



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO E AUDITORIA AMBIENTAL**

Rosimary Ramos de Oliveira Mascaranhas

**IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA PRODUÇÃO
DE CERÂMICA VERMELHA NO ESTADO DA PARAÍBA**

**CAMPINA GRANDE – PB
2018**

Rosimary Ramos de Oliveira Mascaranhas

**IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA PRODUÇÃO
DE CERÂMICA VERMELHA NO ESTADO DA PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito final para obtenção do título de Especialista em Gestão e Auditoria Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Lígia Maria Ribeiro Lima

**CAMPINA GRANDE – PB
2018**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

M395i Mascaranhas, Rosimary Ramos de Oliveira.
Identificação dos impactos ambientais causados pela produção de cerâmica vermelha no estado da Paraíba [manuscrito] / Rosimary Ramos de Oliveira Mascaranhas. - 2018.
68 p. : il. colorido.
Digitado.
Monografia (Especialização em Gestão e Auditoria Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2018.
"Orientação : Profa. Dra. Lígia Maria Ribeiro Lima, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT."
1. Impacto ambiental. 2. Sustentabilidade. 3. Produção de cerâmica. I. Título

21. ed. CDD 363.7

Rosimary Ramos de Oliveira Mascaranhas

**IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA PRODUÇÃO
DE CERÂMICA VERMELHA NO ESTADO DA PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito final para obtenção do título de Especialista em Gestão e Auditoria Ambiental.

Aprovada em: 06 de julho de 2018.

Nota: 10,0 (Dez virg zero)

BANCA EXAMINADORA

Lígia Maria Ribeiro Lima

Profa. Dra. Lígia Maria Ribeiro Lima (Orientadora)
(DESA/CCT/UEPB)

Vera Lúcia Meira Morais

Profa. Dra. Vera Lúcia Meira Morais (Examinadora Externa)
(DQ/CCT/UEPB)

José Carlos Aguiar da Silva

Dr. José Carlos Aguiar da Silva (Examinador Externo)
(Embrapa Algodão)

*Dedico esse trabalho a minhas filhas
Helena e Marina. Luz e Razão de minha
vida. São para vocês todos os meus
momentos.*

AGRADECIMENTOS

À Deus.

A meus pais, Josefa Ferreira e Severino Ramos, irmãs, Sayonara e Socorro Ramos e irmão, Carlos Alberto por torcerem sempre para meu crescimento pessoal, profissional e acadêmico.

A meu esposo, companheiro em todos os momentos e meu maior incentivador, Edson Mascaranhas. Tenho muito orgulho de ser sua esposa.

As minhas filhas Marina e Helena, minhas princesinhas, luz e razão de minha vida. A vocês todos os meus esforços.

A Coordenação do Curso de Especialização em Gestão e Auditoria Ambiental, na pessoa da professora Dra. Geralda Gilvânia Cavalcante de Lima, pelo apoio e compreensão.

A todos os professores que ministraram aula nessa pós-graduação, pelo carinho e dedicação.

A Professora Dra. Lígia Ribeiro (DESA/CCT/UEPB) por aceitar essa orientação e por acreditar em minha capacidade intelectual. Muito obrigada!

A professora Dra Vera Morais (DQ/CCT/UEPB) e Dr. José Carlos Aguiar da Silva (Embrapa Algodão), por terem aceitado participar da banca examinadora da apresentação dessa monografia.

Aos colegas de turma, Rafael, Maine, Cláudio Araújo, Dayane, Renata, Vitória Freire, Janiele, Libânia, Igor Ogata e Glória. Foi um prazer conhecer e conviver um pouco com todos vocês, especialmente, Victor, Patrícia e João Batista.

Ao Centro de Produção Industrial Sustentável/Parque Tecnológico da Paraíba (CEPIS/PaqTc) pela oportunidade de trabalhar em projetos voltados ao estudo da Cerâmica Vermelha, principalmente a Coordenadora dos Projetos Aluzilda Oliveira.

E por fim, sem desmerecer a importância, agradeço a todos que contribuíram para conclusão dessa formação.

“Quando a última árvore for derrubada, quando o último rio for envenenado, quando o último peixe for pescado, só então nos daremos conta de que dinheiro não se come”.

Provérbio Indígena

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

ABC	Associação Brasileira de Cerâmica
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ACS	<i>American Ceramic Society</i>
ANICER	Associação Nacional da Indústria Cerâmica
APP	Área de Preservação Ambiental
CCF	Cadastro de Consumidor Federal
CEPIS	Centro de Produção Industrial Sustentável
CFB	Código Florestal Brasileiro
CO	Monóxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPF	Consumidor de Produtos Florestais
CTF	Cadastros Técnicos Federais
EELA	Eficiência Energética em Ladrileras
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ETENE	Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste
FIEMG	Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INT	Instituto Nacional de Tecnologia
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MME	Ministério de Minas e Energia
PaqTc	Parque Tecnológico da Paraíba
PC	Poder Calorífico
PIB	Produto Interno Bruto
PMFS	Plano de Manejo Florestal Sustentável
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
SFB	Serviço Florestal Brasileiro
SINDICER-PB	Sindicato das Indústrias Cerâmicas do Estado da Paraíba
st	Estéreo
ton.	Tonelada

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Principais regiões produtoras de cerâmica vermelha no Estado da Paraíba.....	19
Figura 2 –	Esquema do processo produtivo, entradas e saídas de insumos.....	21
Figura 3 –	Extrusora utilizada na indústria de cerâmica vermelha.....	24
Figura 4 –	Boquilhas utilizadas na produção de tijolos de furo redondo (a); furo quadrado (b).....	24
Figura 5 –	Curva de queima teórica.....	28
Figura 6 –	Argila pronta para consumo na Empresa A.....	45
Figura 7 –	Tipo de matriz energética utilizada pelas empresas durante o estudo: (a) Empresa A e (b) Empresa B.....	46
Figura 8 –	Indicador do consumo de matéria-prima em toneladas em relação à tonelada de produto queimado.....	48
Figura 9 –	Indicador do consumo de matriz energética em relação à quantidade de produto queimado.....	50
Figura 10 –	Matriz energética consumida no processo de queima.....	51
Figura 11 –	Perda de massa cerâmica durante o processo produtivo.....	52
Figura 12 –	Disposição das peças para secagem nas empresas: (a) Empresa A; (b) Empresa B.....	53
Figura 13 –	Percentual de peças destinadas ao início do processo produtivo oriundas da perda na secagem.....	54
Figura 14 –	Perdas de produto na secagem.....	55
Figura 15 –	Percentual de peças destinadas a requeima.....	55
Figura 16 –	Percentual de perdas de produtos após a queima.....	57
Figura 17 –	Perdas de produtos após a queima (resíduos).....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Tipos de secagem e principais vantagens e desvantagens.....	26
Quadro 2 -	Tipos de fornos contínuos e suas principais vantagens e desvantagens.....	30
Quadro 3 -	Tipos de fornos intermitentes e suas principais vantagens e desvantagens.....	31

RESUMO

O presente estudo foi realizado em duas cerâmicas localizadas no Seridó paraibano. Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre os impactos ambientais provocados pelo setor da cerâmica vermelha, e em seguida foram feitas três visitas técnicas a cada empresa no período de março de 2013 a fevereiro de 2015. Essas visitas *in loco* foram denominadas de diagnóstico, tendo sido realizadas entrevistas com os empresários sobre a realidade das empresas nas questões de capacidade de produção instalada, consumo de matéria-prima e matriz energética, tipo de lenha e percentual utilizado, tipo de secagem e eficiência do forno. Logo depois, foram realizadas duas visitas de medições, uma no mês de fevereiro de 2014 e a última em novembro do mesmo ano. Nas visitas de medições foi mensurado o consumo de argila e lenha utilizadas na produção para comprovar os resultados informados no diagnóstico. Foi computado que o consumo de argila por produto queimado na Empresa A era de 1,29 e de 1,31 para a Empresa B, o que implica 17.400 toneladas de argila anualmente para garantir a produção média das duas empresas. Em relação ao consumo de lenha por milhares de tijolos, os valores encontrados foram de 1,37 para a Empresa A e de 0,57 para a Empresa B, sendo necessários 7.620 metros cúbicos estéreo (st) de lenha por ano. Já em relação ao indicador argila consumida por produto queimado, a Empresa A trabalha em média 63 toneladas/dia e a Empresa B com 9 ton./dia. O retrabalho computado nas empresas devido as perdas na produção, secagem inadequada e requeima são na ordem de 18 ton./dia para a Empresa A e de 7,5 ton./dia para a Empresa B. E por fim, a geração de resíduos sólidos com o percentual de produtos queimados inadequados para comercialização foi de 0,8% para a Empresa A e de 1,5% para Empresa B. Essas perdas geram um total de 8,22 milhares/ano de resíduos, correspondendo a 9.252 toneladas de argila e de 78 st de lenha consumidos. Como ações de melhoria para minimizar esses impactos ambientais provocados por essas perdas recomendou-se realizar análises na matéria-prima antes de utilizá-la no processo, manter a umidade da lenha adequada para queima, melhorar o processo de secagem, adequar os produtos as normas, trabalhar com um forno mais eficiente. Porém, para as áreas de extração de argila e de lenha foi indicado a aplicação de Boas Práticas Ambientais (BPA) para mitigar os danos causados como implantar novas atividades nas áreas afetadas pela extração da matéria prima e matriz energética, reflorestamento e uso de novos insumos energéticos, como resíduos de outras atividades industriais.

Palavras-chave: Argila; Matriz energética; Sustentabilidade.

ABSTRACT

The present study was carried out in two ceramics located in Seridó Paraibano. Initially a bibliographic research was carried out on the environmental impacts caused by the red ceramic sector, and then three technical visits were made to each company in the period from March 2013 to February 2015. These on-site visits were denominated diagnostic, having been interviews with the entrepreneurs about the companies' reality on the issues of installed production capacity, raw material consumption and energy matrix, type of wood and percentage used, type of drying and efficiency of the furnace. Two measurements were then taken, one in February 2014 and the last in November of the same year. In the measurements visits, the consumption of clay and firewood used in production was measured to confirm the results reported in the diagnosis. It was calculated that the consumption of clay per product burned in Company A was 1.29 and 1.31 for Company B, which implies 17,400 tons of clay annually to guarantee the average production of the two companies. In relation to the consumption of firewood per million brick, the values found were 1.37 for Company A and 0.57 for Company B, requiring 7,620 cubic meters of wood stereo (st) per year. Regarding the indicator clay consumed by burned product, Company A works on average 63 tons/day and Company B with 9 tons/day. The rework computed in the companies due to production losses, inadequate drying and reheating are in the order of 18 tons/day for Company A and 7.5 tons/day for Company B. And finally, the generation of waste the Company was 0.8% for Company A and 1.5% for Company B. These losses generate a total of 8.22 million/year of clay and 78 st of wood consumed. As improvement actions to minimize these environmental impacts caused by these losses it was recommended to carry out analyzes on the raw material before using it in the process, to maintain wood moisture suitable for burning, to improve the drying process, to adapt the products to the standards, work with a more efficient oven. However, for the areas of clay extraction and firewood, Good Environmental Practices (GAP) was indicated to mitigate the damages caused by the implementation of new activities in the areas affected by the extraction of raw material and energy matrix, reforestation and use of new inputs as waste from other industrial activities.

Keywords: Clay; energy matrix; sustainability.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS.....	15
1.1.1	Objetivo Geral	15
1.1.2	Objetivos Específicos	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	HISTÓRICO SOBRE CERÂMICA.....	16
2.2	INDÚSTRIA DE CERÂMICA NO BRASIL E NO ESTADO DA PARAÍBA.....	17
2.3	CERÂMICA VERMELHA.....	19
2.4	PROCESSO PRODUTIVO.....	20
2.4.1	Extração de Argila	21
2.4.2	Recebimento da Matéria-Prima	22
2.4.3	Preparação da Massa Cerâmica	22
2.4.3.1	<i>Conformação da massa</i>	23
2.4.3.2	<i>Extrusão e corte</i>	23
2.4.3.3	<i>Secagem</i>	25
2.4.3.4	<i>Queima</i>	27
2.4.3.4.1	<i>Curva de queima teórica</i>	28
2.4.3.4.2	<i>Tipos de fornos</i>	30
2.4.3.5	<i>Expedição</i>	32
2.5	ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS NA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA.....	32
2.5.1	Recursos Naturais	34
2.5.1.1	<i>Extração de argila</i>	34
2.5.1.2	<i>Matriz energética</i>	35
2.5.1.3	<i>Água</i>	36
2.5.2	Emissões Atmosféricas	37
2.5.3	Resíduos Sólidos	38
2.5.4	Recursos Humanos	39
3	METODOLOGIA	40
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	40

3.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	40
3.2.1	<i>Empresa A</i>	41
3.2.2	<i>Empresa B</i>	42
3.3	ANÁLISE DOS DADOS.....	42
3.3.1	<i>Capacidade Produtiva</i>	42
3.3.2	<i>Consumo da Matéria-Prima (Argila)</i>	42
3.3.3	<i>Umidade da Lenha</i>	42
3.3.4	<i>Consumo da Matriz Energética (Lenha)</i>	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.1	PRODUÇÃO DE TIJOLOS.....	44
4.1.1	<i>Consumo de Matéria-Prima</i>	45
4.1.2	<i>Consumo e Tipo da Matriz Energética</i>	45
4.1.3	<i>Consumo de Água</i>	47
4.2	INDICADORES AMBIENTAIS.....	47
4.2.1	<i>Argila Consumida por Produto Queimado</i>	47
4.2.2	<i>Matriz Energética Consumida por Produto Queimado</i>	49
4.3	PERDAS E GERAÇÃO DE RESÍDUOS.....	52
4.3.1	<i>Perdas de Matéria-Prima na Produção</i>	52
4.3.2	<i>Perdas de Produtos na Secagem</i>	53
4.3.3	<i>Produtos Destinados a Requeima</i>	55
4.3.4	<i>Perdas de Produtos Queimados</i>	56
4.4	BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS.....	58
5	CONCLUSÕES.....	61
	REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

O setor da cerâmica vermelha é uma atividade industrial que provoca grande impacto ambiental, quer seja na extração da argila e conseqüentemente degradação do solo, na desertificação de florestas e serrados, devido ao uso irracional da lenha, como também nas áreas de depósitos dos produtos inadequados. Por se apresentarem muito relevantes economicamente para a região onde estão inseridos, as empresas de cerâmica vermelha devem se modernizar e utilizar técnicas de extração e transporte da argila que minimizem os impactos ambientais inerentes à atividade (VALE *et al.*, 2006; KUASOSKI, OLIVEIRA, SILVA, 2015).

Segundo Silva (2007) para uma utilização eficiente das argilas, principalmente dos novos depósitos, é muito importante que seja realizado um controle de qualidade com análises químicas e mineralógicas, que, em geral, é dificultado pelas variações dos tipos de argila e grau de alteração que as rochas apresentam. Essas análises são muito significativas para diminuir problemas como pequena produção, geração de rejeitos, extração inadequada da matéria-prima e danos ao meio ambiente.

A atividade da cerâmica vermelha utiliza como combustíveis, principalmente, a lenha nativa (50%) e os resíduos de madeira (40%), tais como: cavaco, serragem e briquetes. Contudo, nos últimos anos o consumo de lenha de reflorestamento tem aumentado gradativamente entre as empresas, levando à sustentabilidade energética do setor e possibilitando um excedente de biomassa para comercialização (ETENE, 2010).

O processamento da argila até o produto final é simples, inicia-se com a extração da argila da jazida e adição de água, em seguida a massa cerâmica é preparada, passa pela conformação (etapas de destorroação, mistura, laminação, extrusão e corte). Depois de homogênea passa pela maromba onde as peças são moldadas, secas e queimadas (SEBRAE, 2008).

O segmento cerâmico é parte significativa da indústria brasileira. Muitos avanços já podem ser verificados nesse setor, mas o desafio para se manter competitivo em um mercado cada vez mais exigente em qualidade, prazo e desempenho, requer dos pequenos negócios agilidade e flexibilidade para mudar, inovar e atender aos requisitos da sustentabilidade. Muitas vezes é preciso melhorar

a qualidade e intensificar a produtividade, pois a sustentabilidade agregará maior valor comercial aos pequenos negócios (ANICER, 2013).

