diariamente, principalmente no setor administrativo, que não são passíveis de reciclagem, mas não são classificados como resíduos perigosos. Esses resíduos devem ser separados dos demais, acondicionados em sacos plásticos e armazenados temporariamente em bombonas identificadas, e devem ser encaminhados para o aterro sanitário.

e) Orgânicos

São caracterizados como restos de alimentos, que são gerados diariamente no refeitório a partir das refeições dos colaboradores. Devem ser acondicionados temporariamente em sacos plásticos e bombonas identificadas. Esses resíduos devem ser coletados diariamente, pois podem atrair vetores de doenças, além de causar contaminação do solo, devido o chorume, se dispostos de forma inadequada. A disposição final desses resíduos pode ser em aterro sanitário ou pode ser encaminhado para empresas especializadas e licenciadas para o reaproveitamento.

f) Óleo lubrificante

Os resíduos de óleo lubrificante são gerados em sua maioria nas oficinas das indústrias. São caracterizados como resíduos perigosos (Classe I), se enquadrando no Anexo A, com codificação F130, conforme a NBR 10.004 (ABNT, 2004). O armazenamento temporário desses resíduos deve ser em locais abertos, onde seja possível inspecionar visualmente, atendendo as normas básicas de segurança, conforme a NBR 12.235 (ABNT, 1992). O transporte e a destinação final devem ser por uma empresa especializada e licenciada, obedecendo aos critérios da resolução CONAMA nº 362/2005. O manuseio desse resíduo deve ser de modo cuidadoso e o responsável por essa tarefa deverá fazer uso de EPIs.

g) Contaminados

São compostos basicamente por EPIs, estopas e correias contaminadas com óleo lubrificante, utilizado nos maquinários e gerados em sua maioria na oficina da indústria e setor de produção. Esses resíduos devem ser segregados, armazenados e estocados temporariamente em contentores. O armazenamento temporário desses resíduos deve ser em locais abertos, onde seja possível inspecionar visualmente, atendendo as normas básicas de segurança, conforme a NBR 12.235 (ABNT, 1992). Após atingir um volume

consideravelmente elevado, devem ser encaminhados para uma empresa especializada e licenciada para a coleta, o transporte, o tratamento e a disposição final, pois são classificados como resíduos perigosos e oferecem riscos à saúde e a segurança dos trabalhadores e do meio ambiente. O manuseio deve ser de modo cuidadoso e o responsável por essa tarefa deve estar com EPIs.

#### h) Processo produtivo

São os resíduos gerados pelas perdas da produção, compostos por produtos defeituosos e quebras de produtos (cacos), ambos sinterizados. Esses resíduos devem ser acondicionados em pilhas, em local específico e identificados, de modo que não ofereça riscos a saúde e segurança dos trabalhadores, bem como a qualidade do meio ambiente. A destinação pode ser para reutilização na própria indústria, como parte incorporada à matéria-prima ou, quando possível, doados para os funcionários.

#### i) Cinzas

São geradas pela combustão da lenha na queima dos produtos cerâmicos e nas fornalhas. Não são classificadas como resíduos perigosos, por não serem tóxicas. O acondicionamento deve ocorrer em sacos, armazenados em pilhas e em local identificado. Esses resíduos devem ser encaminhados a produtores agrícolas, para ser reutilizado como fertilizante.

#### 4.4.1.2 Fluxograma de gerenciamento dos resíduos sólidos

Para auxiliar no correto gerenciamento dos resíduos, elaborou-se também um fluxograma, levando em consideração a sequência correta desde a segregação, acondicionamento, armazenamento, transporte, até a destinação final ambientalmente adequada (Figura 64). Vale ressaltar a importância de as indústrias estarem sempre de acordo com as normas regulamentadoras vigentes, referentes a gestão e o gerenciamento do seu processo produtivo, buscando a redução na fonte.

Todos os resíduos gerados devem ser classificados conforme a NBR 10.004 (ABNT, 2004), bem como identificada sua natureza e o grau de risco à saúde e segurança dos colaboradores e do meio ambiente. Além disso, quando todo e qualquer resíduo sair da indústria deve ser preenchido um Manifesto de Saída, em quatro vias: gerador; empresa

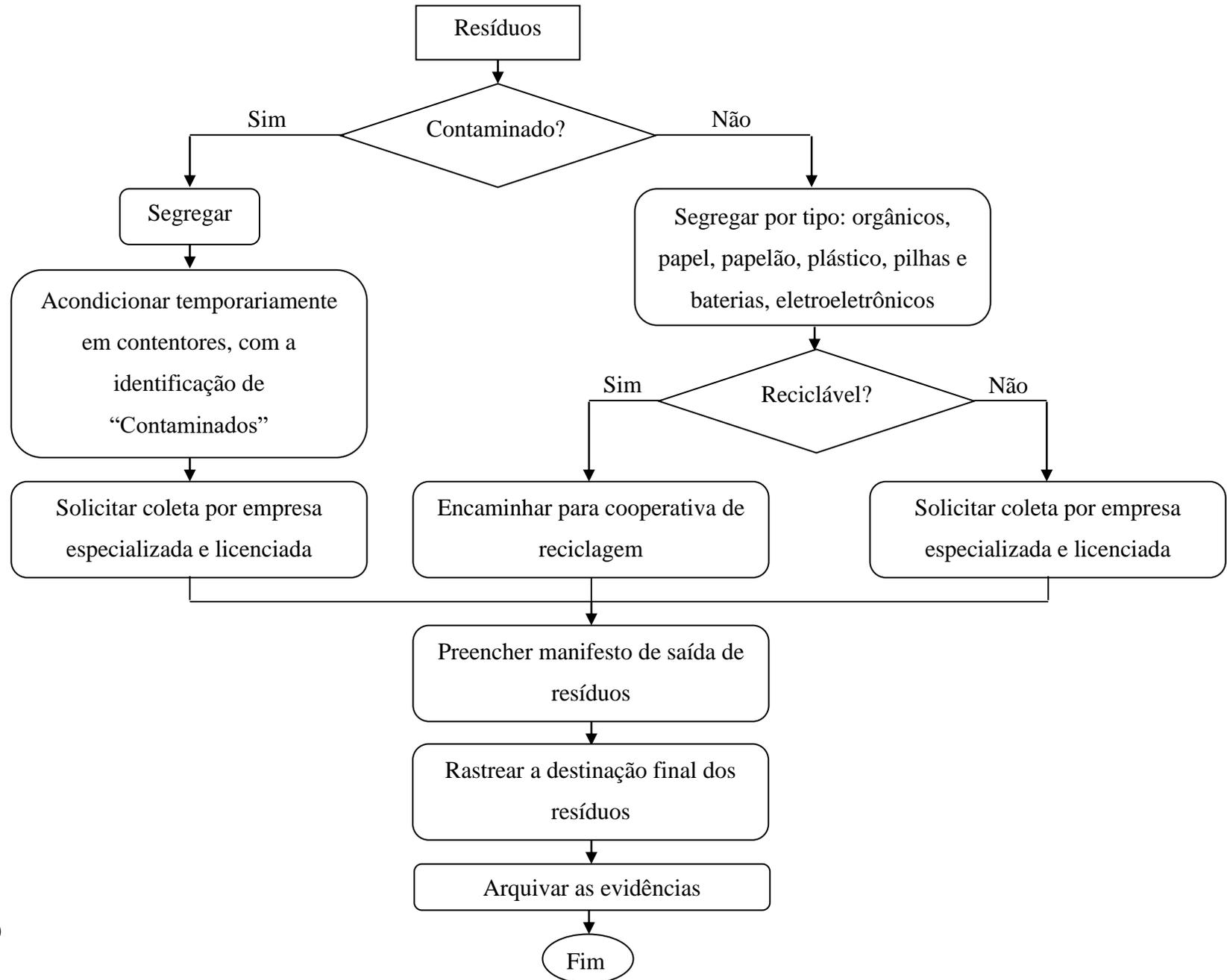
responsável pela coleta; empresa responsável pelo transporte; e empresa responsável pela destinação final. Ao final, o gerador deve rastrear a destinação dos seus resíduos.

