



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**Lanna Celly da Silva Nazário**

**CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV) DA PRODUÇÃO  
DE TELHAS CERÂMICAS NO MUNICÍPIO DE PARELHAS/RN**

**Natal**

**2019**

**Lanna Celly da Silva Nazário**

**CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV) DA  
PRODUÇÃO DE TELHAS CERÂMICAS NO MUNICÍPIO DE PARELHAS/RN**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil – ênfase em Materiais e Processos Construtivos.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luciana de Figueiredo Lopes Lucena

Natal

2019

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN  
Sistema de Bibliotecas - SISBI  
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Nazário, Lanna Celly da Silva.

Caracterização e Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) da produção de telhas cerâmicas no município de Parelhas/RN / Lanna Celly da Silva Nazário. - 2019.

171f.: il.

Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Natal, 2019.

Orientador: Luciana de Figueiredo Lopes Lucena.

1. Indústria cerâmica - Dissertação. 2. Cerâmica vermelha - Dissertação. 3. Impactos ambientais - Dissertação. 4. Avaliação do Ciclo de Vida - Dissertação. 5. Telhas Cerâmicas - Dissertação.  
I. Lucena, Luciana de Figueiredo Lopes. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 666.3

LANNA CELLY DA SILVA NAZÁRIO

**CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV) DA  
PRODUÇÃO DE TELHAS CERÂMICAS NO MUNICÍPIO DE PARELHAS/RN**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil – ênfase em Materiais e Processos Construtivos.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luciana de Figueiredo Lopes Lucena – Orientadora, UFRN

---

Prof. Dr. Luiz Alessandro Pinheiro da Câmara de Queiroz – Examinador  
interno, UFRN

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Coutinho Nóbrega – Examinador externo, UFPB

**Natal, 31 de julho de 2019.**

Dedico este trabalho a meus pais, irmãos e sobrinhos; eles são rocha e fortaleza em minha vida.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, meu Amado Pai, por ser fonte de força e sabedoria. À mãe Santíssima, Nossa Senhora, por ser minha advogada em todas as situações e ser minha eterna intercessora.

Aos meus pais, Joana e Lázaro, por terem desde sempre depositado confiança em mim, apoiado e financiado todas as etapas da minha educação. E principalmente por serem meus maiores exemplos de retidão e honestidade.

Aos demais membros da minha família, em particular aos meus irmãos Felipe, Lázaro e Gabriel por me ajudarem a suportar todas as coisas.

Ao meu namorado, Eryson Alan, por todo companheirismo durante esta trajetória, por ser meu porto-seguro e fiel amigo em todas as ocasiões.

À minha professora orientadora, Luciana Lucena, pela ajuda na escolha do tema, ensinamentos e brilhantes contribuições no transcorrer da elaboração do trabalho.

Aos professores, Sávio e Vera Lúcia, pelas contribuições que gentilmente realizaram durante o exame de qualificação. Aos professores, Cláudia Coutinho e Luiz Alessandro, por aceitarem participar da banca de defesa e disponibilidade em contribuir para o enriquecimento do trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFRN e aos professores que dele fazem parte. Aos meus colegas de curso, em especial a Emili, Larissa, Leidian e Adna, por tornarem essa caminhada menos pesada.

Aos Bolsistas Ygor, Amanda e Vinicius por me ajudarem em tudo que foi possível na elaboração do trabalho. Ao aluno Neto que prontamente me ajudou na elaboração dos mapas.

Por fim, à Associação Ceramista do Seridó (ACESE) que forneceu todos os dados solicitados e as cerâmicas que se dispuseram a participar da pesquisa.

“Mas agora, ó Senhor, tu és  
nosso Pai; nós o barro e tu o  
nosso oleiro; e todos nós a  
obra das tuas mãos.”

Isaías 64:8

# **CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV) DA PRODUÇÃO DE TELHAS CERÂMICAS NO MUNICÍPIO DE PARELHAS/RN**

**Lanna Celly da Silva Nazário**

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Luciana de Figueiredo Lopes Lucena

## **RESUMO**

A indústria da cerâmica vermelha possui grande importância econômica no setor industrial do Estado do Rio Grande do Norte. O município de Parelhas/RN tem se destacando como o principal produtor estadual, estando inserido no maior polo de produção de peças cerâmicas do Estado, o Seridó. A produção de peças cerâmicas, como qualquer outra atividade industrial, gera impactos ao meio ambiente decorrentes da extração de recursos naturais como lenha, argila e água, além da emissão de gases poluentes no processo de queima das peças. A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) abrange os aspectos e os impactos ambientais potenciais no decorrer de todo o ciclo de vida de um produto, considerando os fluxos de entradas e saídas de materiais e energia. Diante disso, este estudo tem como objetivo caracterizar a indústria cerâmica e realizar a ACV da produção de telhas cerâmicas do município de Parelhas/RN. Na primeira etapa da pesquisa realizou-se a caracterização da indústria local, através de uma pesquisa exploratória com realização de um estudo de múltiplos casos. A segunda etapa da pesquisa teve como referência normativa as normas ABNT ISO 14040:2014 e ABNT ISO 14044:2014 que tratam da ACV. O estudo de ACV foi realizado com uma abordagem do berço ao portão da fábrica, contemplando as etapas: extração das matérias-primas, transporte da matéria-prima e produção das telhas cerâmicas; com a realização da comparação do desempenho ambiental da produção de telha cerâmicas em duas cerâmicas típicas da região, uma com o uso predominante de lenha no processo de queima e outra com substituição parcial da lenha por pó de madeira. A caracterização da indústria indica que as cerâmicas do município possuem acentuada produção de telhas cerâmicas e utilizam nas etapas do processo produtivo insumos extraídos



na região do Seridó. Os resultados da ACV indicam que a produção de telhas cerâmicas possui potencial contribuição para o aquecimento global e o processo da queima é o que possui maior influência.

**Palavras-chave:** Indústria cerâmica. Cerâmica vermelha. Impactos ambientais. Avaliação de Ciclo de Vida. Telhas cerâmicas.

# LIFE CYCLE ASSESMENT (LCA) AND CHARACTERIZATION OF THE PRODUCTION OF CERAMIC TILES IN THE COUNTY OF PARELHAS/RN.

**Lanna Celly da Silva Nazário**

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Luciana de Figueiredo Lopes Lucena

## **ABSTRACT**

*The red ceramics industry has great economic importance in the industrial sector in Rio Grande do Norte. The County of Parelhas/RN stands out as the main state producer, which is inserted in the biggest ceramic pole of the state, the Seridó. The Life Cycle Assesment (LCA) covers the potential environmental aspects and impacts throughout the life cycle of a product, considering the input and output flows of materials and energy. Therefore, this study aims to characterize the ceramics industry and perform a LCA of the production of ceramic tiles in the county of Parelhas/RN. In the first stage of the research the characterization of the local industry was carried out, through an exploratory research with the study of multiple cases. The second stage of the research had the ABNT ISO 14040:2014 and the ABNT ISO 14044:2014 standards, that manage the LCA, as normative reference. The LCA was performed with a from cradle to factory gate approach, contemplating the steps: extraction of raw materials, transportation of raw material and production of ceramic tiles, comparing the environmental performance of the production of two ceramics. The characterization of industry indicates that the ceramics of the county have an accentuated production of ceramic tiles and use inputs extracted in the region of Seridó in the stages of productive process. The results of the LCA indicate that the production of ceramic tiles has a potential contribution to global warming process is the one that has the greatest influence.*

**Key-words:** Ceramic industry. Red ceramics. Environmental impacts.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Principais polos nacionais produtores de cerâmica vermelha.....	10
Figura 2: Distribuição das principais bacias sedimentares brasileiras, portadoras de depósitos de argila para uso em cerâmica vermelha.....	11
Figura 3: Distribuição das cerâmicas no Rio Grande do Norte. ....	14
Figura 4: fluxo dos processos produtivos da indústria cerâmica. ....	17
Figura 5: Ciclo de vida dos produtos. ....	26
Figura 6: Metodologia de avaliação de ciclo de vida. ....	29
Figura 7: Fluxo das etapas metodológicas da pesquisa. ....	38
Figura 8: Mapa do Rio Grande do Norte, com destaque a região do Seridó....	39
Figura 9: Núcleo de desertificação do semiárido do RN e da PB.....	40
Figura 10: Fluxo das etapas da caracterização da indústria cerâmica local. ....	42
Figura 11: Etapas realizada no estudo de múltiplos casos.....	45
Figura 12: Fluxo das etapas de avaliação de ciclo de vida. ....	47
Figura 13: Fronteiras do sistema da cadeia produtiva de telha cerâmica. ....	49
Figura 14: Procedimentos simplificados para análise de inventário. ....	52
Figura 15: Diagrama de Fluxo de Vida (DFV).....	53
Figura 16: Fluxo da etapa de interpretação dos resultados.....	56
Figura 17: Distribuição espacial das cerâmicas no Município de Parelhas/RN.	60
Figura 18: Locais de extração da argila para as cerâmicas de Parelhas/RN. ....	66
Figura 19: Locais de extração de lenha para abastecimento das cerâmicas do município de Parelhas/RN.....	68
Figura 20: Distribuição espacial das cerâmicas em relação aos corpos hídricos. ....	72
Figura 21: Processo produtivo genérico da produção de peças cerâmicas no município de Parelhas/RN.....	74
Figura 22: DFV do processo elementar de extração da argila, cerâmicas A e B. ....	84
Figura 23: DFV do processo elementar de transporte da argila das cerâmicas A e B. ....	85
Figura 24: DFV do sazonalidade da argila das cerâmicas A e B. ....	86

Figura 25: DFV do processo de alimentação das cerâmicas A e B. ....	87
Figura 26: Diagrama de Sankey: emissão atmosférica da cerâmica A. ....	88
Figura 27: Diagrama de Sankey: emissão atmosférica da cerâmica B. ....	88
Figura 28: DFV da homogeneização da argila da cerâmica A.....	89
Figura 29: DFV da homogeneização da argila da cerâmica B.....	89
Figura 30: Diagrama de Sankey: emissão atmosférica da cerâmica B. ....	90
Figura 31: DFV do processo elementar 06: laminação da argila, cerâmicas A e B.....	91
Figura 32: DFV do processo elementar de extrusão da argila, cerâmicas A e B. ....	92
Figura 33: DFV do processo elementar de secagem, cerâmicas A e B. ....	93
Figura 34: DFV do processo elementar de queima das peças, cerâmica A. ....	94
Figura 35: DFV do processo elementar de queima das peças, cerâmica B. ....	94
Figura 36: Diagrama de Sankey: emissão atmosférica da cerâmica A no processo da queima. ....	95
Figura 37: Diagrama de Sankey: emissão atmosférica da cerâmica B no processo da queima. ....	96
Figura 38: Diagrama de fluxo de vida do processo elementar da moagem de resíduos.....	96
Figura 39: DFV do processo elementar de descarte dos resíduos sólidos.....	97
Figura 40: Entradas e saídas dos processos produtivos das cerâmica A e B...99	
Figura 41: Diagrama de Sankey das emissões atmosféricas por matriz energética, cerâmica A. ....	103
Figura 42: Diagrama de Sankey para emissões atmosféricas por matriz energética, cerâmica B. ....	103
Figura 43: Diagrama de Sankey distribuição da geração de energia por fonte energética, cerâmica A. ....	104
Figura 44: Diagrama de Sankey distribuiçãoogeração de energia por fonte energética, cerâmica B. ....	105

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Segmentos do Setor Cerâmico.....	8
Tabela 2: Produção nacional de peças de cerâmica vermelha. ....	12
Tabela 3: Quantificação das entradas e saídas do processo elementar de extração de matéria-prima, cerâmica A e B. ....	85
Tabela 4: Quantificação de entradas e saídas do processo transporte da argila para cerâmica A e para cerâmica B.....	86
Tabela 5: Quantificação de entradas e saídas do sazonalamento da cerâmica A e cerâmica B. ....	87
Tabela 6: Quantificação de entradas e saídas da alimentação, cerâmica A e cerâmica B. ....	88
Tabela 7: Quantificação de entradas e saídas da homogeneização da argila da cerâmica A e cerâmica B. ....	90
Tabela 8: Quantificação de entradas e saídas da laminação da argila da cerâmica A e cerâmica B. ....	91
Tabela 9: Quantificação das entradas e das saídas da extrusão da argila da cerâmica A e cerâmica B. ....	92
Tabela 10: Quantificação das entradas e das saídas da secagem da argila da cerâmica A. ....	93
Tabela 11: Quantificação das entradas e das saídas da queima, cerâmica A e cerâmica B. ....	95
Tabela 12: Quantificação de entradas e saídas da moagem dos resíduos, cerâmica A. ....	97
Tabela 13: Quantificação de entradas e saídas do processo elementar de descarte dos resíduos sólidos de cerâmica B.....	97
Tabela 14: Agregação dos dados de entradas e saídas na produção de telha cerâmica, cerâmica A e cerâmica B. ....	98
Tabela 15: Contribuição percentual das entradas e saídas do ICV para os processos elementares da cerâmica A. ....	117
Tabela 16: Contribuição percentual das entradas e saídas do ICV para os processos elementares da cerâmica B. ....	118
Tabela 17: Análise de completeza dos dados do ICV. ....	119



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais estudos sobre ACV na década de 1990 e início dos anos 2000 .....	24
Quadro 2: Softwares de apoio a ACV. ....	33
Quadro 3: Estudos de ACV aplicados a construção civil no Brasil.....	34
Quadro 4: Atividade realizada pelos funcionários das cerâmicas. ....	64
Quadro 5: Descrição dos fornos utilizados no município de Parelhas/RN para produção de peças cerâmicas.....	71
Quadro 6: Caracterização preliminar das empresas.....	76
Quadro 7: Extração da matéria-prima: argila. ....	77
Quadro 8: Consumo de água.....	78
Quadro 9: Queima das peças cerâmicas.....	79
Quadro 10: Venda das peças cerâmicas.....	80
Quadro 11: Comparação entre as cerâmicas A, B, C e D quanto ao uso de alternativas em substituição ao uso da lenha e argila.....	81
Quadro 12: Propostas de melhorias ambientais para a fabricação de peças cerâmicas.....	124

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Cerâmicas nos municípios do Seridó/RN.....	41
Gráfico 2: Cerâmicas em atividade no município de Parelhas/RN nos últimos 30 anos.....	61
Gráfico 3: Comparativo entre a quantidade de funcionários e a quantidade de peças produzidas mensalmente.....	63
Gráfico 4: a) Percentual de produtos cerâmicos produzidos no Seridó, b) Percentual de produtos cerâmicos produzidos em Parelhas/RN. ....	65
Gráfico 5: Consumo de lenha por produção de peças cerâmicas.....	69
Gráfico 6: Fornos utilizados na produção de peças cerâmicas no município de Parelhas/RN.....	70
Gráfico 7: Consumo de óleo diesel por processo para as cerâmicas A e B. ....	99
Gráfico 8: Consumo de energia elétrica por processo, cerâmicas A e B. ....	100
Gráfico 9: Consumo de recursos naturais, cerâmica A e B. ....	101
Gráfico 10: Emissão de Dióxido de carbono por processo, cerâmica A e B. ..	102
Gráfico 11: Influência da acidificação nas cerâmicas A e B. ....	106
Gráfico 12: Potencial acidificação nos processos elementares das cerâmicas A e B. ....	107
Gráfico 13: Índice de contribuição para eutrofização aquática, cerâmicas A e B. ....	108
Gráfico 14: Contribuição dos processos elementares na eutrofização aquática. ....	109
Gráfico 15: Influência para o aquecimento global para as cerâmicas A e B. ....	110
Gráfico 16: Contribuição dos processos de fabricação de telhas cerâmicas ao aquecimento global.....	111
Gráfico 17: Influência da formação de ozônio foto químico na produção de telhas. ....	113
Gráfico 18: Influência dos processos elementares na formação de ozônio fotoquímico na produção de peças cerâmicas.....	113
Gráfico 19: Influência na formação de ozônio fotoquímico na produção de telhas cerâmicas. ....	114



Gráfico 20: Influência na formação de ozônio fotoquímico na produção de telhas cerâmicas. ....	115
Gráfico 21: Verificação de sensibilidade do potencial de acidificação.....	121
Gráfico 22: Verificação de sensibilidade dos resultados da eutrofização. ....	121
Gráfico 23: Verificação de sensibilidade para a categoria aquecimento global. ....	122

**LISTA DE ABREVIações**

ABCERAM	Associação Brasileira de Cerâmica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial.
ACESE	Associação Ceramista do Seridó.
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida.
ADESE	Agência do Desenvolvimento do Seridó.
AICV	Avaliação de Impactos de Ciclo de Vida.
ANFACER	Associação Nacional Dos Fabricantes de Cerâmica
ANICER	Associação Nacional da Industria Cerâmica
APL	Arranjos Produtivos Locais.
BEN	Balanço Energético Nacional
BNB	Banco do Nordeste Brasileiro.
CEP	Comitê em Ética da Pesquisa.
CNS	Conselho Nacional de Saúde
CONMETRO	Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
DFV	Diagrama de Fluxo de Vida.
DMPN	Departamento Nacional de Produção Mineral.
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
EC	Comissão Europeia.
EPA	<i>Environmental Protection Agency.</i>
FIERN	Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Norte

HUOL	Hospital Universitário Onofre Lopes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICV	Inventário de Ciclo de Vida.
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciências e Tecnologia.
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
ISO	<i>Internacional Organization for Standardization.</i>
MMA	Ministério do Meio Ambiente.
MME	Ministério de Minas e Energia.
MCMV	Minha Casa Minha Vida.
NBR	Norma Técnica.
NREL	<i>National Renewable Energy Laboratory.</i>
MS	Ministério da Saúde
PAN	Programa de Ação Nacional Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca.
PBACV	Programa Brasileiro de Avaliação de Ciclo de Vida.
RN	Rio Grande do Norte.
RQD	Requisitos de Qualidade dos Dados
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SICV	Banco Nacional de Inventários de Ciclo de Vida.
UF	Unidade Funcional
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 .....	1
INTRODUÇÃO .....	1
1.1 JUSTIFICATIVA .....	3
1.2 OBJETIVO.....	4
1.2.1 Objetivo geral .....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....	5
CAPÍTULO 2 .....	7
CERÂMICA VERMELHA.....	7
2.2 CERÂMICA VERMELHA.....	7
2.3 A INDÚSTRIA DA CERÂMICA VERMELHA NO BRASIL.....	8
2.3.1 Indústrias de cerâmica vermelha no Nordeste .....	12
2.2.2 Industria de cerâmica vermelha no Rio Grande do Norte .....	13
2.4 PROCESSO PRODUTIVO DAS PEÇAS DE CERÂMICA VERMELHA..	16
2.5 IMPACTOS ASSOCIADOS A INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA	19
CAPÍTULO 3 .....	23
AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA.....	23
3.1 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA .....	23
3.1.1 Metodologia de avaliação do ciclo de vida segundo as Normas ABNT NBR ISO 14040 e ISO 14044 .....	28
3.1.2 Ferramentas de apoio a ACV.....	32
3.2 APLICAÇÃO DE ACV NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	34
3.2.1 Aplicação de estudos de ACV na indústria de cerâmica vermelha .....	36
CAPÍTULO 4 .....	38

METODOLOGIA.....	38
4.1 IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	39
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO ARRANJO PRODUTIVO LOCAL (APL) DE CERÂMICA VERMELHA EM PARELHAS/RN.....	41
4.2.1 Pesquisa bibliográfica .....	42
4.2.2 Pesquisa de campo .....	43
4.3 AVALIAÇÃO DE QUATRO EMPRESAS.....	44
4.4 METODOLOGIA PARA APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV) EM DUAS CERÂMICAS DO MUNICÍPIO DE PARELHAS/RN.....	47
4.4.1 Definição de objetivo e escopo.....	48
4.4.1.1 Objetivo da ACV .....	48
4.4.1.2 Escopo.....	48
4.4.2 Análise de inventário de Ciclo de vida.....	51
4.4.2.1 Dados secundários de emissões atmosféricas. ....	54
4.4.2.2 <i>Software</i> OpenLCA 1.8.....	54
4.4.3 Avaliação de impactos ambientais de ciclo de vida (AICV).....	55
4.4.4 Interpretação do ciclo de vida .....	56
4.5 MELHORIAS PARA CADEIA PRODUTIVA DA CERÂMICA VERMELHA..	57
CAPÍTULO 5 .....	58
INDUSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA EM PARELHAS/RN .....	58
5.1 ARRANJO PRODUTIVO LOCAL (APL) DE INDÚSTRIAS DE CERÂMICA VERMELHA EM PARELHAS/RN.....	58
5.1.1 Perfil das empresas .....	61
5.1.2 Perfil tecnológico.....	65
5.1.2.1 Extração da matéria-prima para a produção das peças cerâmicas .....	65
5.1.2.2 Fontes energéticas para queima das peças cerâmicas .....	67
5.1.2.3 Fornos utilizados no processo da queima das peças cerâmicas .....	70

5.1.2.4 Abastecimento de água.....	72
5.1.2.5 Processo produtivo genérico das cerâmicas do município de Parelhas/RN .....	73
5.1.3 Perfil mercadológico.....	75
5.2 AVALIAÇÃO DE QUATRO FÁBRICAS CERÂMICAS.....	75
5.2.1 Comparação entre os casos A, B, C e D. ....	81
CAPÍTULO 6.....	83
ACV DAS TELHAS CERÂMICAS PRODUZIDAS NO MUNICÍPIO DE PARELHAS/RN.....	83
6.1. ANÁLISE DO INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA (IVC) DAS TELHAS CERÂMICAS.....	83
6.1.1 Processo elementar de extração de matéria-prima nas cerâmicas A e B	84
6.1.2 Processo elementar de transporte da argila para as cerâmicas A e B ....	85
6.1.3 Processo elementar de sazonalidade da argila.....	86
6.1.4 Processo elementar de alimentação.....	87
6.1.5 Processo elementar de homogeneização da argila .....	89
6.1.6 Processo elementar de laminação da argila.....	91
6.1.7 Processo elementar da extrusão da argila.....	92
6.1.8 Processo elementar de secagem das peças moldadas .....	92
6.1.9 Processo elementar de queima das peças.....	93
6.1.10 Processo elementar da moagem de resíduos.....	96
6.1.11 Processo elementar de descarte dos resíduos da cerâmica B.....	97
6.1.12 Agregação dos dados do inventário.....	98
6.2 AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO CICLO DE VIDA DAS TELHAS CERÂMICAS.....	105
6.2.1 Potencial de acidificação.....	105
6.2.2 Eutrofização .....	107

6.2.3	Aquecimento global .....	110
6.2.4	Formação de ozônio fotoquímico – impacto na saúde humana e materiais .....	112
6.2.5	Formação de ozônio fotoquímico - impacto na vegetação.....	114
6.3.	INTERPRETAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DA CADEIA PRODUTIVA DA TELHA CERÂMICA.....	115
6.3.1.	Identificação das questões significativas.....	116
6.3.2.	Avaliação do estudo .....	119
6.3.2.1.	Verificação de completeza .....	119
6.3.2.2.	Verificação de sensibilidade .....	120
6.3.2.3.	Verificação de consistência .....	122
6.3.3.	Conclusões, limitações e recomendações .....	123
6.4	MELHORIAS PARA CADEIA PRODUTIVA DA CERÂMICA VERMELHA	124
	CAPÍTULO 7 .....	127
	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	127
	REFERÊNCIAS.....	130
	ANEXO A.....	138
	APÊNDICE A.....	142
	APÊNDICE B.....	144

## CAPÍTULO 1

# INTRODUÇÃO

Há registros de artefatos cerâmicos produzidos pelos homens em diversas civilizações antigas, os quais contam muito sobre a história e evolução dos povos. Expressando-se pelo barro, o homem deixou vestígios da produção cerâmica desde a pré-história. O que antes eram apenas artefatos utilizados nos afazeres domésticos, com o desenvolvimento tecnológico, hoje possuem diversas aplicações.

O setor cerâmico apresenta diversos segmentos, entre os quais destaca-se a produção de cerâmica vermelha. A Indústria da Cerâmica Vermelha é responsável pela produção de artefatos, que adquirem coloração avermelhada após a queima da argila ou mistura dela, como tijolos, telhas, blocos estruturais, entre outros.

No que diz respeito a cerâmica vermelha no Brasil, Bustamante e Bressian (2000, p 36) apontam que “o Brasil possui um importante parque fabril no setor cerâmico, tendo produtos de alta qualidade e preços competitivos a nível mundial”. Um dos fatores que corroboram para isso é que o Brasil possui em abundância a principal matéria-prima necessária para a fabricação desses produtos, a argila, que é encontrada em jazidas em praticamente todo território nacional.

Certas características da indústria cerâmica no Brasil, em particular a de cerâmica vermelha, vêm sendo estudadas ao longo dos anos. Estudos versam principalmente sobre o panorama da indústria cerâmica (BUSTAMENTE e BRESSIANI, 2000; GESICKI, BOGGIANI e SALVETTI, 2002; PRADO e BRESSIANI, 2014), as estratégias tecnológicas da indústria de cerâmica vermelha (JUSSANI et al., 2012), o processo produtivo (TAVARES e GRIMMER, 2002), a matéria-prima da produção da cerâmica vermelha (PAZ, HOLANDA e AL-DEIR., 2015), a eco-inovação na produção (FARIAS et al., 2012) a capacitação e inovação da indústria da cerâmica vermelha no Nordeste (ASSUNÇÃO e SICSÚ, 2001), entre outros.



No Rio Grande do Norte a indústria da cerâmica vermelha ocupa posição de destaque na economia como um dos principais produtores industriais. Conseqüentemente, gera emprego e renda nas localidades onde se insere. A produção cerâmica é pulverizada entre os municípios do Estado e está presente em todas as regiões. No entanto, se sobressaem como polos industriais as regiões do Seridó e do Vale do Açu, que apresentam, respectivamente, a maior produção de telhas e a maior produção de tijolos do estado.

Segundo dados da Federação das Indústrias do Rio Grande do Norte – FIERN (FIERN, 2013), a região do Seridó é responsável por 50,6% das unidades fabris e 49,5% dos empregos da cerâmica vermelha em todo Estado. O município de Parelhas/RN, localizado na região do Seridó, aparece como o maior produtor estadual. De acordo com o estudo, a região agrega 17,7% das unidades fabris e 18,3% dos empregos gerados pela indústria de cerâmica vermelha.

Diante de sua importância para produção cerâmica no Estado, o município tem sido objeto de estudos que buscam observar aspectos relacionados aos impactos decorrentes da indústria cerâmica na região. Destacam-se os estudos a respeito da caracterização do produto cerâmico (TAVARES e SILVA, 2007), do circuito espacial das fábricas (NASCIMENTO, 2011), da percepção da desertificação e mudança de paisagem (ARAÚJO, 2016), das alterações climáticas (SANTOS, 2017) e do perfil térmico dos fornos (SILVA, 2014).

A produção de materiais de cerâmica vermelha, como qualquer outra atividade industrial, causa perturbações que alteram as características naturais do meio ambiente trazendo como consequência impactos ambientais negativos. Os impactos ambientais decorrentes das atividades da indústria de cerâmica vermelha são abordados em diversos estudos, indicando que os principais impactos negativos são relacionados ao consumo de recursos naturais, as fontes energéticas usadas na produção da peças cerâmicas, a geração de resíduos sólidos e a emissão gasosa em diversas etapas do processo produtivo (MANFREDINI, 2003; ALMEIDA, SOARES E MOURA, 2014; ALENCAR-LINARD; SAEED-KHAN e LIMA., 2015).

Entre os métodos de avaliação de impactos ambientais, destaca-se a metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) normatizada pelas ISO 14040

(ABNT, 2014a) e ISO 14044 (ABNT, 2014b). A ACV trata da compilação dos fluxos das entradas e das saídas de energia e matéria-prima nos processos que estão associados a um produto ao longo do seu ciclo de vida. O ciclo de vida corresponde aos estágios consecutivos e interligados de um produto, desde a extração de matéria-prima ou transformação de recursos naturais, até a disposição final do produto na natureza (ABNT, 2014a).

Dentro da cadeia produtiva da construção civil, a indústria da cerâmica vermelha foi uma das pioneiras em estudar a ACV em seus produtos (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA, 2017). Alguns estudos de ACV já realizados com a indústria cerâmica são sobre a comparação entre blocos estruturais de concreto e cerâmicos (MASTELLA, GLEIZE e SOARES, 2001; GRIGOLETTI e SATTLER, 2004; CARMINATTI JÚNIOR, 2012), as emissões (CALDAS E SPOSTO, 2017), a contribuição dos processos da indústria cerâmica para os impactos ambientais (BOVEA, SAURA, FERRERO e GINER; 2007), as telhas cerâmicas (PINI, 2014; IBANEZ-FOREZ, BOVEA e SIMÓ, 2011; SOUZA et al., 2016) e os blocos cerâmicos (SOUZA et al., 2015).

## **1.1 JUSTIFICATIVA**

O município de Parelhas/RN, maior produtor de peças de cerâmica vermelha do Estado, faz parte de uma área reconhecida internacionalmente como Núcleo de Desertificação. A atividade de mineração da extração da argila, principal matéria-prima para a produção de peças cerâmicas e a inserção do principal polo ceramista do Estado em um território com alta susceptibilidade à desertificação como a Região do Seridó, onde se registram os mais altos níveis de susceptibilidade (muito grave e intenso) podem ser potenciais responsáveis pela configuração de um núcleo de desertificação (BRASIL, 2004).

A escolha de Parelhas/RN para realização da pesquisa baseia-se em alguns fatores: estar entre os municípios que o Programa de Ação Nacional Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN Brasil) indica como área piloto para investigação sobre desertificação no Semi-árido brasileiro; ser o principal

produtor de telha cerâmica do Estado; usar a argila como principal matéria-prima e a lenha como principal fonte de energia para produção de peças cerâmicas.

De acordo com Medeiros (2004), a produção ceramista é tida por estudiosos da área como a atividade que mais contribui para degradar a região do Seridó noroeste-grandense. Apesar de já terem sido desenvolvidos estudos no município de Parelhas/RN com enfoque ambiental na produção da indústria de cerâmica vermelha, não existem trabalhos que abordem os aspectos ambientais de forma sistemática, com a utilização da metodologia de ACV.

Os estudos de ACV na indústria cerâmica vermelha, no Brasil, estão, em sua maioria, concentrados nas cerâmicas das Regiões Sul e Sudeste, que possuem características que, muitas vezes, não se assemelham com a realidade vivida no Seridó Potiguar e no Nordeste Brasileiro. Uma das principais diferenças está no tipo de fonte energética utilizada na queima das peças cerâmicas. Enquanto nas indústrias do Sul e Sudeste os fornos utilizam o gás natural como principal fonte energética, em Parelhas/RN e na Região do Seridó comumente é utilizada a lenha para a mesma finalidade.

O presente trabalho pretende contribuir com os estudos ambientais ligados ao setor cerâmico com a realização da avaliação dos potenciais impactos ambientais associados ao ciclo de vida das telhas cerâmicas em empresas ceramistas que compõem o Arranjo Produtivo Local (APL) de Parelhas/RN.

## **1.2 OBJETIVO**

### **1.2.1 Objetivo geral**

O objetivo geral do trabalho é analisar, sob o enfoque ambiental, a cadeia produtiva da indústria de telhas cerâmicas, no município de Parelhas/RN.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Identificar e caracterizar a atividade ceramista no município de Parelhas/RN.

- Identificar os impactos ambientais em cada etapa do ciclo de vida da cadeia produtiva da indústria de telhas cerâmicas.
- Quantificar e avaliar os impactos ambientais provenientes do ciclo de vida da cadeia produtiva da indústria de telhas cerâmicas.
- Comparar os impactos ambientais do ciclo de vida da cadeia produtiva da telha cerâmica em duas empresas.
- Propor melhorias ambientais nas etapas dos processos da cadeia produtiva do ciclo de vida das telhas cerâmicas.

## **1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO**

O trabalho está organizado em sete capítulos.

O primeiro capítulo introduz os temas e a problemática da pesquisa, apresenta a justificativa para realização do estudo e os objetivos a serem alcançados.

O segundo capítulo versa sobre a indústria de cerâmica vermelha. Inicia-se com uma abordagem mais ampla e se desenvolve abrangendo as características da produção de peças cerâmicas no Rio Grande do Norte. Por fim, apresenta um breve levantamento sobre os impactos ambientais provocados pela indústria.

No terceiro capítulo são definidos os aspectos que concernem à Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), a princípio expondo como se desenvolveu o método, em seguida os parâmetros requeridos pelas normas para o desenvolvimento dos estudos de ACV e finalmente apresentando estudos de aplicação da ACV em produtos de cerâmica vermelha.