De acordo com o relatório da Associação Nacional da Indústria Cerâmica - ANICER (2013) o maior desafio para a implementação de boas práticas ambientais em micro e pequenas empresas da indústria cerâmica é a percepção dos empresários que, geralmente, não enxergam as boas práticas ambientais como necessárias e veem apenas como um custo e não como fator de resultado e diferenciação. Ao reduzir seus custos, as empresas aumentam sua competitividade e por outro lado podem cobrar menores preços. Também podem conquistar novos clientes que tenham maior consciência ambiental e sejam informados sobre os efeitos ambientais e processos produtivos sustentáveis. Esse novo cliente não se incomoda em pagar mais caro por um produto que atenda as exigências ambientais, sendo associadas a uma atitude positiva em relação ao meio ambiente.

Diante do exposto, surgiu o interesse de enumerar os impactos ambientais provocados pelo setor cerâmico do Estado da Paraíba em relação à extração da matéria-prima e matriz energética.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Identificar a existência de impactos ambientais provocados por duas empresas de cerâmica vermelha, localizadas na região do Seridó paraibano e sugerir ações de boas práticas ambientais para minimizar esses impactos.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar a capacidade produtiva das Empresas estudadas.
- Mensurar o consumo de matriz energética (lenha) e matéria-prima (argila), no processo produtivo.
- Computar as perdas durante o processo produtivo e a geração de resíduos.
- Sugerir ações de boas práticas ambientais para minimizar os impactos ambientais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 HISTÓRICO SOBRE CERÂMICA

De acordo com Verçoza (1987) *apud* Manfredini (2003) a indústria de artefatos cerâmicos é uma das mais antigas registradas na história. Isso se deve a facilidade em adquirir a matéria-prima e na produção das peças. Com o passar dos anos, a produção que inicialmente era completamente rudimentar passou a assumir diferentes formas e dimensões. Contudo, apenas no ano de 1850 a extrusora começou a ser utilizada na produção de componentes cerâmicos vazados, com furos retangulares, circulares e até triangulares.

Segundo Manfredini (2003) a mecanização do setor com a introdução de equipamentos, construção de fornos para a queima de grande capacidade de produtos, melhorias no rendimento térmico, aperfeiçoamento das técnicas de moldagem e a investigação científica dos fenômenos científicos foram os grandes avanços alcançados no século XX, em que a produção dos produtos cerâmicos deixou de ser considerada artesanato e passou a ser reconhecida como produção industrial.

No Brasil, o processo de industrialização do setor cerâmico ocorreu no período entre 1900 e 1940 com a instalação de empresas na Região Sudeste do país, mais especificamente nos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro, que trabalhavam na produção de isoladores elétricos, louças de mesa, sanitários, azulejos, pastilhas e porcelanas de mesa. Segundo Petrucci (1980), com o aparecimento das estruturas metálicas e do concreto armado, o tijolo começou a ser aplicado como componente de vedação. Por isso, desenvolveu-se a produção de blocos para reduzir o peso das peças e melhorar a qualidade de isolamento térmico das edificações.

No entanto, apenas a partir da década de 1980, tendo sequência nos anos de 1990, houve uma evolução tecnológica no setor de revestimento cerâmico brasileiro com impactos significativos. Nesse período ocorreu um processo de reestruturação, com investimentos em modernização, aquisição de equipamentos modernos, novas tecnologias e implantando novos métodos de gestão, e também em formação e aperfeiçoamento de pessoal, além do desenvolvimento dos chamados “novos produtos cerâmicos” (SANTOS *et al.*, 2017).

Os materiais cerâmicos hoje são aplicados em lajes, coberturas, pisos e recobrimento de paredes. Para Abiko (1988) os materiais cerâmicos são largamente empregados na construção civil por suas propriedades intrínsecas de durabilidade e resistência mecânica, visto que, são materiais quimicamente estáveis e, portanto, não são atacados por agentes que, normalmente, degradam os metais, além de outros materiais utilizados nas construções.

2.2 INDÚSTRIA DE CERÂMICA NO BRASIL E NO ESTADO DA PARAÍBA

Os dados referentes ao setor cerâmico brasileiro são muito divergentes, visto que, as duas principais associações que representam o setor, a Associação Nacional da Indústria Cerâmica (ANICER) e a Associação Brasileira de Cerâmica (ABC), são discordantes em relação ao número de empresas existentes, quantidade de empregos gerados e faturamento do setor (ABDI, 2016).

Segundo dados da ANICER em 2008 existiam cerca de 5.500 empresas entre cerâmicas e olarias, sendo responsáveis por mais de 400 mil empregos diretos, 1,25 milhões indiretos e gerando um faturamento anual de R\$ 6 bilhões, o que corresponde a algo em torno de 4,8% do faturamento da indústria da construção civil. Já a ABC considerava que existam 11.000 empresas de pequeno porte distribuídas pelo país, empregando cerca de 300 mil pessoas e gerando um faturamento da ordem de R\$ 2,8 bilhões para o mesmo ano (SEBRAE, 2008).

De acordo com ABDI (2016) o motivo dessa diferença nos dados deve-se ao alto índice de informalidade existente em toda cadeia de construção civil do país, o que dificulta uma maior precisão nos dados do setor. Essa dificuldade de informação sobre o setor ainda persiste nos dias atuais. Segundo dados do Ministério de Minas e Energia (MME), do ano de 2011, estima-se que a produção de cerâmica vermelha foi de 84,8 bilhões de peças, sendo que 70% dessa produção corresponde a blocos e tijolos e 30% a telhas.

O setor emprega diretamente cerca de 293 mil pessoas (média de 42,4 empregos por empresa) e outros 1,25 milhões de empregados indiretos, constituindo um dos maiores parques de produção de cerâmica vermelha no mundo e, envolve a produção de elementos estruturais, de vedação e de acabamento (telhas, blocos estruturais e de vedação, tubos, lajotas e pisos) (INT/MCTI, 2017).

A produção média do setor cerâmico no Brasil é de 3.500 mil milheiros/mês, enquanto que a produtividade média por trabalhador é da ordem de 18,3 milheiros/mês (31,1 ton./emprego.mês). Esse valor representa atualmente de 11 a 12% menor que a produtividade média da Europa, que trabalha com uma produtividade média superior a 200 milhões/trabalhadores/mês. Essa superioridade na produtividade se justifica pelo alto nível de automatização industrial das empresas, enquanto que no Brasil ainda existem muitas empresas que atuam de forma bastante simples, com equipamentos ultrapassados e com grande parte do processo sendo executado manualmente (INT/MCTI, 2017).

Para Macedo et al. (2012), a indústria de cerâmica desempenha um importante papel na economia do país, com participação estimada em 1% no Produto Interno Bruto (PIB), sendo aproximadamente 40% desta participação representada pelo setor de cerâmica vermelha, também conhecida por cerâmica estrutural. Segundo Oliveira & Maganha (2006) essa evolução do setor pode estar relacionado à abundância de matérias-primas naturais, fontes de energia e disponibilidade de tecnologias embutidas nos equipamentos, resultando em um patamar apreciável nas exportações do país para diversos tipos de produtos cerâmicos.

O Brasil é o segundo maior produtor de revestimentos e também o segundo maior mercado consumidor do mundo, ficando atrás apenas da China e que nos últimos anos o setor dos produtos cerâmicos tem experimentado um crescimento relevante, ultrapassando produtores tradicionais como a Itália e a Espanha (PRADO & BRESSIANI, 2013).

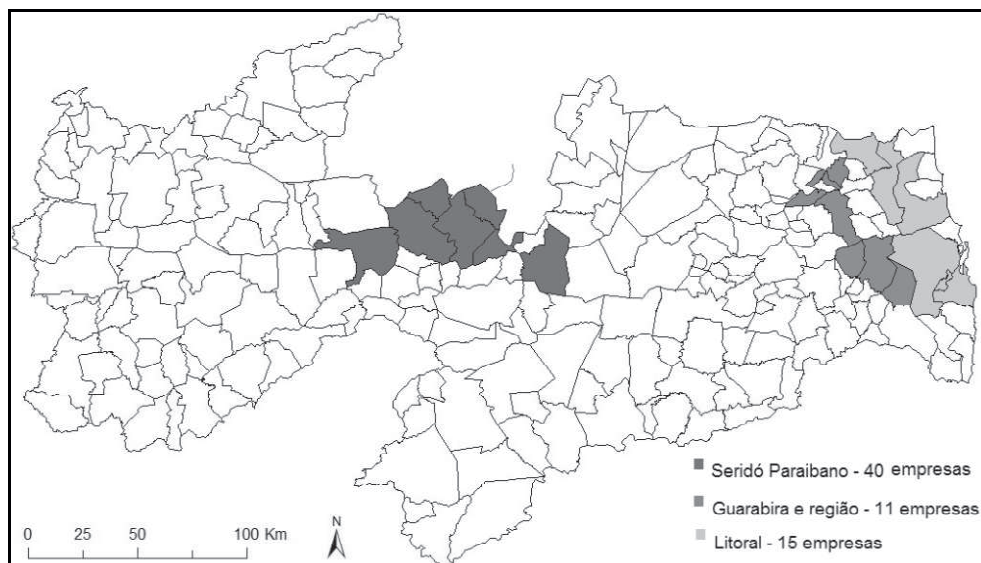
A maior concentração de empresas de cerâmica vermelha está localizada na Região Sul, seguida pela Região Sudeste do Brasil, sendo os principais Estados produtores: São Paulo, Rio Grande do Sul e Paraná, nesta ordem e que juntos representam cerca de 40% da produção brasileira (INT/MCTI, 2012). Nos dados apresentados pelo Instituto Nacional de Tecnologia (INT), no ano de 2013 a Região Nordeste apresentou um aumento na participação relativa do número de empresas (15,7%), com queda das regiões Sudeste (41,7%) e Sul (30,2%).

A indústria de cerâmica vermelha no Estado da Paraíba, segundo o Sindicato das Indústrias Cerâmicas do Estado da Paraíba (SINDICER-PB) apresenta 66 unidades produtoras em operação, sendo 30 sindicalizadas e com uma produção média de 41.000 milheiros/mês. Já os dados do INT/MCTI (2013) indicam que a

Paraíba possui 100 empresas em atuação que produzem 41.000 milheiros/mês e consomem 75.000 toneladas de argila mensalmente. Já o consumo de lenha é da ordem de 610.000 m³/ano e o consumo mensal de energia elétrica é da ordem de 2.870 MWh (INT/MCTI, 2017).

Os polos produtores de cerâmica vermelha estão localizados no Seridó Paraibano, Guarabira e região e litoral do Estado. No Seridó Paraibano o foco principal está na produção de telhas por extrusão em fornos do tipo caipira. Já nas regiões de Guarabira e o litoral do Estado predominam a produção de blocos cerâmicos e lajotas em fornos do tipo Hoffman, com produção da ordem de 500 milheiros/empresa.mês. Em relação aos combustíveis utilizados pelas empresas, estes se resumem a lenha e resíduos vegetais como complemento (INT/MCTI, 2017).

Figura 1 – Principais regiões produtoras de cerâmica vermelha no Estado da Paraíba.



Fonte: INT/MCTI (2017).

2.3 CERÂMICA VERMELHA

A palavra cerâmica deriva do grego *keramos* que significa coisa queimada e, o vermelho remete a coloração que o produto adquire após o processo de queima (NUNES, 2012). No que se refere à matéria-prima, o setor de cerâmica vermelha utiliza basicamente argila comum, em que a massa é tipo monocomponente, só argila, sendo denominada de simples ou natural (VALE et al., 2006).

Para Toffoli (1997) *apud* Manfredini (2003) a Associação Brasileira de Cerâmica (ABC), baseada na *American Ceramic Society* (ACS), descreve a seguinte definição para cerâmica.

Cerâmica é a arte, ciência e tecnologia de fabricar e usar peças sólidas, que tem como componentes essenciais e são constituídas em grande parte por materiais inorgânicos não-metálicos, denominados materiais cerâmicos (TOFFOLI, 1997 *apud* MANFREDINI, 2003).

A principal matéria-prima da indústria cerâmica é a argila, que segundo Oliveira & Maganha (2006) é definida como um material natural, terroso, de granulação fina que apresenta plasticidade (geralmente entre de 20 e 25%), ao ser umedecido com água, podendo ser moldado de acordo com o produto desejado.

Quimicamente a argila é denominada de argilomineral, pois é formada principalmente por silicatos hidratados de alumínio, ferro e magnésio. Seus produtos caracterizam-se pela cor vermelha de seus artefatos, representados principalmente por tijolos, blocos, telhas, tubos, lajes para forro, lajotas, vasos ornamentais, agregados leves de argila expandida (FERREIRA et al., 2012).

Devido sua composição ser uma associação de vários minerais a argila pode ser classificada segundo sua origem, composição química e concentração dos argilominerais. Apresentam cores e tonalidades diferentes, no entanto, a coloração do cinza médio ao escuro se sobressai sobre as de tonalidades esverdeadas, amareladas, avermelhadas e amarronzadas (CORREIA FILHO, 1997).

As argilas empregadas nas indústrias de cerâmica vermelha são pretas, vermelhas, marrons, amarelas e cinzas. Essas argilas apresentam coloração vermelha aproximadamente na temperatura de 800°C ou preta a 1250°C (OLIVEIRA, 2013).

2.4 PROCESSO PRODUTIVO

Para a fabricação dos produtos de cerâmica vermelha, as etapas do processo produtivo são bem determinadas e seguem a sequência ilustrada na Figura 2.

Figura 2 – Esquema do processo produtivo, entradas e saídas de insumos.



Fonte: SEBRAE (2008).

O modo tradicional de preparação da massa e moldagem na indústria cerâmica brasileira (tijolos, blocos e telhas) inclui a transferência da massa argilosa estocada no setor de armazenamento por esteiras transportadoras, preparação da massa no caixão alimentador, destorroamento, desintegração, laminação, refinação, extrusão, realizada na maromba e corte (ABDI, 2016).

A preparação da massa compreende a extração da matéria-prima (argila), sua mistura e homogeneização para prosseguir até a conformação. Este processo é executado de forma manual ou com o uso de máquinas. A conformação envolve a moldagem da massa cerâmica na forma desejada (tijolos, blocos ou telhas), por meio mecânico. Após a conformação, as peças são submetidas à secagem natural ou artificial, e finalmente, encaminhadas para a queima, que é realizada em fornos de uso contínuo ou intermitente, sendo os primeiros mais eficientes do que os últimos. A seguir estão descritas, de forma mais detalhada, as etapas do processo produtivo da produção cerâmica (NUNES, 2012).

2.4.1 Extração de Argila

A extração da argila ocorre a céu aberto, preferencialmente nos meses de menor precipitação, podendo ser realizada manualmente ou mecanizada com auxílio de escavadeiras, pás carregadeiras ou trator de esteira com lâmina. As reservas de argila para cerâmica vermelha são de grande porte e estão presentes em praticamente todas as regiões do país. Sua representatividade em relação as

substâncias minerais produzidas no país são da ordem de 40 a 50% (SEBRAE, 2008).

De acordo com Santos et al. (2016), as argilas *in natura* podem apresentar diferentes teores de umidade, sendo classificadas em secas (umidade relativa de até 6%), semisecas (7 a 10%), semi-úmidas (11 a 18%) e úmidas (maior que 18%).

2.4.2 Recebimento da Matéria-Prima

Quando a argila é recebida na empresa é armazenada em pequenos lotes. Caso seja disposta a céu aberto é necessária sua cobertura com lona para que o processo de decomposição da matéria orgânica e sais solúveis ocorram mais rapidamente. Sua acomodação é realizada em camadas para favorecer uma melhor mistura no momento de sua retirada das pilhas de estocagem. Esse período de descanso da argila é indispensável para beneficiar a conformação do produto acabado (SEBRAE, 2008).

2.4.3 Preparação da Massa Cerâmica

A preparação da massa consiste na desintegração e na mistura dos diversos tipos de argila, água e resíduos, quando aplicáveis. De acordo com Maciel & Freitas (2009), a produção de uma boa massa cerâmica é um passo principal para obtenção de um produto de alta qualidade, redução de perdas e conseqüentemente melhoria do desempenho ambiental do processo.

Esse tratamento compreende os processos de desintegração, divisão, mistura e obtenção da umidade adequada da argila. No entanto, a maioria das indústrias do setor realiza apenas a etapa de homogeneização (mistura). Já o processo de destorroação e laminação inicial são muito importantes para diminuir a granulometria e reduzir futuras quebras (GRIGOLETTI & SATTTLER, 2003).