Em função das características levantadas acerca dos resíduos sólidos dessas indústrias, elaborou-se um quadro com os tipos, classificação, local de geração, frequência de coleta e destinação final (Quadro 9).

**Quadro 9 – Classificação e destinação dos tipos de resíduos gerados**

<b>Tipo</b>	<b>Classe</b>	<b>Local de Maior Geração</b>	<b>Frequência de Coleta</b>	<b>Destinação</b>
Papel, plástico e papelão	II A	Escritório	Diária	Reciclagem
Pilhas e baterias	I	Escritório	Demanda	Reciclagem
Equipamentos eletroeletrônicos	I	Escritório	Demanda	Reciclagem
Não-recicláveis	II A / II B	Escritório/Refeitório	Diária	Aterro sanitário
Orgânicos	II A	Refeitório/Escritório	Diária	Reuso/Aterro sanitário
Óleo lubrificante	I	Oficina	Demanda	Reuso/reciclagem
Contaminados	I	Oficina/Produção	Demanda	Reuso/reciclagem
Processo produtivo	II A	Produção	Demanda	Reuso/reciclagem
Cinzas	II A	Fornos/Fornalhas	Demanda	Reuso

**Figura 64 – Fluxograma do gerenciamento de resíduos sólidos**



#### 4.4.1.3 Treinamento

Todos os responsáveis pela coleta, transporte e tratamento dos resíduos sólidos devem ser conscientizados dos riscos que a disposição inaequada pode trazer para sua saúde e para a degradação da qualidade ambiental.

É importante também que todos os colaboradores e parceiros participem da elaboração e do funcionamento do PGRS, para que os objetivos sejam alcançados.

#### 4.4.1.4 Medidas Mitigadoras

A PNRS preconiza a necessidade de implantação de medidas mitigadoras dos passivos ambientais decorrentes do gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos. Desse modo, as indústrias devem desenvolver o seu processo industrial buscando sempre a eficácia, isto é, produzindo mais com menos insumos e gerando menos resíduos sólidos. Além disso, é importante a implantação de um sistema de coleta seletiva, distribuindo coletores identificados em toda área da indústria, conforme a resolução CONAMA Nº 275/2001.

#### 4.4.1.4 Responsável técnico

Deve ser estabelecido um responsável técnico pelo PGRS, mas toda equipe deve estar ciente que o funcionamento adequado desse programa é dever de todos.

#### 4.4.1.5 Legislação

A legislação básica de referência é:

- Lei Nº 12.305/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos;
- Lei Nº 14. 236/2010 – Política Estadual de Resíduos Sólidos (Pernambuco);
- ABNT NBR 10.004/2004 – Classificação dos resíduos sólidos;
- ABNT NBR 12.235/1992 – Armazenamento de resíduos sólidos perigosos;
- Resolução CONAMA Nº 275/2001 – Estabelece o código de cores na identificação dos coletores e transportadores, para os diferentes tipos de resíduos, assim como campanhas informativas de coleta seletiva;

- Resolução CONAMA N° 362/2005 – Diretrizes para o transporte de resíduos perigosos.

#### **4.5 Proposta de Regulamento Técnico**

A proposta de Regulamento Técnico para o Gerenciamento de Resíduos Sólidos pelas Indústrias de Cerâmica Vermelha (RT-GRS/ICV) (Apêndice A) visa fixar requisitos mínimos para que as indústrias fabricantes desse produto se adéquem a Lei 12.305/2010 que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Com isso, descreve as ações para a redução de resíduos sólidos na fonte, bem como o gerenciamento adequado para os resíduos gerados, deste a segregação, acondicionamento/armazenamento, identificação, coleta, transporte até a destinação final ambientalmente adequada.

A regulamentação técnica fornecerá subsídios para os gestores públicos e empresários do setor, no gerenciamento adequado dos resíduos sólidos, objetivando a diminuição de passivos ambientais, prejudicando a saúde e segurança da sociedade e do meio ambiente. Apesar disso, a proposta de RT-GRS/ICV baseia-se nos princípios da não geração de resíduos sólidos e da redução, reciclagem e reutilização. Além disso, contribuirá para captação de recursos através de incentivos governamentais e a viabilização de assessorias técnicas para o segmento, elevando a competitividade das indústrias da região, e conseqüentemente um incremento no desenvolvimento social, através da geração de emprego e renda, e capacitação dos funcionários e empresários da indústria de cerâmica vermelha da RD, bem como no país.

A partir dessa proposta as indústrias que fabricam cerâmica vermelha para construção estarão obrigadas a: elaboração de um PGRS conforme as diretrizes preconizadas na Lei 12.305/2010 da PNRS; implantar um Sistema de Coleta Seletiva, conforme Resolução CONAMA N° 275/2001, que estabelece o código de cores na identificação dos coletores e transportadores, para os diferentes tipos de resíduos, assim como campanhas informativas de coleta seletiva; e realizar periodicamente o controle de qualidade da sua matéria-prima e dos produtos (Apêndice B) buscando a diminuição das perdas e reduzindo na fonte a geração de resíduos sólidos, buscando a diminuição do quantitativo de perdas e geração de resíduos sólidos.

A elaboração do PGRS deve ser de forma participativa, envolvendo os dirigentes e colaboradores da empresa, para que todos estejam cientes da importância do gerenciamento adequado dos resíduos sólidos.

A realização do controle de qualidade do produto final deve seguir a metodologia e os padrões de tolerância estabelecidos pela NBR 15.270: 1, 2, 3 (ABNT, 2005), para blocos cerâmicos de vedação e estrutural, e NBR 15.310 (ABNT, 2009) para telhas cerâmicas.

Como infraestrutura necessária, a indústria deve implantar um Laboratório de Qualidade, com todos os instrumentos e EPIS necessários para a correta execução dos controles. Do mesmo modo, deve implantar uma Área de Armazenamento Temporário de resíduos deve ser em local aberto, onde seja possível inspecionar visualmente, atendendo as normas básicas de segurança, conforme a NBR 12.235 (ABNT, 1992). Na área de armazenamento temporário, os resíduos devem ser acondicionados segregados e classificados conforme a NBR 10.004 (ABNT, 2004), bem como identificada sua natureza e o grau de risco à saúde e segurança dos colaboradores e do meio ambiente.