O capítulo quatro apresenta os procedimentos metodológicos que foram necessários para a realização da pesquisa, a fim de atender os objetivos previamente definidos.

No quinto capítulo são apresentados os resultados obtidos na primeira fase da pesquisa, que trata da caracterização do Arranjo Produtivo Local (APL) de cerâmica vermelha do município de Parelhas/RN.

O capítulo seis traz os resultados e as discussões do estudo de ACV para a produção da telha cerâmica em duas empresas ceramistas do município de Parelhas/RN.

Finalmente, no sétimo capítulo constam as considerações finais a respeito do estudo: principais conclusões, limitações da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

## CAPÍTULO 2

# CERÂMICA VERMELHA

Esta seção mostra a revisão da literatura para a adequada fundamentação sobre a produção de peças de cerâmica vermelha, com colocações a respeito da produção nacional das peças, da região Nordeste e do estado do Rio Grande do Norte, finalizando com os principais impactos ambientais negativos causados pela produção cerâmica.

## 2.2 CERÂMICA VERMELHA

A palavra cerâmica deriva do grego *kéramos* que significa argila queimada e se refere ao produto que se obtém através da moagem, secagem e cozedura de argila ou de misturas contendo argilas.

Registros e informações que hoje se tem sobre a humanidade e civilizações antigas são baseados em objetos cerâmicos desenvolvidos pelos homens. Os objetos cerâmicos mais antigos foram desenvolvidos há cerca de 15.000 anos a.C. e são característicos de antigas civilizações (ANFACER - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA, 2018).

Além da fabricação de artefatos artesanais, a produção de peças cerâmicas acompanhou as transformações tecnológicas vividas pela humanidade nos últimos séculos. Desenvolveu-se e transformou-se em forte setor industrial, responsável por produzir os mais diversos produtos, que vão desde componentes eletrônicos aos mais variados produtos que suprem a cadeia produtiva da construção civil, como peças sanitárias, blocos e telhas cerâmicas.

Segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI (ABDI, 2017), o setor cerâmico devido a sua amplitude e heterogeneidade é dividido em subsetores ou segmentos em função de diversos fatores, como matérias-primas,

propriedades e áreas de utilização. Desse modo, em se tratando do setor cerâmico nacional, geralmente, é adotada a classificação apresentada na Tabela 1. Para Nascimento (2006) a subdivisão permite a melhor avaliação do setor, visto que cada subsetor possui características próprias e diferentes níveis de avanço tecnológico.

Tabela 1: Segmentos do Setor Cerâmico

<b>Setor Cerâmico</b>
Cerâmica Vermelha
Abrasivos
Biocerâmicas
Cerâmicas de uso doméstico e afins
Cerâmica térmica
Isolante térmico
Louça Sanitária
Materiais refratários
Cerâmica de revestimento
Vidro

Fonte: ABCERAM (2018).

Dentre os segmentos de produtos cerâmicos existentes no Brasil, a maior parte deles são aplicados à cadeia da indústria da construção civil, embora não se restrinjam apenas a essa indústria. Conforme Prado e Bressiani (2014) a cerâmica vermelha, a cerâmica para revestimentos, as peças sanitárias, os vidros e o cimento Portland estão diretamente ligados com a construção civil, e a produção dos materiais refratários e das fritas estão ligados de maneira indireta, já que os seus produtos são utilizados na fabricação de materiais que serão empregados na construção civil.

### **2.3 A INDÚSTRIA DA CERÂMICA VERMELHA NO BRASIL**

O segmento de cerâmica vermelha, também conhecida como cerâmica estrutural, faz parte do setor dos minerais não metálicos da Indústria da Transformação Mineral, integrando o conjunto de cadeias produtivas que compõem o Complexo da Construção Civil (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2017). Segundo

Bustamante e Bressian (2000) a indústria da cerâmica vermelha é uma atividade de base para a construção civil por estar presente, em geral, desde a obra mais simples à mais sofisticada.

O produto da cerâmica vermelha se adequa a construção civil por apresentar versatilidade e boas características técnicas, entre elas bom isolamento térmico e acústico além de estéticas. Além disso, são matérias que apresentam baixo valor de mercado. Compreende os materiais com coloração avermelhada como tijolos, blocos, telhas, elementos vazados, lajes, tubos cerâmicos, argilas expandidas e, também, utensílios de uso doméstico e de adorno.

A Indústria da cerâmica vermelha no Brasil distribui-se em todo o território nacional, com cerâmicas ou com núcleo de pequenas olarias em praticamente todos os municípios ou regiões (CABRAL JUNIOR et al., 2012). Geralmente nas proximidades das unidades industriais encontram-se lavras de argilas pertencentes aos próprios ceramistas e a pequenos mineradores.

Segundo o Ministério de Minas e Energia – MME (MME, 2017) a grande quantidade de pequenas unidades produtivas desta indústria e sua distribuição pulverizada favorecem a grande deficiência de dados estatísticos de produção e indicadores de desempenho consolidados do setor.

A Associação Nacional da indústria Cerâmica (ANICER) e a Associação Brasileira de Cerâmica (ABCERAM) são as duas principais entidades representativas que fornecem dados referentes ao segmento de cerâmica vermelha.

A ANICER (2015) aponta que o mercado conta com cerca de 6.903 empresas, em sua maioria são de pequeno porte, com faturamento anual de R\$ 18 milhões, correspondem a 4,8% da indústria da construção civil. Emprega diretamente 293 mil trabalhadores e de forma indireta gera 900 mil empregos. A ANICER concluiu o ano de 2015 com 194 empresas associadas. O Sudeste e o Nordeste são as regiões com o maior número de associados, respectivamente com 35,5% e 32,5%.

A ABCERAM (2017) contabiliza, especificamente para a cerâmica vermelha, a existência de mais de 6.000 empresas de pequeno porte distribuídas pelo País, empregando cerca de 300 mil pessoas, gerando um faturamento da ordem de R\$ 2,8



bilhões. No ano de 2017 esta instituição possuía 106 (centro e seis) empresas de cerâmica vermelha associadas.

No Brasil existem diversos polos de produção de cerâmica vermelha. Os polos são aglomerações de empreendimentos voltados à cadeia produtiva de cerâmica vermelha e de atividades correlatas, “essas aglomerações de empresas chegam a constituir o que se vem conceituando como arranjos produtivos locais (APLs) de base mineral” (CABRAL JÚNIOR et al., 2012, p. 37). Na Figura 1, são apresentadas as localizações dos principais polos produtivos de cerâmica vermelha no Brasil.

Figura 1: Principais polos nacionais produtores de cerâmica vermelha.



FONTE: ABDI (2017).

Um estudo realizado pela ABDI (2017), aponta que o Rio de Janeiro e o Rio Grande do Norte são os Estados onde as empresas cerâmicas mais se concentram em polos. A existência de um polo é determinada por dois principais fatores: 1) a disposição de jazidas de argila e 2) a proximidade com centros distribuidores, para

diminuir a distância de transporte. Para Cabral Júnior et al. (2012) o fator geológico juntamente como a proximidade de mercados, infraestrutura e cultura empresarial, tem favorecido a polarização do setor cerâmico em territórios específicos, levando à constituição de aglomerados produtivos.

As principais bacias sedimentares brasileiras, que possuem depósitos de argila para uso em cerâmica vermelha são: a Bacia do Paraná, aproveitada por vários aglomerados produtivos nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul, e os sedimentos provenientes de bacias sedimentares aproveitados no Rio de Janeiro (Rift da Guanabara), Bahia (Bacia do Recôncavo) e em outros estados na região Nordeste (bacias do Parnaíba, Sergipe - Alagoas, Potiguar e do Araripe) (CABRAL JÚNIOR et al., 2012), como ilustra esquematicamente a Figura 2.

Figura 2: Distribuição das principais bacias sedimentares brasileiras, portadoras de depósitos de argila para uso em cerâmica vermelha.



FONTE: Cabral Júnior et al. (2012).

“O setor da indústria de cerâmica vermelha é pouco dinâmico no que diz respeito ao desenvolvimento de novos produtos” (JUSSANI et al., 2012, p. 4). Os

principais produtos fabricados pela indústria nacional são blocos/tijolos, telhas e tubos. A produção anual está representada na Tabela 2.

Tabela 2: Produção nacional de peças de cerâmica vermelha.

PRODUTO	Nº EMPRESAS APROXIMADO	PROD./MÊS (Nº DE PEÇAS)	CONSUMO-TON/MÊS	CONSUMO DE ARGILA (T/MÊSX10 <sup>3</sup> )
<b>BLOCOS/TIJOLOS</b>	4346	63%	4000	7800
<b>TELHAS</b>	2548	36%	1300	2500
<b>TUBOS</b>	10	0,1%	325,5 km	-

Fonte: ANICER (2017).

### 2.3.1 Indústrias de cerâmica vermelha no Nordeste

Um estudo realizado pelo Banco do Nordeste Brasileiro (BNB) (ESCRITÓRIO TÉCNICO DE ESTUDOS ECONÔMICOS DO NORDESTE, 2010) indica que a produção de cerâmica vermelha no Nordeste localiza-se principalmente, em ordem decrescente de produção: Ceará, Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Maranhão e Piauí. Segundo dados do Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2017), a região Nordeste tem uma produção que equivale a 21% da nacional, mas consome cerca de 22%, revelando ser um pequeno importador de produtos de cerâmica vermelha. Um estudo realizado pelo BNB (ESCRITÓRIO TÉCNICO DE ESTUDOS ECONÔMICOS DO NORDESTE, 2010) aponta que “essa indústria está presente em quase toda a região Nordeste, mas a sua grande concentração obedece principalmente à proximidade da fonte de matéria-prima” (ESCRITÓRIO TÉCNICO DE ESTUDOS ECONÔMICOS DO NORDESTE, 2010, p. 5).

De acordo com Assunção e Sicsú (2001) as principais características da indústria de cerâmica vermelha no Nordeste são: origem local; possuem estrutura de gestão familiar, com a presença de micro e pequenas olarias; instabilidade de produção devido a problemas ligados à exploração de jazidas, à instabilidade do mercado, à gestão organizacional e tecnológica, à sazonalidade e à falta de capital de giro; e baixo custo de instalação.

No Nordeste as empresas ceramistas encontram nos depósitos de materiais de construção e na indústria de construção civil da própria região seus principais consumidores. Para chegar a seus destinos, os serviços de transporte em caminhão são fortemente utilizados, revelando ser um importante elo da cadeia desse setor, inclusive na composição do preço final da mercadoria devido ao frete.

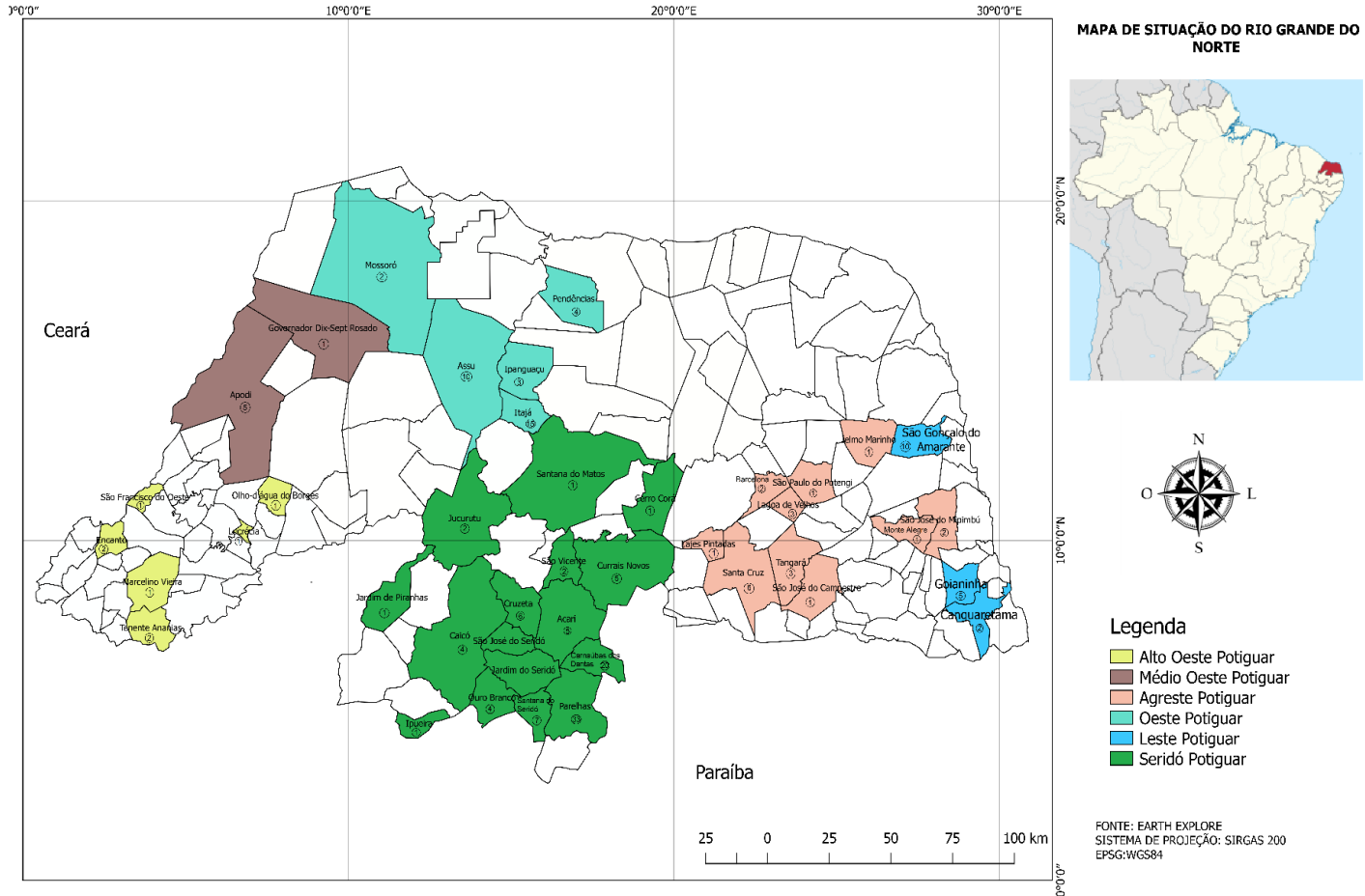
O frequente uso de lenha como fonte energética faz com que a indústria cerâmica no Nordeste seja associada às práticas de degradação ambiental (ESCRITÓRIO TÉCNICO DE ESTUDOS ECONÔMICOS DO NORDESTE, 2010). Ainda segundo o BNB (ESCRITÓRIO TÉCNICO DE ESTUDOS ECONÔMICOS DO NORDESTE, 2010), as empresas produtoras de cerâmicas estão instaladas próximas às jazidas, que se situam normalmente nas regiões da Zona da Mata e do Semiárido. Nesse sentido, a utilização de lenha por parte dessas indústrias contribui para agravar o frágil ecossistema das referidas regiões.

### **2.2.2 Indústria de cerâmica vermelha no Rio Grande do Norte**

A indústria cerâmica tem significativa importância na composição das atividades econômicas desenvolvidas no Estado do Rio Grande do Norte, isso deve-se a presença de cerâmicas instaladas em diversos municípios em todas as regiões do Estado, outro fator é a absorção de mão-de-obra com baixa escolaridade e baixa qualificação, além de ser alternativa viável em anos de baixa pluviosidade, quando as ocupações na agropecuária se reduzem a níveis baixíssimos (SEBRAE, 2013). Segundo o Banco do Nordeste (2010), a renda gerada, por essa atividade industrial, normalmente permanece nos locais de produção, assim gerando um impacto econômico e social significativo na região na qual está implantada.

As empresas ceramistas do Rio Grande do Norte estão predominantemente localizadas na zona rural e concentram-se principalmente nas proximidades da Grande Natal, no vale do Rio Açu e na Região Seridó, Figura 03.

Figura 3: Distribuição das cerâmicas no Rio Grande do Norte.



Fonte: Adaptado de SEBRAE (2013).

O Polo pertencente à Região da Grande Natal abrange 17 (dezessete) empresas distribuídas nos municípios de Nísia Floresta, São José do Mipibu, Ceará-Mirim, Ielmo Marinho e São Gonçalo do Amarante, principal produtor (MMA, 2015).

Segundo SEBRAE (2013), as cerâmicas do Baixo Açu estão presentes em 5 (cinco) municípios, Assú, Itajá, Ipanguaçu, Pendências e Santana do Mato, estando a maior concentração das indústrias em duas cidades, Itajá e Assú, que juntas respondem por 75% das cerâmicas dessa região. Os principais produtos fabricados são as telhas e os blocos de vedação. Além destes, outros produtos também são produzidos, tais como os blocos estruturais e as lajotas.

A Região Oeste é a região que apresenta o menor número de indústrias em atividade no Estado do RN. O principal produto fabricado nessa região é o bloco de vedação (tijolo). As cerâmicas estão presentes em 9 (nove) municípios e a maior concentração ocorre no município de Apodi (SEBRAE, 2013).

Segundo o SEBRAE (2013), a Região do Seridó apresenta a maior concentração de cerâmicas do Estado num total de 99 (noventa e nove) indústrias, que gera, aproximadamente, 3.277 (três mil duzentos e setenta e sete) empregos diretos e tem um faturamento médio anual de R\$ 126,9 milhões. As cerâmicas estão presentes em 15 (quinze) municípios do Seridó, com uma maior concentração dessas indústrias está em duas cidades: Parelhas com 33 (trinta e três) cerâmicas e Carnaúba dos Dantas com 20 (vinte). Juntas respondem por 53% das cerâmicas do Seridó (SEBRAE, 2013).

O segmento cerâmico é considerado um dos mais significativos setores industriais do Seridó, pois movimenta a economia dos centros urbanos e das comunidades rurais que se apoiam na atividade como principal fonte de renda (NASCIMENTO, 2006). Destaca-se que no ano de 2004 essa atividade foi responsável por gerar grande parte dos empregos formais na região (NASCIMENTO, 2007).

De acordo com a Associação do Desenvolvimento Sustentável do Seridó (ADESE, 2008), a atividade ceramista se configura como a principal fonte de renda de diversos municípios do Seridó. “Na busca de novas opções econômicas, os produtores rurais encontram na indústria cerâmica uma chance de potencial

econômico para sobrevivência da família” (RIO GRANDE DO NORTE, 2005, p. 09). Ao longo dos anos, a atividade passou por transformações tecnológicas que acarretaram a mecanização da produção. A partir da década de 2000, passou a registrar um grande crescimento na produção. No entanto, trata-se de um negócio típico de pequenas empresas, visto que a maioria dos estabelecimentos têm menos de 30 (trinta) funcionários (NASCIMENTO, 2006).

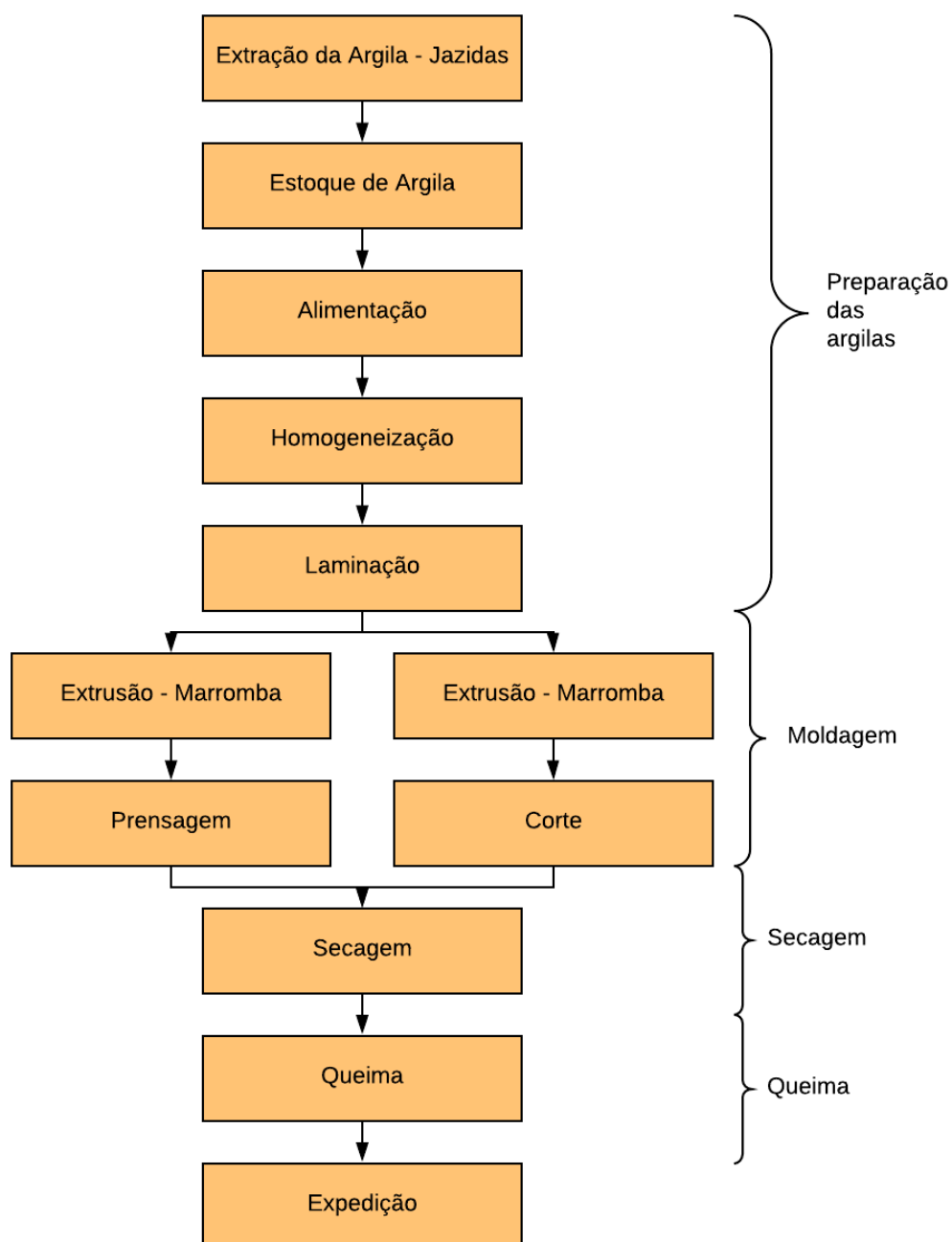
O principal produto fabricado pelas cerâmicas da Região Seridó é a telha, tendo o mercado regional nordestino como seu maior consumidor (NASCIMENTO, 2011). Além da telha, outros produtos também são produzidos como o bloco de vedação (tijolo) e lajotas (SEBRAE, 2013). A maioria das empresas localizadas na região do Seridó são de pequeno porte e não dispõe de muitos recursos financeiros para investir no processo produtivo (NASCIMENTO, 2011).

#### **2.4 PROCESSO PRODUTIVO DAS PEÇAS DE CERÂMICA VERMELHA**

O processo produtivo das peças de cerâmica vermelha inicia-se com a extração da matéria-prima e termina com a expedição de produtos cerâmicos após as etapas de moldagem dos produtos, secagem e queima. De forma sucinta, as etapas que constituem a fabricação das peças cerâmicas são, geralmente, preparação das argilas, moldagem, secagem e queima, conforme mostra a Figura 4.

A Figura 4 apresenta o fluxograma dos processos que compõe a fabricação das peças cerâmicas. O fluxo mostra uma caracterização geral do processo, podendo ter alterações de acordo com as características de produção das cerâmicas.

Figura 4: fluxo dos processos produtivos da indústria cerâmica.



Fonte: adaptado de SEBRAE (2013).

a) **Extração de argilas:** deve ser realizada em jazidas que possuem licença ambiental. Os equipamentos mais utilizados para extração de argila são retroescavadeiras, escavadeiras ou dragas. Estes equipamentos enchem os caminhões de caçambas basculantes que transportam as argilas para os pátios das fábricas, onde se formam grandes estoques para homogeneização e sazonalidade.



b) **Estoque de argilas:** as argilas depois de transportadas são estocadas nos pátios das fábricas e com uma periodicidade semestral ou anual passam pelo processo de sazonalidade. O sazonalidade é o processo de intemperismo ao qual as argilas estocadas a céu aberto são submetidas, visando decompor as matérias orgânicas, melhorar sua plasticidade e trabalhabilidade, lixiviar os sais solúveis e tornar homogênea a distribuição da umidade.

c) **Alimentação:** após o sazonalidade, a massa (argila ou mistura de argilas) é transportada para o caixão alimentador onde será dosada a quantidade necessária para alimentar a linha de produção. A mistura dosada no caixão alimentador é transportada para desintegradores, local em que os grandes blocos de argila são desintegrados e as pedras, se existirem, serão separadas por centrifugação.

d) **Homogeneização:** a massa de argila é transportada por esteira até o misturador, homogeneizada e umidificada até a quantidade de água necessária para extrusão do produto cerâmico desejado.

e) **Laminação:** a massa homogeneizada é transportada para um laminador, esse processo é importante para quebrar os grãos de argila e fornecer maior plasticidade e diminuição da granulometria.

f) **Extrusão:** o processo de extrusão consiste em compactar a massa plástica numa câmara de alta pressão, equipada com sistema de vácuo, contra um molde de formato desejado.

g) **Corte e prensagem:** após a saída da extrusão, o produto será cortado por cortadores nas dimensões desejadas, conforme o tipo de produto. Quando o produto final é telha prensada, o processo de extrusão visa formar blocos maciços em formatos cilíndricos cortados em tamanho ideal para ser levado à prensa para confecção de telhas.

h) **Secagem:** a etapa subsequente é a secagem, que permite a eliminação da água utilizada na conformação das peças. A umidade de extrusão dos produtos cerâmicos normalmente oscila entre 16 a 20% para produtos tipo telha e de 18 a 22% para produtos tipo bloco de vedação (tijolos). Após a secagem, esta umidade residual deve estar abaixo de 5% para secagem artificial (secadores), e na faixa de 8 a 10% para secagem natural (galpões e pátios).

A secagem natural acontece pela exposição das peças ao ar livre, e é mais rápida. Essa técnica sofre influência das condições atmosféricas: umidade do ar, velocidade e direção do vento, calor etc. Pode ser de dois tipos: exposição direta ao sol em grandes pátios das empresas, onde a secagem é muito rápida, ou em galpões, onde as peças são arrumadas em pilhas ou em prateleiras, sendo, neste caso, mais lenta e de melhor controle.

A secagem forçada ou artificial pode ocorrer em secadores intermitentes ou contínuos. Em ambos os casos, é necessário insuflar ar quente no secador. Este ar quente pode vir do aproveitamento de calor da chaminé dos fornos ou da queima de combustíveis exclusiva para esta finalidade.

i) **Queima:** a queima consiste em submeter as peças já secas a uma dada temperatura para que adquiram as propriedades desejadas e dentro de valores especificados por normas técnicas. Para queima de produtos cerâmicos de cor vermelha a temperatura adequada deve estar entre 850 e 950°C.

j) **Expedição:** após a queima as peças devem passar pelo controle de qualidade, onde, entre outras coisas, são observadas as dimensões. Depois os produtos são embalados, transportados e distribuídos.

## 2.5 IMPACTOS ASSOCIADOS A INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA

O impacto ambiental pode ser definido como “qualquer alteração no meio ambiente em um ou mais de seus componentes – provocado por uma ação humana” (MOREIRA, 1992, p.113), “o efeito sobre o ecossistema de uma ação induzida pelo homem” (WESTMAN, 1985, p. 5) e também “a mudança em um parâmetro ambiental, num determinado período e numa determinada área, que resulta de uma dada atividade, comparada com a situação que ocorreria se essa atividade não tivesse sido iniciada” (WATHERN, 1988, p. 7). Uma definição consagrada para impacto ambiental é a da NBR ISO 14001 que o define como “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização” (ABNT, 2015).

A produção de peças de cerâmica vermelha, assim como as diversas atividades industriais, causa alterações ao meio ambiente. Para Dias et al. (1999) a degradação

ao meio ambiente acarretada pela indústria de cerâmica abrange todas as etapas de fabricação; inicia-se na área da jazida, compreendendo a extração da matéria-prima e continua em todas as etapas do processo de produção, que inclui, a utilização de fontes energéticas e a geração dos resíduos, até chegar ao transporte final.

Na natureza, as atividades ceramistas causam perda da biodiversidade, remoção e erosão do solo, geração de estéreis, degradação e modificação da paisagem, mudança nas condições das águas superficiais e subterrâneas, poluição do solo, atmosférica e sonora, possível modificação do microclima, modificação das formas de uso do solo, deslocamento da fauna, impacto visual (ALENCAR-LINARD; SAEED-KHAN e LIMA, 2015).

Farias et al. (2012) aponta que os principais impactos ambientais ocasionados pelas atividades produtivas da indústria de cerâmica vermelha são: a degradação do solo, a poluição do ar e os desperdícios no consumo de recursos naturais. Salienta-se que os desperdícios de recursos naturais citados pelo autor estão relacionados a recorrente geração de resíduos, causada principalmente por processos produtivos rudimentares, e o alto consumo de matéria-prima.

Em se tratando da extração de matéria-prima e de lenha para uso como fonte energética, as atividades de mineração e o desmatamento são responsáveis por causar impactos sobre o meio físico, biótico e antrópico. Assim provocam mudanças na vida das pessoas que exercem essas atividades ou convivem próximo aos locais de exploração de matéria-prima ou de fabricação de produtos cerâmicos (DIAS et al., 1999; SÁNCHEZ, 2008; LEITE e GONÇALVES-FUJACO, 2013).

Segundo Almeida et al. (2014) o impacto ambiental mais significativo causado pela indústria de cerâmica vermelha é em relação a extração da matéria-prima, pois causa a degradação da área de extração. Ainda de acordo com o mesmo estudo as indústrias, de modo geral, não se preocupam em utilizar técnicas de extração adequadas e corretas. Além disso, nos processos produtivos da indústria da cerâmica vermelha é demandado um grande volume de argila para fabricação das peças, pois esta se constitui como a matéria-prima principal, e por este recurso ser de baixo custo, vem sendo utilizado de forma indiscriminada provocando desperdícios e gerando resíduos (PAZ, HOLANDA e AL-DEIR., 2015). A abundância de jazidas de argila

contribui para a má gestão desse recurso, pois a extração é muitas vezes realizada de forma incorreta, acarretando degradação do solo, pelo sentimento de que esse recurso é inesgotável, impulsionando o mau uso desse recurso sem cuidados no que diz respeito ao seu aproveitamento total, evitando a geração de resíduos.

Além da atividade de mineração, extração de argilas, o desmatamento ocasionado pelo “uso indiscriminado da lenha sem um processo de gestão ambiental adequado por meio do manejo sustentável dos recursos florestais vem se constituindo como uma verdadeira ameaça ao equilíbrio ambiental” (ADESE, 2008, p.22) contribuindo para a degradação do solo e intensificando o processo de desertificação nessas áreas. A produção de produtos cerâmicos, em regiões semiáridas, fundamentada na utilização de recursos florestais e de solos aluviais tem potencializado os problemas ambientais, cujo ecossistema predominante já apresenta naturalmente tendência a processos de degradação (MMA, 2004).

Além dos impactos já citados em relação à extração da matéria-prima, ao esgotamento de recursos naturais e à geração de resíduo, outro impacto bastante expressivo relacionado a essa atividade industrial é a emissão de gases poluentes. Em relação às emissões, apesar da maioria das fábricas ceramistas serem de pequeno porte, uma concentração de indústrias na mesma região pode levar a impactos ambientais consideráveis. Além disso, os esforços legais de restrição de emissões estão principalmente focados em indústrias de grande porte (CAMARA et al., 2015). Assim, a contribuição de pequenas fábricas para a deterioração da qualidade do ar ainda é pouco investigada.

Tendo em vista que a indústria cerâmica normalmente se concentra em polos, ou arranjos produtivos locais, relacionados à proximidade da matéria-prima e do mercado consumidor, o impacto do conjunto dessas emissões deve ser considerado. Um estudo realizado por Santos (2017) nos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, em regiões de polo cerâmico, apontou uma tendência negativa para precipitação, vento e umidade do ar e tendência positiva para aumento da temperatura e radiação solar. Porém, não pode ser atribuído pontualmente às atividades da indústria cerâmica, pois envolve outros fatores como balanço climático e hidrológico.

A indústria de cerâmica vermelha, em função da necessidade de queima de seus produtos, se torna uma grande consumidora de energia. O setor cerâmico, entre os vários tipos de indústrias, é um dos principais consumidores de lenha e utiliza a biomassa como fonte de energia (Dias et al., 1999). Ainda segundo Dias et al. (1999) a atividade industrial ceramista é apontada como uma das principais fontes causadoras de impactos ambientais em áreas rurais do nordeste brasileiro, mais especificamente do bioma local, a caatinga, por usar de modo intensivo recursos naturais como a argila e a lenha.