Segundo Tapia et al. (2000) uma massa cerâmica composta de argila preparada de forma adequada resulta em uma economia de energia elétrica superior a 35% e, simultaneamente mais de 25% de aumento na produção, além de redução no índice de deformações e menor desgaste dos equipamentos.

Para massas de composição diferentes e mesmo teor de umidade, não se pode esperar comportamentos semelhantes, sendo indicada a realização de ensaios

laboratoriais de caracterização. Ainda devem ser consideradas as variáveis intrínsecas, tais como área de procedência (jazida), clima da região e métodos de trabalho aplicados no processo produtivo (ABDI, 2016).

Chaves & Santos (2006) comprovaram que a utilização de tipos diferentes de argilas e a preparação da mistura melhoram substancialmente as características das peças após as etapas de queima e secagem. Nessa combinação, podem ser utilizados resíduos cerâmicos, com o objetivo de efetuar correções na massa.

O chamote (resíduo cerâmico queimado e rejeitado ao fim do processo) é comumente adicionado à massa na proporção de 5 a 10% e não causa alterações negativas. Ao contrário, aumenta a eficiência dos moinhos, facilita a trituração e a fluidez de movimento de alguns tipos de argilas (VIEIRA, SOUZA, MONTEIRO, 2004).

Para Prado et al. (2016) o chamote contribui para a minimização da geração de resíduos, estabiliza a mistura sem diminuir sua plasticidade, aumenta a resistência mecânica, melhora a porosidade global da pasta úmida e exerce função de ligante, agregando os grãos.

2.4.3.1 Conformação da massa

A conformação da massa compreende as etapas de desintegração, mistura e laminação. A laminação consiste no direcionamento das partículas das argilas, sendo necessária a regulagem periódica do laminador. É recomendado um distanciamento de 2 a 3 mm para o último laminador, visto que, quanto mais fechado estiver os cilindros, melhor será o direcionamento das partículas. Essa etapa tem a finalidade de fazer correções nas características químicas e mineralógicas da massa, eliminando componentes prejudiciais e melhorando a trabalhabilidade, garantindo melhor plasticidade (ANDRADE, 2009).

2.4.3.2 Extrusão e corte

Existem várias técnicas para dar forma às peças cerâmicas, e a seleção de cada uma delas depende fundamentalmente das características do produto, como geometria e dimensões, propriedades da matéria-prima, fatores econômicos (OLIVEIRA & MAGANHA, 2006).

A extrusão consiste em forçar, por pressão, a massa a passar através de um bocal apropriado ao tipo de peça a ser produzida. A extrusora, também conhecida como maromba, recebe a massa preparada para ser compactada e forçada por meio de um pistão ou eixo helicoidal através de um bocal “boquilha”. Como resultado obtém-se uma coluna extrusada para confecção de blocos ou em tarugos para fabricação de telhas.

Segundo FEAM (2012) a extrusão é a etapa mais onerosa do processo cerâmico devido ao alto consumo de energia e desgaste dos componentes, representando mais de 15% dos custos de fabricação (TAPIA *et al.*, 2000). A apresentação de uma extrusora está disposta na Figura 3.

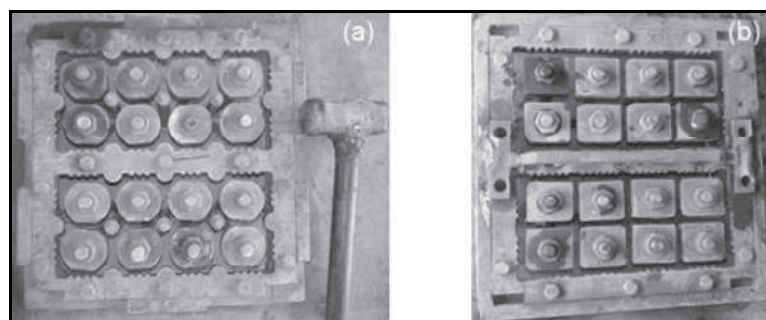
Figura 3 – Extrusora utilizada na indústria de cerâmica vermelha.



Fonte: Autora (2014).

A moldagem está relacionada ao teor de água da massa de argila. Quanto maior a quantidade de água, maior a plasticidade e maior será a facilidade de moldagem, o que ocasiona um menor consumo de energia (SEBRAE, 2008). A Figura 4 ilustra as boquilhas utilizadas na confecção de tijolos de furo redondo (a) e furo quadrado (b).

Figura 4 – Boquilhas utilizadas na produção de tijolos de furo redondo (a); furo quadrado (b).



Fonte: Autora (2014).

A umidade e plasticidade devem ser suficientes para permitir adequada passagem através do molde ou boquilha. A faixa aceitável para máquinas nacionais é de 18 a 25% de água em relação ao peso úmido da pasta. Acima de 25% a pasta está úmida demais e abaixo de 18% força-se muito a extrusora (TAPIA et al., 2000; GRIGOLETTI, 2001; SANTOS & SILVA, 1995).

O corte da massa extrusada pode ser executado por cortadores manuais ou automáticos, sendo aplicado dimensionar o produto desejado. As peças cortadas são retiradas e transportadas manualmente ou automaticamente, dependendo do nível de automação da empresa. Após o corte, por inspeção visual, as peças são selecionadas e encaminhadas para a secagem. No caso de peças defeituosas, quer seja por trincas, ocorrência de raízes ou mal dimensionadas, as mesmas são reintroduzidas na etapa de preparação de massa (SEBRAE, 2008).

2.4.3.3 Secagem

De acordo com Tapia et al. (2000) a secagem é uma das operações mais importantes na fabricação de peças cerâmicas, requerendo cuidados especiais para garantir que a água contida nos produtos seja lenta e uniformemente eliminada por toda a massa da cerâmica. Segundo Oliveira (2013), a secagem significa a transferência de líquido de um sólido úmido para a fase gasosa insaturada, ou ainda, o processo adotado para eliminação do líquido do produto por evaporação com a ajuda do calor.

Na massa cerâmica, as moléculas de água que estão em contato com as partículas argilosas transformam-se em coloides caracterizados de micelas contornadas de água fortemente ligada por força elétrica, permanecendo como água intersticial no estado mais ou menos fixa, resultando numa secagem simples e lenta, após a retirada da água livre, embora apresente certa dificuldade para eliminar a água fortemente ligada às partículas argilosas (OLIVEIRA, 2013).

Para Andrade (2009), a velocidade de saída de água no início da secagem é rápida e o produto apresenta grande contração. A medida que os grãos argilosos se encontram, a contração diminui até chegar ao ponto crítico. Então, a velocidade de secagem diminui, não ocorre mais contração e a água dos poros é totalmente eliminada.

Para Santos & Silva (1995a) as peças ao saírem do processo de moldagem apresentam em média 30% de umidade, o que deve ser reduzida ao máximo para uma queima adequada com redução dos insumos energéticos. A umidade desejada dependendo do produto, é da ordem de 3% a 4%, ocorrendo uma contração que pode variar de 4% a 10%. A umidade do produto que sai da secagem para a queima é controlada usualmente através do tato, pressão sobre o produto com a unha ou pela cor do material (deve estar clara ou esbranquiçada) (LEHMKUHL, 2004).

Para o processo de secagem há duas alternativas, a secagem natural e artificial, ambas apresentam vantagens e desvantagens. Os secadores artificiais podem ser do tipo: intermitente, semicontínuo e contínuo. O secador do tipo intermitente é muito utilizado para secagem de produtos sensíveis, como a telha e os blocos de grande massa (maciço). Após a etapa da secagem, o material se torna mais sensível a choques e por esse motivo, é imprescindível ter maior cuidado e evitar solavancos e trepidações, principalmente no transporte manual, como também evitar colocar muitas peças nos carrinhos (SEBRAE, 2008).

Outro ponto importante, é que o material quando apresenta índice de secagem ideal deve ser imediatamente encaminhado para o forno, devido à argila ter o poder de reabsorver a umidade contida no ar, deixando o material fraco e quebradiço (SEBRAE, 2008). No Quadro 1 estão descritas as principais vantagens e desvantagens deste processo.

Quadro 1 – Tipos de secagem e principais vantagens e desvantagens.

	TIPOS DE SECAGEM	
	NATURAL	ARTIFICIAL
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Menor custo com geração de calor. • Privilegia os locais em que as condições climáticas são mais favoráveis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor tempo de secagem. • Maior produtividade. • Redução de perdas. • Melhoria da qualidade das peças.
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo elevado de secagem. • Baixa produção. • Dependência do fator climático. • Pode afetar a qualidade das peças (trincas, deformações, de homogeneidade de secagem). 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo com geração de calor. • Requer mais conhecimento técnico do operador. • Exige equipamentos e controles, como termômetros e higrômetros.

Fonte: SEBRAE (2008).

Na etapa de secagem das peças haverá um elevado consumo de energia, caso a mesma seja automática e uma grande possibilidade de deformação das

peças, bem como maior retração, ocasionando trincas, deformações e quebra das peças se a secagem for natural. Portanto, o tipo de secagem indicada depende de vários fatores, desde as condições climáticas da região onde a empresa estar inserida, até o poder econômico da mesma (GRIGOLETTI, 2001).

O processo de secagem natural é lento e depende diretamente das condições climáticas do local. Nessa etapa não há um controle de temperatura, sendo de inteira responsabilidade dos trabalhadores a determinação do ponto final de secagem do material. Essa determinação é exclusivamente visual e estética, dependendo diretamente da experiência prática dos operadores. Nessa etapa também deve haver muita atenção aos defeitos de deformação do material, tanto pela sua estrutura como pelo calor excessivo que o mesmo pode receber durante a exposição a céu aberto. No entanto, as peças que apresentam deformações são redirecionadas para o processamento (AMORIM et al., 2017).

2.4.3.4 Queima

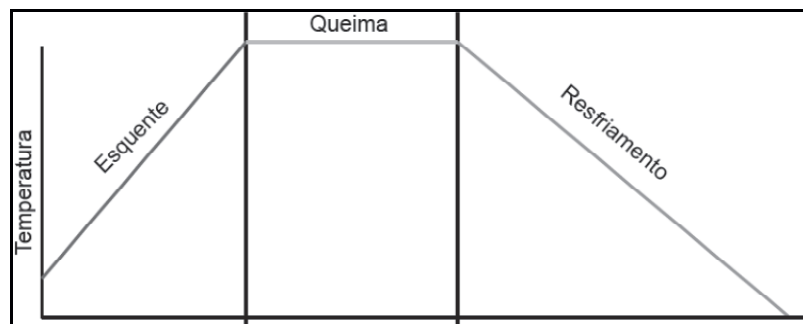
A queima ou sinterização é o processo em que o calor provoca transformações físico-químicas na massa argilosa, modificando suas características e transformando-a em produto cerâmico. Esse tratamento térmico é responsável por uma série de transformações físico-químicas como: perda de massa das peças, desenvolvimento de novas fases cristalinas, formação de fase vítrea e a sinterização dos grãos, dureza, resistência mecânica, resistência à água, às intempéries e aos agentes químicos (NUNES, 2012).

Nessa fase os produtos são submetidos a temperaturas elevadas, sendo que, para a maioria o intervalo é de 800 a 1.000°C, em fornos contínuos ou intermitentes que apresentam ciclo de queima em três fases: (a) aquecimento da temperatura ambiente até a temperatura desejada; (b) patamar durante certo tempo na máxima temperatura da curva de queima e (c) resfriamento até temperaturas inferiores a 200°C. Esse ciclo da queima está representado pela Figura 5 (NETCERAMICS, 2009).

2.4.3.4.1 Curva de queima teórica

Segundo estudo realizado pela FIEMG (2013) a curva de queima é um instrumento muito importante para qualquer processo de queima, pois corresponde a medida entre o tempo e a temperatura determinante no processo. Sem a curva de queima fica praticamente impossível queimar um produto com qualidade e continuidade, pois muitos problemas podem ser evitados com o uso da curva de queima, pois ela determina os pontos críticos que causam trincas no material (aquecimento e resfriamento). Na Figura 5 está ilustrada a curva de queima teórica para os fornos intermitentes, de acordo com a temperatura e o tempo.

Figura 5 – Curva de queima teórica.



Fonte: FIEMG (2013).

As etapas da curva de queima, de acordo com estudos realizados pela FIEMG (2013), são descritas a seguir:

I) Esquente

O início do esquente deve ser lento, obedecendo a critérios técnicos, sendo necessária a medição da presença de umidade do material. Esse processo deve ser realizado com as fornalhas e cinzeiros fechados (após a combustão da lenha) para evitar o excesso de oxigenação, pois o oxigênio prejudica a temperatura da chama e a velocidade de aquecimento. Já os registros (chaminés) devem ficar abertos completamente até atingir a temperatura de 300°C. Logo após, os mesmos devem ser fechados gradualmente.

II) Queima

A velocidade de aquecimento varia com o tipo de combustível e a maneira em que se processa a alimentação das fornalhas, no entanto, não deve ser maior que $40^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}^{-1}$, principalmente nas temperaturas de riscos (entre 375 e 575°C). Durante toda a queima seu controle é realizado pelo registro da chaminé. Em muitas cerâmicas este registro fica aberto do começo ao fim, aumentando o consumo de combustível e os problemas de homogeneização na queima das peças.

III) Patamar de queima

Durante o patamar (tempo em que o material fica na temperatura máxima) quanto mais tempo o produto permanecer na temperatura máxima, melhor será a qualidade do mesmo. O recomendado é o mínimo de 6 horas de patamar para produtos vazados e 10 horas para telhas e produtos maciços. No entanto, é muito importante realizar estudo do tipo de argila utilizado, pois cada uma possui características próprias e tempo de queima específico.

IV) Resfriamento

Para as temperaturas de 850 a 650°C , o resfriamento pode ser acelerado com a abertura das fornalhas e retirada de toda a cinza acumulada no cinzeiro. O registro da chaminé também poderá ser aberto, obedecendo à velocidade de resfriamento.

No intervalo de temperatura crítica (de 650 a 450°C), o resfriamento deve ser contido, fechando-se os registros e fornalhas. Contudo, o cinzeiro pode ficar aberto para manter o resfriamento em andamento. Se a velocidade de resfriamento for muito lenta, as fornalhas podem ser abrir ou pode-se abrir o registro da chaminé. Nesse caso, as fornalhas devem permanecer fechadas.

Entre as temperaturas de 450 e 350°C o barro das portas pode ser rompido, fazendo-se uma pequena abertura na parte superior para favorecer mais rapidamente o resfriamento. E por fim, no intervalo entre 350 e 40°C , as portas devem ser abertas totalmente. Há empresas que utilizam ventiladores resfriadores para acelerar o resfriamento. Nesse caso esses equipamentos devem ser utilizados com cautela, pois existem argilas e materiais com desenho complexos (diferentes tensões) que continuam em movimento (retração e dilatação) e, portanto, os

ventiladores devem manter-se a uma pequena distância da porta durante um determinado tempo. Após o tempo adequado, o mesmo deverá ser colocado na porta.

Dependendo do tipo de produto e da tecnologia empregada, o ciclo de queima pode variar de algumas horas até vários dias. Já em relação ao controle da temperatura, é essencial o uso de termopares que são dispositivos elétricos de medição de temperatura. Esses equipamentos têm baixo custo, proporcionando ganho de produtividade (SEBRAE, 2008, ABDI, 2016).

Para que ocorra uma combustão completa, é necessário que todo o combustível seja queimado e que a quantidade de ar seja exata. Desta forma, no processo de queima, é importante que o excesso de ar seja controlado, pois o mesmo “rouba” o calor da combustão e aumenta o consumo de combustível. Segundo FEAM (2012) a quantidade de ar necessária para queima varia de acordo com os tipos de queimadores, de fornos e do combustível utilizado.

2.4.3.4.2 Tipos de fornos

Os fornos são classificados em contínuos e intermitentes. A escolha do forno depende da eficiência de produção desejada, do investimento necessário e combustível utilizado. Os tipos de fornos mais utilizados no Brasil, suas vantagens e desvantagens, estão descritos nos Quadros 2 e 3.

Quadro 2 – Tipos de fornos contínuos e suas principais vantagens e desvantagens.