A indústria deve oferecer periodicamente treinamento aos seus funcionários e colaboradores, com o objetivo de apresentar o PGRS e conscientizá-los da importância do tratamento adequado dos resíduos sólidos. Além disso, é de grande importância elaborar estratégias de ação para conscientização da comunidade do entorno dos riscos à saúde e segurança da população e do meio ambiente que a disposição inadequada dos resíduos sólidos pode oferecer.

## 5. CONCLUSÕES

O mapeamento das indústrias de cerâmica vermelha associadas do SINDICER/PE no estado de Pernambuco e na RD do Sertão São Francisco permitiu o conhecimento da localização e do quantitativo de indústrias para realização do múltiplo estudo de caso.

Através do múltiplo estudo de caso verificou-se um que as três indústrias apresentam uma elevada produção; no entanto, possui um alto percentual de perdas no processo produtivo, em média 10,7% mensal. Esse elevado percentual de perdas se reflete em uma redução mensal de R\$ 32.200 por cada indústria, o que daria para ser investido em melhorias no processo produtivo. Além disso, essas perdas ainda contribuem para o aumento do volume de resíduos sólidos, que corresponde a aproximadamente 275 ton/mês de resíduos por cada indústria estudada.

A caracterização dos resíduos sólidos mostrou os tipos de resíduos gerados pelas indústrias estudadas, bem como a unidade geradora, a frequência de geração e a classificação dos resíduos. A partir dessa caracterização, foi possível concluir que essas indústrias geram elevado volume de resíduos, principalmente em seu processo produtivo devido o elevado percentual de perdas. Em geral, somente destinam de forma ambientalmente adequada os perigosos gerados no setor de produção.

Buscando identificar as causas do elevado índice de perdas, através dos testes de qualidade da matéria-prima, verificou-se que as indústrias utilizam uma argila de qualidade que tem potencial para fabricação de peças de cerâmica vermelha dentro dos padrões estabelecidos em norma. No entanto, nos testes para verificação da qualidade do produto, comparando com os padrões de tolerância estabelecidos por norma regulamentadora, os lotes de blocos de vedação das três indústrias foram reprovados, tanto na análise dimensional, como na espessura das paredes externas e septos, desvio em relação ao esquadro, planeza das faces, absorção de água e resistência à compressão. Com isso, percebe-se a necessidade um melhor gerenciamento do processo, bem como investimentos no sistema produtivo. Essas questões são de fundamental importância para a diminuição das perdas e conseqüente a geração de resíduos sólidos e para aumento da competitividade e dos lucros das empresas.

Apesar de gerar quantidades significativas de resíduos sólidos, as indústrias não realizam o gerenciamento adequado, evitando que sejam dispostos de forma inadequada

causando passivos ambientais. Apesar disso, o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos permite propor medidas para o correto gerenciamento dos resíduos sólidos para as indústrias da RD do sertão São Francisco, que pode ser replicado para as demais indústrias do setor localizadas em outras regiões do Brasil.

O Regulamento Técnico proposto, portanto, buscou fixar requisitos mínimos para que as indústrias de cerâmica vermelha se adequem a PNRS através de ações relativas a redução de na fonte geradora, através de um melhor controle do seu processo produtivo. Ademais, buscou apresentar ações relativas ao gerenciamento adequado dos seus resíduos sólidos, desde a segregação, acondicionamento/armazenamento, identificação, coleta, transporte até a destinação final ambientalmente adequada. Para isso, as indústrias devem trabalhar de forma participativa, envolvendo os funcionários, parceiros e a comunidade do entorno.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15310.**

Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, Requisitos e Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 10004:** Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 12.235:** Armazenamento de resíduos sólidos perigosos. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. **NBR 15270-1.** Componentes Cerâmicos. Parte 1: Blocos Cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005a.

\_\_\_\_\_. **NBR 15270-3.** Componentes Cerâmicos. Parte 3: Blocos Cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005b.

ALMEIDA, Z. Incorporação de vidro em pó reciclado em uma argila da Amazônia para melhoria das propriedades físicas e viabilidade técnica para produção de massas cerâmicas. In: HOLANDA, R. M.; PAZ, Y. M.; MORAIS, M. M.(orgs.). **Cerâmica vermelha para construção civil: pesquisas e inovações**. Recife: editora universitária, 2014. p. 187-200.

ANICER – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. **Relatório Setorial. Programa Setorial da Qualidade dos Blocos Cerâmicos PSQ-BC 004/02.** Rio de Janeiro: Anicer, 2014a. Disponível em: <<http://portal.anicer.com.br/wp-content/uploads/2014/08/Download-do-Relat%C3%B3rio-PSQ-Blocos-Cer%C3%A2micos.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2014.

\_\_\_\_\_. **Relatório Setorial. Programa Setorial para Telhas Cerâmicas PSQ-TC 004/02.** Rio de Janeiro: Anicer, 2014b. Disponível em: <<http://portal.anicer.com.br/wp-content/uploads/2014/08/Download-do-Relat%C3%B3rio-PSQ-Telhas-Cer%C3%A2micas.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2014.

\_\_\_\_\_. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. **Setor.** Disponível em: <<http://portal.anicer.com.br/psq/adesao-psq/>>. Acesso em: 23 de abr. 2015.

ANTUNES, B. **Direito ambiental.** 16 ed. São Paulo: Atlas, 2014. 1420p.

ARAÚJO, G. C.; MENDONÇA, P. S. M. Análise do processo de implantação das normas de sustentabilidade empresarial: um estudo de caso em uma agroindústria frigorífica de bovinos. **RAM - Rev. Adm. Mackenzie (Online)**, São Paulo, v. 10, n. 2, 2009, p. 31-56.

ARAÚJO, L. A. Perícia Ambiental em Ações Cíveis Públicas. In: Sandra Batista Cunha e Antonio José Teixeira Guerra (Orgs). **Avaliação e perícia ambiental.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p. 173 – 215.

ASSUNÇÃO, F. de O.; SICSÚ, A. B. Capacitação, Inovação local e Competitividade da Indústria de Cerâmica Vermelha no Nordeste. **Revista Produção Online**, v. 1. 2001.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 1ª edição, São Paulo: Saraiva, 2004. 328p.

BENSON, D.; JORDAN, A. Environmental Policy: Protection and Regulation. **International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences**, 2 ed., p.778-783, 2015.

BEZERRA, M. D. L. **Cinza vegetal como corretivo e fertilizante no cultivo de capim-marandu em solos do cerrado mato-grossense**. 2013. 63f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso. Rondonópolis, MT.

BIGÉLLI, E. M. **Utilização de escória de chumbo em massa cerâmica vermelha**. 2005. 239 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BORLINI, M. C.; SALES, H. F.; VIEIRA, C. M. F.; CONTE, R. A.; PINATTI, D. G.; MONTEIRO, S. N. Cinza da lenha para aplicação em cerâmica vermelha Parte I: características da cinza. **Cerâmica**, v. 51, n. 319, p.192-196, 2005.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M., T.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S.. **Introdução à Engenharia Ambiental: O desafio do Desenvolvimento Sustentável**. 2. ed., São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318 p.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 1988.