## CAPÍTULO 3

# AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA

Este capítulo reúne as informações acerca da metodologia de Avaliação de Ciclo de Vida no suporte ao estudo de impactos ambientais, surgimento da metodologia, definições e principais aplicações na indústria de cerâmica vermelha.

### 3.1 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

As metodologias para avaliação de impactos ambientais são estudos sistemáticos com métodos e técnicas que buscam chegar a um certo objetivo. No contexto brasileiro, as principais metodologias utilizadas são *ad-hoc* espontâneo, *Check-list*, Matrizes, superposição de mapas, redes de diagramas, modelos de simulação, método de avaliação quantitativo e explicitação de valores. Os métodos citados servem como apoio a tomadas de decisão e para quantificação de impactos ambientais vinculados a empreendimentos. Já os estudos de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) buscam identificar os impactos potenciais associados aos produtos.

Os estudos realizados sobre o tema são relativamente recentes e vêm se desenvolvendo progressivamente ao longo dos anos, com uma produção mais acentuada nos dias atuais. No fim da década de 1960 e no início da década de 1970, quando houve as primeiras discussões a respeito da eficiência do uso de energia, consumo de matérias-primas e disposição de resíduos sólidos, surgiram os primeiros trabalhos que hoje podem ser reconhecidos como de ACV tais estudos abordavam a estimativa de emissões de gases, líquidos e sólidos (SANTOS, 2011).

Os estudos foram principalmente impulsionados pela empresa Coca-Cola que em 1969 desenvolveu uma pesquisa para definir qual modelo de embalagem seria

menos danosa ao meio ambiente e consumiria menos recursos naturais. Seguindo esse exemplo, segundo Santos (2011) foram desenvolvidos pelo menos mais 15 estudos semelhantes que adotaram uma metodologia padrão.

Já para Finnveden et al. (2009), os primeiros estudos efetivamente de ACV foram desenvolvidos nos anos da década de 1980. De fato, nesse período os estudos passaram a não ter foco somente na eficiência energética, mas também começaram a ser desenvolvidos os primeiros inventários ambientais e aprimoramento da metodologia existente. A Comunidade Econômica Europeia, no ano de 1985, orientou suas empresas a monitorarem o consumo de energia, recursos naturais e geração de resíduo. Com isso a análise do inventário ambiental surgiu como uma alternativa para avaliar problemas ambientais (SANTOS, 2011).

Com o aumento da realização de estudos em produtos e materiais com a metodologia de ACV, foram desenvolvidos os primeiros *softwares*, que utilizavam bancos de dados construídos com os dados dos inventários, na década de 1990. O Quadro 1, apresenta segundo um levantamento realizado por Santos (2011) os estudos mais relevantes com a técnica de ACV realizados nos anos de 1990 e início dos anos 2000.

Quadro 1: Principais estudos sobre ACV na década de 1990 e início dos anos 2000

<b>Autores</b>	<b>Ano</b>	<b>País</b>	<b>Aplicação</b>
<b>Ministério do Meio Ambiente</b>	1993	Alemanha	Comparação de emissões de quatro tipos de embalagens de leite.
<b>Boguski et al.</b>	1994	EUA	Modelo matemático para alocar em um inventário diversas alternativas de reciclagem.
<b>Baumann e Rydberg</b>	1994	Suécia	Comparação de 3 métodos de avaliação para o mesmo sistema: embalagem de leite.
<b>Graed3l et al.</b>	1995	EUA	Desenvolvimento de Matriz para simplificar o ACV e aplicar ao sistema de produção de carros.
<b>Azapagic e Clift</b>	1995	Reino Unido	Programação linear para modelar uma ACV de um sistema de produto.
<b>Caspersen</b>	1996	Bélgica	Utilizou técnica de ACV para calcular o consumo acumulado de energia na produção de aço inox.

<b>Autores</b>	<b>Ano</b>	<b>País</b>	<b>Aplicação</b>
<b>Golonka e Brennan</b>	1996	Suécia	Aplicação de ACV para selecionar processos de tratamentos de poluentes.
<b>Dohnomae et al.</b>	1996	Japão	Padronização da metodologia para aplicação em uma indústria de fabricação de aço.
<b>International Iron and Steel Institute</b>	1996	EUA	Estabelecimento de um banco de dados mundial para aplicação de ACV na indústria siderúrgica.
<b>Finkbeiner et al.</b>	1997		Determinação da unidade funcional mais adequada para o desengraxamento da indústria de metais.
<b>Stone e Tolle</b>	1998		Criação de categorias de impacto ambiental que envolvem custo de capital, opressão e manutenção.
<b>Seppälä et al.</b>	1998	Finlândia	Avaliação de impactos ambientais causados pela indústria florestal.
<b>Chubbs e Steiner</b>	1998	EUA	Desenvolvimento de um <i>software</i> e um bando de dados a partir de 40 empresas de fabricação de aço.
<b>Narita e Inaba</b>	1998	Japão	ACV para avaliar emissões de CO <sub>2</sub> de produtos de aço, baseado em dados estatísticos.
<b>Spengler et al.</b>	1998		Sistema de tomadas de decisão multicriterial para análise ambiental de reciclagem na indústria siderúrgica.
<b>Van Zeijts et al.</b>	1999		ACV para determinar a quantidade de adubo ideal para determinadas culturas e minimizar os impactos ambientais.
<b>Hassan et al.</b>	1999	Malásia	Realização de um inventário para disposição de resíduos sólidos da Malásia.
<b>Sangle et al.</b>	1999		Desenvolvimento de método para avaliar aspectos sociais em categorias ambientais.
<b>Schmit e beyer</b>	1999		Avaliação de impactos associados a baterias de automóveis.
<b>Sharma</b>	2000	Índia	Aplicação de técnicas de ACV para avaliar a fabricação de papel e celulose.
<b>Cybis e Santos</b>	2000		ACV para avaliar impactos associados a indústria da construção civil.
<b>Legarth</b>	2000		Avaliação de impactos ambientais associados a aparelhos de ar condicionado.

Fonte: adaptado de Santos (2011).



Devido a forma integrada de tratar temas como estrutura, avaliação de impactos, qualidade dos dados a metodologia de ACV tem sido bastante difundida. Essa técnica se destaca entre as demais de avaliação de impacto ambiental, pois analisa o impacto associado diretamente a um produto de forma integrada e metodológica.

O chamado *Life Cycle Design* ou ciclo de vida de um produto é uma proposta produtiva que se fundamenta nas cadeias e ciclos de energia da natureza. Assim, integra todas as fases da “vida” de um produto (Figura 5) e procura minimizar os possíveis efeitos negativos propondo uma visão mais sistemática, através de uma metodologia específica (SANTOS et al., 2011). Baseia-se nas trocas (*inputs* e *outputs*, entradas e saídas) ocorridas entre o produto e o ambiente, durante todas as fases, que vai desde a extração da matéria-prima e recursos naturais necessários a produção, o seu processo de utilização, até o tratamento deste material, após seu descarte (MANZINI e VEZZOLI, 2005).

Figura 5: Ciclo de vida dos produtos.



FONTE: Braskem (2019).

Os estudos de ACV também podem ser identificados pelo uso termo *cradle-to-grave*, que significa do berço ao túmulo, para fazer referência as atividades que ocorrem ao longo da vida de um produto ou serviço. São usadas as expressões *cradle-to-gate* quando se trata da avaliação que contempla das atividades do berço (extração de recursos naturais) ao portão da fábrica (produto pronto para comercialização e uso) e *gate-to-grave* para a avaliação das fases do produto do portão da fábrica ao túmulo (disposição final).

A ACV é um instrumento de gestão ambiental e ferramenta da ecologia industrial que compila e avalia as entradas, saídas e os potenciais impactos ambientais de um produto através do seu ciclo de vida (ABNT, 2014a); e possui metodologia de abordagem holística que busca quantificar todos os fluxos de massa e energia envolvidos desde a extração das matérias-primas, passando pela produção, o transporte e a distribuição, até chegar ao consumo e à disposição final (EPA, 1993).

As aplicações da ACV podem ser realizadas para:

- o gerenciamento e preservação dos recursos naturais;
- identificação dos pontos críticos de processo/produto;
- otimização de sistemas de produtos; desenvolvimento de novos serviços e produtos;
- otimização de sistemas de reciclagem;
- definição de parâmetros para rótulo ambiental;
- consequências ambientais de um produto; *tradeoffs* ambientais;
- subsídio à tomada de decisão do consumidor/produtor;
- suporte à construção de políticas públicas.

Os impactos ambientais a serem avaliados podem ser referentes ao consumo de energia, às emissões atmosféricas, à eutrofização, à acidificação das águas, entre outros (BRIBIÁN; CAPILLA; USÓN, 2011). Essas categorias são definidas de acordo com os fluxos de entrada e saída do sistema estudado. Para a realização da ACV é necessário conglomerar toda a cadeia de produção e consumo, levando em consideração o consumo de energia, matérias-primas e perdas envolvidas; fases de transporte, uso, manutenção e destinação final (PASSUELLO et al., 2014).

Com a finalidade de efetivar a ACV como uma prática de apoio à sustentabilidade ambiental no Brasil, aprovou-se pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Conmetro o Programa Brasileiro de Avaliação de Ciclo de Vida (PBACV) (BRASIL, 2010). O PBACV é uma iniciativa que abrange os temas: inventário de ciclo de vida (ICV), avaliação de impactos de ciclo de vida, difusão e implementação da ACV e formação e capacitação em ICV e ACV.

### **3.1.1 Metodologia de avaliação do ciclo de vida segundo as Normas ABNT NBR ISO 14040 e ISO 14044**

Para a NBR ISO 14040 (ABNT, 2014a), a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) pode ser definida como a compilação e a avaliação das entradas e saídas e dos potenciais impactos ambientais de um produto ao longo do seu ciclo de vida, mediante:

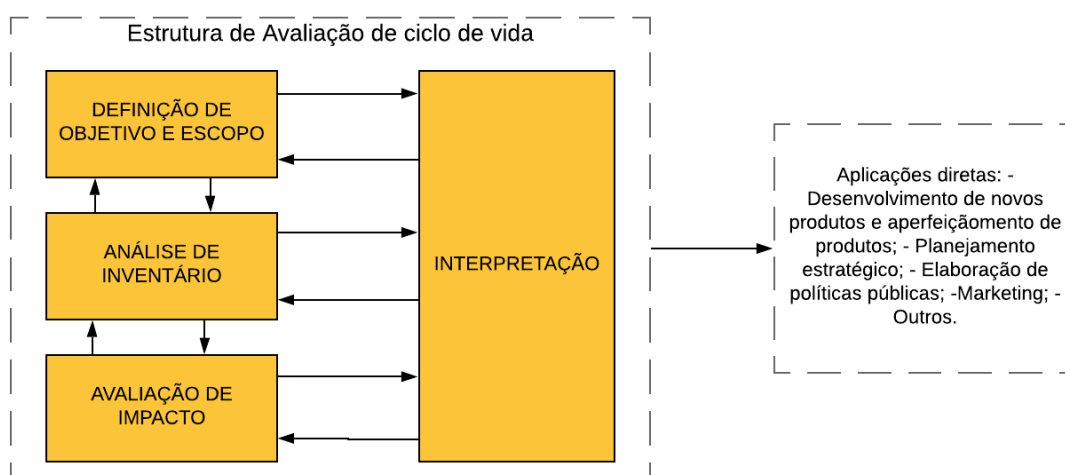
- A realização de um inventário de entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto.
- A avaliação dos impactos ambientais potenciais, associados a essas entradas e saídas.
- A interpretação dos resultados das fases de análise de inventário e de avaliação de impactos em relação aos objetivos dos estudos.

Segundo a mesma norma, a ACV pode subsidiar:

- A identificação de oportunidades para a melhoria do desempenho ambiental de produtos em diversos pontos de seus ciclos de vida.
- O nível de informação dos tomadores de decisão na indústria e nas organizações governamentais ou não-governamentais.
- Seleção de indicadores de desempenho ambiental relevantes, incluindo técnicas de medição.
- *Marketing.*

Para tanto, a norma NBR ISO 14040 (ABNT, 2014a) define que a avaliação do ciclo de vida seja composta por quatro fases, que devem ser realizadas iterativamente (Figura 6). As fases são: (i) Definição do Objetivo e do Escopo, (ii) Inventário de Ciclo de Vida, (iii) Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida e (iv) Interpretação do Ciclo de Vida.

Figura 6: Metodologia de avaliação de ciclo de vida.



Fonte: NBR ISO 14040 (ABNT, 2014a).

(i) **Definição do objetivo e escopo:** é onde define-se e identifica-se a aplicação que se pretende realizar, o que motiva a realização do estudo, qual o sistema de produto que será analisado, a unidade funcional, a fronteira do sistema e, além disso, identificar e expor os critérios de inclusão e exclusão de processos.

O objetivo deve conter a definição da aplicação pretendida dos resultados, a motivação do estudo ACV; a definição do público alvo; as limitações do método, as premissas e impactos, a forma de comunicação dos resultados e o responsável pelo estudo. A definição do objetivo orienta o controle de qualidade do estudo ACV, conjuga todas as outras fases da ACV e é passível de alteração de acordo com os resultados da interpretação.

No escopo deve estar discriminado o que o projeto contempla: função do sistema, unidade funcional e fluxo de referência; identificação das fronteiras do sistema; estabelecimento de critérios para inclusão de fluxos; determinação do tipo de

alocação; definição das categorias de impacto e do método de avaliação; definição dos Requisitos de Qualidade dos Dados (RQD).

Por definição da NBR ISO 14044 (ABNT, 2014b, p. 05) a fronteira do sistema é o “conjunto de critérios que se especificam quais processos elementares fazem parte de um sistema de produto” e unidade funcional o “desempenho quantitativo de um sistema de produto para utilização como uma unidade de referência”.

(ii) **Inventário do Ciclo de Vida (ICV):** consiste no agrupamento e a quantificação de entradas e saídas de materiais e energia ao longo do ciclo de vida de um produto. O inventário deve quantificar os consumos de recursos naturais e a emissão de poluentes para o ar, solo e água, reportando-os à unidade funcional.

A NBR ISO 14044 (ABNT, 2014b, p. 04) define entradas como “fluxo do material, produto ou energia que entra em um processo elementar” exemplos de entradas são matérias-primas, energia e materiais auxiliares; e define saídas como “fluxo do material, produto ou energia que sai de um processo elementar” exemplos de saídas são produtos, coprodutos, resíduos sólidos, emissões para o ar, emissões para a água, emissões para o solo. Processo elementar, ainda segundo a norma, é o “menor elemento considerado na análise do inventário do ciclo de vida para o qual dados entradas e saídas são quantificados”.

Os dados podem ser primários, quando coletados diretamente no sistema sob avaliação, e secundários, quando coletados em outras fontes de informação relacionadas com o sistema sob avaliação. Deve-se priorizar dados primários em detrimento aos dados secundários, pois estes podem agregar incertezas e afetar a qualidade.

Os dados podem ser obtidos por medição quando há averiguação *in loco* através de entrevista ou mensuração do dado; cálculo com determinação do valor do dado através de equações; literatura por meio de consulta às publicações técnico-científicas relativas ao tema do estudo e estimativas extraídas de opiniões de especialistas ou técnicos envolvidos com o tema do estudo.

Existem bases de dados públicas para inventário de ciclo de vida, as quais fornecem informações unificadas para que os resultados da ACV sejam confiáveis

independente da capacidade de qualquer instituição realizar o estudo. No Brasil, com o propósito de desenvolver uma metodologia de execução da ACV adequada às condições nacionais e à construção de um banco de dados regional, foi desenvolvido o Banco Nacional de Inventários do Ciclo de Vida (SICV Brasil). Esse banco foi criado para agrupar os dados dos produtos nacionais e encontra-se em desenvolvimento.

Entre as bases de dados destaca-se o *ecoinvent* criado na Suíça pelo centro Suíço de ICV. Essa base de dados possui cerca de 4.000 dados para produtos, serviços e processos frequentemente usados em estudos de caso de ACV (MORETTI, 2011). No *ecoinvent* v.2 há trinta e um processos elementares para o Brasil. A NREL (*National Renewable Energy Laboratory*) é uma base de dados desenvolvidas nos Estados Unidos, possui acesso gratuito e registra vinte quatro categorias de impacto (OLIVEIRA e MAHLER, 2018).

Além das duas bases de dados citadas, existem outras como ProBRAS, desenvolvida na Alemanha; CPM LCA *database*, desenvolvido na Suécia; MiLCA *Software*, desenvolvido no Japão; AUSLCI, desenvolvido na Austrália; ELCD, desenvolvido pela Comissão Europeia (EC); entre outros.

Thorn, Kraus e Parker (2011) alertam que a aquisição de dados *in loco* ou seja, diretamente no processo com o uso do sistema monitorado e instrumentos de medição, pode representar uma grande melhoria na qualidade e exatidão dos dados de ICV.

(iii) **Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV):** é onde são quantificados os impactos ambientais potencialmente causados ao longo do ciclo de vida de um produto, levando em consideração o consumo de recursos naturais e emissão de poluentes para os diversos esferas ambientais.

Os elementos obrigatórios da AICV são: seleção de categoria de impacto, indicadores de categoria e modelos de caracterização; correlação dos resultados do ICV às categorias de impacto selecionadas e o cálculo dos resultados dos indicadores de categoria. A categoria de impacto, de acordo com NBR ISO 14044 (ABNT, 2014b, p. 05), é definida como a “classe que representa as questões ambientais relevantes às quais os resultados das análises do inventário do ciclo de vida podem ser associados”.

Entre os métodos mais utilizados na fase de impactos da ACV estão: *Eco Indicador 99*, *EDIP 97*, *EDIP 2013*, *Handbook on LCA (CML2002)*, *TRACI*, *EPS 2000*, *Impact 2002(+)*, *LIME*, *Swiss Ecoscarcity (Ecopoints 2006)*, *ReCiPe*, *MEEuP* e *Impact World +* (BUENO, 2014). Esses métodos são majoritariamente desenvolvidos dentro das realidades regionais de escopo da Europa, porém existe um esforço em ampliar a aplicação desses sistemas em detrimento às diferenças espaciais regionais.

(iv) **Interpretação do Ciclo de Vida:** é onde ocorre a avaliação dos resultados do Inventário e da Avaliação de Impacto de acordo com o objetivo e âmbito definidos na etapa de definição de escopo e objetivo, visando à elaboração de conclusões, limitações e recomendações. Os elementos que compõem essa fase são: identificação das questões significativas com bases nas fases de ICV, AICV e ACV; uma avaliação do estudo, considerando verificação de completeza, sensibilidade e consistência; conclusões, limitações e recomendações.

A fase de interpretação admite observar se os limites do estudo e os resultados de ICV e AICV estão corretos e de acordo com o que havia sido determinado na fase de definição de objetivo e escopo podendo, assim, verificar se há necessidade de mudanças em alguma fase do estudo.

Ao realizar um estudo de ACV e conhecer os impactos causados ao longo do ciclo de vida do produto, as empresas podem controlar impactos ambientais negativos e introduzir melhorias em seus processos produtivos (MENDES, 2016).

### 3.1.2 Ferramentas de apoio a ACV

Para auxiliar os estudos da ACV, foram desenvolvidos diversos *softwares* com o objetivo de facilitar a realização dos cálculos de balanço de massa e energia, realizar comparações entre ciclo de vida de produtos, analisar o fluxo de materiais e energia e, principalmente, realizar análise de impactos ambientais e interpretação dos resultados (CAMPOLINA, SIGRIST e MORIS, 2015).

O Quadro 2, apresenta os principais *softwares* utilizados como ferramenta de apoio para realização dos estudos de ACV.

Quadro 2: Softwares de apoio a ACV.

Nome	País de origem	Principais características
<b>BEES 3.0</b>	Estados Unidos	Utiliza-se na indústria de construção civil a fim de avaliar o desempenho econômico e ambiental, dando apoio na tomada de decisão.
<b>ECO-it 1.3</b>	Holanda	Esse <i>software</i> possui informações ambientais e dados de produção para metais, plásticos, papel e vidro.
<b>GaBi</b>	Alemanha	Seu uso é direcionado para realizar avaliação de aspectos ambientais, sociais, econômicos, processos e tecnologias associados ao ciclo de vida de um produto, sistema ou serviço.
<b>GREET 1.7</b>	Estados Unidos	Permite avaliar diferentes combinações de motores e combustíveis.
<b>IDEMAT 2005</b>	Holanda	Utilizado para a seleção de materiais em projetos, fornece um banco de dados com informações técnicas sobre materiais, processos e componentes, permitindo, assim, a comparação de informações.
<b>KCLECO 4.0</b>	Finlândia	Utilizado para aplicar a ACV em estudos que possuem sistemas com muitos fluxos de processos inclui recursos como gráficos, procedimentos de alocação e avaliação de impacto.
<b>LCAPIX</b>	Estados Unidos	<i>Software</i> que combina a ACV e atividade baseada e avaliações econômicas, desta forma, as empresas consigam garantir a conformidade ambiental e a rentabilidade sustentada.
<b>Regis</b>	Suíça	Utilizado na melhoria do desempenho ambiental das empresas de acordo com a ISO14031 - Gestão ambiental - Avaliação de desempenho ambiental - Diretrizes.
<b>SimaPro 8.3</b>	Holanda	Possui vários métodos de avaliação de impacto (CML 1992, Eco-indicator 99, EPS2000, entre outros) e banco de dados (BUWAL 250, ecoivent, IVAM LCA Data, entre outros) que podem ser editados e ampliados sem limitação. O SimaPro é o mais utilizado para a análise ambiental dos produtos para tomada de decisão para o desenvolvimento de produtos e políticas.
<b>SPOLD Data Exchange Software</b>	Dinamarca	Utilizado para criar, editar, importar e exportar dados no formato SPOLD'99.
<b>Umberto</b>	Alemanha	Cria fluxogramas de materiais e energia para possibilitar otimização de processos produtivos, reduzindo recursos de materiais e energia.
<b>OpenLCA</b>		<i>Software</i> livre para modelagem da ACV, reconhecido internacionalmente. Oferece diversas opções de importação e exportação de arquivos de dados.

Fonte: adaptado de Campolina, Sigrist e Moris (2015).



A ACV, nos últimos anos, vem tendo grande aceitabilidade para utilização em múltiplas aplicações como rotulagem ambiental, melhoria ambiental do produto, avaliação ambiental entre outras aplicações (SANTOS, 2011). Diante da diversidade de aplicações, as empresas desenvolvedoras de *softwares* estão cada vez mais aprimorando e desenvolvendo novos *softwares* para atender à demanda. Esses *softwares* possuem características diversas que devem ser avaliadas antes da escolha pelo usuário.

### 3.2 APLICAÇÃO DE ACV NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil possui um elevado consumo dos recursos naturais, principalmente para a produção dos diversos materiais que são necessários aos processos construtivos. Logo, é uma área em potencial para o desenvolvimento de estudos de ACV, para entender quais são as melhores opções de consumo de recursos naturais, materiais de construções e processos construtivos. O Quadro 3 apresenta alguns trabalhos desenvolvidos por pesquisadores brasileiros aplicando a metodologia de ACV em produtos ou processos da indústria da construção civil.

Quadro 3: Estudos de ACV aplicados a construção civil no Brasil

<b>Título</b>	<b>Autor</b>	<b>Descrição</b>
<b>Modelo parametrizado de ACV : aplicação em sistemas construtivos com estudo de caso em vedações verticais</b>	Miller (2015)	A pesquisa elabora um Modelo Tecnológico Parametrizado (MTP) de aplicação da metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para o Sistema de Vedação Vertical Interna e Externa (SVVIE), considerando os requisitos de desempenho das vedações verticais externas.
<b>ACV de painéis de blocos cerâmicos e concreto armado: um exercício de aplicação do manual do ILCD.</b>	Sombrio (2015)	O estudo aplica ferramenta de ACV em um produto pré-fabricado da indústria da construção, que integra um processo construtivo racionalizado de edificações, aplicado na construção de habitações de interesse social no Distrito Federal, analisando as dificuldades deste processo diante dos recursos e dados disponíveis.
<b>Análise ambiental da viabilidade de seleção de produtos da construção civil através da ACV e do software BEES 3.0</b>	Oliveira (2007)	O estudo verificou a possibilidade de gerar dados confiáveis sobre os impactos causados durante o ciclo de vida das estruturas de concreto armado e comparar os resultados com os gerados pelo <i>software</i> BEES 3.0, verificando a validade de suas premissas para a realidade brasileira.
<b>Análise dos impactos na construção civil: avaliação do</b>	Santos (2010)	Realização de um estudo comparativo de ACV dos diferentes tipos de chapas de partículas fabricadas a partir de resíduos,

<b>ciclo de vida em chapas de partículas para forros</b>		que vêm sendo desenvolvidas na Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Bauru.
<b>Avaliação do ciclo de vida da brita para a construção civil: estudo de caso</b>	Rossi (2013)	Avaliação do Ciclo de vida (ACV) da brita na produção de concretos para a construção civil, por meio da identificação e discussão de indicadores quantitativos das etapas de extração, beneficiamento, armazenagem, transporte, uso e disposição final.
<b>Avaliação ambiental e econômica de ciclo de vida da gestão de resíduos de construção e demolição: disposição em aterros versus valorização dentro da indústria de construção civil</b>	Barreto (2014)	Aplicação das metodologias Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) e Avaliação Econômica de Ciclo de Vida (AECV) de modo a definir um indicador de ecoeficiência e mensurar os principais impactos ambientais e econômicos relacionados à disposição final do RCD em cenários praticados no Brasil; identificar os gargalos do sistema para cada cenário proposto e definir um indicador ecoeficiente para o sistema de produto.
<b>Análise do ciclo de vida na construção civil: um estudo comparativo entre vedações estruturais em painéis pré-moldados e alvenaria em blocos de concreto</b>	Campos (2012)	Com base na ACV e na utilização de um <i>software</i> de balanço de massas (Umberto), é realizada uma análise comparativa entre duas soluções construtivas para edifícios residenciais - paredes de bloco de concreto e painéis pré-moldados de concreto -, com o objetivo de verificar qual dos dois sistemas é ambientalmente mais favorável.
<b>Potencial de aquecimento global de paredes de concreto a partir da avaliação do ciclo de vida</b>	Braga (2018)	Avaliação do ciclo de vida de um sistema de vedação com função estrutural em concreto armado (paredes de concreto moldado in loco - PC) desde o berço até o túmulo (cradle-to-grave), verificando seu desempenho ambiental frente ao sistema de vedação convencional de blocos cerâmicos (com estrutura de pilares e vigas de concreto armado) - VC, para uma HIS.

Fonte: a autora (2019).

Os estudos de ACV aplicados a produtos e sistemas produtivos da ACV no Brasil ainda se desenvolve de maneira embrionária, visto que são poucos os produtos em que já se realizaram pesquisas com a metodologia. A pesquisa mais antiga apresentada no Quadro 4 foi publicada no ano de 2007 (dois mil e sete), assim, evidenciando que os estudos de ACV direcionados a construção civil foram impulsionados há um pouco mais de uma década.

### 3.2.1 Aplicação de estudos de ACV na indústria de cerâmica vermelha

Em se tratando de materiais de cerâmica vermelha, há o desenvolvimento de alguns estudos com aplicação da metodologia de ACV para quantificar e qualificar os impactos ambientais provenientes desta indústria.

Grigoletti (2001) caracterizou os principais impactos envolvidos na produção de tijolos, blocos e telhas cerâmicas no Estado do Rio Grande do Sul, visando apontar iniciativas ambientais adotadas e melhorias a serem incorporadas. A pesquisa foi realizada em um grupo de 8 empresas de pequeno, médio e grande porte. Os dados foram obtidos através de entrevistas realizadas nas empresas. Verificou-se que a indústria tem algumas iniciativas de baixo impacto ambiental e que existe muitas perdas no processo de produção.

A pesquisa de Manfredini (2003) utiliza metodologia de ACV para obter resultados relativos a recursos naturais, fontes energéticas, geração de resíduos sólidos e emissões gasosas de 40 empresas de cerâmica vermelha no Rio Grande do Sul. Identificou-se que, apesar das diferenças no grau de automação das empresas, há similaridades nos impactos ambientais.

Bovea et al. (2007) realizaram um estudo de ACV do processo de mineração, tratamento e comercialização de argila, a fim de identificar os estágios e os processos das unidades que têm maior impacto no meio ambiente. Os resultados deste estudo possibilitaram identificar os processos unitários que mais contribuem para o impacto ambiental que são: escavação, carregamento e transporte para as instalações de britagem e estocagem. Tais processos estão diretamente relacionados ao consumo de combustível, categoria que reproduz fielmente o perfil ambiental da maioria das categorias de impacto relacionadas às emissões de poluentes.

Souza et al. (2015) em parceria com a ANICER compararam os impactos do ciclo de vida de telhas de cerâmica e telhas de concreto para identificar potenciais melhorias em produtos cerâmicos. Foram realizadas nove diferentes análises de sensibilidade, seguido de uma análise de incerteza de Monte Carlo para verificar a robustez do estudo. Os resultados mostram que os revestimentos cerâmicos parecem ter menos impacto que os blocos de concreto nos danos de mudança climática, esgotamento de recursos e abastecimento de água, enquanto para as demais

categorias de danos, saúde humana e qualidade dos ecossistemas, a diferença entre as duas alternativas foi baixa demais para ser considerada significativa.

Souza et al. (2016) também em parceria com a ANICER, realizaram um estudo com o objetivo comparar três diferentes tipos de paredes comumente usados no Brasil, de acordo com seus desempenhos ambientais: tijolo cerâmico, tijolo de concreto e parede de concreto moldada *in loco*. Os resultados foram analisados com o *software* SimaPro 7.3 e com o método de avaliação do impacto no ciclo de vida IMPACT 2002+. Observou-se que as paredes de tijolo cerâmico têm menos impacto do que o tijolo de concreto e as paredes de concreto moldadas *in loco* em três diferentes indicadores finais (Mudança Climática, Redução de Recursos e Retirada de Água).

Caldas e Spoto (2017) realizaram o estudo das emissões de CO<sub>2</sub> de blocos estruturais cerâmicos e de concreto, a partir do levantamento das emissões na indústria e no transporte, com avaliação do impacto da fase de transporte desses materiais em 26 (vinte e seis) capitais brasileiras. Os resultados mostraram que as capitais localizadas na Região Norte e Sudeste foram as que apresentaram maiores e menores valores, respectivamente, de emissões relacionadas ao transporte para ambos os tipos de componentes. A participação da fase de transporte, relacionada às emissões totais, foi maior para os blocos de concreto, para a maioria das capitais.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) tem dado suporte para realização de pesquisas de ACV nos materiais de construção, entre esses estudos Vinhal (2016) realizou um estudo do processo de fabricação de blocos cerâmicos estruturais, com abordagem do berço ao portão da fábrica, objetivando averiguar os principais impactos ambientais e os processos que mais contribuem para estes impactos. Utilizou-se coleta de dados primários em duas fábricas no Estado de São Paulo.

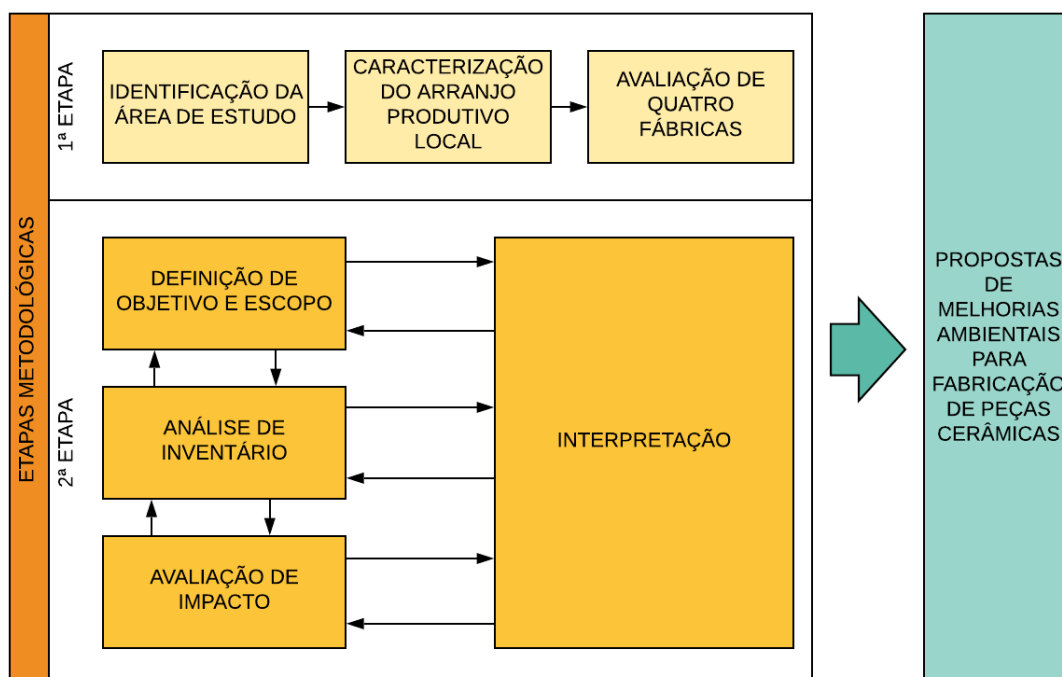
Nenhum dos trabalhos apresentados são aplicados a indústrias ceramistas no Nordeste, e conseqüentemente, não refletem de forma significativa a realidade fabril da Região, pois, a indústria de cerâmica vermelha no Nordeste apresenta características diferentes das localizadas no Sul e Sudeste. Além das diferenças referentes ao desenvolvimento tecnológico, existem diferenças nas características de produção.