FORNOS CONTÍNUOS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Hoffmann	<ul style="list-style-type: none"> • Bom rendimento energético. • Fácil operação e boa produtividade. • Elevado custo de construção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requeima na soleira e falta de queima na abóboda. • Vazamento nos canais. • Manchas laterais causadas por falta de ar.
Túnel	<ul style="list-style-type: none"> • Moderno e eficiente no consumo de energia. • Fácil operação de carga e descarga. • Fácil automação (robôs). • Elevado investimento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exige produção contínua. • Conhecimento técnico para sua operação. • Regulagens realizadas por meio das leituras dos termopares. • Resfriamento rápido, responsável por trincas e choque térmico nos produtos.

Fonte: ABDI (2016).

Quadro 3 – Tipos de fornos intermitentes e suas principais vantagens e desvantagens.

FORNOS INTERMITENTES	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Caieira	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo custo de implantação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produtividade baixa. • Qualidade do produto inferior. • Alto percentual de perdas (produtos não conformes). • Alto custo de produção.
Paulistinha (retangular)	<ul style="list-style-type: none"> • Menor investimento. • Fácil construção e operação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pouco econômico. • Queima irregular (variações de temperatura no interior do forno). • Aquecimento e resfriamento muito lentos.
Abóboda redondo ou	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil construção e operação. • Bom desempenho para qualquer tipo de combustível. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta velocidade de aquecimento. • Ausência de controle de registro.
Vagão	<ul style="list-style-type: none"> • Maior produtividade (enquanto um vagão está queimando o outro está sendo montado ou no processo de resfriamento). • Fácil construção e operação. • Melhores condições de trabalho para o funcionário. 	<ul style="list-style-type: none"> • Deficiências durante a queima, principalmente no centro da carga. • Apresenta requeima, tanto na lateral como no topo da carga.
Metálico	<ul style="list-style-type: none"> • Melhor isolamento térmico (uso fibras cerâmicas). • Maior produtividade. • Fácil construção e operação. • Melhores condições de trabalho para o funcionário. 	<ul style="list-style-type: none"> • Custo de implantação superior ao Forno Vagão. • Deficiências durante a queima, principalmente no centro da carga. • Apresenta requeima, tanto na lateral como no topo da carga.

Fonte: ABDI (2016).

Ao sair do forno, as peças são inspecionadas quanto à qualidade, que a depender da empresa é selecionada como produtos de primeira, segunda e terceira qualidade. É logo após a queima que também é separada as peças destinadas a requeima. Outro cuidado importante é quanto ao manuseio das peças, que após queimadas tornam-se mais frágeis podendo quebrar-se com pequenas batidas.

A maioria das empresas utilizam a lenha como insumo energético. Segundo Amorim et al. (2017), o setor cerâmico está entre aquelas em que ainda existe o predomínio do uso da lenha. Isso se dá devido à acessibilidade dessa matéria-prima e o preço de obtenção da mesma que influencia diretamente no custo de produção (ALENCAR-LINARD; KHAN; LIMA, 2015).

2.4.3.5 Expedição

Na área de expedição as peças são armazenadas e destinadas a comercialização. Em muitas empresas o armazenamento é realizado a céu aberto, no entanto recomenda-se colocá-la em um galpão para evitar perdas com quebras e absorção de água na estação chuvosa.

2.5 ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS NA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA

Para Maciel & Freitas (2013) dentre as atividades industriais que causam impacto ao meio ambiente o segmento de cerâmica vermelha está em evidência por apresentar estrutura e características particulares. Devido a seu alto potencial de poluição e utilização dos recursos naturais, o setor cerâmico deve seguir rigorosamente as legislações ambientais, pois com sua produção de telhas, tijolos e blocos cerâmicos, torna-se um dos principais fornecedores da construção civil (NUNES, 2012).

No Brasil, o setor da cerâmica vermelha apresenta uma grande dificuldade de obtenção de dados estatísticos e indicadores de desempenho, causando assim uma deficiência para acompanhar o seu crescimento e melhorar sua competitividade. Além da dificuldade de obtenção de dados, o segmento cerâmico apresenta uma série de problemas, tanto ambientais como de qualidade dos produtos (INT/MCTI, 2012).

Os problemas ambientais gerados pela indústria de cerâmica vermelha se referem, especialmente, a extração e consumo de matérias-primas tais como argila, água, lenha; rejeitos de produção; produtos defeituosos e emissões gasosas (material particulado), oriundas da queima. Já os problemas de qualidade dos produtos são decorrentes do desconhecimento de técnicas modernas de produção e de normas técnicas sobre a qualidade dos mesmos, dificuldade de obtenção de assistência técnica qualificada e falta de gerenciamento adequado da produção (MACIEL & FREITAS, 2013).

Para minimizar algumas dessas ações causadoras de danos ao meio ambiente é fundamental que as empresas ceramistas utilizem práticas sustentáveis para se manterem ativas por tempo indeterminado, visto que elas extraem recursos

naturais para o processo produtivo e são consideradas potencialmente poluidoras segundo a Lei nº 10.165 de 27 de dezembro de 2000, da Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2000).

De acordo com a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 da Política Nacional de Meio Ambiente, em seu artigo 3º, inciso II, a degradação ambiental é definida como “alteração adversa das características do meio ambiente”. Lemos (2008), define degradação ambiental como:

“Todos os casos de prejuízo à saúde, à segurança, ao bem-estar das populações, às atividades sociais e econômicas, à biosfera e às condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente. Inclui também tanto a degradação do ambiente (patrimônio) natural quanto o cultural. A degradação ambiental é causada pelo ser humano, já que consideramos que os processos naturais apenas causam mudanças, não degradam o ambiente. A degradação ambiental pode ser definida também como uma “alteração adversa (negativa) da qualidade ambiental” (LEMOS, 2008).

Outro fator muito importante a ser ressaltado é o conceito e entendimento de aspecto ambiental, que, segundo o mesmo autor é considerado como o mecanismo através do qual uma ação humana causa um impacto ambiental, em que essa pode levar a vários aspectos ambientais e causar inúmeros impactos ambientais.

Segundo a FEAM (2012) a determinação correta dos aspectos ambientais significativos é um dos mais importantes passos do gerenciamento ambiental, pois os aspectos do processo produtivo devem ser enumerados com todos os detalhes relacionados ao consumo de matérias-primas; à utilização de energia e de água; ao acondicionamento e destinação de resíduos e as emissões atmosféricas. Ou seja, todas as “entradas” e “saídas” do processo produtivo devem ser registradas e se possível, quantificadas.

Segundo Nunes (2012), os aspectos ambientais considerados na indústria de cerâmica vermelha são: energia elétrica, matéria-prima, recursos humanos, recursos naturais. Onde a determinação dos aspectos deve ser feita considerando as condições normais e anormais de operação (partida e parada de unidades e as condições de emergência).

De acordo com a Resolução nº 01 de 23 de janeiro de 1986 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), impacto ambiental pode ser definido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente resultantes de atividades humanas que, direta ou indiretamente afetem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sócias e econômicas; a biota;

as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

A atividade industrial em sua grande maioria provoca agressões ao meio ambiente, principalmente quando se beneficia de matéria-prima retirada diretamente da natureza. No caso do setor industrial da cerâmica vermelha, a argila, mineral natural, é sua matéria-prima, e a lenha, sua principal matriz energética (NUNES, 2012).

Alguns dos impactos associados à degradação ambiental causada pela indústria cerâmica são: formação de áreas degradadas, desmatamento, assoreamento, erosão das margens dos rios, poluição atmosférica, dentre outros aspectos (HOLANDA & SILVA, 2011).

2.5.1 Recursos Naturais

Os principais impactos referentes ao uso de recursos naturais estão relacionados à degradação das áreas de extração da matéria-prima, diminuindo a biodiversidade da fauna (perca de habitat) e flora (desmatamento), mudanças na paisagem, contaminação das águas e solo, degradação do solo, poluição sonora e do ar (ALENCAR-LINARD, KAHN, LIMA, 2015).

2.5.1.1 Extração de argila

Inicialmente as indústrias cerâmicas abrem estradas ou melhoram as vias de acesso para as áreas de extração. Essas ações segundo Nunes (2012) e Sánchez (2008), podem causar impactos ambientais alterando a paisagem natural, emitem material particulado e gases, geram muitos ruídos, prejuízos à fauna e flora, além da possibilidade de vazamento e contaminação do solo por óleos e graxas.

A preparação da área para extração da argila se baseia na remoção ou “decapeamento” da vegetação da camada superior do solo. Nesse processo ocorre à retirada da parte mais fértil do solo, rico em matéria orgânica e nutrientes, disponível para as plantas. Também é nessa etapa que se verifica a perda da biodiversidade, um dos principais danos ecológicos, onde se observa a redução do potencial de sustentabilidade dos sistemas, comprometendo a existência de espécies animais e vegetais (VALICHESKI, MARCIANO, POCIANO, 2009).

Ferreira et al. (2012) diagnosticou, em seu estudo, que as áreas de extração em sua grande maioria estão localizadas no interior dos municípios e muitas fazem uso de Áreas de Preservação Ambiental (APP), pois extraem argila nas margens dos corpos hídricos. De acordo a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 que regulamenta o Código Florestal Brasileiro (CFB), essas áreas não podem ser exploradas de nenhuma forma (BRASIL, 2012).

Sánchez (2008) adverte que alterações advindas da adoção de práticas inadequadas associadas à manutenção das APP geram uma grande problemática social com impactos no ambiente rural e urbano, afetando toda a sociedade. Uma das razões pode ser a degradação crônica das matas ciliares e de áreas de nascentes em diversas bacias hidrográficas brasileiras. Outro aspecto é a super exploração destes ambientes para a retirada da matéria prima (argila) até atingir o lençol freático.

Holanda & Silva (2011) estudando os impactos ambientais em duas cerâmicas no estado de Pernambuco relataram que na área de extração da matéria-prima (remoção da argila) feita por retroescavadeiras, o solo fica danificado com “cavas” por toda área da jazida. Os autores indicam que essa ação acelerou o processo de erosão e assoreamento dos rios próximos da região, pois a terra foi arrastada para o fundo dos rios, reduzindo sua profundidade.

Para que esses impactos sejam minimizados, algumas técnicas mais adequadas de extração devem ser aplicadas na retirada da cobertura vegetal, escavação e encaminhamento dos rejeitos. Também pode haver incorporação da matéria-prima e outros recursos, como os resíduos provenientes de outras indústrias. E, quando possível usar recursos locais para evitar consumo de energia e emissões aéreas devidas ao transporte desses recursos (FIEMG, 2013).

2.5.1.2 Matriz energética

O setor de cerâmica vermelha é um grande consumidor de energia e grande causador de impacto ambiental por causa do uso intensivo de lenha. Portanto, é muito importante o uso de fontes renováveis de energia e que a produção seja local para reduzir impactos com distribuição e dessa forma minimizar a degradação ambiental. Os principais tipos de lenha usados pela atividade são a nativa e os resíduos de madeira (cavaco, serragem, briquetes). Contudo, já existem movimentos

incentivando o uso de lenha de reflorestamento, para um consumo energético mais sustentável (MME, 2011).

Segundo o balanço energético referente ao ano de 2010, realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a lenha foi responsável por cerca de 50% da energia utilizada para o setor de cerâmica vermelha, seguida pelo gás natural com 25%. Apesar de a pesquisa ter mostrado que, ao longo de 10 anos, o consumo de energia para este setor aumentou cerca de 50%, os dados demonstram que ocorreu o predomínio da lenha como principal combustível, sendo observado um pequeno aumento no consumo desse tipo de combustível (EPE, 2011).

De acordo com os dados descritos no relatório do SEBRAE (2008), a lenha apresenta baixo rendimento energético, afetando a qualidade e os padrões técnicos dos produtos resultando em até 30% de perda. A alternativa seria a análise por parte dos produtores para o uso de outras fontes de energia que não a lenha, minimizando aspectos ambientais e proporcionando menor perda produtiva pelo fato de outras fontes apresentarem maior poder energético. No entanto, essa possibilidade ainda está fora do alcance de muitas empresas devido ao alto investimento que deve ser aplicado.

Por causa do grande volume do consumo de lenha, a atividade cerâmica deve também dar atenção especial aos problemas ambientais causados por sua queima, devido à produção de cinzas, óxidos de enxofre, dióxido de carbono e óxidos de nitrogênio, que causam a chuva ácida e danos à camada de ozônio (FIEMG, 2013).

Já o consumo de energia elétrica é empregada nas instalações e maquinários usados para a moagem, mistura das matérias-primas e para a conformação das peças, sendo consumida em quantidade bastante inferior quando comparada ao combustível para queima. No entanto, também merece atenção para reduzir seu consumo com motores mais eficientes e Boas Práticas de Fabricação (BPF) para minimizar os custos àquela dos combustíveis (OLIVEIRA & MAGANHA, 2006).

2.5.1.3 Água

A água é aplicada em quase todas as etapas do processo de fabricação dos produtos cerâmicos, sendo que sua qualidade é essencial nas etapas de preparação da argila e da massa cerâmica, além, de seu uso nas operações de limpeza de pisos e de lavagem de máquinas, equipamentos e demais instalações industriais. Na

maioria das empresas do setor, o uso de recursos hídricos subterrâneos tem sido a alternativa mais atraente, uma vez que as características químicas da água tratada podem interferir no processo de preparação da massa e na qualidade do produto final (OLIVEIRA & MAGANHA, 2006).

Os corpos d'água localizados no território nacional são classificados e seguem padrões de qualidade determinados pela Resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Esta resolução classifica as águas do Território Nacional em doces (salinidade <0,5%), salobras (salinidade entre 0,5 e 30%) e salinas (salinidade >30%), e indica seus usos preponderantes (BRASIL, 2005).

2.5.2 Emissões Atmosféricas

Na produção de materiais cerâmicos são emitidos poluentes aéreos, gerando impactos como o efeito estufa, a destruição da camada de ozônio e a chuva ácida (GRIGOLETTI; SATTLER, 2003). Esses impactos estão relacionados ao transporte, manuseio e mistura de matérias-primas, ao uso de energéticos e à liberação de gases durante o processo produtivo.

Portanto, a redução de emissões passa pela redução de distâncias a serem percorridas no transporte, por meio do uso de insumos locais e consumo de produtos gerados nas comunidades, pelo uso de energéticos não poluentes ou, cuja emissão seja controlada e pela alteração dos processos produtivos e escolha de produtos que minimizem esses impactos (OLIVEIRA & MAGANHA, 2006).

Durante o processo de queima é necessário um excesso de ar para que a reação de combustão ocorra de maneira completa. No entanto, esse excesso de ar deve ser bem administrado, uma vez que uma queima inadequada pode gerar mais resíduos e reduzir a qualidade dos produtos. Se houver um grande excesso de ar pode acarretar diminuição da temperatura de chama e aumento nas perdas de calor, exigindo um consumo maior de combustível. Já se ocorrer falta de ar pode resultar em uma combustão incompleta e formação de monóxido de carbono (CO), fuligem e fumaça, além de possibilitar a acumulação de combustível não queimado (FIEMG, 2013).

A coloração da fumaça emitida é um bom parâmetro para analisar o controle do processo, uma vez que fornos menos eficientes emitem maior quantidade de

fumaça e material particulado. De acordo com a FIEMG (2013), as emissões nos fornos cerâmicos apresentam coloração clara, exceto nos minutos finais do processo de queima devido à falta de oxigênio. Isto se deve à ineficiência do forno ou controle operacional, o que provoca maior consumo de combustível.

O reaproveitamento de resíduos como insumos energéticos ou misturados à massa cerâmica possui a vantagem na diminuição de rejeitos. Entretanto, alguns resíduos durante a queima podem desprender gases tóxicos, dependendo de sua constituição. Logo, se faz necessário analisar previamente o tipo de resíduo utilizado e suas implicações ambientais. Portanto, é fundamental monitorar periodicamente a qualidade da queima por meio de análises de gases coletados diretamente na fornalha ou na chaminé do forno para medir os teores de oxigênio e CO (GRIGOLETTI, 2001).

Esse controle da combustão fornece informações sobre a qualidade do processo de queima e permite otimizar a eficiência térmica das fornalhas, assegurando ao mesmo tempo uma diminuição do nível de emissão de poluentes e o cumprimento das normas ambientais. Em muitos casos, o controle do excesso de ar é a solução de melhor custo/benefício para a redução da emissão de poluentes (SEBRAE, 2008).