\_\_\_\_\_. **Anuário Estatístico: Setor de Transformação de Não Metálicos**. Brasília: SGM. 2014.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 2010.

\_\_\_\_\_. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Institui a Política nacional de Meio Ambiente. 1981. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 1981.

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **O PBQP-H: Apresentação**. 2015. Disponível em: <[http://pbqp-h.cidades.gov.br/pbqp\\_apresentacao.php](http://pbqp-h.cidades.gov.br/pbqp_apresentacao.php)>. Acesso em 23 abr. 2015.

\_\_\_\_\_. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. **Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável do Sertão do São Francisco, Pernambuco**. Pernambuco: Secretaria de Desenvolvimento Territorial, 2011.

\_\_\_\_\_. **Plano Nacional de Meio Ambiente**. Governo Federal, Ministério do Meio Ambiente, 2012.

BRASÍLIA. **Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria**. Relatório Setorial: cerâmica. CNI. 2010.

BRUXEL, F. R.; OLIVEIRA, E. C.; STULP, S.; MULLER, C. S.; ETCHEPARE, H. D. Estudo da adição de resíduo (lodo) de gemas na massa cerâmica vermelha. **Cerâmica**, v. 58, n. 346, p.211-215, 2012.

CABRAL JUNIOR., M.; TANNO, L.C.; SINTONI, A.; MOTTA, J. F. M.; COELHO, J. M. A. Indústria de cerâmica vermelha e o suprimento mineral no Brasil: desafios para o aprimoramento da competitividade. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v.17, n.1, p.36-42, 2012.

CAMPOS, L. F. A.; MACEDO, R. S.; KIYOHARA P. K.; FERREIRA, H. C. Características de plasticidade de argilas para uso em cerâmica vermelha ou estrutural. **Cerâmica**, São Paulo, v. 45, n. 295, Mai. 1999.

CAMPOS, L. M. S.; MELO, D. A. Indicadores de desempenho dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA): uma pesquisa teórica. **Produção**, v. 18, n. 3, p. 540-555, 2008.

CASAGRANDE, M. C.; SARTOR, M. N.; GOMES, V.; DELLA, V. P. HOTZA, D.; OLIVEIRA, A. P. N. Reaproveitamento de Resíduos Sólidos Industriais: Processamento e Aplicações no Setor Cerâmico. **Cerâmica Industrial**, v. 13, n. 1, p. 34-42, 2008.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 275, de 25 de abril de 2001**. Brasília, 2001.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 307 de 05 de julho de 2002**. Brasília, 2002.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 313, de 29 de outubro de 2002**. Brasília, 2005.

\_\_\_\_\_. **Resolução nº 362, de 23 de junho de 2005**. Brasília, 2005.

CPRH. AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Instrução Normativa nº 004**, Pernambuco, 2006.

DE FARIA, K. C. P.; GURGEL, R. F.; DE HOLANDA, J. N. F. Influência da adição de resíduo de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar nas propriedades tecnológicas de cerâmica vermelha. **Revista Matéria**, v. 17, n. 3, p. 1055-1061, 2012.

DERANI, C.; SOUZA, K. S. S. Instrumentos econômicos na política nacional do meio ambiente: Por uma economia ecológica. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v.10, ž n.19, p.247-272, 2013.

DONAIRE, D. **Gestão Ambiental da Empresa**. 2 Ed., São Paulo: Atlas, 1999. 169p.

ERKMAN, S. Industrial ecology: an historical view. **I Cleaner Production**, v. 5, n. 1, p. 1-10, 1997.

FARIAS, T. Q. Aspectos gerais da política nacional do meio ambiente – comentários sobre a Lei nº 6.938/81. **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, v. IX, n. 35, 2006.

FASTOFSKI, D C.; SCHAFER, M.; TELES, R. D.; KULAKOWSKI, M. P.; SGONZÁLEZ, M. A.; KAZMIERCZAK, C. S. Metodologia de caracterização de resíduo de cerâmica vermelha para emprego como material pozolânico em pasta de cimento. In: Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, 5, 2014. **Anais...** Rio Grande do Sul, 2014.

FERREIRA, M. C. Gestão ambiental: práticas, condicionantes e evolução. **RAIMED – Revista de Administração IMED**, v. 2, n. 2, p. 138-150, 2012.

FERRO, A. F. P.; BONACELLI, M. B. M.; ASSAD, A. L. D. Oportunidades tecnológicas e estratégias concorrenciais de gestão ambiental: o uso sustentável da biodiversidade brasileira. **Gestão & Produção**, v.13, n.3, p.489-501, 2006.

FIEMG – Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais; FEAM – Fundação Estadual de Meio Ambiente. **Guia técnico ambiental da indústria de cerâmica vermelha**. Belo Horizonte, 2013.

FIGUEIREDO NETO, M. V. A regulamentação técnica e o guia de boas práticas de regulamentação: Perspectivas para os órgãos reguladores. **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, v. XII, n. 68, 2009.

GIANNETTI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B. DE; BONILLA, S. H. Implementação de Eco-Tecnologias Rumo à Ecologia Industrial. **RAE-eletrônica**, v. 2, n. 1, 2003.

GONÇALVES, J. P.. Utilização do resíduo da indústria cerâmica para produção de concretos. **Rem: Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 60, n. 4, p. 639-644, 2007.

GONZÁLEZ, G. C.. Una revisión de los principios de la ecología industrial. **Argumentos (Méx.)**, México, v.22, n.59, 2009.

GOUVEIA, F. P.; SPOSTO, R. M.. Incorporação de chamote em massa cerâmica para a produção de blocos. Um estudo das propriedades físico-mecânicas. **Cerâmica [online]**, v.55, n.336, p. 415-419, 2009.

GRIGOLETTI, G. C.; SATTLER, M. A. Estratégias ambientais para indústrias de cerâmica vermelha do Estado do Rio Grande do Sul. **Ambiente Construído**, v. 3, n. 3, p. 19-32, 2003.

GÜNTHER, H. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão? **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 22, n. 2, p.201-210, 2006.

HOLANDA, R. M. **Avaliação do desperdício da argila nas indústrias da cerâmica vermelha e construção civil: estudo de caso nos municípios de Paudalho e Recife no Estado de Pernambuco**. 2011. 120 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

HOLANDA, R. M.; SILVA, B. B. Cerâmica vermelha – desperdício na construção versus recurso natural não renovável: estudo de caso nos Municípios de Paudalho/PE e Recife/PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 4, n. 4, p. 872-890, 2011.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS APLICADAS. 2012. **Brasil coleta 183,5 mil toneladas de resíduos sólidos/dia: coleta de lixo urbana é superior a 98% das casas, mas na área rural o índice é de 33%**. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=13932](http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=13932)>. Acesso em: 30 out. 2014.