## CAPÍTULO 4

## METODOLOGIA

Este capítulo reúne as etapas e procedimentos metodológicos que foram utilizados na pesquisa, para que os seus objetivos fossem atendidos. Desse modo, a pesquisa foi desenvolvida em duas partes (Figura 7). A primeira, diz respeito a identificação e caracterização da atividade ceramista no município de Parelhas/RN a qual divide em três sub etapas: caracterização da área de estudo, caracterização da indústria local e estudo de múltiplos casos. A segunda, trata da aplicação da metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para identificação e quantificação dos impactos ambientais inerentes ao ciclo de vida das telhas cerâmicas. Conforme as normas ISO 14040 (ABNT, 2014a) e ISO 14044 (ABNT, 2014b), a estrutura metodológica para se estudar o ciclo de vida de um produto é regida por quatro fases distintas: definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impactos e interpretação. As duas etapas citadas subsidiarão a elaboração das propostas de melhorias para a fabricação de peças cerâmicas no município.

Figura 7: Fluxo das etapas metodológicas da pesquisa.

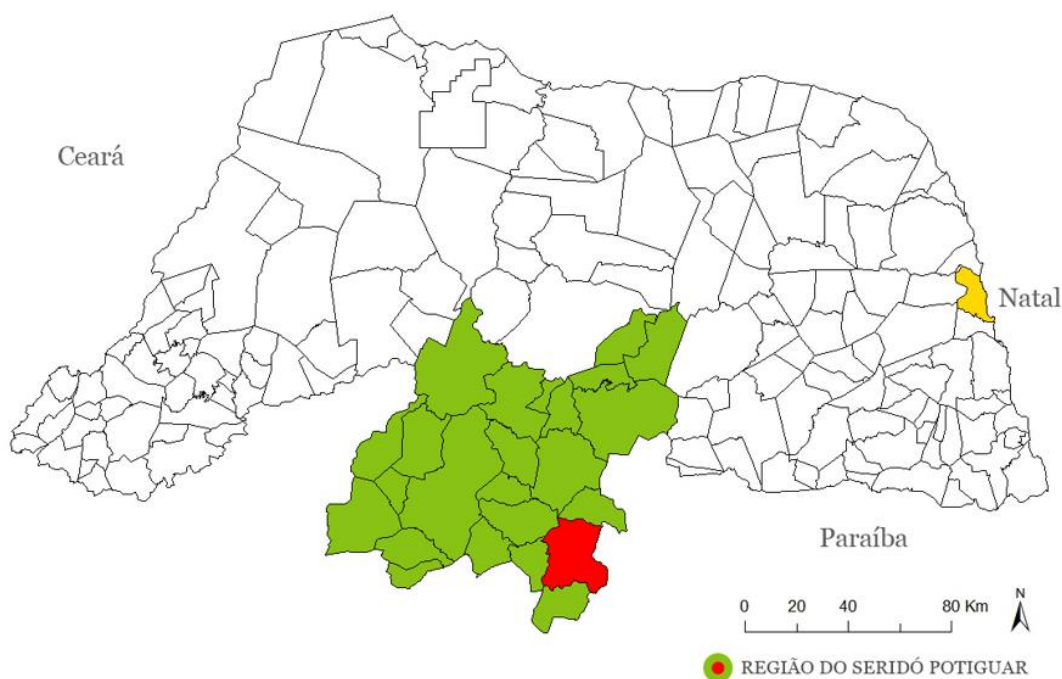


Fonte: a autora (2019).

#### 4.1 IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A presente pesquisa foi realizada no município de Parelhas localizada na região do Seridó, no Estado do Rio Grande do Norte, em destaque na cor vermelha na Figura 8. Parelhas possui limites com os municípios de Carnaúba dos Dantas e Jardim do Seridó a norte; Equadora sul; Nova Palmeira, Pedra Lavrada e São Vicente do Seridó, todos na Paraíba, a leste; Jardim do Seridó e Santana do Seridó a oeste.

Figura 8: Mapa do Rio Grande do Norte, com destaque a região do Seridó.



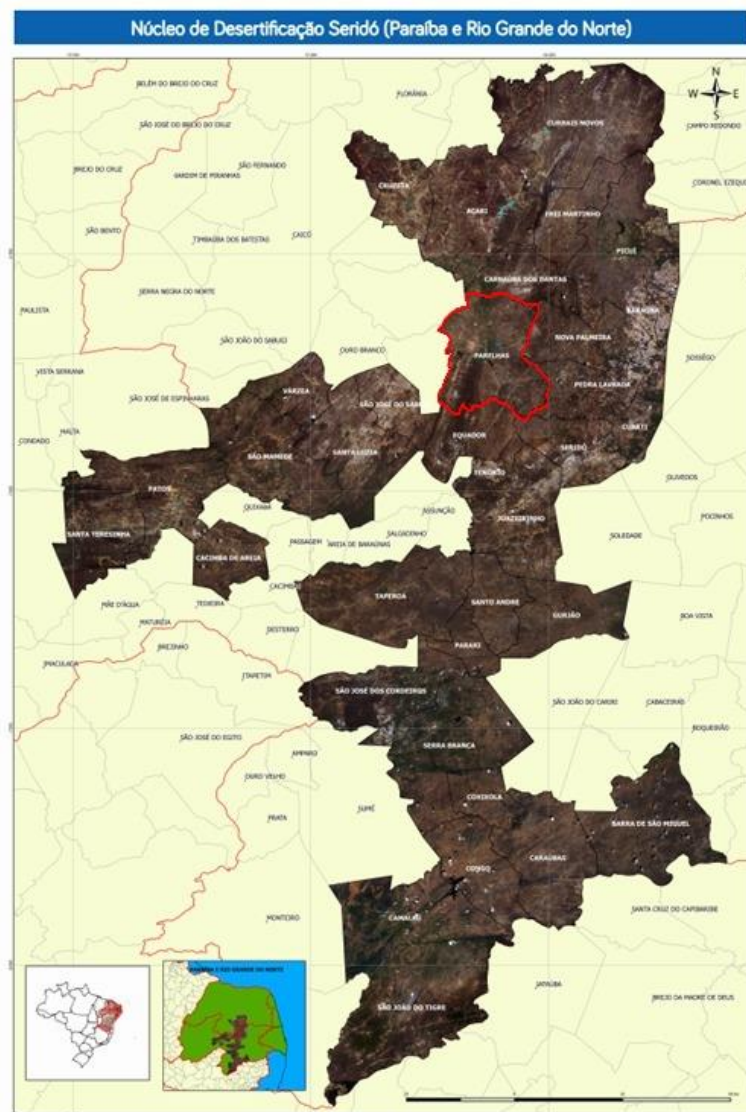
Fonte: adaptado de IBGE (2018).

A região do Seridó faz parte do Semiárido brasileiro e apresenta como principais características a ocorrência de poucos períodos de chuvas e a predominância de muita insolação ao longo das estações do ano. Ainda se tratando do Seridó, tem como formação vegetal predominante a Caatinga. Seu clima é classificado como tropical quente e úmido e apresenta baixos índices pluviométricos, com pluviosidade média abaixo de 400 mm. Além disso, está inserido na bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Açu e nessa região, há a predominância de solos pedregosos, que se caracterizam por serem rasos e susceptíveis a processos erosivos (ADESE, 2008).

Ressalta-se que o município de Parelhas faz parte dos municípios que são reconhecidos como inseridos no núcleo de desertificação e é monitorado pelos órgãos

governamentais que dizem respeito as questões ambientais. A Figura 9 mostra os municípios que compõem o núcleo de desertificação do seminário do Rio Grande do Norte e da Paraíba.

Figura 9: Núcleo de desertificação do semiárido do RN e da PB.

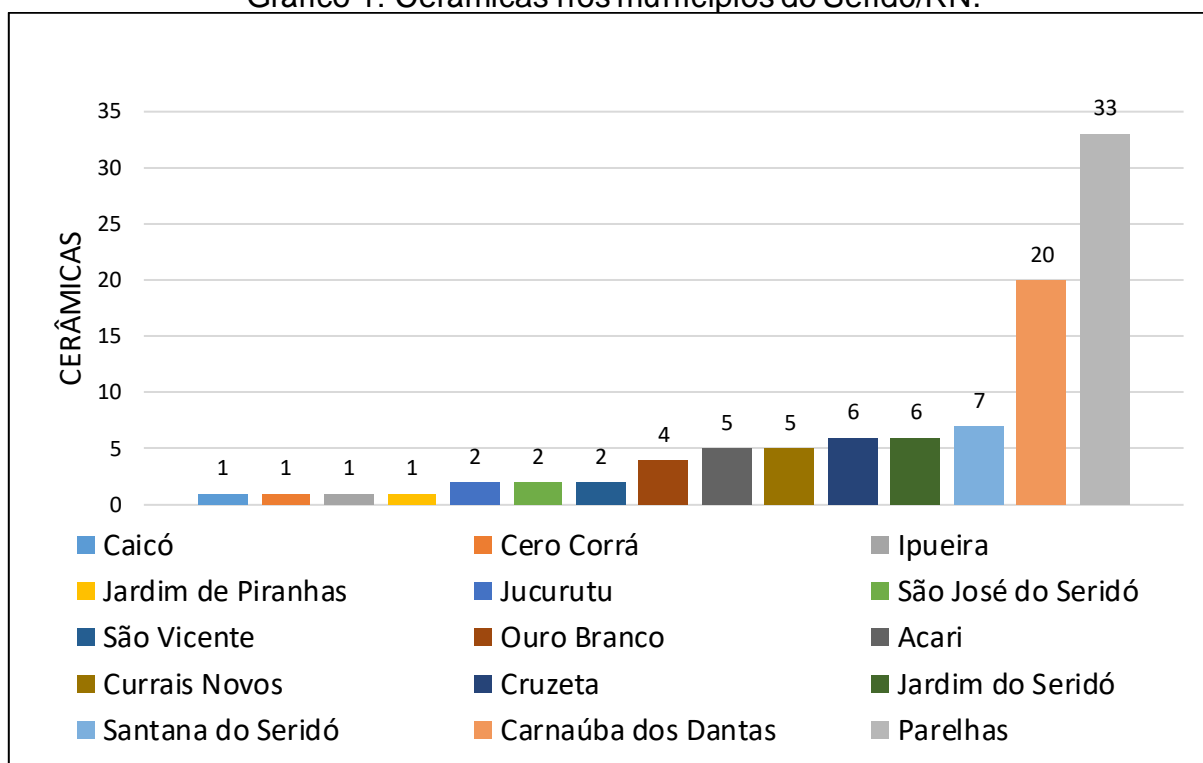


Fonte: adaptado do Instituto Nacional do Semiárido (2014).

Parelhas/RN possui uma população estimada de 21.669 habitantes, com área territorial de 513,57 km<sup>2</sup> e densidade demográfica de 39,67 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2017). O município detém 15,4% das unidades produtivas e 15% dos empregados no setor industrial do Seridó. Destacam-se as atividades de extração de minerais não-metálicos, de metalurgia e de produção de cerâmica vermelha como as principais atividades indústrias desenvolvidas (FIERN, 2013).

O fator preponderante que definiu a escolha do município a ser estudado, advém da quantidade de cerâmicas instaladas em Parelhas no ano de 2013. Observa-se no Gráfico 1 que a quantidade foi maior em detrimento aos demais municípios situados no polo cerâmico do Seridó, com substância diferença ao município de Carnaúbas dos Dantas/RN, segundo maior índice de cerâmicas instaladas, percentual de 40%.

Gráfico 1: Cerâmicas nos municípios do Seridó/RN.



Fonte: adaptado de SEBRAE (2013).

Assim, devido à grande quantidade de cerâmicas instaladas em Parelhas/RN, no ano 2014, a presente pesquisa selecionou o município para o desenvolvimento deste trabalho.

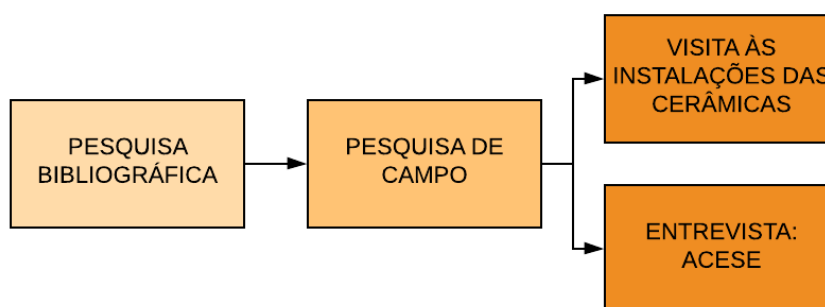
#### 4.2 CARACTERIZAÇÃO DO ARRANJO PRODUTIVO LOCAL (APL) DE CERÂMICA VERMELHA EM PARELHAS/RN

Para a caracterização do APL de cerâmica no município de Parelhas/RN foram realizados os procedimentos de pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo, composta pelas seguintes etapas: visita às instalações das fábricas e entrevista ao presidente da Associação Ceramista do Seridó – ACESE (Figura 10). Esta etapa da



pesquisa se caracteriza como de caráter exploratório, que segundo Gil (2007), tem o objetivo de tornar um tema mais explícito e proporcionar maior familiaridade com o problema. Destarte, a caracterização do APL visa identificar o perfil das empresas, o perfil tecnológico da produção e o perfil mercadológico dos produtos.

Figura 10: Fluxo das etapas da caracterização da indústria cerâmica local.



Fonte: a autora (2019).

#### 4.2.1 Pesquisa bibliográfica

Devido a necessidade de caracterizar e entender o comportamento e desenvolvimento do APL de cerâmica vermelha no município de Parelhas/RN foi necessário a realização de uma pesquisa bibliográfica. Para Fonseca (2002), a pesquisa bibliográfica é realizada a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas e publicadas, e subsidiada por meios escritos e eletrônicos, que podem ser livros, artigos científicos, páginas de web sites. O principal objetivo desta etapa foi nortear as etapas subsequentes necessárias à caracterização do APL, com embasamento teórico do que já havia sido publicado a respeito do tema e levantar as necessidades daquilo que ainda não se conhecia, para que fossem levantadas informações mais detalhadas.

Essa etapa foi fundamental para a agregação dos dados referentes a indústria cerâmica vermelha no município de Parelhas/RN, visto que essas informações muitas vezes estavam dispersas, sem um objetivo amplo. Desse modo, levantou-se trabalhos que caracterizam a produção cerâmica na Região do Seridó através de buscas no repositório da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e outras universidades, sendo inclusas na pesquisa teses e dissertações, documentos

fornecidos pela ACESE, livros e demais documentos e estudos relacionados ao objetivo da pesquisa.

#### **4.2.2 Pesquisa de campo**

A pesquisa de campo é caracterizada por investigações onde são realizadas coletas de dados junto a pessoas ou com outros recursos de pesquisa, além da pesquisa bibliográfica e/ou documental (FONSECA, 2002). Nesta etapa, foram desenvolvidas entrevista com o presidente da ACESE e visitas às instalações das fábricas, seguidas de aplicação de questionários.

O uso da entrevista é justificado para coleta de dados não documentados sobre um tema a se obter informações; é uma técnica onde uma das partes busca dados e a outra se apresenta como fonte de informação (GERHARDT e SILVEIRA, 2009). Foi realizada uma entrevista de caráter exploratório, com utilização de roteiro (conjunto de questões) semiestruturado.

A entrevista foi dirigida ao Sr. Manoel Neto, presidente da ACESE, e realizada na sede da associação, no município do Parelhas/RN, em duas oportunidades, a primeira em 2018 e a segunda em 2019. Na primeira data foi realizada uma entrevista piloto para definição das estratégias de pesquisa e a segunda tem o objetivo de coleta de dados para a caracterização da indústria cerâmica. O roteiro abordava os seguintes aspectos: quantidade de fábricas ativas, extração e transporte da matéria-prima, utilização de forno e combustível, abastecimento de água, distribuição do produto, além de questões administrativas.

A escolha das cerâmicas para participação das etapas que seguem foi realizada por amostragem não probabilística, por conveniência, através de seleção de unidades de amostras mais acessíveis. O uso da amostragem não probabilística se justifica pelo fato de a população ser finita e inferior a 30 unidades (na época da coleta dos dados de campo existiam 15 cerâmicas em atividade), assim não sendo possível a utilização de equações que fazem uso da distribuição normal. Dessa forma, após contato inicial, quatro cerâmicas se dispuseram de forma voluntária a participar da pesquisa, o que equivale a uma amostra de 27% da população.

Na realização da visita às fábricas cerâmicas foi utilizada a técnica de observação passiva, que consiste em ver, ouvir e examinar os acontecimentos de

maneira em que o observador não se integra ao grupo observado (GERHARDT e SILVEIRA, 2009). Esse artifício foi utilizado principalmente para descrição detalhada dos processos produtivos que compõem a produção de peças cerâmicas. Os dados observados foram registrados em notas de campo e também houve a utilização de registros fotográficos.

A observação foi realizada em quatro cerâmicas no município de Parelhas/RN em janeiro de 2018 (dois mil e dezoito). As cerâmicas serão tratadas ao longo dos resultados como cerâmica A, cerâmica B, cerâmica C e cerâmica D. Como já mencionado, essa etapa foi utilizada para caracterização do processo produtivo das peças cerâmicas, através de coleta de dados.

O tratamento dos dados obtidos na pesquisa de campo consistiu da organização e tabulação em planilhas. Em seguida foram elaborados mapas, gráficos, tabelas e quadros para melhor apresentação dos resultados.

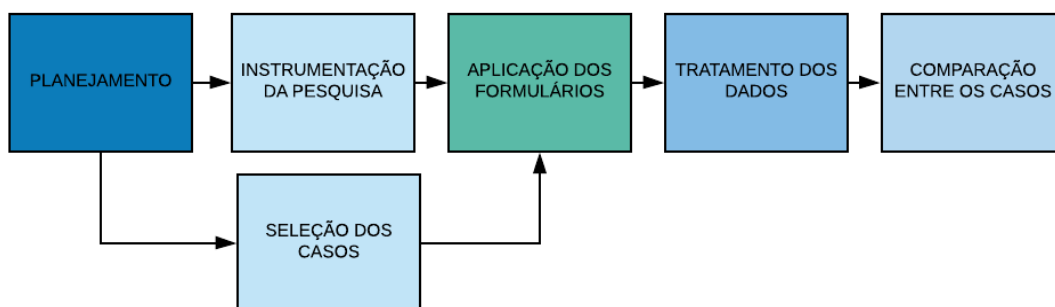
A aplicação dos formulários, referente a próxima etapa, e das entrevistas na pesquisa (Apêndices A, B) só foram realizadas após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Onofre Lopes (CEP/HUOL), da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), conforme estabelecido na Portaria nº 196/1996 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) e do Ministério da Saúde (MS), que requer a aprovação no conselho de ética para pesquisas que tratam de temas que pesquisem e/ou trabalhem diretamente com seres humanos. O número do processo de aprovação da pesquisa junto ao CEP/HUOL, corresponde ao CAAE: 07385218.0.0000.5292 (Anexo A). Os formulários e entrevistas foram aplicados nas estruturas físicas das cerâmicas e da ACESE.

### **4.3 AVALIAÇÃO DE QUATRO EMPRESAS**

O estudo de caso possui caráter exploratório e é designado para realização de um estudo aprofundado sobre um tema. Na pesquisa, foi realizado um estudo de múltiplos casos que ocorre quando vários estudos são conduzidos simultaneamente, essa aplicação é mais conveniente pois utiliza a repetição dos experimentos (YIN, 2001). A aplicação do estudo de múltiplos casos ocorreu em quatro cerâmicas,

aquelas em que foram realizadas as visitas, na etapa anterior. Os procedimentos realizados para o estudo estão representados na Figura 11.

Figura 11: Etapas realizada no estudo de múltiplos casos.



Fonte: a autora (2019).

O planejamento da pesquisa teve como apoio os dados de levantamento bibliográfico e pesquisa de campo realizados nas etapas anteriores, estudo piloto. No planejamento foram levantadas as questões significativas e que deveriam ser incluídas na construção do questionário que foram aplicados nas cerâmicas.

Para instrumentação da pesquisa optou-se pela aplicação de formulário semiestruturado (apêndice A), técnica em que as anotações são realizadas por um entrevistador face a face com o entrevistado, onde foram elaborados questionamentos a respeito da caracterização preliminar das cerâmicas, extração da matéria-prima, consumo de água, produção e venda das peças cerâmicas.

- Caracterização preliminar das cerâmicas – Essa primeira parte do questionário tem como objetivo caracterizar a indústria cerâmica, quanto ao seu porte, atuação no mercado, tempo de atuação, produtos, entre outros aspectos.
- Extração da matéria-prima – Foram realizados questionamentos acerca da extração da argila, bem como, do local de extração, quantidade, existência de licenciamento ambiental, transporte da matéria-prima, entre outros.
- Consumo de água – O objetivo dessa parte do formulário é identificar como ocorre a obtenção consumo de água para a produção dos produtos cerâmicos, por exemplo, volume e fonte de abastecimento.

- Produção – Os questionamentos referentes à produção visam coletar as informações que dizem respeito ao processo produtivo utilizado pela indústria. Foram levantadas características como tipificação dos fornos utilizados, consumo de combustível, quantitativos de produção, entre outras informações.
- Distribuição das peças cerâmicas – Nesta etapa, foram rastreados os dados referentes a venda das peças cerâmicas, principalmente em relação a distribuição.

Como não foi possível a aplicação de métodos estatísticos para definição de uma amostragem, a escolha das fábricas para participação da pesquisa se deu por conveniência, visto que antes dos procedimentos de campo, todas as cerâmicas do município foram contatadas previamente, via correio eletrônico ou por chamada telefônica. Ainda assim, nas visitas de campo houve a tentativa de realização do estudo de casos em mais cerâmicas, porém, somente as quatro empresas quiseram aderir a pesquisa.

A aplicação dos formulários foi realizada na sede das cerâmicas e as respostas foram concedidas pelos proprietários ou gestores. Os formulários foram aplicados em 2019 (dois mil e dezenove).

Os dados coletados no estudo de caso foram organizados em planilhas e relacionados para a construção de quadros que permitem uma melhor visualização dos resultados. Os dados que não foram considerados como relevantes na análise dos dados foram descartados.

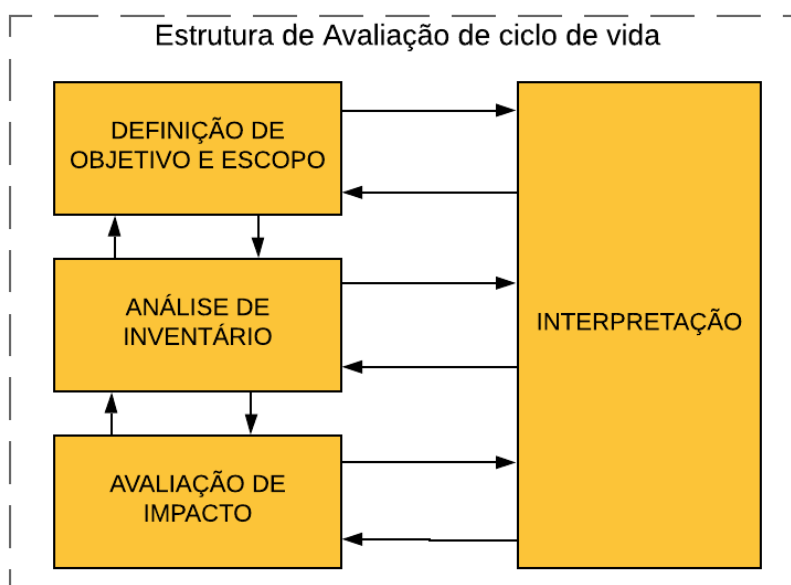
Por fim, realizou-se a comparação entre os resultados alcançados em cada uma das cerâmicas onde se aplicou o estudo de caso. Assim, foi possível construir um quadro-síntese comparando alguns dos elementos colhidos durante a pesquisa. A comparação é importante para identificar semelhanças e diferenças entre as cerâmicas e assim ajudar na caracterização de um perfil das empresas cerâmicas do município de Parelhas/RN.

#### 4.4 METODOLOGIA PARA APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV) EM DUAS CERÂMICAS DO MUNICÍPIO DE PARELHAS/RN.

Para aplicação da metodologia de ACV foram selecionadas duas fábricas de produção de cerâmica vermelha; essas duas são uma das quatro cerâmicas em que foram aplicadas as etapas anteriores da pesquisa. A escolha pelas cerâmicas A e B para o desenvolvimento da ACV, se deu por serem de mesmo porte e apresentarem para a produção do mesmo produto características diferentes em relação ao uso de matrizes energéticas.

A metodologia de avaliação de ciclo de vida, regida pelas NBR ISO 14040 (ABNT, 2014a) e NBR ISO 14044 (ABNT, 2014b), contempla as fases de definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impacto e interpretação (Figura 12).

Figura 12: Fluxo das etapas de avaliação de ciclo de vida.



Fonte: adaptado de NBR ISO 14040 (ABNT, 2014a).

Nesse capítulo serão descritos os dados da definição de objetivo e escopo, bem como o procedimento para obtenção dos resultados das demais etapas da ACV: análise de inventário de ciclo de vida, avaliação de impacto de ciclo de vida e interpretação dos resultados.

#### 4.4.1 Definição de objetivo e escopo

##### 4.4.1.1 Objetivo da ACV

O objetivo da aplicação da ACV, no estudo, é analisar os impactos ambientais da cadeia produtiva da indústria de telhas cerâmicas no município de Parelhas/RN, observando as fases de extração e transporte de matéria-prima e produção das peças de cerâmica vermelha, ou seja, do berço ao portão (*cradle-to-gate*) e comparar os impactos entre duas empresas ceramistas do município que divergem quanto ao tipo de matriz energética utilizada.

##### 4.4.1.2 Escopo

Na definição do escopo de uma ACV foram considerados os seguintes itens: o sistema do produto a ser estudado, as funções do sistema de produto, a unidade funcional, a fronteira do sistema, os procedimentos de alocação, a metodologia de AICV e tipos de impactos, interpretação a ser utilizada, requisitos de dados, pressupostos, escolha de valores e elementos opcionais, limitações e requisitos de qualidade de dados. Os itens definidos são os mesmos para as duas cerâmicas consideradas na pesquisa.

- O sistema do produto a ser estudado

Este estudo está focado na cadeia produtiva da telha cerâmica no município de Parelhas/RN, comparando as etapas compreendidas entre a extração da matéria-prima e produção das peças cerâmicas.

- Função do sistema de produto

A principal função do sistema é a produção de material destinado ao uso na construção civil. São peças cerâmicas de coloração avermelhada destinadas à cobertura das edificações.

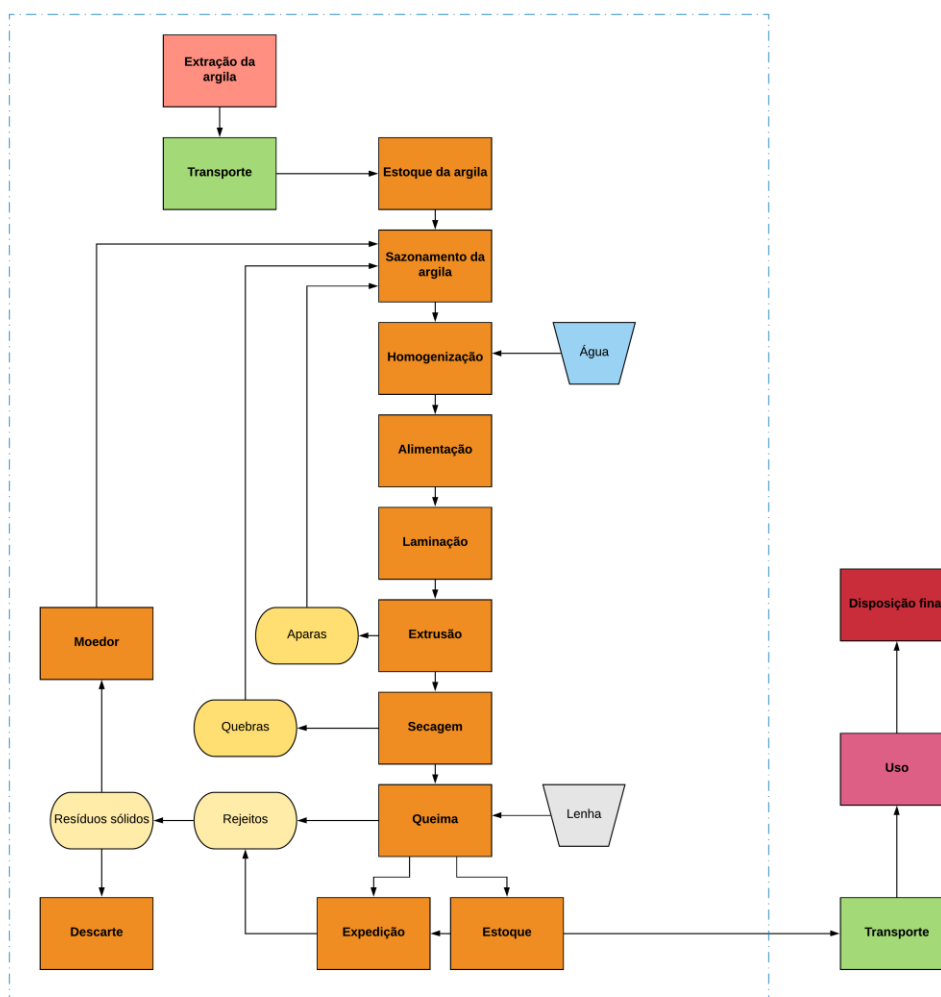
- Unidade funcional

A unidade funcional considerada na pesquisa para elaboração das etapas subsequentes é a produção de mil telhas, comumente chamado de milheiro. Essa unidade foi escolhida porque é a utilizada na comercialização do produto.

- Fronteira do sistema de produto

Nesse estudo, a aplicação da ACV na cadeia produtiva da telha cerâmica, considerou as etapas de extração de matéria-prima e produção (que inclui todos os processos pertinentes a fabricação das telhas cerâmicas). A Figura 13 ilustra as delimitações do sistema de produto que foi estudado. A fronteira está delimitada pela linha tracejada azul.

Figura 13: Fronteiras do sistema da cadeia produtiva de telha cerâmica.



Fonte: a autora (2019).



- Procedimento de alocação

Não foi necessário realizar nenhum processo de alocação, pois as cerâmicas A e cerâmica B, apesar de produzirem também blocos cerâmicos, o fazem em pequena quantidade e em processos separados. . As atividades de transporte não sofrem alocação.

- Metodologia de AICV e tipos de impactos

Como método de avaliação dos impactos do ciclo de vida, utilizou-se o EDIP 2003. Este método é compatível com o OpenLCA 1.8, *software* que foi usado para auxiliar a interpretação dos dados. As categorias de impactos consideradas na pesquisa foram: potencial de acidificação, aquecimento global, eutrofização aquática, ozônio fotoquímico em relação à saúde humana e vegetação; apesar do método EDIP 2013 apresentar outras categorias, para o *software* utilizado apenas essas são disponíveis.

- Requisito de dados

Para este estudo, os dados de entrada para o Inventário de Ciclo de Vida (ICV) foram dados secundários e primários. Foi dada, por recomendação da Norma NBR ISO 14040 (ABNT, 2014a), preferência pela utilização de dados primários, que são aqueles coletados diretamente na fonte. Os dados primários foram coletados *in loco* de acordo com os processos elementares que compõem a produção de telhas cerâmicas e estão adequados a fronteiras do sistema. Os dados secundários foram coletados da base de dados confiáveis e devidamente referenciados na descrição da metodologia utilizada para a construção do inventário.