Os limites definidos para as emissões atmosféricas provenientes dos processos de geração de calor a partir da combustão estão definidos pela Resolução Nº. 436 de 22 de dezembro de 2011, regulamentada pelo CONAMA que implica no monitoramento dos seguintes parâmetros: material particulado, NOx e CO (BRASIL, 2011)

2.5.3 Resíduos Sólidos

A geração de resíduos representa um consumo desnecessário de recursos naturais e requer a ocupação de solo para a sua disposição. Além disso, os efeitos negativos sobre a saúde humana, devido à exposição a esses resíduos. Perdas de produto semiacabados ou acabado são importantes e devem ser eliminadas ou reduzidas. Para reduzir perdas em todas as etapas da produção é importante que as empresas implantem programas de qualidade e aperfeiçoamento da mão-de-obra (GRIGOLETTI, 2001).

2.5.4 Recursos Humanos

Em relação aos indivíduos, os principais impactos que os afetam diretamente são a poluição do ar, pois muitas cidades possuem cerâmicas em funcionamento próximas às comunidades/bairros, prejudicando a saúde da população. Por esse motivo, as empresas produtoras de cerâmica vêm sofrendo pressão por parte da fiscalização ambiental, pela população e pelo mercado consumidor, no intuito de fazer com que haja uma maior preocupação em relação às questões ambientais (AMORIM et al., 2017).

Diante da atual produção de produtos cerâmicos é destacável uma relação natureza/sociedade, bastante agressora. O meio ambiente vem sendo prejudicado não somente pela devastação da cobertura vegetal nativa e degradação dos solos em virtude dos constantes processos de exploração que têm levado a graves erosões, mas principalmente, pela cruel relação de trabalho que têm sido implementadas nesse processo produtivo (SILVA, 2007).

Para Silva (2007) o trabalhador e a natureza têm sofrido muitos excessos de uma produção destrutiva: desmatamento, degradação dos solos que ainda apresentam boa potencialidade agrícola, principalmente os que eram usados nas culturas de vazantes, riscos de acidentes de trabalho, falta de infraestrutura no interior das indústrias, falta de material de proteção, trabalho nos fornos em altas temperaturas, insegurança previdenciária, longas jornadas de trabalho, baixos salários e grande possibilidade de acometimento de doenças.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

O método adotado nesta pesquisa consiste inicialmente de uma revisão bibliográfica de caráter exploratório dos principais impactos ambientais relacionados ao setor da cerâmica vermelha, tais como: utilização de lenha e argila e sua extração, perdas de produtos no processo produtivo e geração de resíduos.

Em relação a natureza da pesquisa, a mesma é classificada como aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos úteis para utilização prática, dirigidos a solução de problemas específicos. Quanto à forma de abordagem trata-se de um estudo de caso, que segundo Yin (2001), retrata uma investigação empírica, compreendendo um método abrangente, com planejamento lógico, da coleta até a análise dos dados, quer seja de natureza qualitativa ou quantitativa.

Foi realizado um estudo em duas empresas de cerâmicas do Estado da Paraíba, identificadas como Empresa A e Empresa B, que trabalham com produção de blocos de vedação (tijolos 9x9x19cm) atuando com forno do tipo Caieira e secagem natural.

O trabalho foi desenvolvido no período de março de 2013 a fevereiro de 2015 e contou com a equipe de consultores do Centro de Produção Industrial Sustentável/Parque Tecnológico da Paraíba (CEPIS/PaqTc/PB).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi desenvolvida em duas empresas de cerâmica vermelha localizadas no Seridó do Estado da Paraíba, que contém em média 40 empresas nesse segmento. Em 2013, as empresas foram contempladas para participar de uma capacitação e assistência técnica para a promoção do uso eficiente e racional da biomassa florestal (lenha, carvão) promovida pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB) e realizada pelo Centro de Produção Industrial Sustentável/Fundação Parque Tecnológico da Paraíba (Cepis-PaqTc/PB).

Os dados utilizados para a realização desse estudo, a cerca dos impactos ambientais causados pela produção de cerâmica vermelha no Estado da Paraíba,

foram extraídos da citada pesquisa realizada pelo Centro de Produção Industrial Sustentável/Fundação Parque Tecnológico da Paraíba (Cepis-PaqTc/PB).

3.2.1 Empresa A

A empresa denominada de A, atualmente produz blocos cerâmicos de oito furos do tipo redondo e lajotas. O horário de trabalho dos funcionários é de 9 horas diárias, sendo dividida das 06:00 às 11:00 horas e das 13:00 às 17:00 horas. O mercado de atuação da cerâmica é de 50% para a cidade de Taperoá - PB, que algumas vezes varia de acordo com o mercado, 30% são comercializados dentro do Estado da Paraíba nas cidades de Desterro e Cacimbas e 20% são destinados para a cidade de Brejinho-PE.

A preparação da matéria-prima (argila) utilizada pela empresa para a produção de blocos cerâmicos se inicia com a mistura da argila forte com a argila fraca, na proporção de 3:1, ou seja, 75% é argila forte e 25% é argila fraca. A cerâmica possui licença para a utilização de lenha, estando com os Cadastros Técnicos Federais (CTF) e Estaduais de Consumidores de Produtos Florestais atualizados. No entanto, não tem pátio de estoque de lenha registrado, portanto, estoca pequena quantidade de uso imediato e para atender a demanda na época chuvosa.

3.2.2 Empresa B

A Empresa B está situada na mesorregião da Borborema e na microrregião do Seridó ocidental Paraibano, produz blocos cerâmicos de oito furos do tipo redondo (40% da produção) e quadrado (60% da produção). Possui operacionalidade média de 9 horas/dia e sua produção é destinada aos mercados da mesorregião do Sertão Paraibano (Patos e Água Branca), agreste Paraibano (Campina Grande) e mesorregião da mata paraibana (Juripiranga e João Pessoa).

A cerâmica utiliza como matéria-prima dois tipos de argila: a forte (coloração cinza a preto, contendo matéria orgânica e quartzo) e a fraca (coloração amarelada, contendo quartzo e feldspato). Para produção dos tijolos (9x9x19cm), a empresa realiza a mistura das argilas na proporção de 1:1 até obtenção de uma massa

cerâmica com características desejadas. A empresa não possui jazida própria, adquirindo sua matéria-prima nas cidades de Santa Luzia, Várzea e São Mamede.

3.3 ANÁLISE DOS DADOS

3.3.1 Capacidade Produtiva

A capacidade de produção instalada nas empresas e produção real da empresa foi analisada de acordo com a Metodologia adotada pelo Centro de Produção Industrial Sustentável (CEPIS) computando a produção das peças durante 10 minutos, 12 vezes em cada visita em horários aleatórios, totalizando 2 horas de análise (CEPIS, 2012).

A produção real foi apurada contando-se as todas as peças adequadamente produzidas durante todo o dia de trabalho e aptas a seguirem para a etapa de secagem e posteriormente para queima. Nessa avaliação também foi possível analisar a produção de peças inadequadas produzidas no mesmo intervalo de tempo, computando assim o retrabalho de produtos prontos, mas inadequados para seguir para etapa de secagem e queima.

3.3.2 Consumo da Matéria-Prima (Argila)

A metodologia adotada para mensurar o consumo de argila (forte e fraca) foi executada de acordo com CEPIS (2012). Portanto foi pesado em balança 10 peças na saída da maromba, selecionadas aleatoriamente durante o intervalo de 10 minutos, 12 vezes em cada visita, totalizando 120 peças analisadas.

3.3.3 Umidade da Lenha

A umidade da lenha em toras foi verificada com o auxílio do medidor de umidade para madeira, DL 822 com martelete da DigiSystem, pertencente ao CEPIS/PaqTc e de acordo com a metodologia adotada pelo CEPIS/PaqTc.

3.3.4 Consumo da Matriz Energética (Lenha)

A determinação do consumo de lenha para queima seguiu a metodologia adotada pelo CEPIS. Portanto, foi analisada nas duas visitas de medições realizadas em cada empresa. Durante essas visitas foi realizada a pesagem de 1 st¹ (metro estéreo) da lenha consumida pela empresa. Essa pesagem foi executada com o auxílio de uma balança dinamômetro da SoloStocks pertencente ao CEPIS/PaqTc e procedimento recomendado pelo INT/MCTIC (2016).

Também foi feita a metragem de toda a lenha consumida em uma fornada para cada visita realizada, totalizando 2 fornadas em cada empresa. Onde, a cada alimentação do forno, a lenha era pesada e computada. Por meio desse procedimento, foi possível determinar a quantidade de lenha consumida por fornada, tanto em massa (kg) como em volume (st).

¹ Um metro estéreo (st) é uma pilha com um metro de comprimento, um metro de largura e um metro de altura, incluindo os espaços vazios entre as peças. No caso da lenha, é um erro comum se referir ao volume empilhado em “metros cúbicos”, sem especificar que a unidade de medida é realmente o “ ”, metro cúbico estéreo ou simplesmente “estéreo” (INT/MCTIC, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PRODUÇÃO DE TIJOLOS

Na primeira etapa do estudo (diagnóstico) foi informado que a média de produção dos tijolos da Empresa A variavam entre 250 e 300 milheiros/mês. Na fase inicial das medições foi mensurado que a empresa produzia 75 peças/min. Com essa informação se deduz que a capacidade produtiva da empresa era de 36 milheiros/dia e média de 540 milheiros/mês, uma vez que a empresa trabalha 15 dias na produção de tijolos. Um dia no mês é dedicado à produção de lajotas e semanalmente a empresa dedica um dia para manutenção dos equipamentos. Na 2ª fase de medições foi constatada uma produção de 70 peças/min, portanto, 33,6 milheiros/dia e 504 milheiros/mês para o tijolo e a mesma média de produção da 1ª fase para a lajota, 7,5 milheiros/mês.

No entanto, nos registros da empresa estudados na primeira etapa de medições constatou-se que a produção média da empresa nos primeiros seis meses de 2013 foi de 330 milheiros/mês, o que corresponde a 61% de sua capacidade produtiva. Na segunda fase, a produção média registrada no período de janeiro a dezembro de 2014 foi de 300 milheiros/mês, correspondendo a 59,5% da capacidade produtiva instalada. Sabendo-se que na estação mais chuvosa a produção tende a diminuir. Portanto, na realidade, a produção média diária é de apenas 21 milheiros.

Em relação à produção e capacidade produtiva instalada na Empresa B, por meio do diagnóstico, foi informado que a produção era de aproximadamente 470 milheiros/mês. No entanto, os registros obtidos na fase inicial de medições indicaram que a empresa produzia 61 peças/min, apresentando uma capacidade produtiva de 29,3 milheiros/dia e média de aproximadamente 586 milheiros/mês. Na 2ª fase foi constatada a produção de 56 peças/min, portanto, 26,8 milheiros/dia e em média 537 milheiros/mês para o tijolo com furo redondo e para o tijolo de furo quadrado a produção observada foi de 64 peças/min, equivalente a 30,7 milheiros/dia e consequentemente, 614 milheiros/mês.

Foi possível observar que a média de produção realizada nos últimos doze meses (de julho de 2014 a junho de 2015) foi de 180 milheiros/mês, o que corresponde a apenas 32% de sua capacidade produtiva, pois na realidade a

empresa só produz em média 9 milheiros/dia, uma vez que, um dia é dedicado a manutenção dos equipamentos, portanto, só há atividade produtiva durante 20 dias do mês.

4.1.1 Consumo de Matéria-Prima

O peso médio do bloco cerâmico (tijolo 9x9x19cm) úmido da Empresa A, ou seja, na saída da maromba é de 3,142 kg com umidade média de 24% e o produto queimado apresenta peso médio de 2,527 kg. Portanto, a matéria-prima necessária para manter a produção mensal da empresa é de aproximadamente 1050 toneladas.

Já na Empresa B, o peso médio do tijolo úmido de furo redondo é de 2,698kg para uma umidade de 22%, enquanto que o produto queimado tem peso médio de 2,193 kg. Para as peças de furo quadrado, o peso médio úmido é de 2,714 kg, com umidade de 32% e, o peso queimado é de 2,048 kg. Conseqüentemente, a empresa deve adquirir aproximadamente 500 toneladas de argila mensalmente para manter sua produção.

Figura 6 – Argila pronta para consumo na Empresa A.

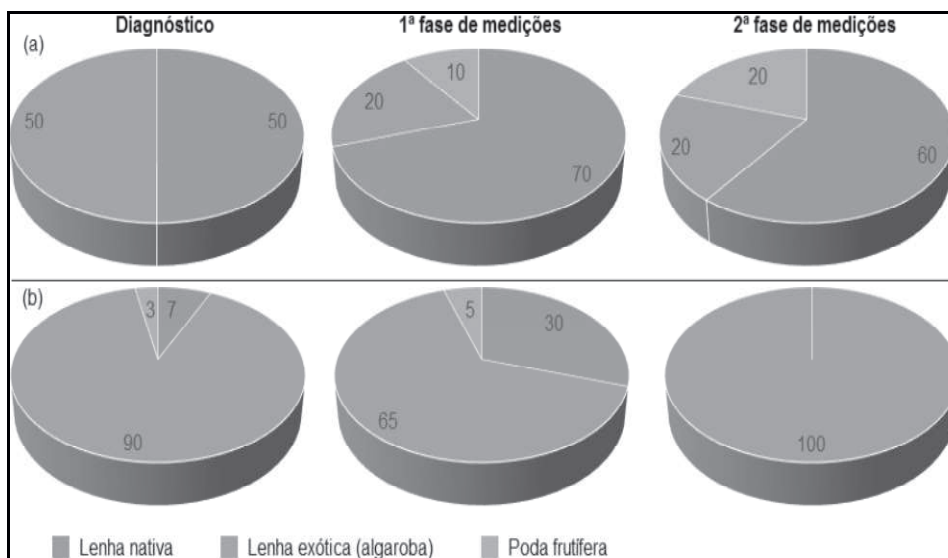


Fonte: Própria autoria (2014).

4.1.2 Consumo e Tipo da Matriz Energética

Como o tipo de lenha interfere na eficiência da queima devido seu poder calorífico (PC), foi necessário classificar o tipo de lenha utilizada na empresa para que seja analisado se o tipo interfere no processo da queima. Na Figura 7 está disposto o percentual de consumo da matriz energética por tipo para cada empresa.

Figura 7 – Tipo de matriz energética utilizada pelas empresas durante o estudo: (a) Empresa A e (b) Empresa B.



Fonte: Própria autoria (2014).

Ao observarmos a Figura 7 e de acordo com os dados informados no diagnóstico e os valores obtidos nas fases de medições (inicial e final), a Empresa A aumentou o consumo de lenha nativa na fase inicial das medições e incorporou a queima de podas frutíferas de forma insignificante.

Já na 2ª fase de medições, ainda se constatou uma utilização expressiva de lenha nativa e uma incorporação de 20% de podas frutíferas. Essa realidade verificada na Empresa A é grave, visto que a mesma não adquire a lenha nativa de Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), pois até o término do estudo, ela ainda não possuía o Cadastro de Consumidor Florestal (CCF), portanto, essa lenha tem grande possibilidade de ser adquirida ilegalmente. Nesse caso foi indicado que a empresa não deve mais consumir lenha desse tipo e forma e só deve adquirir lenha permitida pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Além de ficar adequada ambientalmente minimiza o impacto ambiental decorrente do desmatamento da caatinga na região.

Para a Empresa B (1ª fase), houve um aumento significativo no consumo de lenha nativa, o que acarretou uma diminuição no consumo da lenha exótica, comprovando mais uma vez informações discordantes repassadas na fase do diagnóstico. Esse consumo de lenha “nativa” é um dado muito preocupante, visto que, a mesma é considerada ilegal e os órgãos ambientais não aprovam sua

comercialização, nem tão pouco seu consumo devido ao grande desmatamento decorrente dessa prática. Na 2ª fase de medições na Empresa B observou-se que o consumo foi totalmente de algaroba. Com essa ação a empresa ficou adequada ambientalmente quanto ao uso da matriz energética, pois a comercialização desse tipo de lenha é liberada pelos órgãos ambientais.

4.1.3 Consumo de Água

No caso específico das cerâmicas analisadas, todas elas se utilizam da água de poços artesianos instalados próximos a cada unidade fabril, no entanto, a qualidade da água não foi estudada, tendo sido relatado no diagnóstico que a água apresenta aspecto salobra, ou seja, apresenta salinidade entre 5 e 30% (BRASIL, 2005).

A água adicionada na etapa da mistura não é quantificada, depende da observação da amperagem registrada no amperímetro e da experiência do operador. Além do mais, a água utilizada nas demais etapas da produção também não é medida em nenhuma das empresas analisadas.