JABBOUR, C. J. C.; SANTOS, F. C. A. A gestão ambiental na empresa por meio da articulação de equipes: uma perspectiva integrada e evolutiva. **REAd – Revista Eletrônica de Administração**, Ed. 52, v. 12, n. 4, 2006.

JABBOUR, C. J. C.; SANTOS, F. S. A.; NAGANO, M. S. Análise do relacionamento entre estágios evolutivos da gestão ambiental e dimensões de recursos humanos: estado da arte e survey em empresas brasileiras. **R.Adm.**, São Paulo, v.44, n.4, p.342-364, 2009.

JELINSKI, L. W.; GRAEDEL, T. E.; LAUDISE, R. A.; MCCALL, D. W.; PATEL, C. K. N. Industrial ecology: Concepts and approaches. **Proc. Nati. Acad. Sci. US**, V. 89, p. 793-797, 1992.

JUNG, T. I. A evolução da legislação ambiental no Brasil. **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, XIV, n. 87, 2011.

KAWAGUTI, W. M.. **Estudo do comportamento térmico de um forno intermitente tipo “paulistinha” utilizados na indústria de cerâmica vermelha**. 2004. 100f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

KLITZKE, W. **Utilização de lodo primário de indústria de papel na produção de cerâmica vermelha**. 2011. 76f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

LIMA, J. P. R.; SPINDOLA, F. D. Os desafios do setor ceramista em Pernambuco. In: LIMA, J. P. R.; SPINDOLA, F. D.; HOLANDA, R. M.; MORAIS, M. M.; PAZ, Y. M. (orgs.). **Demandas do setor ceramista e argumentos para implantação de APLs em Pernambuco**. Recife: editora universitária, 2014. p. 11-43.

LIMA, M. J. O. **As empresas familiares da cidade de Franca: um estudo sob a visão do serviço social [online]**. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 240 p.

LINDER, G. **Uso de modelo reduzido para pesquisa e desenvolvimento de blocos cerâmicos estruturais**. 2001. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 2001.

LUCAS, D.; BENATTI, C. T. Utilização de resíduos industriais para a produção de artefatos cimentícios e argilosos empregados na construção civil. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 1, n.3, p. 405-418, 2008.

LUTZ, C. Z.; PIRES, D. C. MORAES, C. A. M.. Parques Industriais Ecológicos como instrumento para o desenvolvimento sustentável do estado do Rio Grande do Sul. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 9, n. 1, p. 37-51, 2013.

MANHÃES, J. P. V. T.; MOREIRA, J. M. S.; HOLLAND, J. N. F. Variação microestrutural de cerâmica vermelha incorporada com resíduo de rocha ornamental. **Cerâmica**, v. 55, n. 336, p. 371-378, 2009.

MARINHO, M.; KIPERSTOK, A.. Ecologia industrial e prevenção da poluição: uma contribuição ao debate regional. **Bahia Análise & Dados**. Salvador, v.10, n.4, p.271-279, 2001.

MATOS, J. D. S.; SANTANA, J. C. C.; SOUZA, R. R. Reúso da Torta de Decantadores de Indústrias Cerâmicas. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 15, n.1, p.44-46, 2010.

MEDEIROS, F. K.; AQUINO, R. C. A.; RODRIGUES, A. M. T.; SILVA, H. C.; DIAS, I. B. C.; FERREIRA, H. S. Produção de Tijolos Maciços e Placas Cerâmicas de Revestimento com Adição de Óleo Lubrificante Usado. **Cerâmica Industrial**, v. 19, n. 2, p. 38-45, 2014.

MIRANDA RODRIGUES, M. Política Nacional do Meio Ambiente e a eficácia de seus instrumentos. **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, v. XIII, n. 74, 2010.

MONTEIRO, C. M. O. L.; FRANCO, M. N.; PINATTI, A. A. BARBOSA, F. C.; SOUZA, R. B.; CARVALHO, F. C. **Noções básicas de processo produtivo de cerâmica vermelha**. SENAI-PI, Centro de Tecnologia da Cerâmica “Wildson Gonçalves”. Piauí, 2007.88p.

MORAIS, D. M., SPOSTO, R. M. Propriedades Tecnológicas e Mineralógicas das Argilas e suas Influências na Qualidade de Blocos Cerâmicos de Vedação que Abastecem o Mercado do Distrito Federal. **Cerâmica Industrial**, v. 11, n.5/6, p. 35-38, 2006.

MOTA, T. S.; BARBOSA, E. M.; MOTA, G. B. C.. Ação civil pública como instrumento de proteção do meio ambiente. **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, v. XIV, n. 86, 2011.

MOTTA, J. F. M.; ZANARDO, A.; CABRAL JUNIOR, M. As Matérias-Primas Cerâmicas - Parte I: O Perfil das Principais Indústrias Cerâmicas e Seus Produtos. **Cerâmica Industrial**, v. 6, n. 2, p. 28-39, 2001.

OLIVEIRA, A. A. **Tecnologia em Cerâmica**. 1 ed. Criciúma: Editora Lara, 2011. 176 p.

ORTIGOSA, L. A. **Redução de perdas no processo de produção de uma Indústria cerâmica**. 131f. Monografia (Graduação) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

PAZ, Y. M; MORAIS, M. M.; HOLANDA, R. M. Arranjo produtivo local de cerâmica vermelha: conceitos e discussões da potencialidade de formatação no Estado de Pernambuco. **Exacta**, São Paulo, v. 12, n. 3, p.303-312, 2014.

PAZ, Y. M; MORAIS, M. M.; HOLANDA, R. M. Desenvolvimento econômico regional e aproveitamento de resíduos sólidos no polo da Indústria da Cerâmica Vermelha no estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife, v.6, n.6, p. 1680-1704, 2013.

PECCATIELLO, A. F. O. Políticas públicas ambientais no Brasil: da administração dos recursos naturais (1930) à criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (2000). **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 24, p. 71-82, 2011.

PÉREZ, C. A. S.; PADUANI, C.; ARDISSON, J. D.; GOBBIA, D., THOMÉ, A. Caracterização de Massas Cerâmicas Utilizadas na Indústria de Cerâmica Vermelha em São Domingos do Sul – RS. **Cerâmica Industrial**, v. 15, n. 1, p. 38-43, 2010.

PERNAMBUCO. Lei Nº 14. 236, de 13 de dezembro de 2010. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**, 2010.

\_\_\_\_\_. **Plano estadual de gestão consorciada e integrada de resíduos sólidos de Pernambuco**. Recife, 2013.

PISSATO, E.; SOARES, L. Caracterização de Resíduos Finos de uma Mineração de Areia no Município de Guarulhos para Utilização em Cerâmica Vermelha. **Cerâmica Industrial**, v. 14, n. 3, p.41-46, 2009.

PIZZANI, L.; SILVA, R. C.; BELLO, S. F.; HAYASHI, M. C. P. I. A arte da pesquisa bibliográfica na busca do conhecimento. **Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, Campinas, v.10, n.1, p.53-66, 2012.

PORTO, M. F. S.; SCHÜTZ, G. E. Gestão ambiental e democracia: análise crítica, cenários e desafios. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n.6, p. 1447-1456, 2012.