- Pressupostos

Este estudo avaliou os impactos ambientais potenciais da cadeia produtiva da telha cerâmica no município de Parelhas/RN, considerando as fases (i) extração de matéria-prima e (ii) produção das peças cerâmicas.

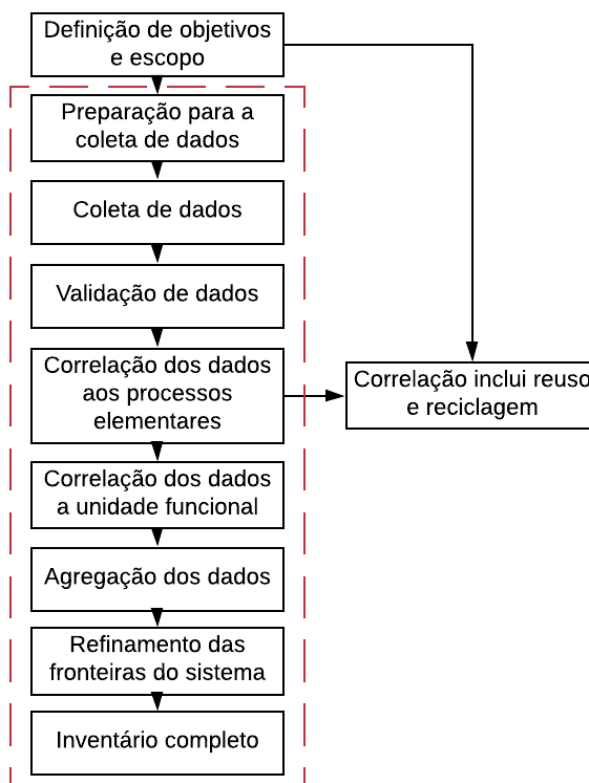
- i. Extração de matéria-prima: a argila, matéria-prima principal da produção de telhas cerâmicas, é extraída em jazidas com o auxílio de máquinas escavadoras. As jazidas que fornecem argila para cerâmicas de Parelhas/RN estão localizadas nos municípios de Caicó/RN, Acari/RN e Santa Cruz/RN distantes de Parelhas respectivamente, 70 km, 60 km e 130 km. A argila é transportada por caminhões basculantes até os pátios das fábricas.
- ii. Produção das peças cerâmicas: no processo de produção das peças cerâmicas a argila é misturada a água para obter a consistência ideal para moldagem. A água usada para este fim é proveniente de reservatórios naturais de água localizados próximos as áreas de produção. Depois que as peças moldadas e secas são colocadas nos fornos. O perfil dos fornos pode variar de acordo com o porte da empresa ceramista. Os fornos, para realização da queima, são abastecidos por lenha comumente do Cajueiro, manejo de mata nativa e Algaroba. A lenha é extraída no próprio município e, também, em outros municípios circunvizinhos como Jardim do Seridó/RN, Lagoa Nova/RN, Cuité/PB e Cruzeta/RN.

#### **4.4.2 Análise de inventário de Ciclo de vida**

Precedidas as etapas de definição do objetivo e do escopo da ACV, foi possível iniciar a coleta dos dados primários que foram incluídos no inventário do ciclo de vida da cadeia produtiva da telha cerâmica. Para isso, levou-se sempre em consideração os processos elementares inclusos na fronteira do sistema e a unidade funcional.

Seguindo as recomendações da norma NBR ISO 14040 (ABNT, 2014a), foram realizados os procedimentos indicados na Figura 14 para realização da análise de inventário de ciclo de vida.

Figura 14: Procedimentos simplificados para análise de inventário.



Fonte: adaptado da NBR ISO 14044 (ABNT, 2014b).

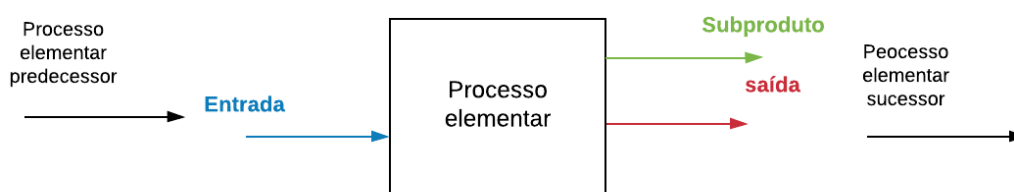
A preparação para a coleta de dados teve como suporte os resultados obtidos na etapa de caracterização da cadeia produtiva da telha cerâmica no município de Parelhas/RN. Assim, foi possível elaborar fichas de coleta de dados para cada processo elementar (apêndice B). Cada processo elementar que pertence à fronteira do sistema foi estudado para identificar quais dados eram necessários serem coletados.

A coleta de dados foi realizada diretamente nas indústrias cerâmicas, através da aplicação de formulários e consulta a documentos. A coleta aconteceu em 2019.

Foi realizada a descrição de cada processo elementar pertencente ao sistema e adotadas unidades de medidas que asseguram um entendimento uniforme e consistente do sistema. Os dados podem ser classificados, conforme a mesma norma, em (i) entradas de energia, entradas de matéria-prima, entradas auxiliares e outras entradas físicas, (ii) produtos, co-produtos e resíduos, (iii) liberação para a atmosfera, a água e ao solo e (iv) outros aspectos ambientais.

Para cada processo elementar foi construído um Diagrama de Fluxo de Vida (DFV) que indica de forma visual os fluxos de entrada e saída de cada processo elementar e a quantificação dos dados de cada fluxo de acordo com a unidade funcional. A Figura 15 indica como foi realizado o DFV de cada processo elementar.

Figura 15: Diagrama de Fluxo de Vida (DFV).



Fonte: a autora (2019).

A agregação dos dados consiste no somatório de todos os fluxos de entradas dos processos elementares para a composição das entradas e saídas de cada sistema. Para melhor entendimento dos dados de cada sistema, após a agregação dos dados foram elaborados gráficos comparativos e de diagramas de Sankey, que é um tipo específico de fluxograma no qual a largura das setas é proporcional à quantidade do fluxo. Os diagramas de Sankey foram construídos para melhor visualização das contribuições do consumo de energia e da emissão de dióxido de carbono e serão utilizados quando for necessário identificar contribuições de emissões e consumo de energia.

No refinamento das fronteiras do sistema exclui-se ou inclui-se etapas do ciclo de vida com pouca ou nenhuma significância e exclui-se ou inclui-se entradas e saídas sem significância para os resultados do estudo. No refinamento do sistema foi excluído o processo elementar de estocagem das argilas após o transporte, já que não sofrem nenhum processo de alteração.

#### 4.4.2.1 Dados secundários de emissões atmosféricas.

Não foi possível realizar a coleta de dados primários referentes às emissões atmosféricas, por isso recorreu-se a fontes secundárias. Como fonte de dados secundários para as emissões foram considerados os dados do 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por veículos automotores rodoviários, elaborado no ano de 2011 pelo Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2011). Nele foram coletadas as emissões referentes à queima de: dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrocarbonetos não metano, óxidos de nitrogênio e material particulado. Não foram consideradas as emissões de pré-combustão, ou seja, as emissões referentes a produção do óleo diesel.

Para energia elétrica, foram consideradas as emissões de dióxido de carbono resultantes da sua geração. O índice atribuído à eletricidade foi estimado a partir de dados do Balanço Energético Nacional - BEN (BRASIL, 2018). As emissões geradas a partir da queima da lenha e do pó de madeira, foram dimensionadas a partir dos índices do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 1995).

#### 4.4.2.2 Software OpenLCA 1.8

Posteriormente à etapa de coleta e organização de dados em concordância com a Unidade Funcional (UF) selecionada na pesquisa, foi realizada a inserção das informações no *software* responsável por gerar o conteúdo quantitativo de emissões e tipos de impactos provocados, decorrentes de cada etapa avaliada dentro da fronteira do sistema.

Dentre os diversos *softwares* existentes para essa finalidade, escolheu-se o OpenLCA, que é um *software* gratuito desenvolvido pela GreenDelta e que possui código aberto. Foram utilizados os bancos de dados disponibilizados pela própria desenvolvedora. Gentil, Damgaard, Hauschild et al. (2010) afirmam que os resultados provenientes da utilização de diferentes *softwares* de ACV, são independentes da seleção do programa. Portanto, a justificativa da escolha do OpenLCA não constitui um fator determinante para a realização desta pesquisa.

Utilizou-se os fluxos dos bancos de dados gratuitos disponibilizados pelo Nexus Open LCA.

#### **4.4.3 Avaliação de impactos ambientais de ciclo de vida (AICV)**

Antes de dar início à AICV verificou-se: a) se a quantidade de dados e resultados do ICV eram suficientes para conduzir a AICV de acordo com a definição do objetivo e escopo do estudo, b) se as fronteiras do sistema e as decisões de corte de dados foram suficientemente analisadas para assegurar a disponibilidade dos resultados de ICV necessários para o cálculo dos resultados de indicadores para a ICV; c) se a relevância ambiental dos resultados da AICV seria reduzida devido ao cálculo da unidade funcional do ICV, utilização de médias, agregação e alocação no âmbito do sistema.

A AICV foi realizada utilizando o *software* OpenLCA. Com os dados inseridos, realizou-se a conversão dos resultados do ICV em indicadores ambientais por categoria de impacto. O método escolhido para a realização da ACV da telha cerâmica foi o *Environmental Development Industrial of Products* - EDIP 2003, método desenvolvido para apoiar análises ambientais durante o desenvolvimento de produtos industriais e oferecer fatores de caracterização espacialmente diferenciados (MENDES, 2013). O EDIP 2003 é de origem dinamarquesa e adaptado para o OpenLCA.

Na etapa de classificação, o método EDIP 2003 correlaciona os resultados dos inventários de consumo e emissão de materiais com suas categorias de impacto ambiental. Para a etapa de caracterização, o método EDIP 2003 quantifica as contribuições para cada categoria de impacto, convertendo os resultados dos inventários para unidades indicadoras nas categorias. As substâncias que contribuem para uma categoria de impacto são multiplicadas por um fator de caracterização que expressa a contribuição relativa da substância.

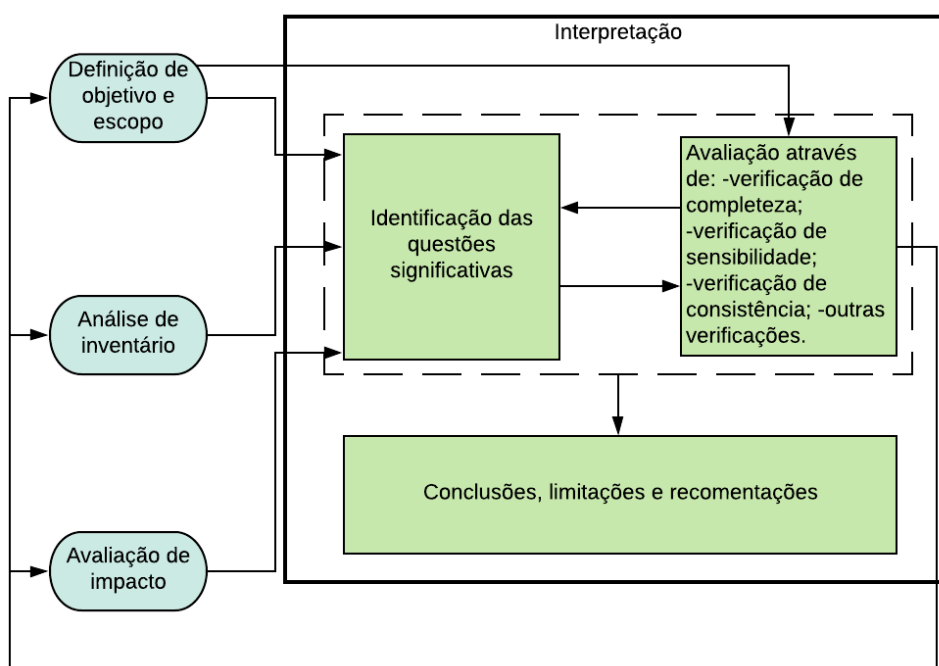
O método utiliza indicadores de impacto *midpoint*. As categorias de impacto consideradas neste estudo foram: potencial de acidificação, eutrofização aquática, aquecimento global, formação de ozono fotoquímico - impacto na saúde humana e

materiais e formação de ozônio fotoquímico - impacto na vegetação, conforme disponibilidade do *software*.

#### 4.4.4 Interpretação do ciclo de vida

A fase de interpretação do ciclo de vida de um estudo inclui diversos elementos que estão delineados na Figura 16. Destaca-se a identificação das questões significativas com base nos resultados das fases anteriores; uma avaliação do estudo, considerando verificações de completeza, sensibilidade e consistência, conclusões, limitações e recomendações.

Figura 16: Fluxo da etapa de interpretação dos resultados



Fonte: adaptado da NBR ISO 14044 (ABNT, 2014).

O levantamento das questões significativas é a conclusão das fases precedentes (ICV, AICV) que são reunidas e estruturadas em conjunto com informações sobre a qualidade dos dados; escolhas metodológicas, tais como regras de alocação e fronteira do sistema provenientes do ICV e indicadores de categoria e

modelos usados na AICV; as escolhas de valores utilizadas no estudo, como estabelecido na definição de objetivo e escopo.

A verificação da completeza é utilizada para assegurar que todas as informações relevantes e os dados necessários para a interpretação estejam disponíveis e completos. Os parâmetros que foram utilizados na modelagem dos sistemas podem apresentar um certo grau de incerteza, especialmente no que concerne às hipóteses genéricas de dados, de módulos e escolhas metodológicas. Os resultados que serão obtidos relacionam-se a estes parâmetros e suas incertezas são transferidas às conclusões.

A identificação de questões significativas ainda avalia a metodologia e os resultados quanto à completeza, sensibilidade e consistência; para esboçar conclusões preliminares e verificar se estas são consistentes com os requisitos do objetivo e escopo do estudo. Inclui ainda a avaliação e verificação de sensibilidade em relação às entradas, saídas e escolhas metodológicas significativas, visando ao entendimento da incerteza dos resultados, adequação das definições das funções do sistema, da unidade funcional e da fronteira do sistema; limitações identificadas por meio da avaliação da qualidade dos dados e pela análise de sensibilidade.

A verificação da sensibilidade foi realizada utilizando o método de comparação de cenário. Aos sistemas das cerâmicas A e B foi aplicado o método de AICV CLM 2001, para que fosse comparado os índices das categorias e assim avaliar as incertezas da escolha do método.

#### **4.5 MELHORIAS PARA CADEIA PRODUTIVA DA CERÂMICA VERMELHA**

Um dos objetivos da metodologia da avaliação do ciclo de vida é apontar melhorias ambientais para um produto. Com base nos resultados obtidos, na caracterização da cadeia produtiva da telha cerâmica no município de Parelhas/RN e na ACV realizada para o sistema produtivo da cerâmica A e o sistema produtivo da cerâmica B, serão apontadas sugestões de melhorias para diminuição do impacto ambiental causado pela telha cerâmica. As sugestões serão realizadas de acordo com as questões significativas que forem levantadas a respeito dos processos elementares dos sistemas das cerâmicas A e B.



## CAPÍTULO 5

# INDUSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA EM PARELHAS/RN

Este capítulo tem a finalidade de apresentar os resultados e as discussões referentes à caracterização do APL de cerâmica vermelha no município de Parelhas/RN, a fim de atender os objetivos propostos na pesquisa, seguindo a metodologia indicada. Esta etapa da pesquisa visou identificar e caracterizar o segmento da cerâmica vermelha e o seu desenvolvimento no município de Parelhas/RN.

### 5.1 ARRANJO PRODUTIVO LOCAL (APL) DE INDÚSTRIAS DE CERÂMICA VERMELHA EM PARELHAS/RN

A atividade de produção de peças de cerâmica vermelha constitui uma importante fonte de renda e geração de empregos. Junto a atividade de mineração, é uma das principais atividades industriais do município de Parelhas/RN. A fim de caracterizar esse setor serão apresentados os perfis tecnológico, industrial e de mercado do setor cerâmico.

O agrupamento de empresas ceramistas no município de Parelhas/RN constitui um Arranjo Produtivo Local (APL). Segundo Vasconcelos, Goldszmidt e Ferreira (2005), os APL são aglomerações espaciais e setoriais de empresas, organizações e governos que atuam coletivamente em um setor produtivo comum. O APL de cerâmica vermelha é fundamental para o desenvolvimento socioeconômico do município, pois essa configuração industrial é fonte geradora de emprego e renda, e utiliza mão de obra local (RODRIGUES NETO e MOTA, 2016).

Foi identificado que o APL da cerâmica vermelha do município de Parelhas/RN, durante o período de realização da pesquisa, era composto por 15 (quinze) empresas

ceramistas instaladas no município. Além da instalação das empresas, em áreas próximas, atividades como a extração de matéria-prima, aquisição de lenha e outras etapas de produção são feitas de maneira colaborativa entre essas empresas, sob a intermediação da ACESE.

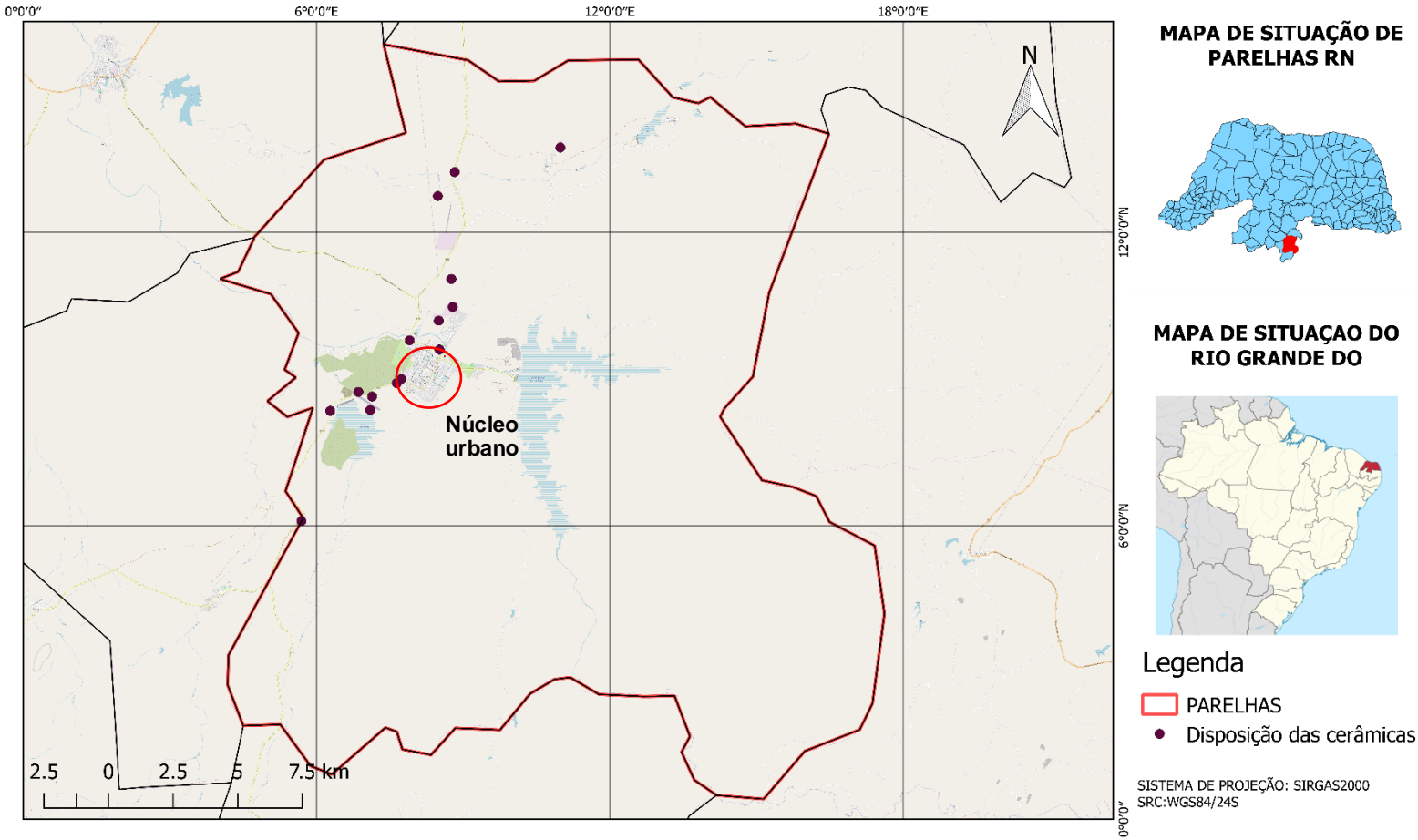
As indústrias de cerâmica vermelha do APL de Parelhas estão distribuídas espacialmente principalmente em zonas rurais (Figura 17). Entretanto, algumas cerâmicas estão instaladas próximo a zona urbana e fazem uso da infraestrutura urbana do município.

Na Figura 17, observa-se que a maior parte das cerâmicas estão distribuídas em áreas rurais do município de Parelhas/RN, em sítios ou comunidades. Apenas uma está inserida dentro da área urbanizada da cidade e outra nas proximidades. Essa característica pode ser atribuída à necessidade de grandes áreas para a instalação deste tipo de empresa, visto que requerem espaço para maquinário, estoque de matéria-prima, estoque de produtos, instalação de fornos, etc. No aglomerado urbano, terrenos com grandes áreas são quase raros, enquanto na zona rural são mais abundantes e de menor valor aquisitivo.

Outros motivos para a localização em áreas rurais podem ser atribuídos ao processo de queima das peças cerâmicas que emite partículas e gases poluentes. A localização em áreas urbanas causaria maiores transtornos à população. Essas áreas apresentam terras com pouco potencial para atividades agrícolas, devido as características do tipo de solo as regiões, tendo que ser aproveitadas por outras atividades.

Observa-se ainda na Figura 17 que as cerâmicas se concentram nas proximidades das rodovias. O modal rodoviário é mais utilizado por essas empresas para o transporte da matéria-prima; argila, lenha e água; e para distribuição e comercialização das peças. Por isso, a localização em locais que oferecem infraestrutura rodoviária se torna estratégica na composição final do valor do produto.

Figura 17: Distribuição espacial das cerâmicas no Município de Parelhas/RN.

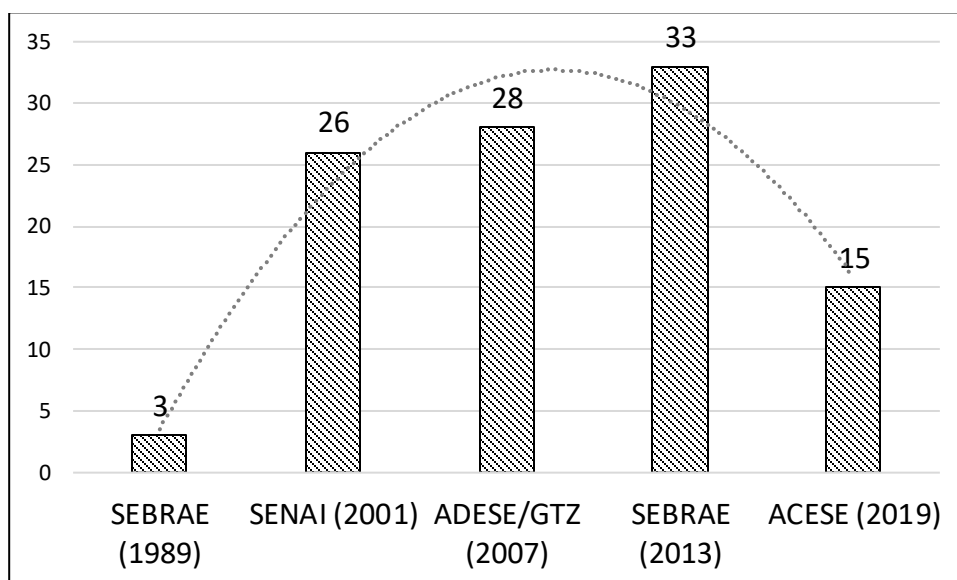


Fonte: a autora (2019).

### 5.1.1 Perfil das empresas

Em busca de novas opções econômicas, visto que as atividades de mineração e cultivo do algodão anteriormente predominantes na Região do Seridó estavam em crise, a partir dos anos de 1980 iniciou-se a atividade ceramista na Região. Inicialmente eram apenas olarias manuais que produziam artefatos cerâmicos de maneira rudimentar (ADESE, 2007). No entanto, essa atividade passou por um processo de desenvolvimento tecnológico que proporcionou melhorias no processo produtivo. Diante disto, o número de empresas ceramistas no município de Parelhas/RN deu um grande salto nos últimos 30 anos (Gráfico 2).

Gráfico 2: Cerâmicas em atividade no município de Parelhas/RN nos últimos 30 anos.



Fonte: a autora (2019).

No gráfico 2, pode ser observado que um dos estudos pioneiros na região do Seridó em se tratando da indústria cerâmica, realizado pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 1989), indica que nesse ano haviam instaladas 3 (três) cerâmicas em Parelhas/RN. Doze anos depois, o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI, 2001) realizou um levantamento que indicou 26 cerâmicas em atividade, correspondendo a um crescimento de aproximadamente 866%. Supondo que o crescimento tenha sido linear, representa um aumento de 72% ao ano.

Deve-se ressaltar que dos anos de 1970 até 1998, o Estado do RN obteve taxas de crescimento econômico superiores a outros Estados da região Nordeste (OLIVEIRA et al., 2016). Este crescimento econômico decorreu de importantes mudanças na estrutura produtiva do estado, em que o setor industrial apresentou elevadas taxas de crescimento (IBGE, 2014). O aumento da quantidade de cerâmicas em atividade em Parelhas/RN pode ter sido decorrente deste aquecimento econômico vivido pelo Estado.

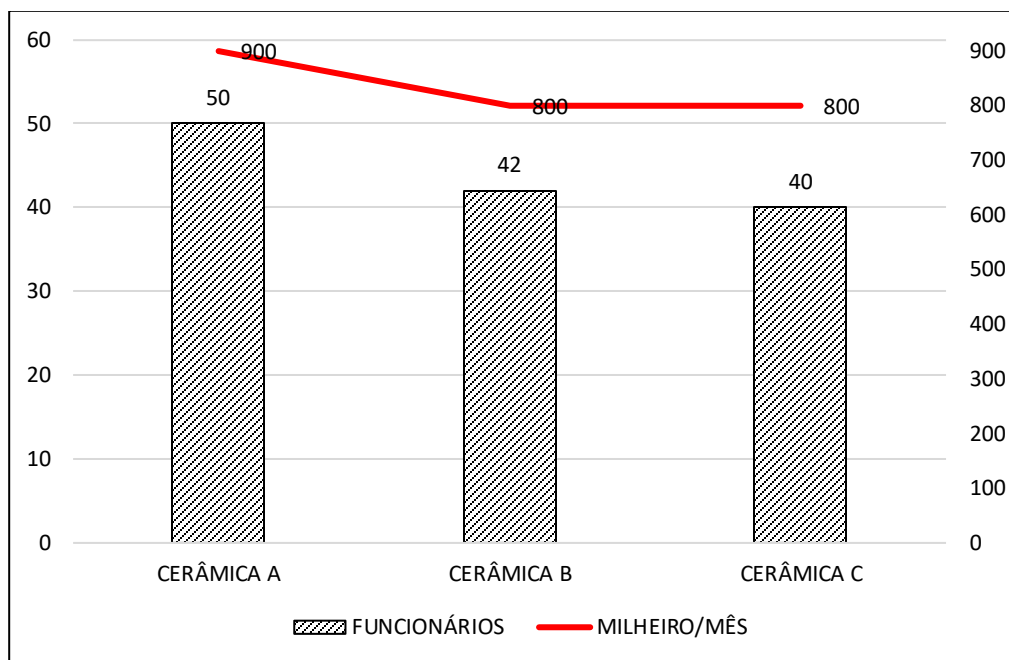
Nos anos seguintes, de 2001 a 2013, a indústria cerâmica em Parelhas continuou crescendo de maneira menos acelerada, mas se consolidando com importante participação econômica para a região e para o Estado (Gráfico 2). Neste período, houve grande aquecimento no mercado da construção civil, especialmente devido a programas do governo federal, como o Minha Casa Minha Vida (MCMV), que visavam a diminuição do déficit habitacional no Brasil. Desse modo, foram necessárias grandes quantidades de insumos, como telhas e blocos cerâmicos, para atender a demanda construtiva do mercado, assim favorecendo a produção cerâmica no município.

Segundo informações da Associação Ceramista do Seridó (ACESE) fornecidas no ano de 2019, conforme Gráfico 2, a quantidade de empresas ativas está diminuindo no município. Esse fenômeno é associado principalmente à crise econômica que atingiu o Brasil em meados de 2014 e se estende até os dias atuais, quando a construção civil teve uma grande retração. Além disso, pode-se associar a maiores exigências em relação à regulamentação ambiental e aos custos de produção. No entanto, a produção, ainda segundo a ACESE, continua com a mesma quantidade de peças dos tempos de grande quantidade de cerâmicas ativas, pois as empresas que “sobreviveram” são aquelas que investiram no refinamento dos processos produtivos que proporcionaram maior eficiência na produção, menor custo de fabricação e maior qualidade do produto.

A quantidade de funcionários empregados em cada cerâmica está atrelada à produção e em particular, ao número de peças produzidas e à mecanização dos processos produtivos. O Gráfico 3, apresenta a comparação entre a quantidade de funcionários e a produção de milheiros mensais em três empresas com o mesmo nível de mecanização. A partir das informações do gráfico encontra-se uma média de

19.000 mil peças produzidas mensalmente para cada funcionário empregado. Esse número é, provavelmente, menor em cerâmicas com menor nível de mecanização dos seus processos produtivos e que necessitam realizar alguns processos de maneira manual.

Gráfico 3: Comparativo entre a quantidade de funcionários e a quantidade de peças produzidas mensalmente.



Fonte: a autora (2019).

Além dos funcionários que estão diretamente ligados a produção, existem aqueles que fazem parte da administração da cerâmica. Durante a pesquisa observou-se que principalmente nas pequenas empresas, toda a parte administrativa (compra e venda de material, pagamentos, aquisições, etc) é realizada pelo proprietário da cerâmica ou por parentes, evidenciando que essas empresas apresentam características de administração familiar.

As empresas A, B e C (Gráfico 3) são de maior porte, comparada com as demais da região e demandam maior necessidade em relação às atividades administrativas. Verificou-se que todas as empresas possuem as atividades administrativas centradas em um escritório, variando de dois a três funcionários responsáveis pelas funções administrativas, além dos proprietários.

A mão-de-obra empregada nas cerâmicas possui escolaridade e faixa etária variada. Segundo um levantamento realizado pelo Senai (SENAI, 2013) na região do Seridó 52% dos funcionários têm idade entre 18 e 30 anos, 32% entre 31 e 40 anos, 14% entre 41 e 50 anos e 2% entre 51 e 60 anos. Assim, observa-se que a maior parte da mão-de-obra empregada é formada por jovens, visto que são realizadas atividades que requerem elevado esforço físico. No que diz respeito ao nível de escolaridade, o mesmo estudo indica que 45% dos funcionários possuem 1º grau incompleto, 38% o 1º grau, 16% o 2º grau e 1% graduação. Desse modo, pode-se concluir que a maioria dos funcionários agregados a essa atividade é de baixa escolaridade.

O processo de produção é o que demanda praticamente a totalidade dos funcionários empregados em cada cerâmica. Cada etapa da produção requer um esforço diferente do funcionário e sua função está interligada ao processo em que trabalha. Na pesquisa foram identificados os seguintes perfis profissionais que realizam atividades nas cerâmicas: soldador, operador de máquina, pegador de telhas, enfornador, desenfornador, queimador, marombeiro e motorista. A função desses profissionais está descrita no Quadro 4.

Quadro 4: Atividade realizada pelos funcionários das cerâmicas.