4.2 INDICADORES AMBIENTAIS

Os indicadores ambientais relatados no estudo estão focados no consumo de argila e lenha necessários para manter a produção dos blocos cerâmicos para nas empresas estudadas. Com esses resultados foi possível mensurar a dimensão do impacto ambiental provocado pela extração da matéria-prima e retirada da matriz energética da natureza.

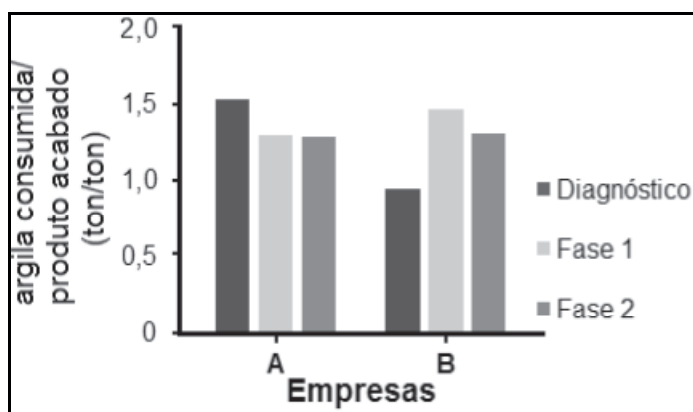
4.2.1 Argila Consumida por Produto Queimado

Em relação ao indicador argila consumida por produto queimado (ton/ton), a razão entre a quantidade de argila consumida pelas empresas e os produtos finalizados informados no diagnóstico foi de 1,54 para a empresa A e 0,95 para a empresa B. Após as medições realizadas nas empresas nos dois momentos, fases 1 e 2, verificou-se a real quantidade de argila consumida pelas empresas e sua relação por produto queimado. Na primeira fase, os valores encontrados para o

indicador foi de 1,30 para a Empresa A e 1,48 para a Empresa B. Já na segunda medição, obteve-se 1,29 e 1,31 para as empresas A e B, respectivamente.

Pode-se comprovar com esses dados que as empresas não possuem nenhum controle do consumo de argila necessária para sua produção, visto que a razão argila consumida por produto queimado para a Empresa B foi inferior a 1, isso na prática não é possível, pois há perdas de massa com a saída de água no processo de queima. Na Figura 8 está representada a relação entre a argila consumida e o produto acabado em perfeito estado nas três etapas do estudo.

Figura 8 – Indicador do consumo de matéria-prima em toneladas em relação à tonelada de produto queimado.



Fonte: Própria autoria (2014).

Na Figura 8 observa-se para a Empresa A uma diminuição desse indicador em relação às informações do diagnóstico. Já para a Empresa B, ver-se um aumento considerável e logo depois uma diminuição desse indicador ao longo das informações (diagnóstico da 1ª fase e 2ª fase de medições). Esse resultado pode estar relacionado ao fato de que no diagnóstico não houve medição, foram apenas informações repassadas pelo entrevistado na Empresa. Já na fase seguinte, houve uma mensuração desse indicador em dois momentos distintos.

A análise na Empresa A foi realizada de acordo as observações, medições e registros obtidos na queima do forno 2 para as duas etapas de medições. Segundo os valores encontrados foi observado uma diminuição de 24% desse indicador em relação ao valor declarado no diagnóstico.

Na Empresa B, a avaliação foi executada na queima do forno 2 (forno central) para as duas fases de medição. De acordo com a análise, observou-se um aumento de 53% desse indicador na fase inicial e uma diminuição de 17% na fase final das

medições em relação à primeira. Quando há diminuição desse indicador, implica diminuição no consumo da matéria-prima, conseqüentemente, reduz os custos da produção e ameniza o impacto ambiental provocado na extração da argila.

4.2.2 Matriz Energética Consumida por Produto Queimado

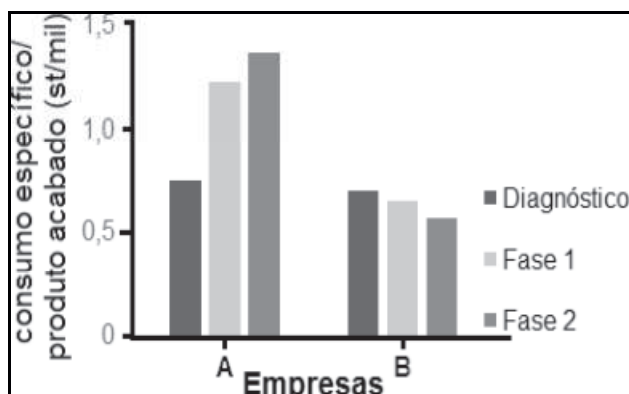
Em relação ao indicador consumo de lenha por produto queimado para a Empresa A, de acordo com as informações do entrevistado, cada fornada (15 milheiros) consumia 0,75 st/mil, ou seja, para o forno completo, era necessário 11,25 st/fornada (50% de algaroba+50% de nativa). Quando esse consumo foi mensurado no início do acompanhamento, a lenha para queimar um milheiro de tijolos foi de 1,29 st/mil (20% algaroba, 70% nativa e 10% poda frutífera), portanto, 19,35 st/fornada.

Já na fase final das medições, esse valor aumentou para 1,37 st/mil. (20% algaroba, 60% nativa e 20% poda frutífera de mangueira). Como o número médio mensal de fornadas queimadas era de 20, chegando a no máximo 26 fornadas por mês, a empresa consumia em média 415 st/mês de lenha. Diferente do valor informado pelo entrevistado na fase do diagnóstico que indicou um consumo médio de apenas 225 st/mês.

Para a Empresa B, foi indicado no diagnóstico que cada fornada (38 milheiros) consumia apenas 0,70 st/mil. Portanto, para queimar o forno completo era necessário 27st/fornada (90% de algaroba+7% de nativa e 3% de poda frutífera). Nas primeiras medições foi quantificado que o valor de consumo de lenha para queimar um milheiro diminuiu para 0,65st (65% algaroba, 30% nativa e 5% poda frutífera), logo 25,00st/fornada.

Na fase final esse valor também diminuiu para 0,57 st/mil, com a matriz energética sendo composta exclusivamente por lenha exótica (algaroba). Conseqüentemente, o consumo de lenha diminuiu para 22 st/fornada. Como a empresa queima uma média de 10 fornos/mês, chegando ao máximo de 14 fornadas, a lenha necessária para manter a produção é de aproximadamente 220 st/mês. Na Figura 9 está representado o consumo de matriz energética por produto queimado para as empresas analisadas.

Figura 9 – Indicador do consumo de matriz energética em relação à quantidade de produto queimado.



Fonte: Própria autoria (2014).

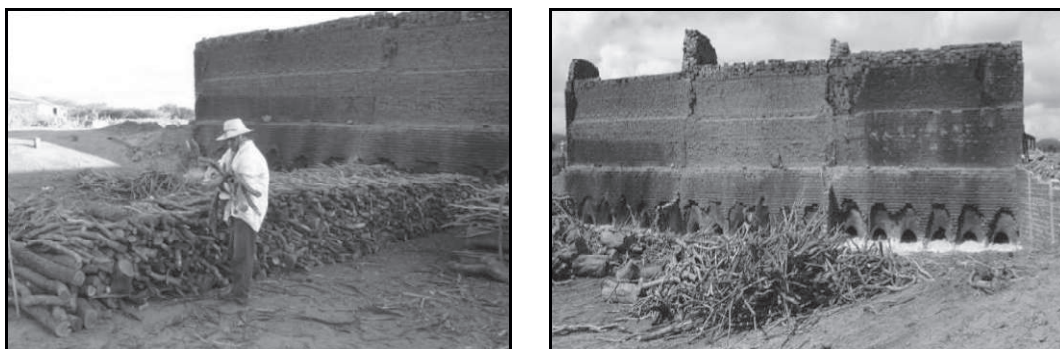
Para a Empresa A, observou-se um aumento de 72% na fase inicial das medições em relação ao valor de referência informado no diagnóstico e de 6% da fase inicial para a fase final do acompanhamento, contudo, o aumento entre os valores informados na entrevista e a última medição foi de 95%. Essa variação nos valores obtidos nas medições e os citados no diagnóstico comprovou que a empresa não realiza acompanhamento real de sua queima, nem tão pouco da lenha consumida para cada fornada. Portanto, o estudo foi muito relevante para que a empresa se apropriasse desse conhecimento que implica diretamente nos custos dos produtos.

Em relação à Empresa B, houve uma diminuição de 7% do consumo de lenha registrado na fase inicial do estudo em relação ao valor de referência no diagnóstico e um aumento de 9% da fase inicial para a fase final. Essa variação dos valores disponibilizados no diagnóstico e os valores das medições é um ponto importante, pois essa divergência de informações, mesmo sendo pequena pode estar relacionada ao fato da empresa não realizar controle de produtos queimados e consumo de lenha.

O valor de consumo de lenha por milheiro encontrado na fase de medições para a Empresa A corrobora com os valores encontrados pelo INT/MCTI (2017) que indicam em seus estudos um consumo de 1,24 m³ st/milheiros de produtos. No entanto, para o estudo em questão, o valor encontrado para o consumo de lenha foi considerado alto. Esse fato também pode estar relacionado a outros agravantes que contribuíram para elevar esse consumo, como rachaduras nas paredes do forno,

ocorrendo grande perda de calor. Também foi observado que não há portas nas fornalhas e as mesmas permanecem abertas durante toda a queima, portanto, a perda de calor é constante. Na Figura 10 está ilustrada a matriz energética consumida no processo de queima da Empresa A.

Figura 10 - Matriz energética consumida no processo de queima.



Fonte: Própria autoria (2014).

Quanto a Empresa B, o consumo da matriz energética em correspondência a produção foi considerado baixo em relação aos valores já citados pelo INT/MCTI (2017), principalmente utilizando um forno caieira. Apesar do consumo de lenha por fornada está centrado em pequenos valores, há alguns entraves encontrados no forno que afetam diretamente a qualidade dos produtos queimados. É constante encontrar rachaduras nas paredes do forno, onde ocorre grande perda de calor. A empresa realiza manutenção regularmente no forno, mas com a alta temperatura as paredes e as bocas das fornalhas não resistem muito tempo e esse problema sempre aparece.

Outro agravante é que os queimadores preenchem totalmente as fornalhas, o que dificulta a entrada de oxigênio e prejudica a eficiência da queima. Com o pequeno consumo de lenha por fornada registrado nas medições, observou-se que os tijolos não apresentavam boa resistência física, quebrando facilmente, além de muitos não apresentarem coloração avermelhada. Esse fato pode estar relacionado com a falta de lenha para conclusão do processo de queima das fornadas analisadas e, portanto, a sinterização dos produtos não ocorreu completamente.

4.3 PERDAS E GERAÇÃO DE RESÍDUOS

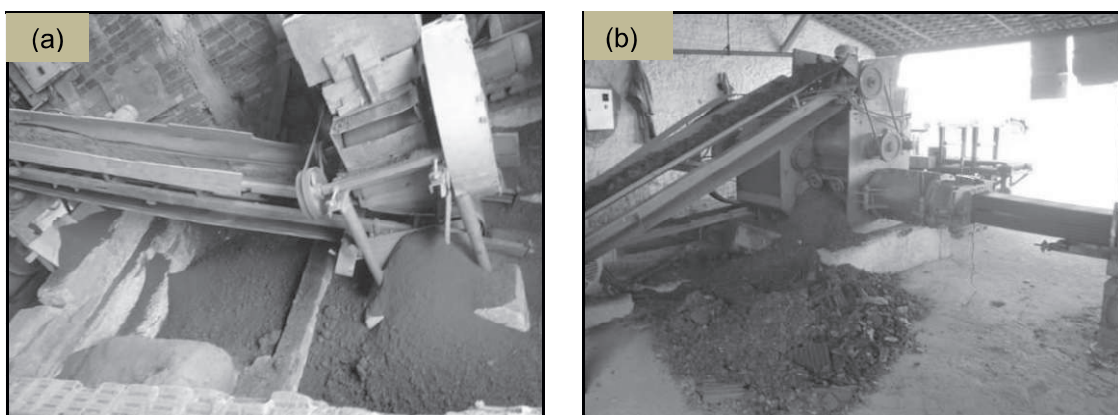
Os resíduos gerados na produção de artefatos cerâmicos nem sempre são de descarte total, pois se a perda ocorrer antes do processo de queima, a peça pode ser novamente incorporada ao processo, ocasionando apenas custos com energia elétrica, mão de obra e dependendo da etapa a ser incorporada, matriz energética.

4.3.1 Perdas de Matéria-Prima na Produção

As perdas registradas no processo produtivo são muito relevantes para o cálculo dos custos da produção. No entanto, as empresas não possuem um controle dessa perda, pois não consideram como perda e não percebem que a cada peça não conforme durante a produção acarreta custos com mão de obra, energia elétrica, água.

O retrabalho é um dos maiores gargalos encontrados nas empresas analisadas. Isso implica vários fatores incluídos como uma preparação inadequada da massa cerâmica com desintegração ineficiente e tempo de descanso da argila insuficiente para adequada homogeneização dos tipos de argila e decomposição da matéria orgânica presente. Na Figura 11(a) e (b) podem ser visualizadas as perdas ocorridas no processo produtivo, onde várias peças são perdidas e a massa volta para o início do processo.

Figura 11 – Perda de massa cerâmica durante o processo produtivo.



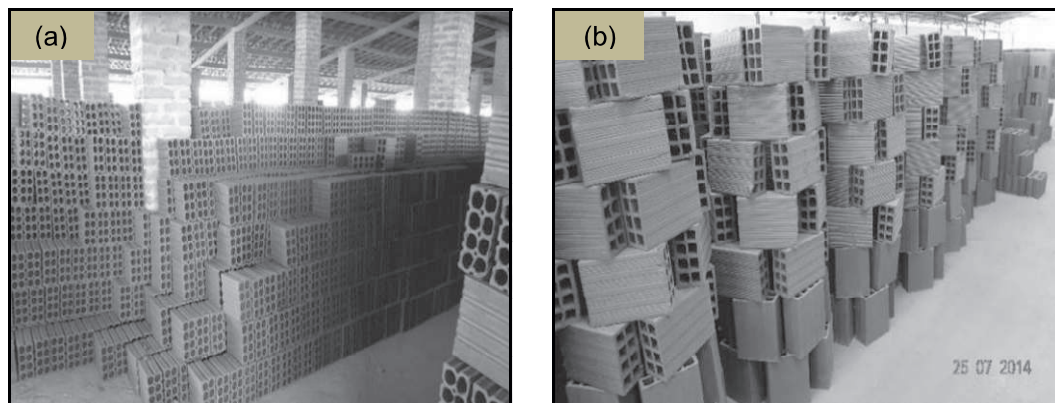
Fonte: Própria autoria (2014).

4.3.2 Perdas de Produtos na Secagem

A disposição das peças para secagem na Empresa A é de forma linear, conforme ilustrado na Figura 12(a), formando paredes de tijolos, onde o tempo de secagem no galpão é de 8 dias, considerado um tempo ideal. Algumas vezes ocorre de os produtos ficarem de 5 a 6 dias e depois serem levados ao pátio para secagem a céu aberto por 4 horas e, posteriormente, encaminhados para enforna.

A Empresa B dispõe suas peças em forma de torre, conforme ilustrado na Figura 12(b), e o tempo médio de secagem no galpão é de 6 dias, não sendo considerado um tempo adequado, pois pode favorecer o aparecimento de trincas após a queima. Muitas vezes ocorre de os produtos ficarem apenas de 2 a 3 dias no galpão de secagem e depois serem levados ao pátio para secagem a céu aberto por 4 horas em média e, posteriormente, serem encaminhados para enforna. Contudo, essa prática não foi considerada adequada e essa informação foi repassada ao empresário para atentar ao tempo mínimo necessário para secagem das peças adequadamente.