POSSES, I. P. **Caracterização tecnológica de blocos cerâmicos de alvenaria de vedação produzidos por empresas cerâmicas do estado do Espírito Santo**. 2013. 149f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2013.

PRADO, U. S.; BRESSIANI, J. C. Panorama da Indústria Cerâmica Brasileira na Última Década. **Cerâmica Industrial**, v. 18, n. 1, p. 07-11, 2013.

RAIS. **Relação Anual de Informações Sociais**. Estatísticas. 2013. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/geral/estatisticas.htm>>. Acesso em: 15 set. 2014.

REIS, J. T. Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Âmbito Jurídico**, Rio Grande, v. XIV, n. 87, 2011.

RIBEIRO, M. J.; FERREIRA, A. A.L.; LABRINCHA, J. A. Aspectos Fundamentais Sobre a Extrusão de Massas de Cerâmicas Vermelhas. **Cerâmica Industrial**, v. 8, n. 1, p.37-42, 2003.

SAMPAIO, R. **Direito Ambiental**. FGV Direito Rio, Rio de Janeiro, 2012. 179 p.

SANCHES, C. S. Gestão ambiental proativa. **RAE – Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 40, n. 1, p.76-87, 2000.

SANTOS, P. S. **Tecnologia de Argilas: Fundamentos**. V. 1. São Paulo: Ed. Edgar Blücher LTDA, da Universidade de São Paulo, 1975 (a). 340 p.

SANTOS, P. S. **Tecnologia de Argilas: Fundamentos**. V. 2. São Paulo: Ed. Edgar Blücher LTDA, da Universidade de São Paulo, 1975 (b). 802 p.

\_\_\_\_\_. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de textos, 2004. 183 p.

SARACENI, A. V.; ANDRADE JUNIOR, P. P. Propostas de Ecologia Industrial para os Arranjos Produtivos Locais e como Estratégia de Desenvolvimento de Parque Industrial Ecológico. **Revista de Administração da UNIMEP**, v.10, n.1, 2012.

SCHWOB, M. R. V.; MORALES, M. E.; HENRIQUES JR, C. M. F.; RODRIGUES, J. A. P.; TAPIA, R. S. H. C. **Panorama da Indústria de Cerâmica Vermelha no Brasil**. Rio de Janeiro, 2012.

SILVEIRA, S. J. C. Externalidades negativas: as abordagens neoclássica e institucionalista. **Revista FAE**, Curitiba, v.9, n.2, p.39-49, 2006.

- SOUTO, G. D. B.; POVINELLI, J.. Resíduos Sólidos. In: MARIA DO CARMO CALIJURI E DAVI GASPARINI FERNANDES CUNHA, Ed(s). **Engenharia Ambiental: Conceitos, Tecnologia e Gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. p. 565-587.
- TANNO, L. C.; MOTTA, J. F. M. Panorama Setorial - Minerais Industriais. **Cerâmica Industrial**, v.5, n. 3, p. 37-40. 2000.
- TREVISAN, M.; NASCIMENTO, L. F.; MADRUGA, L. R. R. G.; NEUTZLING, D. M.; FIGUEIRÓ, P. S.; BOSSLE, M. B.. As Influências da Institucionalização Organizacional na Operacionalização da Ecologia Industrial: Possíveis Facilidades e Obstáculos. **Rev. Adm. UFSM**, Santa Maria, v. 5, Edição Especial, p. 683-698, 2012.
- TUBINO, L. C. B.; BORBA, P.. **Etapas do Processo Cerâmico e sua Influência no Produto Final – Massa, Extrusão, Secagem e Queima**. Resposta Técnica. 2006. Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br/acessoDT/42>>. Acesso em: 30 de mar. 2015.
- VENTURA, M. M. O estudo de caso como modalidade da pesquisa. **Rev. SOCERJ**, v. 20, n.5, p.383-386, 2007.
- VIEIRA, C. M. F.; FEITOSA, H. S.; MONTEIRO, S. N.. Avaliação da Secagem de Cerâmica Vermelha Através da Curva de Bigot. **Cerâmica Industrial**, v. 8, n. 1, p. 42-46, 2003.
- VIEIRA, C. M. F.; HOLANDA, J. N. F.; PINATTI, D. G. Caracterização de massa cerâmica vermelha utilizada na fabricação de tijolos na região de Campos dos Goytacazes - RJ. **Cerâmica**, São Paulo, v. 46, n. 297, 2000.
- VIEIRA, C. M. F.; PINHEIRO, R. M.. Avaliação de argilas cauliníticas de Campos dos Goytacazes utilizadas para fabricação de cerâmica vermelha. **Cerâmica**, São Paulo, v. 57, n. 343, p. 319-323, Set. 2011.
- VIEIRA, C. M. F.; SOUZA, E. T. A.; MONTEIRO, S. N.. Efeito da incorporação de chamote no processamento e microestrutura de cerâmica vermelha. **Cerâmica**, São Paulo, v. 50, n. 315, Set. 2004.
- WIECK, R., DUAILIBI Fh., J. Extrusão em Cerâmica Vermelha: Princípios Básicos, Problemas e Soluções. **Cerâmica Industrial**, v. 18, n. 3, p.16-23, 2013.

## **APÊNDICE A – PROPOSTA DE REGULAMENTO TÉCNICO PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS PELAS INDÚSTRIAS DE CERÂMICA VERMELHA (RT-GRS/ICV)**

Considera-se que:

As indústrias de cerâmica vermelha para construção são responsáveis por gerar elevado volume de resíduos sólidos em seu processo industrial.

Quando destinados e dispostos de forma ambientalmente inadequada, os resíduos sólidos podem colocar em risco a saúde pública, assim como causar impactos negativos aos recursos naturais.

O que está previsto no Artigo 225, caput, da Constituição Federal, é que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

O Poder Público tem o dever de “proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas” (CR, Artigo 23, inc. VI).

### **DO OBJETIVO**

Artigo 1º A proposta de Regulamento Técnico para o Gerenciamento de Resíduos Sólidos pelas Indústrias de Cerâmica Vermelha (RT-GRS/ICV) para construção civil, visa fixar requisitos mínimos para que as indústrias fabricantes desse produto possam adequar-se à Lei 12.305/2010 que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

PARÁGRAFO ÚNICO. A proposta de regulamento técnica visa descrever ações para a redução de resíduos sólidos na fonte, bem como o gerenciamento adequado para os resíduos gerados, deste a segregação, acondicionamento/armazenamento, identificação, coleta, transporte até a destinação final ambientalmente adequada.

Artigo 2º A regulamentação técnica fornecerá subsídios para os gestores públicos e os empresários do setor, no gerenciamento adequado dos resíduos sólidos, objetivando a

diminuição de passivos ambientais, que prejudicam a saúde e segurança da sociedade e do meio ambiente.

Artigo 3º O regulamento contribuirá para captação de recursos através de incentivos governamentais e a viabilização de assessorias técnicas para o segmento, elevando a competitividade das indústrias da região, conseqüentemente um incremento no desenvolvimento social, através da geração de emprego e renda, e capacitação dos funcionários e empresários da indústria de cerâmica vermelha.