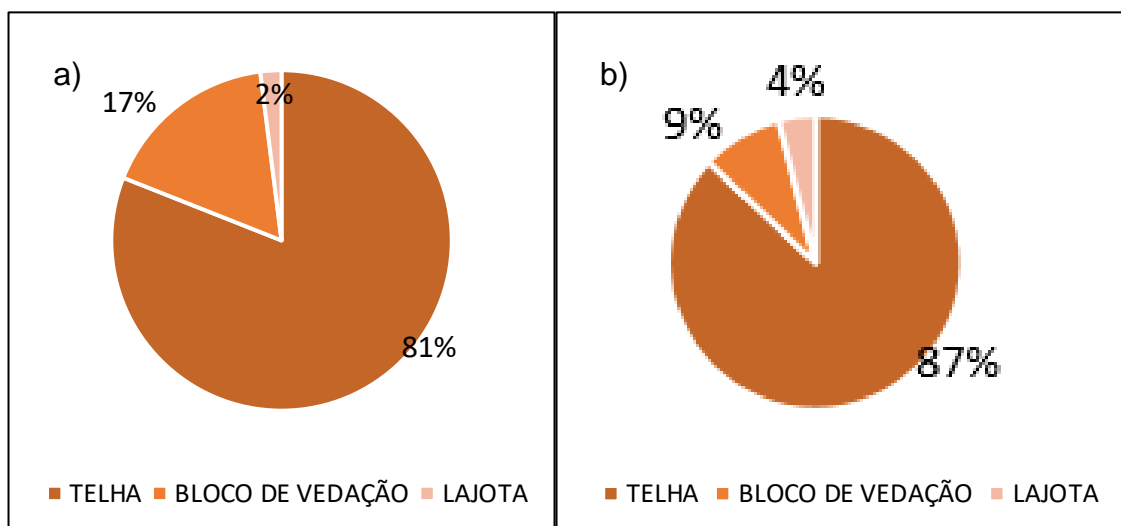
<b>Função</b>	<b>Atividade realizada</b>
<b>Soldador</b>	Profissionais responsáveis por fazer soldas e pequenos reparos nos equipamentos da cerâmica.
<b>Operador de máquinas</b>	Tem a função de realizar atividades de controle do maquinário.
<b>Pegador de telhas</b>	É o funcionário responsável por pegar as telhas moldadas e transportar para o local de secagem.
<b>Enfornador</b>	Funcionário que transporta as telhas, após o processo de secagem, para o forno.
<b>Desenfornador</b>	Responsável por retirar as telhas queimadas do forno.
<b>Queimador</b>	Designado ao abastecimento dos fornos com lenha durante o processo de queima.
<b>Marombeiro</b>	É o responsável pelo equipamento que realiza a maromba no processo de extrusão..
<b>Motorista</b>	Realizar o transporte da matéria-prima da jazida até a cerâmica.

Fonte: a autora (2019).

### 5.1.2 Perfil tecnológico

As telhas são o principal produto cerâmico produzido na região do Seridó, que é responsável por 87% da produção do produto no RN (SENAI, 2013). Além da telha são produzidos outros produtos em menor proporção (Gráfico 4 a). Em Parelhas/RN não é diferente; a telha colonial é o principal produto (Gráfico 4 b) representando uma média de 87% da produção de peças cerâmicas do município. Destarte, ao município de Parelhas/RN é atribuída a alcunha de “Capital das telhas”.

Gráfico 4: a) Percentual de produtos cerâmicos produzidos no Seridó, b) Percentual de produtos cerâmicos produzidos em Parelhas/RN.



Fonte: adaptado de SENAI (2013).

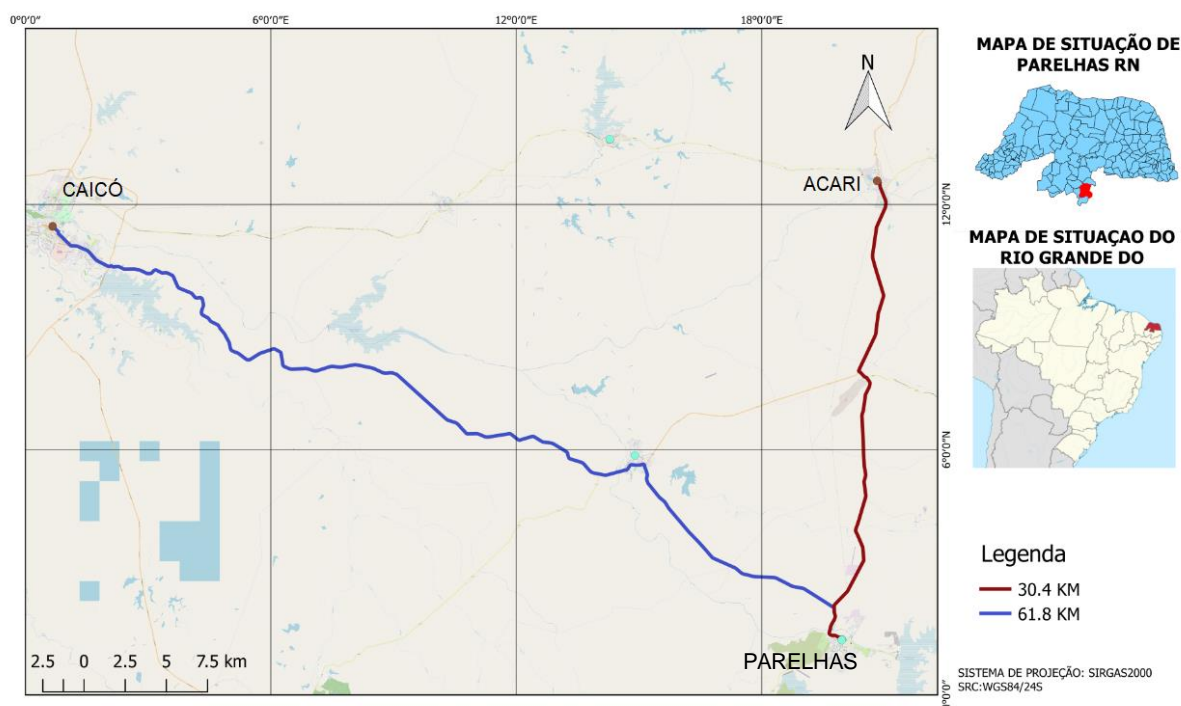
#### 5.1.2.1 Extração da matéria-prima para a produção das peças cerâmicas

Como já mencionado ao longo do trabalho, a argila é a principal matéria-prima utilizada na produção das peças cerâmicas. As argilas são extraídas em jazidas próximas ao município, pois procura-se diminuir os custos com a matéria-prima para manter um valor final competitivo aos produtos cerâmicos. As principais jazidas de argila, na região do Seridó, encontram-se nas várzeas dos açudes de grande porte da região. Sendo assim, a argila só pode ser extraída quando os açudes estão secos ou com baixos volumes de água, inviabilizando a atividade de extração nos períodos chuvosos, que ocorre geralmente nos primeiros meses do ano.



A argila fornecida às cerâmicas do município de Parelhas/RN é extraída predominantemente no Açude Público Itans, em Caicó/RN, e no Açude Público de Gargalheiras, em Acari/RN (Figura 18). Esses municípios também estão inseridos na região do Seridó e estão distantes de Parelhas entre 30 km (Acari) e 60km (Caicó).

Figura 18: Locais de extração da argila para as cerâmicas de Parelhas/RN.



Fonte: a autora (2019).

A argila dessas jazidas é de excelente qualidade para a produção de peças cerâmicas, são as denominadas argilas fortes. A extração é realizada de maneira rudimentar, sem muito controle, por tratores de esteira do tipo retroescavadeiras que retiram as argilas das jazidas e carregam os caminhões de caçamba, para que esses transportem as argilas até as fábricas. O transporte da argila até as cerâmicas é realizado em rodovias que ligam os municípios de extração até Parelhas/RN.

A legalização mineral no Brasil exige que seja realizada regularização da jazida junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DMPN), para que possa então, ser realizada a atividade de extração. A legalização da exploração mineral dessas jazidas, por serem localizadas em açudes federais, apresenta diversas exigências, como a assessoria de um geólogo ou um engenheiro de minas. Muitas vezes os pequenos produtores não conseguem atender aos requisitos, dificultando o

licenciamento mineral para essas empresas. A solução encontrada foi a obtenção da licença através da ACESE. A associação se responsabiliza por toda a parte de documentação para liberação da exploração das áreas e cada produtor cerâmico associado é responsável por extrair a argila, sob controle e orientação da ACESE.

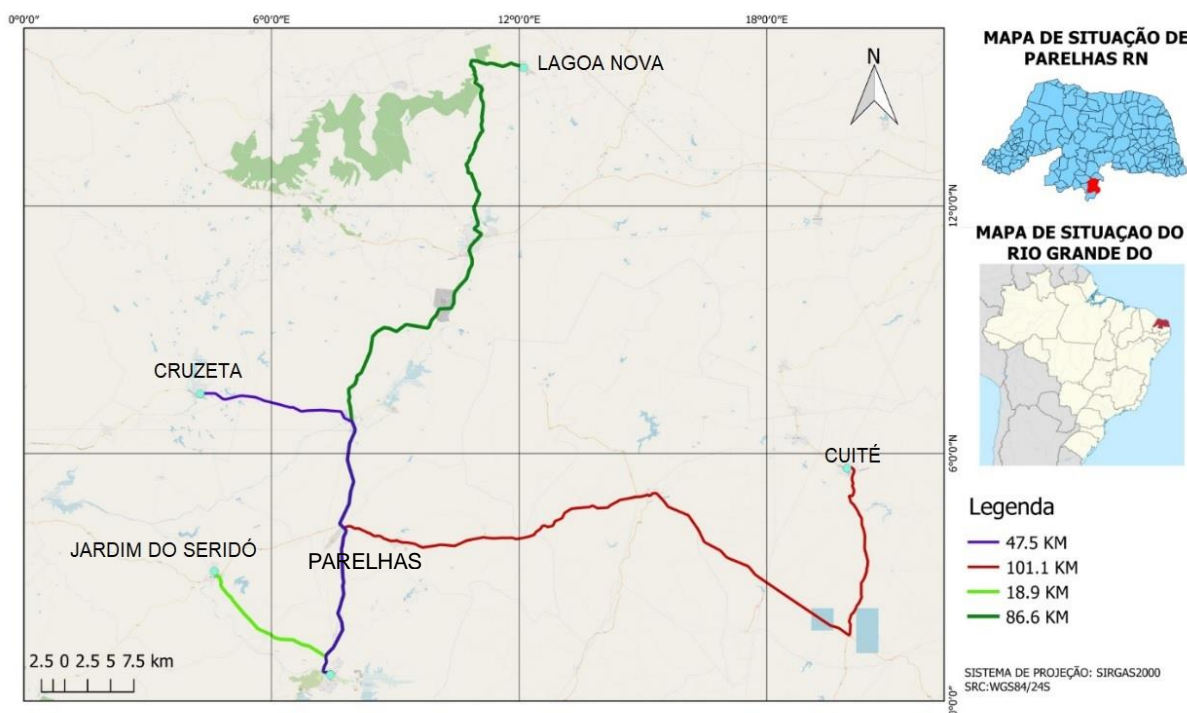
Essa atividade caracteriza-se como uma extração a céu aberto, devendo prever a remoção e disposição dos estéreis, a formação de bancos de extração que assegurem economia no transporte, a drenagem da água, a segurança no trabalho e o aproveitamento completo da jazida (CARVALHO, 1999).

#### 5.1.2.2 Fontes energéticas para queima das peças cerâmicas

Na etapa de queima das peças cerâmicas, as peças são submetidas a altas temperaturas nos fornos para adquirir a resistência adequada, segundo as especificações da norma. A fonte combustível utilizada para o abastecimento desses fornos no município de Parelhas/RN é principalmente a lenha. O Senai (SENAI, 2013) aponta que a lenha possui a vantagem de ser uma fonte abundante na Região e ter preço mais acessível do que os demais combustíveis, consolidando-se como a principal fonte de combustível nas cerâmicas do Rio Grande do Norte.

A pesquisa de campo apontou que as principais localidades (Figura 19) onde são extraídas lenhas para utilização nas cerâmicas de Parelhas/RN são Lagoa Nova/RN, Cruzeta/RN, Cuité/PB e Jardim do Seridó/RN. Todos esses municípios são localizados nas proximidades do município e inseridos na região do Seridó. Embora Cuité/PB seja um município de outro Estado, é também caracterizado como parte do Seridó, nesse caso, Seridó da Paraíba. Os principais tipos de lenhas identificados nessas localidades foram as lenhas de cajueiro, de algaroba e de manejo. O manejo da lenha consiste no plantio de espécies nativas da Caatinga para fins específicos, afim de manter a sustentabilidade no consumo da lenha como insumo energético.

Figura 19: Locais de extração de lenha para abastecimento das cerâmicas do município de Parelhas/RN.



Fonte: a autora (2019).

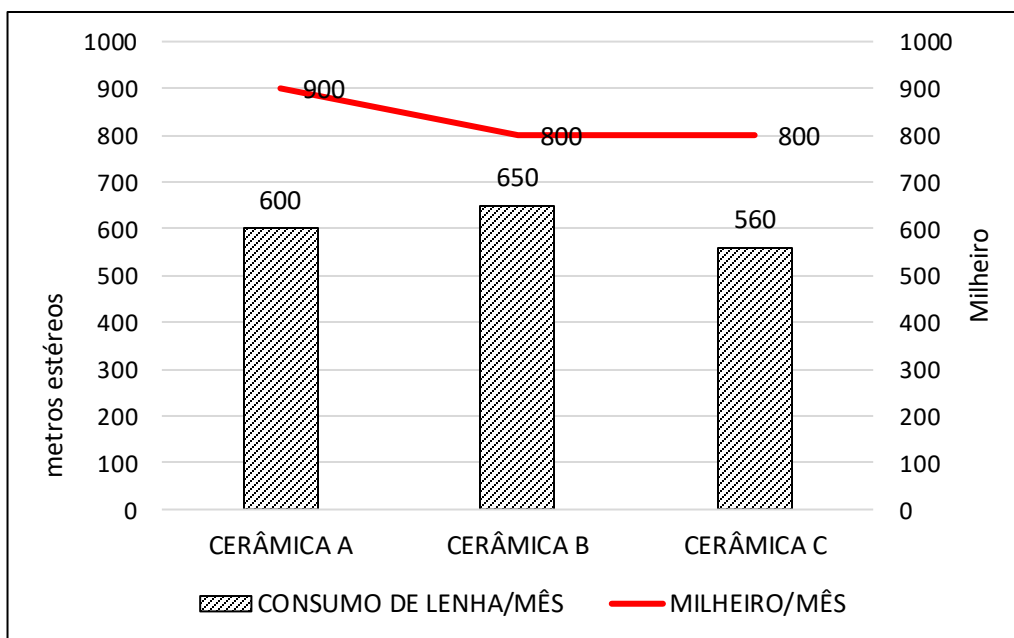
A disponibilidade de lenha, atualmente, é bem menor do que no passado, devido ao uso descontrolado de outrora e a fiscalização em torno da mata nativa, caatinga. Essa dificuldade vem estimulando o uso de outras alternativas de biomassa. Na pesquisa foi identificado principalmente o uso de pó de madeira, casca de côco e aparas de árvores. Essas alternativas surgiram para substituir parcialmente o uso da lenha. Ainda que tenha aumentado o uso de fontes energéticas alternativas à lenha, o setor cerâmico ainda se configura como grande consumidor de recursos florestais (ADESE, 2008).

Além dessas alternativas, o Ministério do Meio Ambiente tem incentivado o desenvolvimento de planos de manejo de recursos florestais típicos da Caatinga, já que o consumo de lenha compõe 30% da matriz energética do Nordeste, sendo a fabricação de peças cerâmicas responsável pelo consumo de oito milhões metros cúbicos de lenha por ano (MMA, 2012).

O consumo de lenha em cada cerâmica se dá de acordo com a eficiência do forno, a quantidade de produção e o tipo de lenha utilizada. O Gráfico 5 mostra a

comparação da produção mensal e do consumo mensal de lenha em três cerâmicas do mesmo porte e perfil tecnológico.

Gráfico 5: Consumo de lenha por produção de peças cerâmicas.



Fonte: a autora (2019).

De acordo com as informações apresentadas no Gráfico 5, a média de consumo de lenha para a produção de um milheiro é de 0,72 m<sup>3</sup>. Esse consumo pode ser maior ou menor de acordo com as técnicas do processo produtivo e a qualidade da lenha.

O diagnóstico do uso da lenha nas atividades agropecuárias do território do Seridó/RN realizado pela Agência do Desenvolvimento do Seridó (ADESE, 2008), identificou que as cerâmicas são responsáveis por consumir 22.749 metros estéreos<sup>1</sup> de lenha mensalmente no Seridó, o que corresponde a 69,7% do total em relação as todas as atividades econômicas que utilizam a lenha. Desse total, Parelhas/RN consome mensalmente 7.552 metros estéreos por mês, sendo o município com maior consumo de lenha em toda região do Seridó. Os dados do mesmo estudo indicam um consumo de 0,66 metros estéreos por milheiro de peças cerâmicas produzidas.

<sup>1</sup> Metro Estéreo é o volume equivalente de uma pilha de madeira de um metro cúbico e compreende a madeira propriamente dita e os espaços vazios entre as toras.

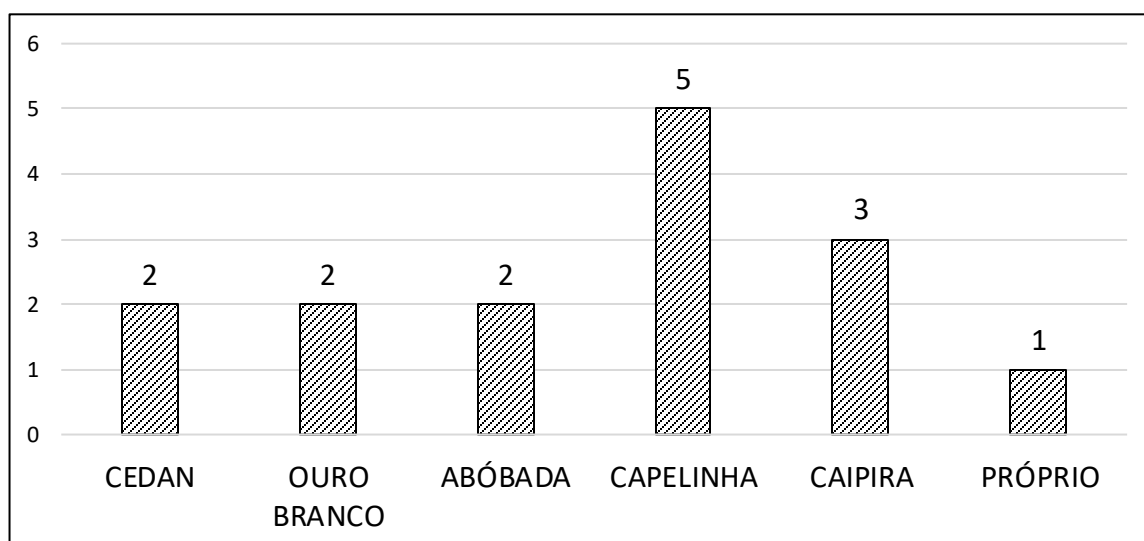
Comparando esses dados com os obtidos na pesquisa de campo nota-se o aumento de 0,06 metros/estéreos para a produção do milheiro.

Esse aumento pode ser justificado pela mudança do tipo de biomassa utilizada hoje em comparação com a usada na época em que foi realizada a pesquisa da ADESE (2008), pois nessa pesquisa foi identificado o uso de algumas plantas nativas da vegetação Caatinga, que hoje têm o uso proibido pelas leis ambientais. As vegetações típicas da Caatinga geralmente apresentam valor calorífico alto, assim sendo mais eficientes na queima, pois geram lenhas com menor umidade.

### 5.1.2.3 Fornos utilizados no processo da queima das peças cerâmicas

Os fornos são necessários no processo de fabricação das peças cerâmicas para a realização da queima, que consiste em submeter as peças já secas a uma dada temperatura para que adquiram as propriedades desejadas e dentro de valores especificados por normas técnicas, com temperaturas entre 850 e 950° C. Para esse processo podem ser utilizados diversos tipos de fornos. No município de Parelhas/RN foram identificados seis tipos de fornos (Gráfico 6). As características desses fornos estão apresentadas no Quadro 5.

Gráfico 6: Fornos utilizados na produção de peças cerâmicas no município de Parelhas/RN.



Fonte: a autora (2019).

Quadro 5: Descrição dos fornos utilizados no município de Parelhas/RN para produção de peças cerâmicas.

Forno	Descrição
<b>CEDAN</b>	O forno CEDAN ou câmara, reduz o volume de lenha utilizado através das técnicas convencionais. Estes fornos têm 14 câmaras, que são acopladas umas às outras, facilitando a transferência e aproveitamento do calor e dos gases necessários para a combustão, atingindo outro ponto importante que é a redução do tempo utilizado para a produção das peças. O forno CEDAN é de alta eficiência e baixo custo construtivo, ele minimiza a poluição ambiental (gasosa e residual).
<b>Abóbada</b>	Nos fornos intermitentes de chama reversível tipo Abóbada, os gases provenientes da combustão (gases quentes) sobem acompanhando a curvatura das paredes interiores até a abóbada, distribuindo-se entre as peças a queimar, atravessando-as em sentido descendente, para passar à galeria de gases através dos orifícios da soleira, chamados de crivos, reunindo-se em um canal que conduz à chaminé. A temperatura deste tipo de forno, é alta na parte superior e baixa na parte inferior, havendo grande dificuldade em manter a temperatura do forno homogênea. Na queima, principalmente de telhas, as camadas da parte de baixo do forno são de qualidade de 2ª e 3ª.
<b>Caipira, Capelinha e Ouro Braco</b>	São fornos intermitentes de chama direta, consiste em um sistema do tipo caixão retangular de quatro paredes laterais, teto aberto, sem cobertura. A alimentação de combustível é feita pela parte de baixo do forno. Após o enforno das peças cerâmicas, o forno é coberto com telhas. Este tipo de forno tem consumo elevado de combustível e apresenta produtos de baixa qualidade, devido, principalmente, à baixa pressão e temperatura atingidas durante o processo de queima, por ser um forno aberto, tem uma alta perda térmica. Há grande perda de produtos pelo excesso de queima das primeiras camadas que tem contato com combustão, enquanto que as camadas superiores ficam cruas.

Fonte: Silva (2015), Nascimento (2016), Sousa (2010).

Os fornos utilizados nas cerâmicas de Parelhas/RN, em sua maioria, principalmente nas empresas de menor porte, são rudimentares e apresentam pouca eficiência energética. A baixa eficiência energética acarreta o desperdício do uso da lenha, visto que as perdas de calor causadas fazem com que os fornos requerem um maior volume de lenha para um menor aproveitamento. Além disso, podem afetar a

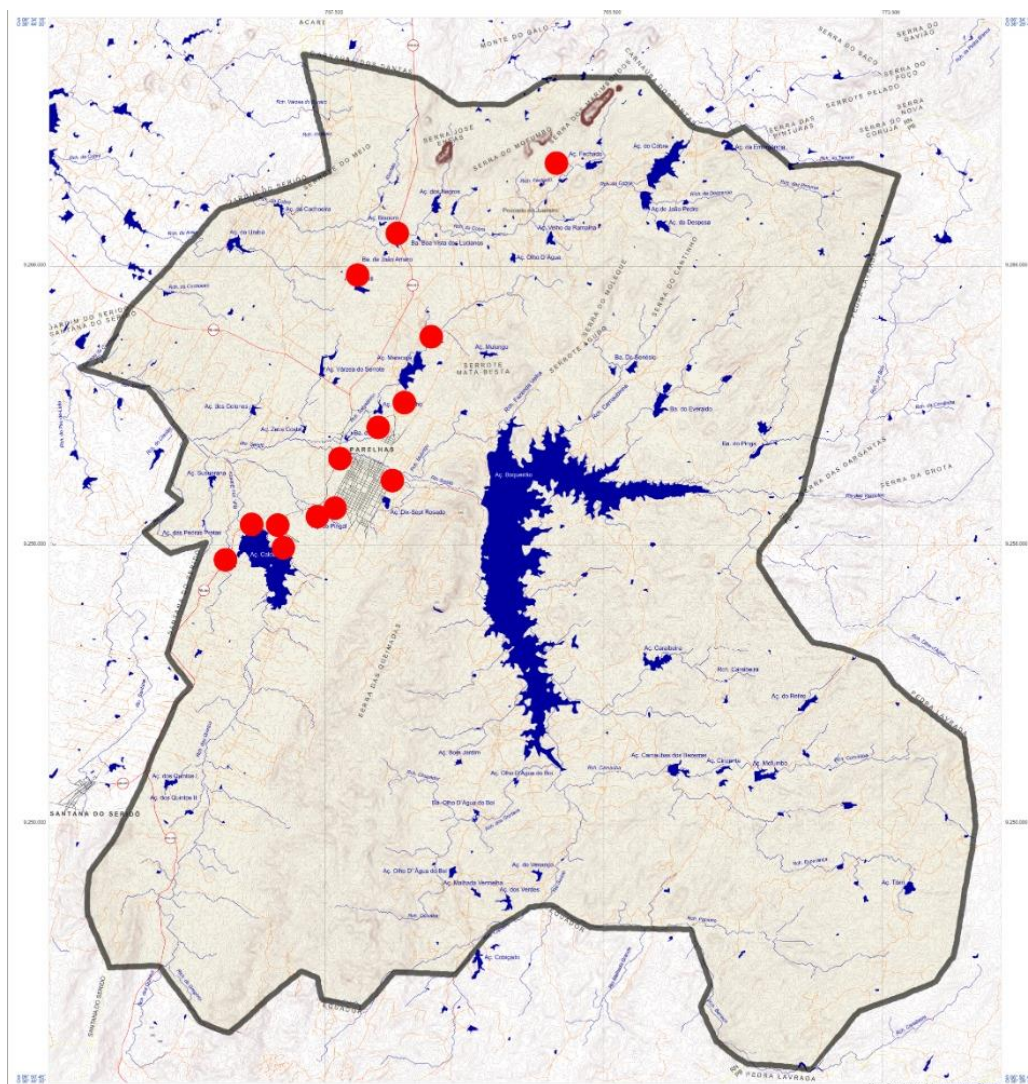


qualidade final do produto já que os fornos não apresentam uma temperatura uniforme. Assim, a queima é realizada de maneira desigual nas peças.

#### 5.1.2.4 Abastecimento de água

Durante a fabricação das peças de cerâmica vermelha, a água é misturada às argilas para composição de uma massa com melhor plasticidade. Dessa maneira, é mais fácil “trabalhar” a argila nas etapas seguintes. O volume de água adicionado no processo de homogeneização das argilas, nas cerâmicas do município de Parelhas, corresponde a um percentual que varia de 15 a 25%. A Figura 20 mostra a distribuição das cerâmicas em relação aos corpos hídricos do município de Parelhas/RN.

Figura 20: Distribuição espacial das cerâmicas em relação aos corpos hídricos.



Fonte: adaptado de INPE (2014).

O abastecimento de água nas cerâmicas é feito por bombeamento de água de reservatórios naturais próximos às instalações das fábricas. Como é possível visualizar na Figura 20, as cerâmicas estão implantadas nas imediações dos corpos hídricos. No entanto, por ser uma região de baixos índices pluviométricos e passar por longos períodos de estiagem, nem sempre esses reservatórios naturais estão munidos do volume de água suficiente. Sendo assim, muitas vezes se recorre a utilização de caminhões pipas.

A água fornecida pelos caminhões pipas é retirada do Açude Boqueirão, maior açude do município de Parelhas/RN e segundo maior do RN. O Boqueirão faz parte da Bacia Piranhas/Assu e é barrado pelo Rio Seridó. Outras atividades industriais e pecuárias, bem como as demandas urbanas de Parelhas/RN e de municípios adjacentes são abastecidas por ele.

#### 5.1.2.5 Processo produtivo genérico das cerâmicas do município de Parelhas/RN

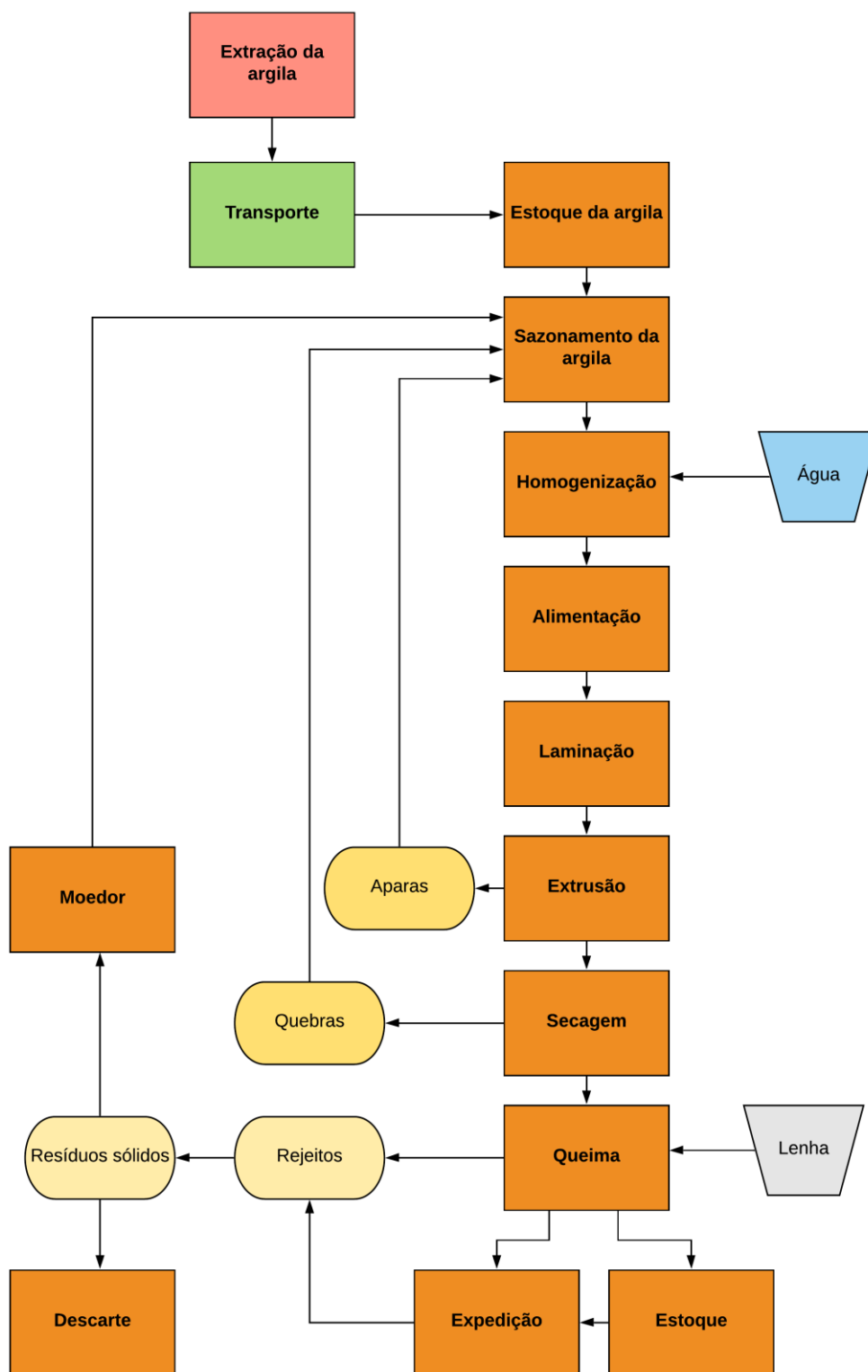
No referencial teórico foi apresentado um processo produtivo para a fabricação de peças cerâmicas, no entanto, durante a pesquisa foram identificadas algumas diferenças do modelo apresentado ao que se aplica em Parelhas/RN. Foi elaborado um processo genérico para a produção dessas cerâmicas.

A principal diferença diz respeito ao processo de prensagem, visto que apenas uma cerâmica no município dispõe de equipamento para realização desse procedimento. Sendo assim, essa etapa foi retirada do processo produtivo padrão para caracterização das cerâmicas de Parelhas/RN.

Outro aspecto, que foi tomado como importante e por isso caracterizado no processo produtivo genérico (Figura 21), é o aproveitamento dos resíduos durante o processo produtivo. Foi identificado que durante os processos de fabricação, todos os resíduos provenientes da massa de argila eram voltados para o processo produtivo. Apenas os resíduos oriundos do processo da queima não eram totalmente reintegrados ao processo produtivo. Em algumas cerâmicas ele é descartado e em outras passa por um processo de moagem para ser reaproveitado.



Figura 21: Processo produtivo genérico da produção de peças cerâmicas no município de Parelhas/RN.



Fonte: a autora (2019).

### **5.1.3 Perfil mercadológico**

As peças de cerâmica vermelha produzidas pelas cerâmicas do município de Parelhas/RN são comercializadas e vendidas na região Nordeste, principalmente para os Estados da Paraíba e Pernambuco. Um levantamento realizado pelo SEBRAE (SEBRAE, 2013) indica que a maior parte das cerâmicas da Região Seridó comercializa até 100% de seus produtos, que é composto principalmente por telhas, para outros Estados do Nordeste.