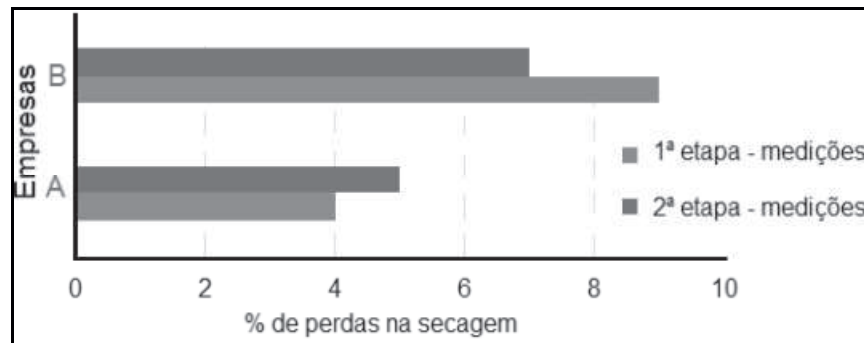
Figura 12 – Disposição das peças para secagem nas empresas: (a) Empresa A; (b) Empresa B.



Fonte: Própria autoria (2014).

Como a secagem utilizada nas empresas é natural o aconselhável seria que as peças saíssem da extrusora com umidade de 18 a 20%, para facilitar o processo. A alta umidade acarreta grande percentual de produtos para requeima e aumento no consumo de lenha por fornada. Na Figura 13 está representado o percentual da perda de produtos na secagem destinada ao início do processo produtivo.

Figura 13 – Percentual de peças destinadas ao início do processo produtivo oriundas da perda na secagem.



Fonte: Própria autoria (2014).

Na Figura 13 podemos visualizar que para a Empresa A, a perda dos produtos oriundos da secagem está em torno de 4 e 5% nas fases inicial e final das medições. Já para a Empresa B, esses valores são de 9 e 7% para as fases de medições, inicial e final, respectivamente. Para as duas empresas, esse indicador não foi mencionado no diagnóstico. Com esses valores podemos mensurar a quantidade de matéria-prima destinada ao retrabalho e o tempo gasto nessa tarefa.

A cada dia de produção são perdidas 850 peças na secagem (Empresa A), o que corresponde a 2,7 ton/dia de retrabalho. Já para a Empresa B o retrabalho na massa cerâmica corresponde a 2 ton/dia, que representa a produção de 720 peças. O tempo gasto com a produção dessas peças foram de 12 e 13 minutos para as empresas A e B, respectivamente.

Muitas vezes na secagem as peças são deformadas e/ou trincadas e, em seguida, reintroduzidas ao processo produtivo. O ideal é que essas peças sejam incorporadas na etapa de conformação da massa. No entanto, na maioria das vezes elas são introduzidas no misturador, ocasionando desgaste dos laminadores, maior consumo de energia elétrica e sobrecarga na maromba. Segundo Oliveira, (2013) a grande maioria das trincas, cerca de 90% são oriundas de problemas mecânicos e não relacionadas ao processo de secagem. Em seus estudos ele alega que as trincas de secagem são muito raras, representando apenas 1% de todas as deformações existentes e só aparecem nas paredes do bloco e não na intersecção de paredes. As trincas que aparecem nas intersecções são causadas pela movimentação das paredes trincadas. Na Figura 14 podem ser visualizadas as

peças inadequadas após o processo de secagem, e incorporadas à massa cerâmica para retrabalho.

Figura 14 – Perdas de produto na secagem.

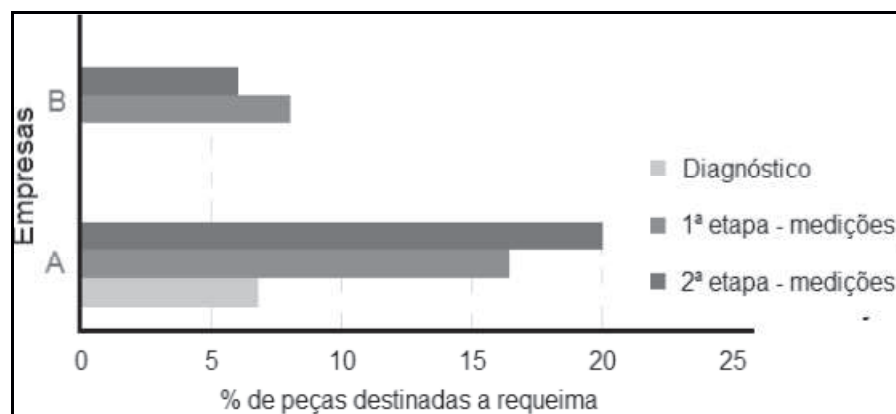


Fonte: Própria autoria (2014).

4.3.3 Produtos Destinados a Requeima

Quando não há tempo suficiente para uma adequada secagem das peças e as mesmas são enfiadas com umidade superior a 20%, muitas vezes não ocorre o cozimento adequado e o produto volta para uma requeima. Isso acarreta maior consumo da matriz energética, pois primeiramente a água das peças será eliminada para depois iniciar o processo de queima e sinterização do produto. Uma das grandes preocupações encontradas nas empresas era a queima, em que se atingiu um elevado percentual de produtos destinados a requeima. A Figura 15 apresenta o percentual de produtos destinados a requeima.

Figura 15 – Percentual de peças destinadas a requeima.



Fonte: Própria autoria (2014).

Para a Empresa A, a capacidade média de cada forno é de 15 milheiros de blocos cerâmicos e a média de produtos destinados a requeima informado no diagnóstico foi de 6,75%, na fase inicial das medições foi de 16,4% e na fase final esse valor aumentou para 20%, como é possível observar na Figura 15. Portanto, 3 milheiros são destinados a requeima a cada fornada, conforme dados obtidos nas medições realizadas. Esse percentual indica que é necessário o consumo de 4,1 st de lenha para requeimar esses produtos na próxima fornada.

Na Empresa B os fornos possuem capacidade para 38 milheiros de tijolos (9x9x19cm) e a média de produtos destinados a requeima não foi informado no diagnóstico. Na fase inicial o percentual foi de 8% e na fase final diminuiu para 6%, portanto, 2,3 milheiros são destinados a requeima a cada fornada, conforme medições realizadas. Esse percentual indica que 1,3 st de lenha foram queimados na próxima fornada para requeimar essas peças. Esse item demonstra a ineficiência do forno, assim como a enfora de produtos com umidade elevada, cerca de 12%, acarretando maior consumo de lenha e produtos com qualidade inferior.

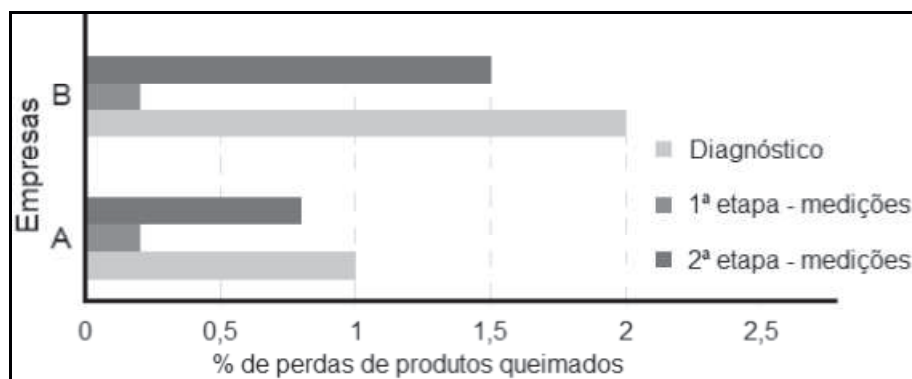
Na verdade, essas peças não são consideradas resíduos pois passam novamente pela queima para adquirirem coloração e características do produto. Essa etapa onera o processo produtivo, pois além de diminuir a quantidade de novas peças a serem inseridas no forno, há o consumo de lenha e o custo da mão de obra.

4.3.4 Perdas de Produtos Queimados

Na Empresa A existem 2 fornos do tipo caieira sendo a capacidade média de 15 milheiros cada. Semanalmente são queimados 5 fornos, portanto, 20 fornos mensais. No entanto, há meses em que são queimadas até 26 fornadas. A Empresa B possui 3 fornos com capacidade de 38 milheiros cada um. São queimados entre 2 e 3 fornos por semana, totalizando 10 fornos mensalmente. Porém, se houver aumento na procura dos produtos, a empresa realiza até 13 fornadas/mês.

Em relação às perdas de produtos por fornada, a Figura 16 apresenta o percentual de perdas de produtos após a queima, ou seja, o percentual de resíduos gerados.

Figura 16 – Percentual de perdas de produtos após a queima.



Fonte: Própria autoria (2014).

Para a Empresa A, o entrevistado indicou no diagnóstico que a margem de perda era de 1%. Na fase inicial das medições, constatou-se que esse percentual diminuiu para 0,2% e na fase final aumentou para 0,77%, o que é considerado pequeno pelo empresário. No entanto, se a cada fornada perde-se 0,77% (115 peças), mensalmente a perda em total de peças é de 2.310 peças, ou seja, 2,3 milheiros/mês. Em argila, a perda é de 616 toneladas e o consumo de lenha é de 3,0 st.m³.

Na Empresa B, às perdas de produtos por fornada indicadas no diagnóstico foi de 2%. Na fase inicial das medições esse percentual diminuiu para 0,2% e na fase final aumentou para 1,5%, sendo considerado um percentual mediano pelo empresário. Contudo, se por fornada a perda é de 1,5% (570 peças), mensalmente a perda em total de peças é de 5.700 peças, ou seja, aproximadamente 6 milheiros/mês. Em relação ao consumo de argila e matriz energética, essa perda equivale a 155 toneladas e 3,5 st de lenha.

Esses valores estão abaixo dos resultados de 3% obtidos por Holanda & Silva (2011) em seu estudo de caso das perdas de produtos acabados em duas empresas nos Municípios de Paudalho e Recife, Estado de Pernambuco. No entanto, esses resíduos podem ser triturados em moinhos de martelo e incorporados à massa cerâmica na proporção de 10% sem causar prejuízos à qualidade dos produtos, conforme Gouveia e Sposto (2009). Outra alternativa para minimizar o impacto ambiental provocado por esse material, é sua utilização na recuperação de estradas e rodagens na cidade da própria empresa para melhoramento das vias de acesso.

Na Figura 17 estão apresentadas as perdas (resíduos sólidos) geradas após a queima, para as empresas estudadas.

Figura 17 – Perdas de produtos após a queima (resíduos).



Fonte: Própria autoria (2014).

4.4 BOAS PRÁTICAS AMBIENTAIS

Para poder contribuir com o desenvolvimento sustentável, o setor cerâmico brasileiro tem realizado avanços no que se refere as questões ambientais, com destaque para a redução de emissão de gases poluentes, como resultado da transição para uma matriz energética verde, produzindo energia mais limpa e adotando processos mais sustentáveis (ANICER, 2013).

A extração da matéria prima é realizada por retroescavadeiras que deixam “buracos” ou “cavas” no solo explorado, suprimindo a vegetação, além de na maioria das vezes se localizarem próximas a cursos d’água. Portanto, é dever do empresário à recuperação da área explorada com o retorno do ambiente degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando à obtenção de uma estabilidade do meio ambiente (ANICER, 2013).

A Política Nacional de Meio Ambiente tratou a recuperação de áreas degradadas como princípio norteador das ações nacionais para a melhoria da qualidade ambiental. Dessa forma, a legislação ambiental garante a obrigatoriedade de ações que visem minimizar os impactos causados. Os projetos de recuperação geralmente dedicam essas áreas às atividades de piscicultura, fruticultura, eco turismo, pastagens ou florestas plantadas com vegetação nativa ou exótica (ANICER, 2013).

Para mitigar os problemas ocasionados pelo desmatamento algumas empresas têm adotado a utilização de biomassas renováveis descartadas pela agroindústria, além de resíduos da indústria moveleira, podas de árvores e lenha de áreas de reflorestamento ou manejo como combustível nos fornos das indústrias cerâmicas. Pois, além de não desmatarem as florestas nativas ainda absorvem e eliminam resíduos de outros segmentos industriais. A incorporação desses resíduos permite que a indústria de cerâmica vermelha reduza os custos, a quantidade de matéria-prima utilizada e o consumo de combustível, além de evitar que esses resíduos tenham destinação ecologicamente incorreta ou mais agressiva ambientalmente (ANICER, 2013).

Outras ações de Boas Práticas Ambientais (BPA) sugeridas por Everton et al. (2013) em relação a extração da matéria prima e insumos energéticos são:

- Promover a recomposição vegetal;
- Realizar o manejo correto do solo;
- Recompôr as áreas susceptíveis a erosão;
- Realizar estudos hidrológicos para verificar as situações do nível do lençol freático.
- Realizar plantações nas áreas exploradas;
- Implantar um viveiro de mudas com espécies nativas da região;
- Manter corredores verdes para a migração da fauna;
- Reintroduzir de espécies da fauna local e promover programas de reabilitação vegetal.

De acordo com Santos et al. (2017), o Ministério do Meio Ambiente desenvolve projetos de preservação para caatinga, que priorizam o manejo florestal madeireiro sustentável para a eficiência energética nas indústrias cerâmicas. Contudo, é necessário que as indústrias utilizem lenha legalizada, advinda de planos de manejo sustentável e que economizem este combustível nos seus processos produtivo. Conforme aponta Grigoletti e Sattler (2003), encontrar produtos para a construção que causem menos impactos ambientais é uma alternativa para se reduzir os danos ao ambiente natural, muito embora seja extremamente difícil identificar produtos economicamente e ambientalmente viáveis que possam ser substituídos.

Em relação aos resíduos sólidos gerados, o ceramista é responsável pelos resíduos da sua produção, de maneira que deverá gerenciá-los da melhor forma. A disposição dos resíduos deve seguir a lógica da priorização, conforme as diretrizes da Lei nº12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS): não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Os resultados obtidos referentes à avaliação dos aspectos e impactos ambientais indicam a necessidade de se estabelecer um plano de ação corretivo para o setor, especialmente relacionado ao monitoramento dos recursos hídricos e controle e fiscalização de fontes poluidoras das indústrias. Vale ressaltar que as pequenas e médias empresas também representam impactos ambientais significativos para a bacia, pois a maioria não possui sistemas de controle ou monitoramento ambiental, especialmente relacionados à geração de efluentes, os quais são gerados e lançados sem prévio tratamento nos corpos hídricos ou galerias pluviais (ANICER, 2013).

5 CONCLUSÕES

Após o estudo de campo, realizados nas cerâmicas denominadas de A e B, foi possível observar que as dificuldades e gargalhos enfrentados são muito semelhantes entre ambas. As duas Empresas trabalham muito abaixo de sua capacidade produtiva, 61% para a Empresa A e 32% para a Empresa B. Isso implica em um alto custo, visto que, energia elétrica, mão de obra e os custos com a matéria-prima e matriz energética não diminuem em função da baixa produtividade, pois muitas vezes, os problemas estão presentes no decorrer do processo de produção.

Em relação ao indicador argila consumida por produto queimado, a Empresa A trabalhava em média 63 toneladas diariamente, com 18 ton./dia perdidas em retrabalho, secagem inadequada, requeima e 0,8% com perdas de produtos queimados que geram os resíduos sólidos. Para a Empresa B, que apresentou produção média diária de 9 toneladas, 7,5 ton. eram destinadas ao retrabalho, requeima e 1,5% perdidos no processo de queima.

Ao analisar os resíduos gerados mensalmente pelas Empresas estudadas, no primeiro momento, não há grande impacto com os valores encontrados, mas, quando percebemos que a cada dia existe essa produção, nos deparamos com um grande problema ambiental, visto que, anualmente são perdidas 9.252 toneladas de argila, 78 st de lenha e a geração de 8,22 milheiros de resíduos.

Várias ações para melhoria das empresas foram repassadas, tais como, deixar a mistura preparada descansar por um período não inferior a duas semanas e cobri-la com lonas ou acondicioná-la em galpões; melhorar o processo de secagem, deixando as peças para secar por um período mínimo de oito dias; ajustar o *layout* de secagem das peças; só enformar peças com umidade inferior a 5%; realizar manutenção nos equipamentos; realizar análises laboratoriais na argila antes de utilizá-la no processo; realizar testes de resíduo da argila para atender a Norma ABNT/NBR 5734/1980 que determinam que o resíduo de impurezas contidos na matéria prima e adequar as peças prontas a Portaria do INMETRO nº 558, de 19 de novembro de 2013 que regulamenta a dimensão das peças.