#### DA ABRANGÊNCIA

Artigo 4º Este Regulamento Técnico é aplicável a todas as indústrias que fabricam cerâmica vermelha para construção civil no país.

#### DAS DEFINIÇÕES

Artigo 5º Para efeito deste Regulamento Técnico são adotadas as seguintes definições:

I – Coleta seletiva: é um processo que consiste na segregação dos resíduos produzidos pelas indústrias, de acordo com o seu tipo e grau de contaminação ambiental, para serem reciclados, reutilizados ou destinados de forma ambientalmente adequada.

II – Destinação ambientalmente adequada: é a forma de aplicação dos resíduos sólidos, a fim de minimizar a ocorrência de riscos a saúde e segurança dos colaboradores da indústria, da comunidade do entorno e do meio ambiente.

III – Segregação: é a separação dos resíduos por tipo e classificação.

IV – Reutilização: utilização do resíduo dentro da própria indústria, sem submetê-lo a um reprocessamento.

V – Reciclagem: reprocessamento do resíduo para transformação em outro material.

VI – Responsável Técnico: pessoa física responsável pelo correto funcionamento do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

VI – Área de Armazenamento Temporário de Resíduos: local na indústria onde serão armazenados temporariamente os resíduos, anteriormente a coleta para destinação final.

VIII – Laboratório de Qualidade: local reservado na indústria para a averiguação da qualidade da matéria-prima e dos produtos, através da realização de ensaio, devendo, a referida atividade, ser coordenado por um técnico.

IX – Técnico de Qualidade: pessoa física responsável pela realização dos ensaios e verificação da qualidade da matéria-prima e dos produtos.

## DOS PRINCÍPIOS

Artigo 6º A proposta de RT-GRS/ICV baseia-se nos princípios da não geração e da redução, reciclagem e reutilização dos resíduos sólidos.

## DAS OBRIGAÇÕES

Artigo 7º Realizar periodicamente o controle de qualidade da sua matéria-prima e produtos.

§ 1º Os ensaios para controle de qualidade da matéria-prima e do produto acabado têm o objetivo da diminuição das perdas no processo produtivo, conseqüentemente a redução de resíduos sólidos na fonte.

§ 2º Os ensaios devem ser desenvolvidos em ambiente interno à indústria, e quando necessário, deve haver a contratação de laboratórios externos.

Artigo 8º As indústrias estarão obrigadas à apresentação de um Plano de Gerenciamento e Resíduos Sólidos conforme as diretrizes preconizadas na Lei 12.305/2010 da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Artigo 9º Implantação de um Sistema de Coleta Seletiva, conforme Resolução CONAMA Nº 275/2001, que estabelece o código de cores na identificação dos coletores e transportadores, para os diferentes tipos de resíduos.

## DO CONTROLE DE QUALIDADE

Artigo 10º É indispensável a realização de ensaios para caracterização matéria-prima, em laboratório externo às indústrias, sempre que mudar a jazida de exploração.

Artigo 11º É necessário que seja realizada uma análise diária do resíduo não argiloso presente na amostra de argila, em laboratório da indústria.

Artigo 12º Na indústria de fabricante de blocos cerâmicos de vedação e estrutural, é fundamental que em cada lote sejam realizados os seguintes controles: dimensional, planeza das faces, desvio em relação ao esquadro, espessura das paredes externa e septos e absorção de água.

PARÁGRAFO ÚNICO. Os ensaios descritos para controle de qualidade dos blocos de vedação e estrutural devem seguir a metodologia e os padrões de tolerância estabelecidos pela NBR 15.270/2005: 1, 2, 3.

Artigo 13º Na indústria fabricante de telhas cerâmicas deve ser realizado em cada lote os seguintes controles: sonoridade; características dimensionais; retilineidade e planaridade; absorção de água, impermeabilidade.

PARÁGRAFO ÚNICO. Os ensaios descritos para controle de qualidade das telhas cerâmicas estarão adstritos à metodologia e os padrões de tolerância estabelecidos pela NBR 15.310/2009.

#### DA ELABORAÇÃO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Artigo 14º A elaboração do plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos deve ser de forma participativa, envolvendo os dirigentes e colaboradores da empresa, para que todos estejam cientes da importância do gerenciamento adequado dos resíduos sólidos.

#### DA INFRAESTRUTURA BÁSICA

Artigo 15º A indústria deve implantar um “Laboratório de Qualidade”, com todos os instrumentos e EPIS necessários para a correta execução dos ensaios de controle da qualidade.

Artigo 16º A indústria deverá dispor de uma área de armazenamento temporário de resíduos.

§ 1º A área de armazenamento temporário de resíduos será em local aberto, onde seja possível inspecionar visualmente, atendendo as normas básicas de segurança, conforme a NBR 12.235/1992.

§ 2º Na área de armazenamento temporário, os resíduos deverão ser acondicionados segregados e classificados conforme a NBR 10.004/2004, bem como identificada sua natureza e o grau de risco à saúde e segurança dos colaboradores e do meio ambiente.

#### DA RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Artigo 15º É indispensável a nomeação de um responsável técnico com atribuições para coordenar o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

Artigo 15º O Laboratório de Qualidade será coordenado por um técnico treinado e capacitado para a execução dos ensaios previstos nesse Regulamento Técnico.

#### DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Artigo 16º A indústria deverá oferecer periodicamente treinamento aos seus funcionários e a comunidade do entorno, com o objetivo de apresentar o PGRS e conscientizá-los da importância de segregar os resíduos sólidos por tipo, e os riscos à saúde e segurança da população e do meio ambiente que a disposição inadequada pode oferecer.

## APÊNDICE B – MODELO DE RELATÓRIO DIÁRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE

	<b>CONTROLE DE QUALIDADE</b>	
--	------------------------------	--

Responsável:	
Turno de Trabalho:	
Data:	

Preparação da Massa	
Traço:	
Resíduo da Mistura (%):	
Umidade da Mistura (%):	
Abertura do Laminador (mm):	

Tipo de Argila	Localização	Resíduo (%)	Umidade (%)

Observações

Conformação	
Quantidade Produzida:	
Nº da Boquilha:	
Abertura do Laminador (mm):	

Produto:

Vedação       Estrutural

Umidade de Extrusão (UE)			
Bloco	Peso Úmido (PU)	Peso Seco (PS)	UE (%) = ((PU – PS) / PS) x 100
1			
2			
3			
4			



Qualidade do Produto:

 Ótima       Boa       Regular       Ruim

Observações

Queima	
Tipo do Forno:	
Número do Forno:	
Quantidade de Material Queimado:	
Cor de Queima:	
Tempo de queima:	

Controle Dimensional										
Bloco	Dimensões (mm)			Desvio	Planeza	Espessura das paredes		Espessura dos septos		
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)							
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										

Qualidade do Produto:

 Ótima       Boa       Regular       Ruim

Observações

Equipe Técnica:

## APÊNDICE C – ENTREVISTA APLICADA AOS DIRIGENTES DAS INDÚSTRIAS DE CERÂMICA VERMELHA PARTICIPANTES DO MÚLTIPLO ESTUDO DE CASO