No decorrer da pesquisa foi identificado que o valor médio para a venda de um milheiro (unidade padrão para a comercialização) de telha é de R\$ 150,00 para telhas consideradas de segunda e R\$ 200,00 para as telhas de primeira. Diante desses valores, observa-se que o valor unitário das peças cerâmicas é baixo. É necessário que a venda seja realizada em grandes volumes para que os custos do transporte não onerem de maneira significativa o custo e o preço final do produto.

A diferença entre a telha de primeira e de segunda é referente a qualidade delas, essa característica depende da qualidade da queima e é possível identificar principalmente observando a coloração da telha. Telhas com coloração acinzentada são características das telhas de qualidade inferior. As telhas de coloração avermelhada geralmente são telhas consideradas de primeira qualidade.

## **5.2 AVALIAÇÃO DE QUATRO FÁBRICAS CERÂMICAS**

Como mencionado na metodologia, os formulários foram aplicados em 4 (quatro) cerâmicas do município de Parelhas/RN denominadas como cerâmica A, cerâmica B, cerâmica C e cerâmica D. As cerâmicas A e B são caracterizadas como de grande porte e as cerâmicas C e D como de médio porte.

Quanto a caracterização das empresas ceramistas (Quadro 6) observa-se que as empresas A e B possuem tempo de operação semelhante (22 e 20 anos, respectivamente). As empresas C e D são mais recentes (5 e 8 anos de funcionamento, respectivamente). Pode-se afirmar que A e B são empresas consolidadas no mercado, pois apesar das mudanças ocorridas no consumo das

peças cerâmicas e nas alterações no processo de produção ao longo do tempo, continuam no mercado por duas décadas.

Não se observa essa característica nas empresas C e D, que possuem menos de uma década de atuação. No entanto, essas empresas estão instaladas em estruturas de antigas empresas ceramistas, evidenciando uma prática comum no município, a venda ou arrendamento do espaço físico de cerâmicas que foram descontinuadas, seja por fatores legais ou financeiros. Dessa forma são criadas novas empresas que aproveitam a infraestrutura já existente.

Quadro 6: Caracterização preliminar das empresas.

<b>Empresa</b>	<b>Tempo de funcionamento</b>	<b>Quantidade de funcionários</b>	<b>Produção mensal</b>	<b>Principal produto</b>
A	22	50	1 milhão de peças	Telha colonial
B	20	43	1 milhão de peças	Telha colonial
C	5	28	800 mil peças	Telha colonial
D	8	35	900 mil peças	Telha colonial

Fonte: a autora (2019).

Quanto à quantidade de funcionários, ainda de acordo com o Quadro 6, as empresas A e B possuem uma maior quantidade de funcionários, em contrapartida, possuem uma produção mensal de peças cerâmicas mais elevada de. As empresas C e D possuem uma menor quantidade de funcionários para uma produção ligeiramente menor de peças cerâmicas. A diferença na quantidade de peças produzidas pode decorrer de inúmeros fatores como: qualidade do produto, tecnologia da produção, preparação da matéria-prima, perdas no processo produtivo, qualidade da queima, entre outros.

A telha cerâmica colonial, como já indicava a literatura, é o produto mais produzido pelas cerâmicas da região. Em todas as cerâmicas nas quais se realizou o estudo de caso, a telha colonial foi o produto apontado como o de maior produção. Inclusive a cerâmica C não produz outras peças além da telha cerâmica. Quando é

solicitado por algum cliente a compra de blocos cerâmicos, a empresa terceiriza a produção dessas peças em outras cerâmicas do município.

O Quadro 7 apresenta os dados referentes à extração da argila utilizada na fabricação das peças cerâmicas.

Quadro 7: Extração da matéria-prima: argila.

<b>Empresa</b>	<b>Local de extração</b>	<b>Licença ambiental</b>	<b>Adição</b>	<b>Consumo mensal</b>	<b>Transporte</b>	<b>Resíduo</b>
A	Acari/RN e Caicó/RN	Sim	Pó de pedra de mármore	1 milhão toneladas	Caminhão	Não
B	Acari/RN e Caicó/RN	Sim		1,2 milhão toneladas	Caminhão	Não
C	Acari/RN e Caicó/RN	Sim		900 toneladas	Caminhão	Não
D	Acari/RN e Caicó/RN	Sim		980 toneladas	Caminhão	Não

Fonte: a autora (2019).

Em relação à extração da argila (Quadro 7) que é a principal matéria-prima, foi identificado que todas as empresas realizam a extração nos municípios de Acari/RN e Caicó/RN. Quem detém a licença ambiental para extração da argila é a Associação Ceramistas do Seridó (ACESE). Essa é a responsável legal para extração e controla o acesso das cerâmicas às jazidas. A dinâmica para extração ocorre da seguinte maneira: a ACESE realiza a extração e cada cerâmica é responsável por transportar o material até o local de estocagem. As quatro cerâmicas em que se realizou o estudo de caso são associadas à ACESE.

A quantidade de argila extraída é proporcional ao número de peças produzidas, tendo uma variação de 900 mil a 1,2 milhões de toneladas de argila extraídas mensalmente (Quadro 8) para uma produção que varia de 800 mil a 1 milhão de peças por mês (Quadro 7). O consumo de argila para produção de uma peça cerâmica é da

ordem de 1kg por peça. O valor excedente de argila que não está associado a peças produzidas pode ser decorrente de perdas no processo produtivo.

O transporte da argila extraída das jazidas em Acari/RN e em Caicó/RN é realizado por caminhões através das rodovias federais e estaduais que ligam os municípios. Todas as empresas alegam que nos processos de extração e transporte da matéria-prima não há geração de resíduos (Quadro 8). No que diz respeito ao uso alternativo de materiais a serem incorporados à argila na composição da matéria-prima para produção das peças cerâmicas, apenas a cerâmica A afirma utilizar. Nesse caso é realizada a adição de pó de pedra de mármore à argila. Esse resíduo é proveniente de uma indústria de beneficiamento de minerais instalada no município.

O consumo de água no processo produtivo das cerâmicas é realizado no processo de homogeneização das argilas. Para essa atividade, a maioria das empresas (Quadro 8) faz uso de água proveniente do Açude Boqueirão que é abastecida através de caminhão pipa. O volume de água consumido por cada empresa pode variar de acordo com a mistura que é realizada e pelo percentual de umidade que se deseja atingir na argila para alcançar a plasticidade adequada. O percentual de umidade influencia diretamente na qualidade assumida pela telha após o processo de queima.

Quadro 8: Consumo de água.

<b>Empresa</b>	<b>Consumo em litros</b>	<b>Abastecimento</b>	<b>Fonte</b>
A	230 mil	Reservatório	Poço
B	120 mil	Carro pipa	Poço, açude boqueirão
C	200 mil	Carro pipa	Poço, açude boqueirão
D	300 mil	Carro pipa	Açude boqueirão

Fonte: a autora (2019).

Durante o processo de fabricação, as peças são queimadas para adquirir as propriedades cerâmicas. Na realização do estudo de caso (Quadro 9) foi identificado o uso de fornos do tipo Caieira, Caipira e Abóbada; o último sendo identificado duas

vezes, nas cerâmicas A e B. Esses fornos diferem quanto a perda de calor, o consumo de lenha e as emissões. O forno Abóbada requer um investimento financeiro maior, visto que é mais eficiente. Os fornos do tipo Caieira e Caipira são mais simples e menos eficientes.

Quadro 9: Queima das peças cerâmicas.

Empresa	Forno	Combustível	Local de extração da lenha	Consumo mensal	Resíduos	Destinação
A	Abóbada	Lenha de cajueiro, pó de madeira, casca de coco, resíduo de mineração.	Lagoa Nova/RN	600 m <sup>3</sup>	Cacos proveniente das peças quebradas após a queima.	Passa por moinho e é incorporado à mistura de argila, voltando ao processo produtivo
B	Abóbada	Lenha de cajueiro, manejo de mata nativa e algaroba.	Lagoa Nova/RN, Cuité/PB e Parelhas/RN.	650 m <sup>3</sup>	4 a 5% de perdas das peças após a queima.	Venda para empresa de fabricação de cimento, localizada em Currais Novos.
C	Caipira	Algaroba	Jardim do Seridó	560 m <sup>3</sup>	5 a 11% de perda após a queima, geração de cacos.	Venda para empresa de fabricação de cimento em Currais Novos ou aterro.
D	Caieira	Algaroba	Jardim do Seridó/RN e Cruzeta/RN	420 m <sup>3</sup>	5% de perda das peças após a queima, geração de cacos.	Venda para empresa de fabricação de cimento.

Fonte: a autora (2019).

O Quadro 9 também apresenta as informações referentes ao consumo de lenha. Foi identificado o uso de lenha de cajueiro, pó de madeira, casca de coco, resíduo de mineração, lenha de algaroba e lenha de manejo de mata nativa, sendo a lenha de cajueiro e a lenha de algaroba as mais recorrentes. Ambas não são plantas nativas da vegetação Caatinga e por isso são largamente utilizadas.

A lenha utilizada é proveniente de diversos municípios da região do Seridó. De acordo com o Quadro 9, as principais cidades que abastecem o consumo de lenha são Lagoa Nova/RN, Cuité/PB, Jardim do Seridó/RN e Cruzeta/RN. A lenha é transportada em caminhões pelas rodovias federais e estaduais que ligam os municípios. O volume de lenha consumido por cada empresa varia de acordo com

fatores relacionados, principalmente, à eficiência dos fornos e a capacidade de produção. Conforme o Quadro 9, as empresas têm um consumo mensal de lenha que varia entre 420 m<sup>3</sup> e 650 m<sup>3</sup>.

No processo de queima há a geração de um resíduo conhecido popularmente como “caco”. São resíduos sólidos inertes gerados pela quebra de peças que possuem algum defeito. O volume desse resíduo varia (Quadro 9) entre 4 e 11% do volume de peças que vão para o forno.

O Quadro 10 apresenta as características de comercialização das peças cerâmicas nas quatro empresas.

Quadro 10: Venda das peças cerâmicas.

<b>Empresa</b>	<b>Unidade de venda</b>	<b>Embalagem</b>	<b>Mercado consumidor</b>	<b>Transporte</b>
A	Pallets de 500 ou 700 telhas.	Madeira e fita	Pernambuco	Caminhão
B	Milheiro		Pernambuco	Caminhão
C	Milheiro		Nordeste	Caminhão
D	Milheiro		Pernambuco, Sergipe, Paraíba e Rio Grande do Norte.	Caminhão

Fonte: a autora (2019).

A empresa A utiliza um processo de moagem para gerar um resíduo mais fino e incorporá-lo na mistura da argila, assim voltando à produção. As demais cerâmicas vendem esse resíduo para uma empresa que fabrica cimento, também localizada na região do Seridó, no município de Currais Novos/RN. Esse resíduo, quando não é comercializado, pode ser aproveitado para a construção de aterros.

Em se tratando da distribuição das peças cerâmicas (Quadro 10) a maioria das empresas vende por milheiros, unidade tradicional de venda desse tipo de produto na qual um lote equivale a mil peças. Apenas a empresa A faz a venda por pallets com 500 ou 700 peças cerâmicas, sendo a única que utiliza embalagem na distribuição.

### 5.2.1 Comparação entre os casos A, B, C e D.

A comparação entre as empresas cerâmicas A, B, C e D se dá através da verificação do uso de alternativas para diminuição do consumo de lenha no processo de queima das peças cerâmicas e no aproveitamento dos resíduos gerados durante o processo produtivo. O Quadro 11 apresenta a comparação entre as cerâmicas quanto ao uso de lenha de manejo, substituição da lenha por biomassa, adição de resíduos de outras indústrias, aproveitamento dos resíduos de argila e de peças quebradas.

Quadro 11: Comparação entre as cerâmicas A, B, C e D quanto ao uso de alternativas em substituição ao uso da lenha e argila.

	Cerâmica A	Cerâmica B	Cerâmica C	Cerâmica D
Lenha de manejo	Não	Sim	Não	Não
Substituição de parte da lenha por biomassa.	Sim	Não	Não	Não
Adição de resíduos na massa argila.	Sim	Não	Não	Não
Aproveitamento dos resíduos de argila.	Sim	Sim	Sim	Sim
Aproveitamento dos resíduos “cacos”	Sim	Não	Não	Não

FONTE: a autora (2019).

A cerâmica A, de acordo com os parâmetros de comparação, é a que apresenta o melhor desempenho, visto que substitui parte do volume de lenha por outros tipos de biomassa como casca de coco e pó de madeira para compor a matriz energética. Além disso, é a única que adiciona resíduos de outros processos industriais à massa da argila. Nesse caso, são utilizados resíduos gerados no beneficiamento mineral. Todos os resíduos gerados pelo processo produtivo das peças cerâmicas volta para o processo produtivo, assim, diminuindo os desperdícios de matéria-prima e volume de resíduos.

A cerâmica B apesar de não utilizar opções de biomassa em substituição ao uso da lenha, utiliza lenha proveniente de manejo da mata nativa, alternativa positiva



para mitigar o consumo da lenha. Em relação aos resíduos, todos os resíduos gerados no processo produtivo, exceto na queima, voltam a compor a massa de argila. Os resíduos gerados na queima são destinados para o aproveitamento em outras indústrias

As empresas C e D, dentre os aspectos identificados, só realiza o aproveitamento dos resíduos gerados nos processos de preparação e moldagem das peças. Os resíduos da queima são vendidos para o aproveitamento em outras indústrias. Não foi identificada nenhuma opção para substituição da lenha nessas cerâmicas.

## CAPÍTULO 6

# ACV DAS TELHAS CERÂMICAS PRODUZIDAS NO MUNICÍPIO DE PARELHAS/RN

Na presente seção serão apresentados os resultados referentes à ACV. Inicia-se apresentando a construção do Inventário de Ciclo de Vida (ICV), em seguida a Avaliação dos Impactos de Ciclo de Vida (AICV) e, por fim, a interpretação dos resultados, com avaliação de sensibilidade e avaliação de incertezas.

O estudo de ACV será realizado em duas empresas de porte semelhante, utilização do mesmo forno e produção de peças cerâmicas da mesma qualidade, porém que se diferem, principalmente quanto a composição da matriz energética.

### 6.1. ANÁLISE DO INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA (IVC) DAS TELHAS CERÂMICAS

A etapa de análise de (ICV), abrange a coleta de dados e procedimentos de cálculos para quantificar as entradas (energia, recursos naturais, entre outras) e saídas (emissões atmosféricas, desgastes para o solo, subprodutos e outros) do sistema (ABNT ISO 14040, 2014a).

Neste trabalho, de acordo com a metodologia descrita para elaboração do ICV, o primeiro passo foi identificar todas as entradas e saídas de cada processo elementar que está inserido dentro da fronteira do sistema definida na primeira fase da ACV, Definição de Escopo e Objetivo. Para isso, foi construído o Diagrama de Fluxo de Vida (DFV), elaborada a descrição detalhada dos processos e das fontes de energia; quantificadas todas as entradas e saídas para cada um dos processos elementares e, em seguida, foi realizada a agregação dos dados.

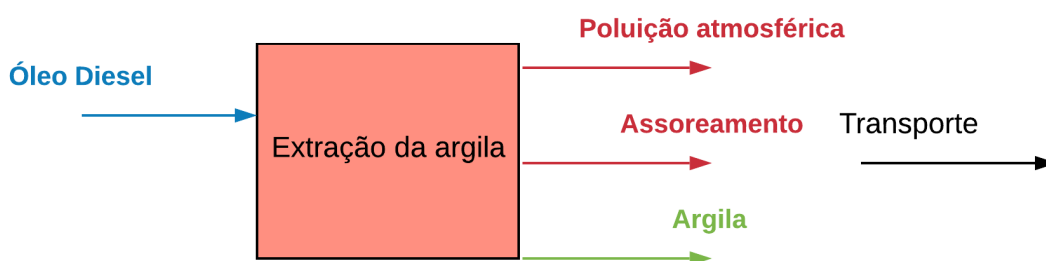
Foram construídos dois inventários: um para a Cerâmica A e outro para Cerâmica B, conforme descrito na metodologia, pois há diferenças no processo produtivo de telhas cerâmicas entre as cerâmicas A e B, o que acarreta mudanças no inventário. As diferenças ocorrem a partir do transporte da argila e compreendem praticamente todos os processos produtivos.

Destaca-se que os dados apresentados na análise de inventário, conforme descrito na metodologia, são majoritariamente dados primários. Foram coletados em campo de acordo com as características específicas da produção de peças cerâmicas de duas cerâmicas típicas do município de Parelhas/RN.

### 6.1.1 Processo elementar de extração de matéria-prima nas cerâmicas A e B

A argila é extraída da Bacia do Açude Gargalheiras – Acari/RN e da Bacia do Açude Itans – Caicó/RN, na cerâmica A. Na cerâmica B as argilas são extraídas nas bacias citadas e na Bacia do Açude Público de Santa Cruz/RN. A extração é realizada nos períodos do ano em que os níveis de água estão baixos, nos períodos de seca. A retirada da argila é realizada por trator de esteira do tipo retroescavadeira. A retroescavadeira tem por fonte energética o óleo diesel comum. As entradas e saídas no processo elementar (Figura 22 e Tabela 3) são energia (óleo diesel), poluição atmosférica, danos ao solo e argila, respectivamente.

Figura 22: DFV do processo elementar de extração da argila, cerâmicas A e B.



Fonte: a autora (2019).

Tabela 3: Quantificação das entradas e saídas do processo elementar de extração de matéria-prima, cerâmica A e B.

Cerâmica A						
Entradas	Saídas					Saídas
Energia	Emissões atmosféricas					Subproduto
Óleo Diesel	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	CH <sub>x</sub>	MP	Argila
1,9 litros	2,671 kg	19,95 g	5,1 g	80,70 g	4,97 g	1 tonelada
Cerâmica B						
Entradas	Saídas					Saídas
Energia	Emissões atmosféricas					Subproduto
Óleo Diesel	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	CH <sub>x</sub>	MP	Argila
1,995 litros	2,804 kg	20,947 g	5,3 g	84,74 g	5,21 g	1,05 tonelada

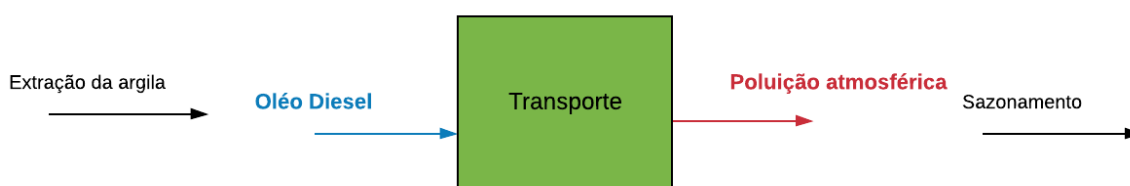
Fonte: a autora (2019).

Não é possível quantificar o assoreamento.

### 6.1.2 Processo elementar de transporte da argila para as cerâmicas A e B

O transporte da argila é realizado em caminhões basculantes com caçamba com capacidade de 12 m<sup>3</sup>. A distância percorrida do local de extração até as fábricas depende do local de extração: Acari/RN e Caicó/RN (cerâmica A) e Acari/RN, Caicó/RN e Santa Cruz/RN (Cerâmica B). A fonte energética utilizada nesse processo é o óleo diesel. As entradas e saídas do processo elementar de transporte (Figura 23, e Tabela 4) são energia (óleo diesel) e poluição atmosférica, respectivamente.

Figura 23: DFV do processo elementar de transporte da argila das cerâmicas A e B.



Fonte: a autora (2019).

Tabela 4: Quantificação de entradas e saídas do processo transporte da argila para cerâmica A e para cerâmica B.

Cerâmica A					
Entradas	Saídas				
Energia	Emissões atmosféricas				
Óleo Diesel	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	CH <sub>x</sub>	MP
2,16 litros	5,7699 kg	15,12 g	5,52 g	87,3 g	5,38 g
Cerâmica B					
Entradas	Saídas				
Energia	Emissões atmosféricas				
Óleo Diesel	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	CH <sub>x</sub>	MP
2,8 litros	7,4599 kg	19,6g	7,15 g	113,25 g	6,98 g

Fonte: a autora (2019).

### 6.1.3 Processo elementar de sazonalamento da argila

O sazonalamento compreende a etapa de revolvimento da argila nos pátios para melhorar a sua plasticidade. Esse processo é realizado com o auxílio de escavadeiras. A fonte energética para essa atividade é o óleo diesel utilizado como combustível para o equipamento. O processo é o mesmo para as Cerâmicas A e B. As entradas e saídas no processo elementar (Figura 24, Tabela 5) são: óleo diesel, resíduo, argila, argila revolvida e poluição atmosférica, respectivamente.

Figura 24: DFV do sazonalamento da argila das cerâmicas A e B.



Fonte: a autora (2019).

Tabela 5: Quantificação de entradas e saídas do sazonalamento da cerâmica A e cerâmica B.

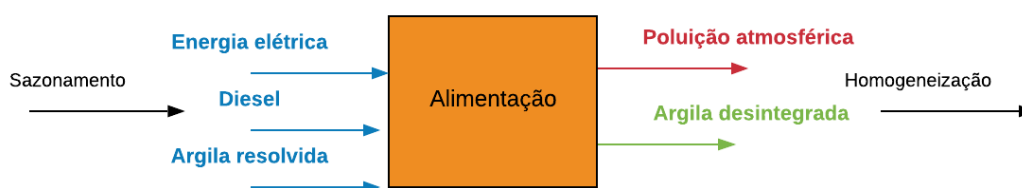
Cerâmica A							
Entradas		Saídas					Saídas
Energia	Recursos naturais	Emissões atmosféricas					Subproduto
Óleo Diesel	Argila	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	CH <sub>x</sub>	MP	Argila
0,427 l	1 t	1,14 kg	3,00 g	1,22 g	19,37 g	1,19 g	1 t
Cerâmica B							
Entradas		Saídas					Saídas
Energia	Recursos naturais	Emissões atmosféricas					Subproduto
Óleo Diesel	Argila	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	CH <sub>x</sub>	MP	Argila
0,479 l	1,02 t	1,279 kg	3,00 g	1,09 g	19,31 g	1,19 g	1,02 t

Fonte: a autora (2019).

#### 6.1.4 Processo elementar de alimentação

Após o sazonalamento, a argila é transportada com auxílio de uma pá carregadeira para um caixão alimentador que possui a função de desintegrar os pedaços grandes e dosar a quantidade de argila que vai ser utilizada nas próximas etapas da produção. A argila no caixão alimentador é transportada através de uma esteira interna até a saída, onde seu escoamento é dosado. O processo é semelhante para as cerâmicas A e B. As fontes energéticas utilizadas são óleo diesel na pá carregadeira e energia elétrica no caixão alimentador. As entradas e saídas do processo elementar (Figura 25, Figura 26, Figura 27 e Tabela 6) são respectivamente energia elétrica, óleo diesel, argila revolvida; poluição atmosférica e argila desintegrada.

Figura 25: DFV do processo de alimentação das cerâmicas A e B.



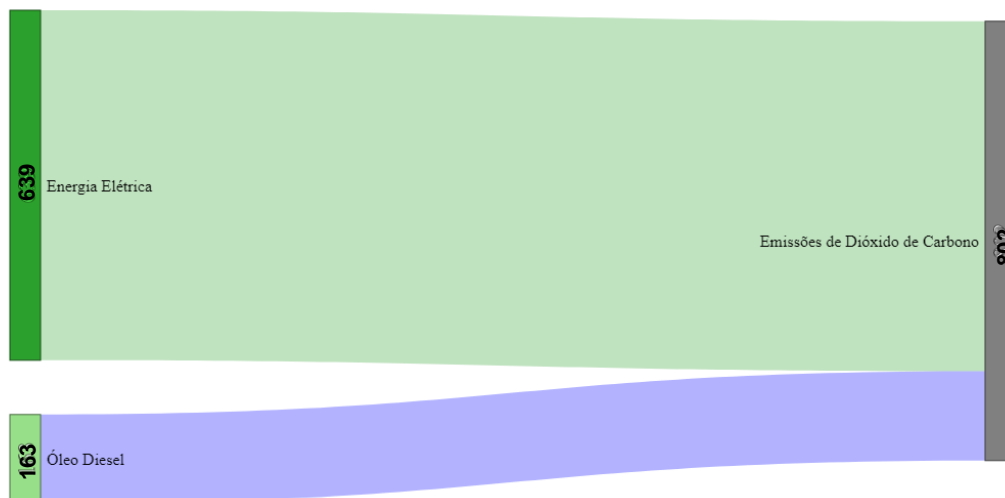
Fonte: a autora (2019).

Tabela 6: Quantificação de entradas e saídas da alimentação, cerâmica A e cerâmica B.

Cerâmica A								
Entradas			Saídas					Saídas
Energia		Subproduto	Emissões atmosféricas					Subproduto
Óleo Diesel	Energia elétrica	Argila revolvida	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	CH <sub>x</sub>	MP	Argila desintegrada
0,239 l	2,25 Kw	1 t	0,80 kg	1,67 g	0,61 g	9,66 g	0,61 g	1 t
Cerâmica B								
Entradas			Saídas					Saídas
Energia		Subproduto	Emissões atmosféricas					Subproduto
Óleo Diesel	Elétrica	Argila	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	CH <sub>x</sub>	MP	Argila
1,32 l	1,32 Kw	1,02 t	0,66 kg	1,5 g	0,54 g	8,16 g	0,54 g	1,02 t

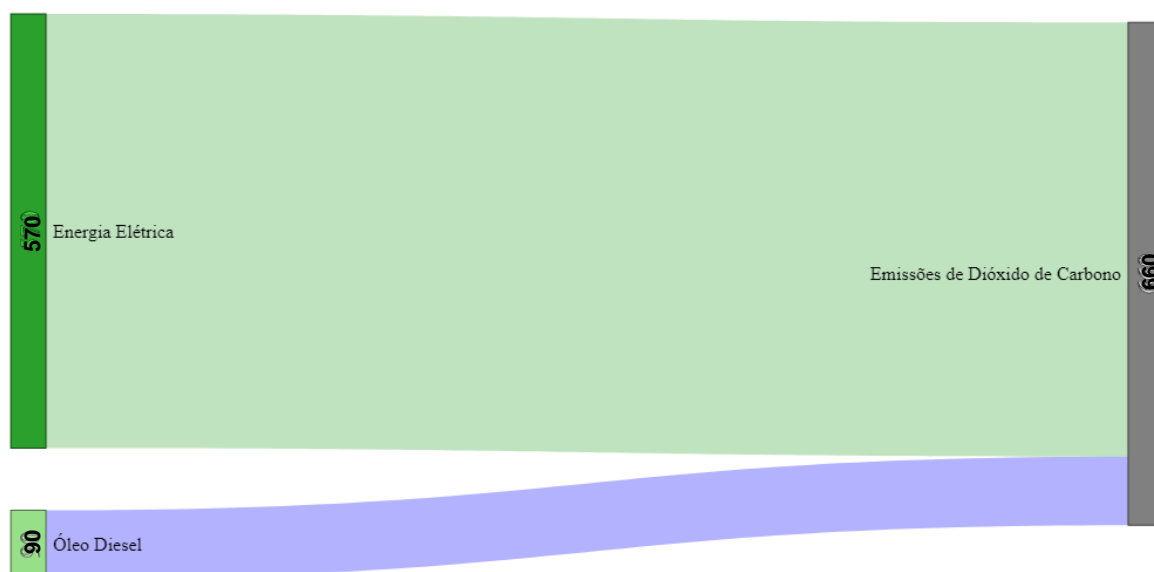
Fonte: a autora (2019).

Figura 26: Diagrama de Sankey: emissão atmosférica da cerâmica A.



Fonte: a autora (2019)

Figura 27: Diagrama de Sankey: emissão atmosférica da cerâmica B.

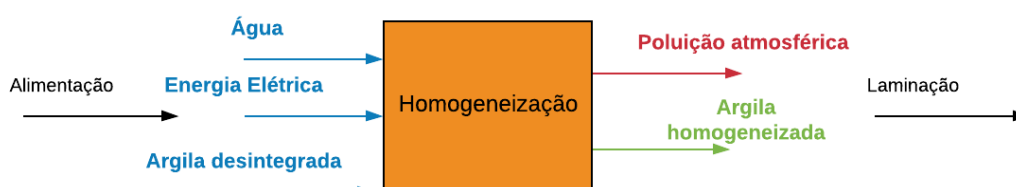


Fonte: a autora (2019).

### 6.1.5 Processo elementar de homogeneização da argila

O processo de homogeneização consiste em adicionar água à argila para que adquira a plasticidade adequada para os processos posteriores. Realiza-se com o auxílio de uma pá-carregadeira e bomba elétrica. As matrizes energéticas utilizadas são óleo diesel para o abastecimento da pá-carregadeira e energia elétrica utilizada no bombeamento da água. A cerâmica A não faz uso da pá carregadeira. As entradas e saídas no processo elementar (Figura 28, Figura 29, Figura 30 e Tabela 7) são respectivamente: óleo diesel, energia elétrica, argila revolvida, argila homogeneizada e poluição atmosférica, respectivamente.

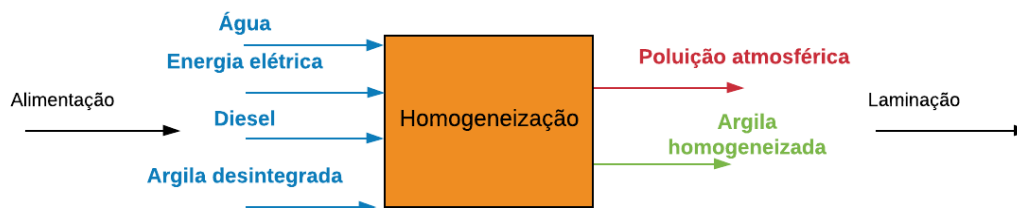
Figura 28: DFV da homogeneização da argila da cerâmica A.



Fonte: a autora (2019).

Figura 29: DFV da homogeneização da argila da cerâmica B.





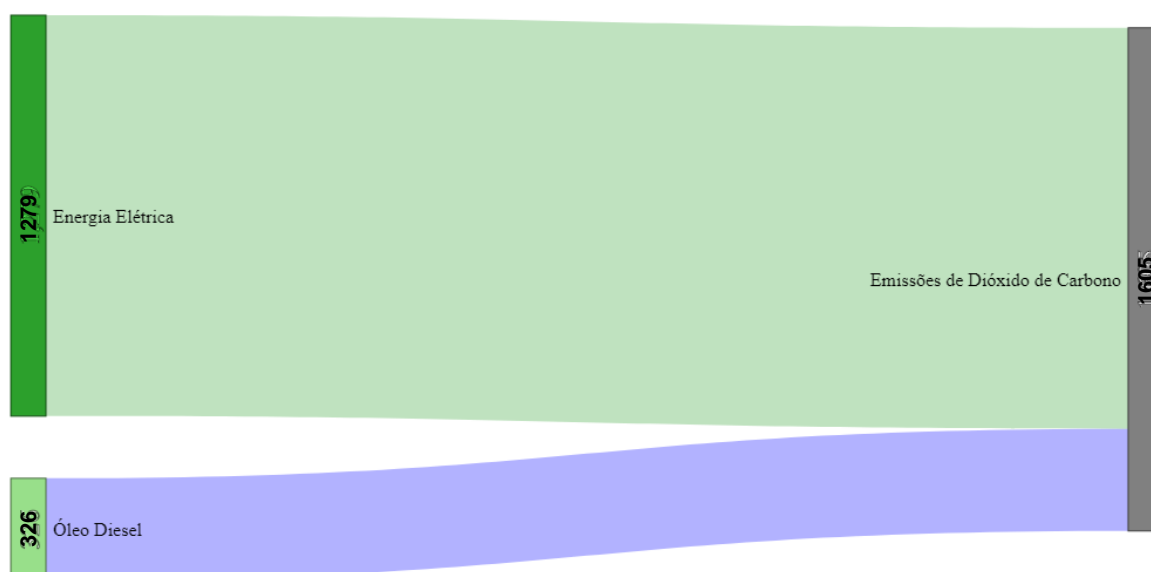
Fonte: a autora (2019)

Tabela 7: Quantificação de entradas e saídas da homogeneização da argila da cerâmica A e cerâmica B.