As ações mitigadoras dos impactos ambientais provocados pela extração da argila e lenha foram baseadas em estudos realizados pelo Centro de Produção Industrial Sustentável (CEPIS), Instituto Nacional de Tecnologia (INT), Associação

Nacional da Indústria Cerâmica (ANICER), Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) e Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEG), que indicam para as áreas de extração da argila atividades de piscicultura, fruticultura, eco turismo, pastagens ou florestas plantadas com vegetação nativa ou exótica. Já para as áreas afetadas pelo desmatamento foram indicados o reflorestamento e o uso de novos insumos energéticos, com possibilidades da utilização dos resíduos de outras atividades industriais. No entanto, para esse último caso foi indicado realizar um estudo prévio para saber se esse insumo não é prejudicial ao meio ambiente e a população em geral.

REFERÊNCIAS

ABIKO, A. K. Utilização de cerâmica vermelha na construção civil. **Tecnologia de Edificações**. Projeto de divulgação tecnológica Lix da Cunha. PINI. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). Divisão de Edificações, p.107-110, São Paulo, SP, 1988.

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI. **Estudo Técnico setorial da Cerâmica Vermelha**. Brasília. (2016). Disponível em: http://www.abdi.com.br/Estudo/05prova_p%C3%A1gina%20%C3%BAnica%20-%20Cer%C3%A2mica%20Vermelha.pdf . Acesso em: 31 Mai. 2018.

ALENCAR-LINARD. Z. U. S.; SAEED-KAHN, A.; LIMA, P. V. P-S. Percepções dos impactos ambientais da indústria de cerâmica no município de Crato no estado do Ceará, Brasil. **Economía, Sociedad y Territorio**, v. 15, n. 48, p. 397-423, 2015. Disponível em: <http://www.redalyc.org/pdf/111/11135371005.pdf> Acesso em: 30 Abr. 2018.

AMORIM, F. S.; SOUZA, M. P.; BORGES, C. H. A.; COSTA, R. M. C.; VASCONCELOS, A. D. M. Impactos ambientais gerados no processo de produção de cerâmicas no extremo sul do Piauí. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos-PB, v.13, n.3, p.241-246, Jul./Set., 2017. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/892/pdf> Acesso em: 30 Mar. 2018.

ANDRADE, F. L. F. **Estudo da formulação de massas cerâmicas provenientes da região do Seridó-RN para fabricação de telhas**. 100f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2009. Disponível em: <ftp://ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/bdtd/FelipeLFA.pdf> Acesso em: 22 Abr. 2018.

Associação Brasileira de Cerâmica - ABC. **Informações técnicas: matérias-primas naturais**. (2010). Disponível em: http://www.abceram.org.br/asp/abc_53.asp Acesso em: 31 Mai. 2018.

Associação Nacional da Indústria Cerâmica - ANICER. **Cartilha Ambiental - Cerâmica Vermelha. Projeto Cerâmica Sustentável é + Vida**. Rio de Janeiro. (2013). Disponível em: <http://doczz.com.br/doc/307089/cartilha-ambiental---cer%C3%A2mica-vermelha> Acesso em: 2 Jan. 2018.

Associação Nacional da Indústria Cerâmica - ANICER. O suprimento de matérias-primas para a indústria de cerâmica vermelha no Brasil. **Revista da ANICER**. Ano 14, ed. 73, 2011.

BRASIL. (1965). Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Institui o Código Florestal Brasileiro**. Revogada pela Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Lei/1965/lei_4771_1965_rvgd_antigocodigoflorestal_rvgd_lei_12.pdf . Acesso em: 20 Mar. 2018.

BRASIL. (1981). Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm Acesso em: 01 Fev. 2018

BRASIL. (1986). Resolução nº. 1 de 23 de janeiro de 1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html> Acesso em: 15 Jun. 2018.

BRASIL. (2000). Lei nº 10.165 de 27 de dezembro de 2000. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L10165.htm. Acesso em 21: Mai. 2018.

BRASIL. (2005). Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 18 Jun. 2018.

BRASIL. (2010). Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm Acesso em: 15 Fev. 2018.

BRASIL. (2011). Resolução nº 436 de 22 de dezembro de 2011. **Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007.** Brasília, 22 de dezembro de 2011. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=660>. Acesso em: 20 Jun. 2018.

BRASIL. (2012). Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 18 de Jun. 2018.

Centro de Produção Industrial Sustentável – CEPIS. **Manual de Medições.** 38 p. Campina Grande-PB, 2012.

CHAVES, P. V., SANTOS, R. S. Estudo de Composições com Argila, objetivando um processo de fabricação eficiente. **Revista da Anicer**, Seção Artigo, ed. 42, 2006.

CORREIA FILHO, F. L. Projeto avaliação de depósitos minerais para a construção civil PI/MA. CPRM, v. 1. Teresina-PI, 1997.

Empresa de Pesquisa Energética - EPE. **Balanco Energético Nacional 2011: ano base 2010.** [S. l.]: 2011. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2011.pdf Acesso em: 26 Fev. 2018.

Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - ETENE. **Informe setorial cerâmica vermelha.** [S.l.]: Banco do Nordeste do Brasil S/A. Fortaleza, 2010. Disponível em:

http://www.banconordeste.gov.br/documents/88765/89729/ano4_n21_informe_setori_al_ceramica_vermelha.pdf/66eb35dc-dd49-420d-a921-26e9efc320d9 Acesso em: 26 Mar. 2018.

Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais - FIEMG. Fundação Estadual de Meio Ambiente - FEAM. **Guia técnico ambiental da indústria de cerâmica vermelha.** Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <http://www.sindicermg.com.br/estudante/GuiaAmbientaCeramicaVermelha.pdf> Acesso em: 26 Mai. 2018.

FERREIRA, E. P.; PANTALEÃO, F. S.; FERREIRA, J. T. P.; FERREIRA, A. C. Diagnóstico ambiental das áreas de extração de argila em município produtor de cerâmica vermelha. **Enciclopédia Biosfera.** Centro Científico Conhecer, v.8, n.14, p. 1143-1154, Goiânia, GO, 2012. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012a/ambientais/diagnostico%20ambiental.pdf> Acesso em: 26 Jan. 2018.

Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEAM. **Plano de Ação para Adequação Ambiental e Energética das Indústrias de Cerâmica Vermelha do Estado de Minas Gerais.** Minas Gerais, 2012.

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, out./dez. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ce/v55n336/12.pdf> Acesso em: 26 Jun. 2018.

GRIGOLETTI, G. C. **Caracterização de impactos ambientais de indústrias de cerâmica vermelha do Estado do Rio Grande do Sul.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. (2001). Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1753/000307557.pdf> Acesso em: 24 Mar. 2018.

GRIGOLETTI, G. C.; SATTLER, M. A. Estratégias ambientais para indústrias de cerâmica vermelha do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Ambiente Construído**, v. 3, n. 3, p. 19-32, Jul./Set. 2003. Disponível em: <http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3492> Acesso em: 16 Abr. de 2018.

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**, v. 04, p. 872-890, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/viewFile/232683/26695> Acesso em: 1 Abr. de 2018.

Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia-INMETRO. Portaria n.º 558 de 19 de novembro de 2013. **Aprova a Regulamentação Técnica para Componentes Cerâmicos para Alvenaria.** Rio de Janeiro-RJ. 2013. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002045.pdf> Acesso em: 21 Fev. 2018.

INT/MCTI. **Cerâmica Vermelha. Projeto EELA no Brasil**, 83 p. Rio de Janeiro-RJ, 2017. Disponível em: <http://www.int.gov.br/docman/biblioteca/1443-livro-cer%C3%A2mica-vermelha-%E2%80%93-projeto-eela-no-brasil/file> Acesso em: 11 Abr. de 2018.

INT/MCTI. **Manual para escolha da Biomassa Combustível em Indústrias de Cerâmica Vermelha no Nordeste** 1ª ed. Rio de Janeiro, 2016. 60 p. . Disponível em: <http://www.redladrilleras.net/assets/files/20b736251fff84c0666be74d39073d8f.pdf> Acesso em: 6 Abr. de 2018.

INT/MCTI. **Panorama da indústria de cerâmica vermelha na região Nordeste do Brasil**. Rio de Janeiro-RJ, 44 p. 2013.

INT/MCTI. **Panorama da indústria de cerâmica vermelha no Brasil**. Rio de Janeiro-RJ, 2012. 83 p. Disponível em: <http://www.redladrilleras.net/assets/files/b465b4c24c285ffe2194ca3a56ea6b00.pdf> Acesso em: 16 Mai. de 2018.

KUASOSKI, M.; OLIVEIRA, S. L. D.; SILVA, A. Q. **Impactos socioambientais no processo de extração e transporte da argila em indústrias de cerâmica vermelha**. In: Congresso Internacional de Administração. Ponta Grossa-PR, 2015. Disponível em: <http://www.admpg.com.br/2015/down.php?id=1394&q=1> Acesso em: 12 Mai. de 2018.

LEHMKUHL, W.A. Análise numérica e experimental de um secador contínuo tipo túnel utilizado na indústria de cerâmica vermelha. 113 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/87792> Acesso em: 13 Mai. de 2018.

LEMOS, H. M. **Avaliação de impacto ambiental**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro-RJ, 2008.

MACEDO, R. J. F.; SANTOS, R. S.; ARAÚJO, M. S. G.; OLIVEIRA, J. F.; MARINHO, R. M. M. Caracterização dos resíduos das indústrias cerâmicas estruturais da região do Cariri. **Caderno de Cultura e Ciência**, ano VII, v.11, n. 2, 2012. Disponível em: http://periodicos.urca.br/ojs/index.php/cadernos/article/view/521/pdf_1 Acesso em: 19 Mai. de 2018.

MACIEL, D. S. C.; FREITAS, L. S. Análise do processo produtivo de uma empresa do segmento de cerâmica vermelha à luz da Produção Mais Limpa. **Revista Produção Online**, v.13, n. 4, p. 1355-1380. Florianópolis, SC, 2013. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/download/1396/1079> Acesso em: 14 Mai. de 2018.

MANFREDINI, C. **Impactos ambientais causados pelas indústrias de cerâmica vermelha no Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS, 2003. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/117391/000375935.pdf?sequence=1> Acesso em: 6 Mai. de 2018.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. **Anuário Estatístico: Setor de Transformação de Não metálicos**. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Brasília: SGM. 87 p. 2011. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/10584/1865684/Anuario_Setor_Transformacao_Nao_Metalicos_2012_base_2011.pdf/0a0c955c-1144-480e-9470-e1ee00d0d19c Acesso em: 26 Mai. de 2018.

NetCeramics, Portal. Informações Técnicas - Processo de Fabricação. 2009(a). Disponível em <http://www.netceramics.com/InformacoesTecnicas/ProcessodeFabricacao/> Acesso em 14 Jun. 2018.

NUNES, M. B. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. Dossiê Técnico. **Impactos ambientais na indústria da cerâmica vermelha**. Rede de Tecnologia e Inovação do Rio de Janeiro - REDETEC. Rio de Janeiro-RJ, 2012. Disponível em: <http://docplayer.com.br/81092995-Digite-texto-impactos-ambientais-na-industria-da-ceramica-vermelha-monica-belo-nunes-rede-de-tecnologia-e-inovacao-do-rio-de-janeiro-redetec.html> Acesso em 28 Jun. 2018.

OLIVEIRA, A. A. **Tecnologia em Cerâmica**. Lavra, 186 p. Criciúma-SC, 2013.

OLIVEIRA, M. C.; MAGANHA, M. F. B. **Guia técnico ambiental da indústria de cerâmicas brancas e de revestimento**. CETESB. São Paulo, SP, 2006.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de Construção**. Globo, 5ª ed., 435 p. Porto Alegre, RS, 1980.

PRADO, A. D.; BEDOYA, R. N.; MERCURY, J. M. R. Influência da incorporação de chamote nas propriedades físico-mecânicas de materiais cerâmicos estruturais. **Engvista**, v. 18, n. 1, p. 158-173, jul., 2016. Disponível em: <http://periodicos.uff.br/engvista/article/view/9060/6533> <https://doi.org/10.22409/engvista.v18i1.712> Acesso em 26 Jun. 2018.

PRADO, U. S.; BRESSIANI, J. C. Panorama da indústria cerâmica Brasileira na última década. **Cerâmica Industrial**, v. 18, n. 1, p. 7-11. (2013). Disponível em: <http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v18n1/v18n1a01.pdf> Acesso em: 27 Mai. 2018

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos**. São Paulo: Oficina de textos, p. 495, 2008.

SANTOS Jr., E. L.; LIED, E. B.; ACERGO, C. V.; FAQUIM, V.; FRARE, P. R.; MOREJON, C. F. M. **Avaliação de impacto ambiental da indústria cerâmica estrutural como ferramenta da Produção Mais Limpa**. In: 6th International Workshop - Advances in Cleaner Production. Academic Work. São Paulo-SP, 2017. Disponível em: http://www.advancesincleanerproduction.net/sixth/files/sessoes/6A/7/santos_jr_el_et_al_academic.pdf Acesso em: 28 Mai. 2018

SANTOS, C. P.; OLIVEIRA, H. A.; OLIVEIRA, R. M. P. B.; MACEDO, Z. S. Caracterização de argilas calcárias utilizadas na produção de revestimentos cerâmicos no Estado de Sergipe – Brasil. **Cerâmica**, v. 62, p. 147-156, 2016. Disponível em:

<https://repositorio.ifs.edu.br/biblioteca/bitstream/123456789/538/1/argilas%20calc%C3%A1rias%20utilizadas%20na.pdf> <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132016623621983> Acesso em: 29 Mai. 2018

SANTOS, I. S. S., SILVA, N. I. W. **Avaliação do setor de cerâmica vermelha na região do vale do rio dos sinos – RS**. In: 39º Congresso Brasileiro de Cerâmica, v. 1, p. 395-400. Águas de Lindóia-SP, 1995.

SANTOS, I. S.; SILVA, N. I. W. **Manual de cerâmica vermelha**. UNISINOS/CIENTEC/SIOSES GS/SEBRAE-RS. Porto Alegre, RS, 1995.

Serviço Brasileiro de apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE. Cerâmica vermelha para construção: telhas, tijolos e tubos. **Estudos de mercados SEBRAE/ESPM**. (2008). Disponível em <http://sebraemercados.com.br/wp-content/uploads/2015/09/estudo-ceramica-vermelha.pdf> Acesso em: 16 Jan. 2018.

SILVA, V. P. **Impactos ambientais da expansão da cerâmica vermelha em Carnaúba dos Dantas – RN**. Holos, v. 3, p. 96-112, 2007. Disponível em: <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/133/121> Acesso em: 16 Fev. 2018.

TAPIA, R. S. E. C.; VILLAR, S. C.; HENRIQUE JR., M. F.; RODRIGUES, J. A. P.; FERREIRA Jr., J. A. **Manual para a indústria de cerâmica vermelha**. Rio de Janeiro: SEBRAE/RJ, 2000. 90 p.

TOFFOLI, M. S. **Materiais cerâmicos**. Poli USP, 43 p. São Paulo, SP, 1997.

VALE, S. A.; VARELA, M. L.; DUTRA, R. P. S.; NASCIMENTO, R. M.; PASKOCIMAS, C. A.; FORMIGA, F. L. A Minimização dos impactos ambientais causados pela produção de cerâmica vermelha com utilização da análise racional para formulações de massa. **Cerâmica Industrial**, v. 11, n. 5/6, p. 39-41, Set/Dez. 2006. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/marciovarela/disciplinas/artigos-publicados/a-minimizacao-dos-impactos-ambientais-causados-pela-producao-de-ceramica-vermelha-com-utilizacao-da-analise-racional-para-formulacoes-de-massa> Acesso em: 26 Fev. 2018.

VALICHESKI, R. R.; MARCIANO, C. R.; POCIANO, N. J. Avaliação econômica da reutilização de áreas degradadas pela extração de argila em Campos dos Goytacazes – RJ. **Revista Ceres**. ISSN 0034-737X 56(1): 001-008, 2009. Disponível em: <http://www.redalyc.org/pdf/3052/305226702001.pdf> Acesso em: 14 Fev. 2018.

VERÇOZA, E. J. **Materiais de Construção**. Sagra, 3ª ed., v. I e II. Porto Alegre, RS, 1987.

VIEIRA, C. M. F.; SOUZA, E. T. A.; MONTEIRO, S. N. **Efeito da incorporação de chamote no processamento e microestrutura de cerâmica vermelha**. Cerâmica, v. 50, n. 315, set. 2004, p. 254-260. Disponível em: <http://w.scielo.br/pdf/ce/v50n315/a1250315.pdf> Acesso em: 1 Fev. 2018.

Yin R. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2a ed. Porto Alegre: Bookman; 2001.