Entrevista para Diagnóstico das Indústrias de Cerâmica Vermelha  
Região de Desenvolvimento do São Francisco



Nome da indústria:
Município de Localização:
Proprietário:
Data de realização da entrevista:

1. **Tempo de existência da empresa?** \_\_\_\_\_

2. **Possui alvará de funcionamento?** ( ) S ( ) N

Há quanto tempo? \_\_\_\_\_

3. **Possui licenciamento ambiental?** ( ) S ( ) N

Qual (is) a (s) licença (s)? \_\_\_\_\_

4. **Qual a área ocupada (m<sup>2</sup>)?** \_\_\_\_\_

5. **Quais os produtos fabricados na empresa?**

Produto	Dimensões	Quantidade/por mês	Preço de venda

6. **Matéria-prima:**

a. Quais os tipos de argila que a empresa utiliza (gorda, magra)? \_\_\_\_\_

b. Qual a quantidade de argila que utiliza por mês? \_\_\_\_\_

c. A quem pertence a jazida de extração de argila? \_\_\_\_\_

( ) PRÓPRIA ( ) TERCEIROS ( ) AMBAS

d. Utiliza algum material que não é argila na massa de produção? ( ) S ( ) N

- Qual o material utilizado? \_\_\_\_\_

- Realiza algum estudo antes de utilizar? ( ) S ( ) N

Qual (is)? \_\_\_\_\_

- Qual a proporção desse material na massa de produção? \_\_\_\_\_
- Com base em quê essa proporção foi definida? \_\_\_\_\_
- e. Já fez ou tem algum projeto para recuperação da área degradada pela extração de argila?  
( ) S ( ) N Qual (is)? \_\_\_\_\_
- A jazida possui licenciamento ambiental? ( ) S ( ) N

### 7. Preparação da massa de produção:

- a. Quais são as etapas na preparação? (dosagem, desintegração, mistura, laminação)?  
\_\_\_\_\_
- b. Qual o traço que é utilizado na empresa? \_\_\_\_\_
- c. Como é definido o traço? \_\_\_\_\_
- d. Como é realizada a dosagem da argila? \_\_\_\_\_
- e. Realiza o sazonalamento? ( ) S ( ) N
- f. Realiza alguma análise química, física e mineralógica da argila? ( ) S ( ) N  
Quais? \_\_\_\_\_
- g. Qual o consumo mensal de água utilizada na preparação? \_\_\_\_\_
- h. De onde adquire a água utilizada no processo? \_\_\_\_\_

### 8. Moldagem:

- a. Quais são as etapas na moldagem? \_\_\_\_\_
- b. Qual o maquinário envolvido nessa etapa? \_\_\_\_\_
- c. Qual a capacidade total da maromba? \_\_\_\_\_
- d. Quantas peças são produzidas mensalmente? \_\_\_\_\_
- e. Qual a carga horária de trabalho? \_\_\_\_\_
- f. Como é realizado o descarte das peças com defeitos? \_\_\_\_\_

### 9. Secagem:

- a. Qual o tipo de secagem? \_\_\_\_\_
- b. Se a secagem for artificial, qual a capacidade do secador? \_\_\_\_\_
- c. Qual o sistema de alimentação de calor no secador (fornalha, reaproveitamento do calor do forno)? \_\_\_\_\_
- d. Se o sistema de alimentação for por reaproveitamento do calor do forno, como é realizado esse reaproveitamento? \_\_\_\_\_
- e. Se a alimentação for por fornalha, qual (is) a (s) biomassa (s) utilizada (s) na fornalha?

- 
- f. Qual a quantidade média de biomassa utilizada? \_\_\_\_\_
  - g. Qual a quantidade média de peças que são colocados no secador mensalmente? \_\_\_\_\_
  - h. Quanto tempo dura a secagem? \_\_\_\_\_
  - i. Qual o destino das peças como defeito? \_\_\_\_\_

#### 10. Queima

- a. Qual o(s) tipo(s) de forno(s) utilizado(s) pela empresa? \_\_\_\_\_
- b. Qual(is) a(s) biomassa(s) utilizada(s) na queima? \_\_\_\_\_
- c. Qual a quantidade de biomassa utilizada por mês? \_\_\_\_\_
- d. Qual a capacidade do forno? \_\_\_\_\_
- e. Em média, quantas peças são colocadas no forno por mês? \_\_\_\_\_
- f. Em média, quantas peças são retiradas do forno? \_\_\_\_\_
- g. Qual o destino das peças com defeito? \_\_\_\_\_
- h. Qual o destino das cinzas geradas na queima? \_\_\_\_\_

#### 11. Produto Final:

- a. Os produtos são comercializados somente no estado de Pernambuco? ( ) S ( ) N  
Se **NÃO**, quais os outros estados que os produtos são comercializados?

- 
- b. Como é realizada a estocagem dos produtos? \_\_\_\_\_
  - c. Em média, quantas peças são estocadas por mês? \_\_\_\_\_
  - d. Qual a média mensal de vendas? \_\_\_\_\_

#### 12. Qualidade:

- a. Conhece o Programa Setorial de Qualidade? ( ) S ( ) N
- b. A empresa possui PSQ? ( ) S ( ) N
- c. Se não possui, quais são as barreiras encontradas?

- 
- d. A empresa tem interesse em adquirir o PSQ? ( ) S ( ) N
  - e. É realizado algum tipo de controle de qualidade do produto verde? ( ) S ( ) N  
Se **SIM**, quais os controles que são realizados?

- 
- f. É realizado algum tipo de controle de qualidade do produto acabado? ( ) S ( ) N

Se **SIM**, quais os controles que são realizados?

---

g. A empresa possui laboratório para controle de qualidade da matéria-prima e dos produtos? ( ) S ( ) N

h. Como são selecionadas as peças para comercialização?

---

i. Se um lote for reprovado, qual a destinação para este?

---

### 13. Gestão de resíduos Sólidos:

a. Conhece sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos? ( ) S ( ) N

b. Como tomou conhecimento? \_\_\_\_\_

c. Essa política trouxe alguma mudança para a empresa, seja ela boa ou ruim?  
( ) S ( ) N / ( ) Boa ( ) Ruim

Cite algumas: \_\_\_\_\_

d. Possui Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos? ( ) S ( ) N

e. Se **NÃO**, qual a dificuldade? \_\_\_\_\_

f. Possui sistema de coleta seletiva? ( ) S ( ) N

Se **SIM**, encaminha para alguma cooperativa? ( ) S ( ) N

Qual? Se **NÃO**, quem recolhe esses resíduos? \_\_\_\_\_

g. Como é realizada a destinação dos resíduos gerados do escritório e banheiros?

---

h. Como é realizada a destinação dos resíduos gerados da oficina (materiais contaminados com óleo, pedaços de peças, maquinário sem uso, EPIs)?

---

i. A empresa realiza a separação dos resíduos perigosos? ( ) S ( ) N

j. Como é realizada a destinação dos resíduos perigosos? \_\_\_\_\_