Cerâmica A										
Entradas				Saídas				Saídas		
Energia	Recursos naturais	Subproduto		Emissões atmosféricas				Subproduto		
Elétrica	Água	Argila desintegrada		CO <sub>2</sub>				Argila homogeneizada		
10 Kw	230 l	1 t		0,652 kg				1,230 t		
Cerâmica B										
Entradas				Saídas				Saídas		
Energia		Recursos naturais	Subproduto		Emissões atmosféricas				Subproduto	
Óleo Diesel	Elétrica	Água	Argila desintegrada		CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	CH <sub>x</sub>	MP	Argila homogeneizada
0,479 l	5,25 Kw	120 l	1,02 t		1,605 kg	3,35 g	1,22 g	19,39 g	1,22 g	1,140 t

Fonte: a autora (2019).

Figura 30: Diagrama de Sankey: emissão atmosférica da cerâmica B.

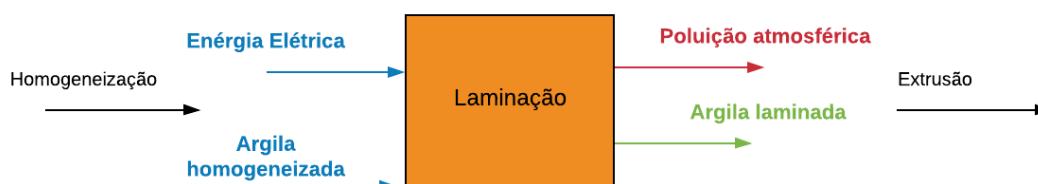


Fonte: a autora (2019)

### 6.1.6 Processo elementar de laminação da argila

No processo de laminação a massa homogeneizada da argila é transportada para um equipamento chamado laminador para que seja feita a quebra dos grãos de argila, tornando a massa mais plástica e com menor granulometria. A fonte energética utilizada é a energia elétrica. O processo é semelhante para as cerâmicas A e B. As entradas e saídas no processo elementar de laminação (Figura 31, Tabela 8) são: energia elétrica e argila homogeneizada; argila laminada e poluição atmosférica, respectivamente.

Figura 31: DFV do processo elementar 06: laminação da argila, cerâmicas A e B.



Fonte: a autora (2019).

Tabela 8: Quantificação de entradas e saídas da laminação da argila da cerâmica A e cerâmica B.

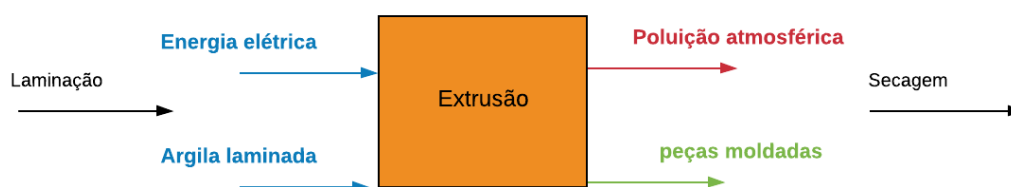
Cerâmica A			
Entradas		Saídas	Saídas
Energia	Subproduto	Emissões atmosféricas	Subproduto
Elétrica	Argila homogeneizada	CO <sub>2</sub>	Argila laminada
5 Kw	1,230 t	0,326 kg	1,230 t
Cerâmica B			
Entradas		Saídas	Saídas
Energia	Subproduto	Emissões atmosféricas	Subproduto
Elétrica	Argila homogeneizada	CO <sub>2</sub>	Argila laminada
2,627 Kw	1,140 t	0,163 kg	1,140 t

Fonte: a autora (2019).

### 6.1.7 Processo elementar da extrusão da argila

Após a laminação, a massa de argila passa pelo processo de extrusão, em que a massa é compactada em uma câmara de alta pressão para que se obtenha o formato desejado para a telha cerâmica. A fonte energética utilizada é a energia elétrica. O processo é semelhante para as cerâmicas A e B. As entradas e saídas no processo elementar de extração (Figura 32, Tabela 9) são: energia elétrica e argila laminada; argila moldada, resíduo e poluição atmosférica, respectivamente.

Figura 32: DFV do processo elementar de extrusão da argila, cerâmicas A e B.



Fonte: a autora (2019).

Tabela 9: Quantificação das entradas e das saídas da extrusão da argila da cerâmica A e cerâmica B.

Cerâmica A			
Entradas		Saídas	Saídas
Energia	Subproduto	Emissões atmosféricas	Subproduto
Elétrica	Argila laminada	CO <sub>2</sub>	Argila extrusada
9 Kw	1,230 t	0,587 kg	1,230 t
Cerâmica B			
Entradas		Saídas	Saídas
Energia	Subproduto	Emissões atmosféricas	Subproduto
Elétrica	Argila laminada	CO <sub>2</sub>	Argila extrusada
4,73 Kw	1,140 t	0,308 kg	1,140 t

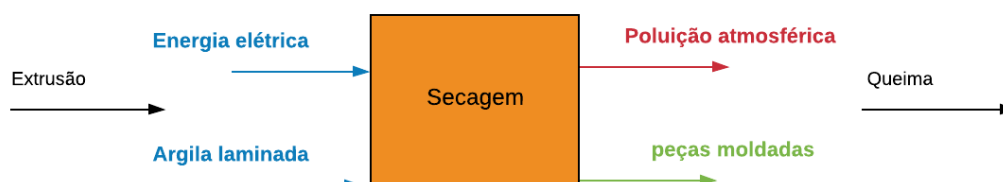
Fonte: a autora (2019).

### 6.1.8 Processo elementar de secagem das peças moldadas

A secagem consiste na eliminação da água que foi adicionada à argila no processo de homogeneização. Nas cerâmicas A e B esse processo é realizado em parte de maneira natural, quando as peças ficam expostas nos pátios das fábricas e

metade artificial, quando as peças secam em uma estufa com temperatura controlada. A fonte energética utilizada é a energia elétrica. As entradas e saídas no processo elementar de secagem (Figura 33, Tabela 10) são energia elétrica e argila moldada; argila moldada seca, resíduo e poluição atmosférica, respectivamente.

Figura 33: DFV do processo elementar de secagem, cerâmicas A e B.



Fonte: a autora (2019).

Tabela 10: Quantificação das entradas e das saídas da secagem da argila da cerâmica A.

Cerâmica A			
Entradas		Saídas	Saídas
Energia	Subproduto	Emissões atmosféricas	Subproduto
Elétrica	Argila extrusada	CO <sub>2</sub>	Argila seca
15 Kw	1,230 t	0,978 kg	1 t
Cerâmica B			
Entradas		Saídas	Saídas
Energia	Subproduto	Emissões atmosféricas	Subproduto
Elétrica	Argila extrusada	CO <sub>2</sub>	Argila seca
7,88 Kw	1,140 t	0,507 kg	1,02 t

Fonte: a autora (2019).

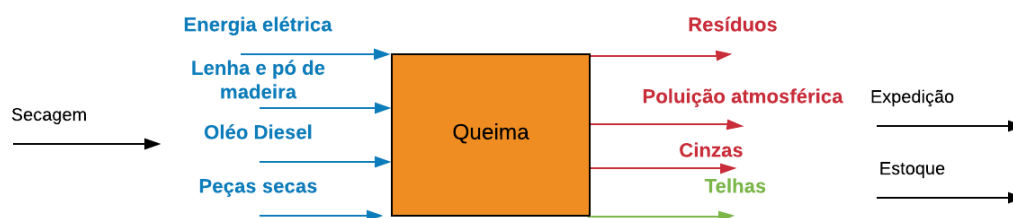
### 6.1.9 Processo elementar de queima das peças

No processo da queima, as peças já secas são submetidas a uma dada temperatura para que adquiram as propriedades desejadas e dentro de valores especificados por normas técnicas. Para a queima de produtos cerâmicos de cor vermelha, a temperatura adequada deve oscilar entre 850° C e 950° C. Nas cerâmicas A e B é utilizado o forno do tipo abóbada. No entanto, há diferenças quanto ao tipo e o volume da biomassa utilizada como fonte energética; na cerâmica B é

utilizada apenas a lenha de poda de cajueiro. Na cerâmica A é utilizada 50% em lenha de poda cajueiro e 50% em pó de madeira. Além disso, é contabilizado o óleo diesel consumido no transporte da lenha e a energia elétrica utilizada no processo da queima.

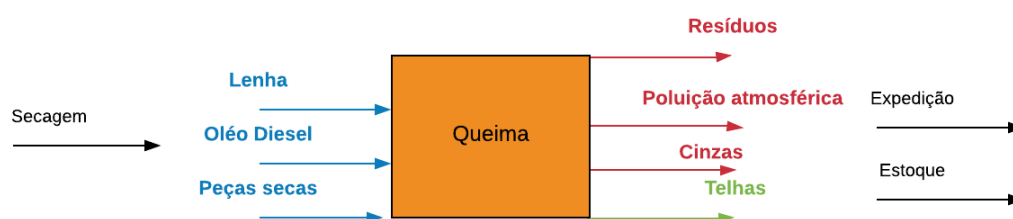
As entradas e saídas no processo elementar da queima da argila (Figura 34, Figura 35, Figura 36, Figura 37, Tabela 11) são: energia elétrica, óleo diesel, lenha e peças secas; telha, resíduo, cinzas e poluição atmosférica, respectivamente, para cerâmica A e óleo diesel, lenhas e peças secas; telha, resíduo, cinzas e poluição atmosférica, para cerâmica B.

Figura 34: DFV do processo elementar de queima das peças, cerâmica A.



Fonte: a autora (2019).

Figura 35: DFV do processo elementar de queima das peças, cerâmica B.



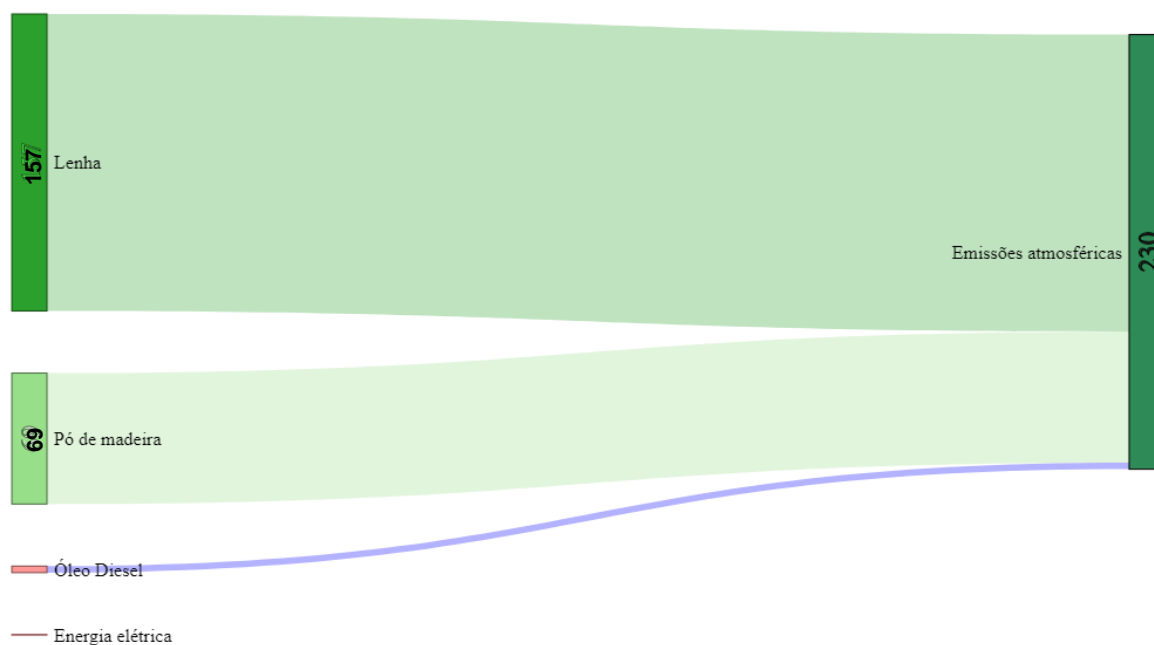
Fonte: a autora (2019).

Tabela 11: Quantificação das entradas e das saídas da queima, cerâmica A e cerâmica B.

Cerâmica A													
Entradas					Saídas						Saídas		
Energia				Sub produto	Emissões atmosféricas						Resíduos		Produto
Óleo Diesel	Elétrica	Lenha	Pó de madeira	Argila seca	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	CH <sub>x</sub>	CH <sub>4</sub>	MP	Cacos	Cinzas	Telha
1,293 l	1 Kw	125Kg	110 Kg	1 t	229 kg	1,4kg	12,9g	376 g	634g	1,3 kg	0,02 t	5kg	1t
Cerâmica B													
Entradas					Saídas						Saídas		
Energia				Sub produto	Emissões atmosféricas						Resíduo		Produto
Óleo Diesel	Lenha	Argila seca	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	CH <sub>x</sub>	CH <sub>4</sub>	MP	Cacos	Cinzas	Telha		
2,27 l	300 kg	1,02 t	383 kg	1,8Kg	22,7g	480 g	810g	1,68 kg	0,02 t	5kg	1t		

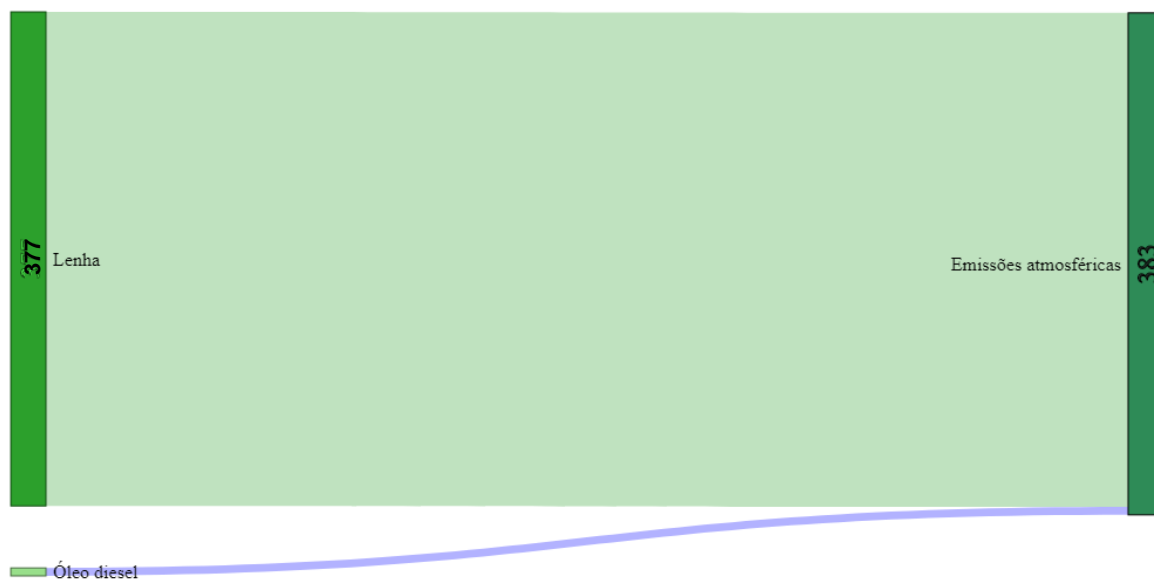
Fonte: a autora (2019).

Figura 36: Diagrama de Sankey: emissão atmosférica da cerâmica A no processo da queima.



Fonte: a autora (2019).

Figura 37: Diagrama de Sankey: emissão atmosférica da cerâmica B no processo da queima.

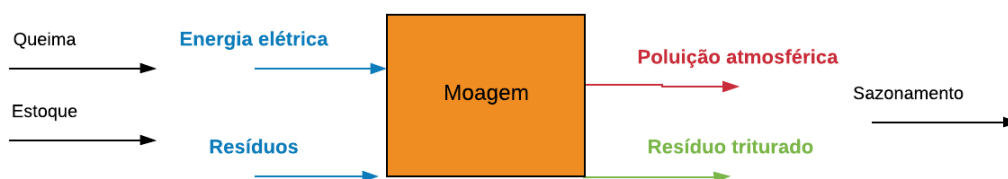


Fonte: a autora (2019).

### 6.1.10 Processo elementar da moagem de resíduos

A cerâmica A utiliza um moedor para moer e diminuir a granulometria dos resíduos gerados a partir da queima, para que sejam incorporados à argila no sazonamento e volte a ser utilizada. A fonte energética utilizada é a energia elétrica. As entradas e saídas no processo elementar de moagem (Figura 38, Tabela 12) são: energia elétrica e resíduo; emissões atmosféricas e resíduo triturado, respectivamente.

Figura 38: Diagrama de fluxo de vida do processo elementar da moagem de resíduos.



Fonte: a autora (2019).

Tabela 12: Quantificação de entradas e saídas da moagem dos resíduos, cerâmica A.

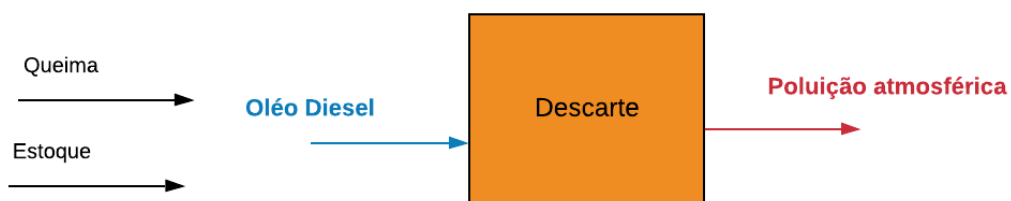
	Entradas	Saídas	Saídas
<b>Energia</b>	Resíduo	Emissões atmosféricas	Subproduto
Elétrica	Cacos	CO <sub>2</sub>	Resíduo triturado
5 KW	0,030 t	0,3225 kg	0,0 30 t

Fonte: a autora (2019).

### 6.1.11 Processo elementar de descarte dos resíduos da cerâmica B.

Na cerâmica B, o descarte dos resíduos sólidos gerados pela quebra das telhas é realizado através da venda para uma fábrica de cimentos no município de Currais Novos/RN. Os resíduos são transportados em caminhões pelas rodovias que ligam as duas cidades e a fonte energética utilizada é o óleo diesel para o abastecimento do caminhão. As entradas e saídas no processo elementar de descarte (Figura 39, Tabela 13) são: energia óleo diesel e emissões atmosféricas, respectivamente.

Figura 39: DFV do processo elementar de descarte dos resíduos sólidos.



Fonte: a autora (2019).

Tabela 13: Quantificação de entradas e saídas do processo elementar de descarte dos resíduos sólidos de cerâmica B.

Entradas	Saídas
Energia	Emissões atmosférica
Óleo Diesel	CO <sub>2</sub>
0,055 l	0,146 kg

Fonte: a autora (2019).



### 6.1.12 Agregação dos dados do inventário

A agregação dos dados consiste da junção dos dados de entradas e saídas quantificados em todos os processos elementares, assim, podendo quantificar as entradas e saídas totais do sistema de acordo com a unidade funcional definida para o estudo da ACV. A Tabela 14 apresenta as entradas e saídas para a produção de um milheiro de telhas cerâmicas, nas cerâmicas A e B, levando em consideração as características locais de produção no município de Parelhas/RN.

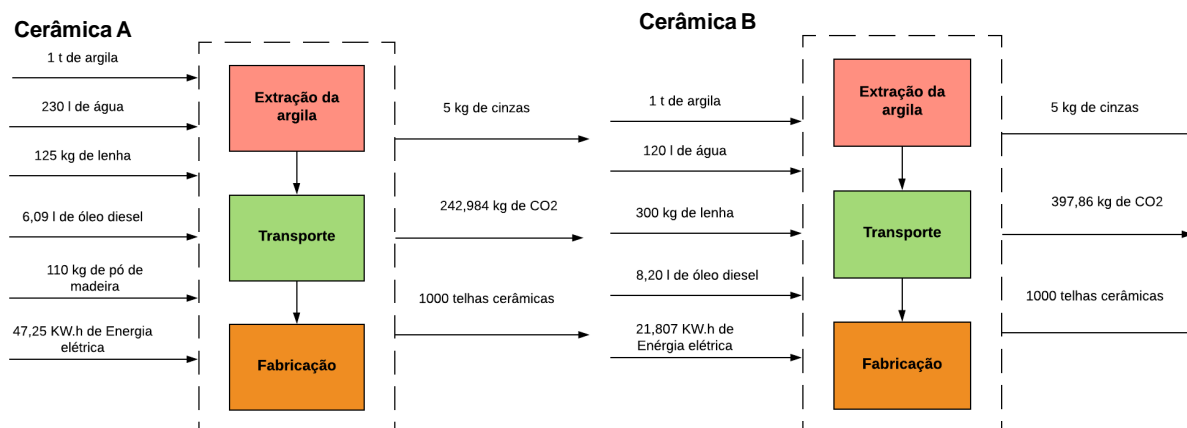
As Figuras 15a e 15b apresentam a representação dos fluxos de entradas e saídas para os sistemas de produção, levando em consideração as características da cerâmica A e da cerâmica B para a produção de um milheiro de telhas cerâmicas.

Tabela 14: Agregação dos dados de entradas e saídas na produção de telha cerâmica, cerâmica A e cerâmica B.

	Substância	CERÂMICA A		CERÂMICA B	
		Entrada	Saída	Entrada	Saída
Recursos naturais	Argila (t)	1		1	
	Água (l)	230		120	
	Lenha (kg)	125		300	
Energia	Óleo diesel (l)	6,019		8,196	
	Energia elétrica (KW.h)	47,25		21,807	
Resíduo	Pó de madeira (Kg)	110			
	Resíduos de cerâmica (l)	0,03			0,03
	Cinzas (Kg)		5		5
Emissões atmosféricas	Dióxido de carbono (Kg)		242,984		397,86
	Monóxido de Carbono (Kg)		14,65		18,96
	Metano (Kg)		0,634		0,810
	Óxido de Nitrogênio (Kg)		0,04		0,14
	Material particulado (Kg)		1,34		1,8
	Hidrocarbonetos (Kg)		0.75		2,3

Fonte: a autora (2019).

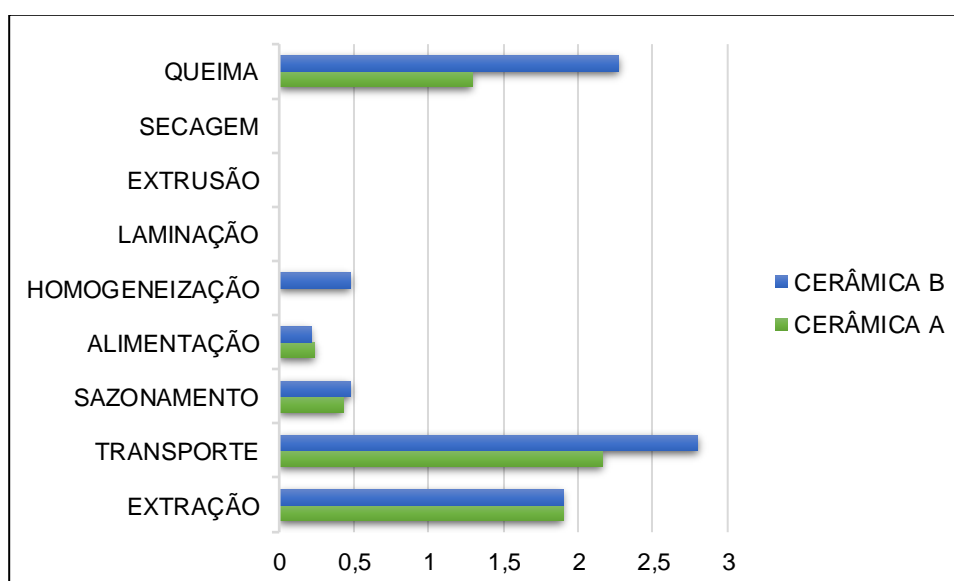
Figura 40: Entradas e saídas dos processos produtivos das cerâmicas A e B.



Fonte: a autora (2019).

Para a produção da mesma quantidade de telhas cerâmicas, as cerâmicas A e B apresentam divergências principalmente nas entradas de energia, havendo diferenças, portanto, no consumo de energia elétrica, sensível diferença no consumo de óleo diesel e significativa diferença no consumo de lenha, já que a cerâmica A utiliza, além da lenha, o pó de madeira como fonte geradora de energia no processo de queima. O gráfico 7 apresenta os resultados para comparação do consumo de óleo diesel por processo dos sistemas das cerâmicas A e B.

Gráfico 7: Consumo de óleo diesel por processo para as cerâmicas A e B.

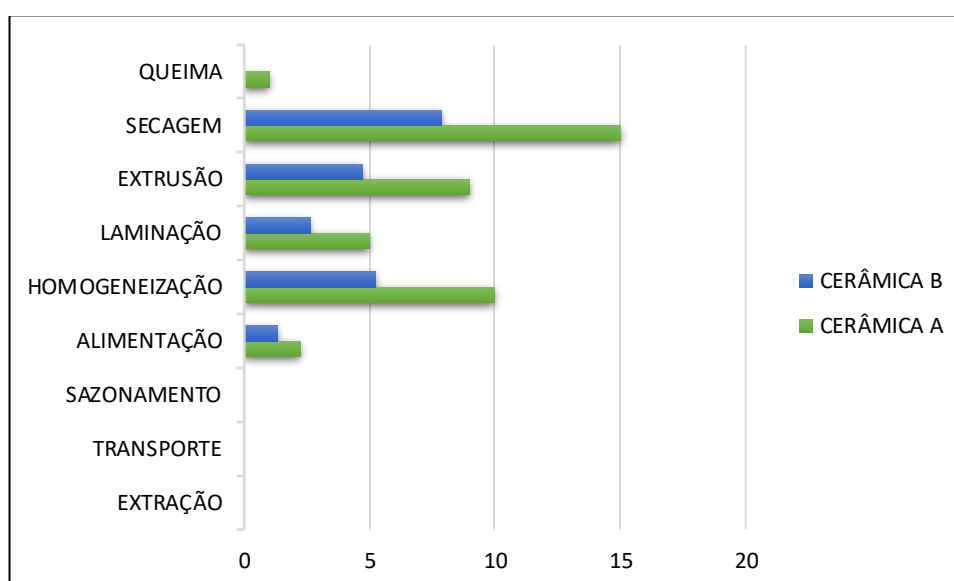


Fonte: a autora (2019).

O Gráfico 7, apresenta a distribuição do consumo de óleo diesel para cada processo elementar. Observa-se que o maior consumo de óleo diesel está relacionado ao transporte de matéria-prima, da jazida até a fábrica. O segundo maior consumo de óleo diesel é referente ao transporte da lenha para abastecer fornos durante a queima, em seguida, o consumo no processo de extração da argila. Os demais processos consomem um menor volume de óleo diesel. Apenas no processo de extração, as cerâmicas A e B apresentam o mesmo consumo de óleo diesel. Nos demais processos a cerâmica B apresenta maior consumo em relação a cerâmica A.

O gráfico 8 mostra a comparação para o uso de energia elétrica nos sistemas produtivos das cerâmicas A e B.

Gráfico 8: Consumo de energia elétrica por processo, cerâmicas A e B.

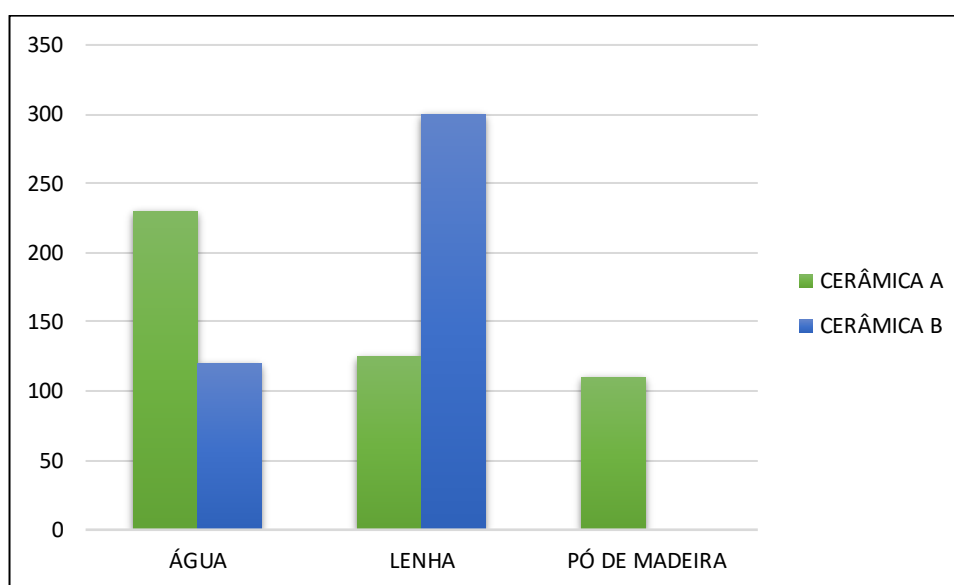


Fonte: a autora (2019).

O gráfico 8, apresenta o consumo de energia elétrica nos processos elementares do processo produtivo da telha cerâmica nas cerâmicas A e B. A cerâmica A apresenta maior consumo de energia elétrica em todos os processos elementares em relação a cerâmica B. O processo elementar que apresenta maior consumo de energia elétrica é a secagem. Embora a secagem nessas cerâmicas seja realizada 50% de maneira artificial e 50% de maneira controlada com a utilização de estufas, ainda há uma demanda grande de energia elétrica.

O Gráfico 9, apresenta o consumo de recursos naturais para as cerâmicas A e B, exceto a argila que é utilizada na mesma quantidade nos dois processos de fabricação. É possível, nos resultados referentes ao consumo da água, observar que a cerâmica A consome quase o dobro da quantidade de água da cerâmica B, para a produção da mesma quantidade de telha. Em relação ao consumo de lenha, ainda de acordo com o mesmo gráfico, observa-se que a cerâmica B consome mais que o dobro de lenha em relação a cerâmica A, pois a cerâmica A faz uso de pó de madeira como fonte energética em substituição ao uso da lenha. O pó de madeira apresenta um valor calorífico superior ao da lenha. Desse modo, com um volume inferior ao que seria utilizado de lenha é possível oferecer maior quantidade de calor ao processo de queima.

Gráfico 9: Consumo de recursos naturais, cerâmica A e B.

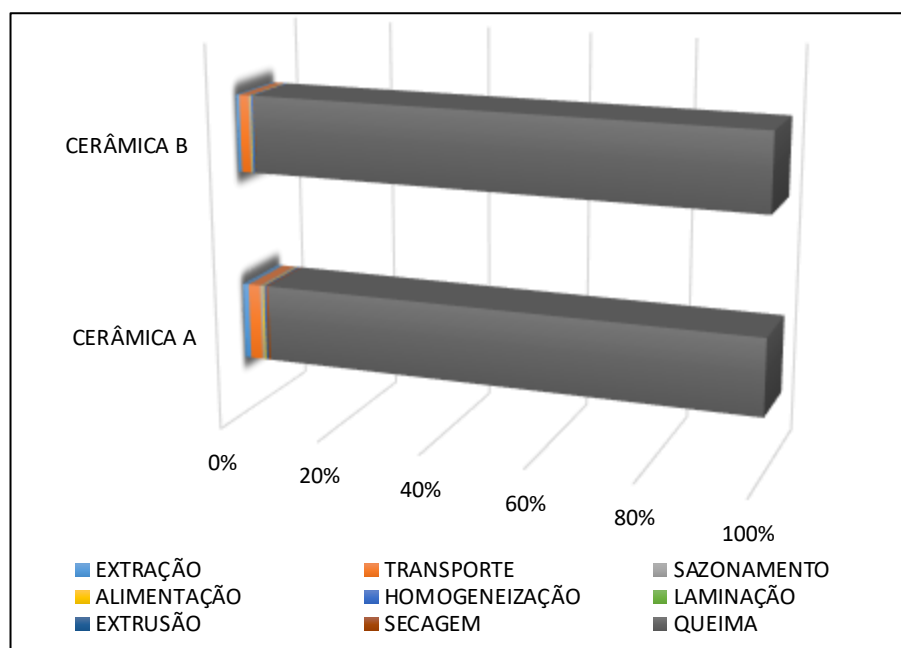


Fonte: a autora (2019).

Em relação à emissão de dióxido de carbono na atmosfera (Gráfico 10), o processo de queima é o que mais contribui. Em percentual, a queima corresponde a aproximadamente 94% de todas as emissões do processo produtivo, na cerâmica A, e 96% de todas as emissões do processo produtivo da cerâmica B. Isso se deve ao grande volume de combustível (lenha e pó de madeira) que é utilizado durante a queima das peças cerâmicas.

Embora as duas cerâmicas utilizem o mesmo tipo de forno, a utilização de pó de madeira, em detrimento ao uso total de lenha durante a queima, na cerâmica A, reduz as emissões de dióxido de carbono em 38%, em relação a emissão de dióxido de carbono na cerâmica B, correspondendo a 154 Kg.eq de CO<sub>2</sub>.

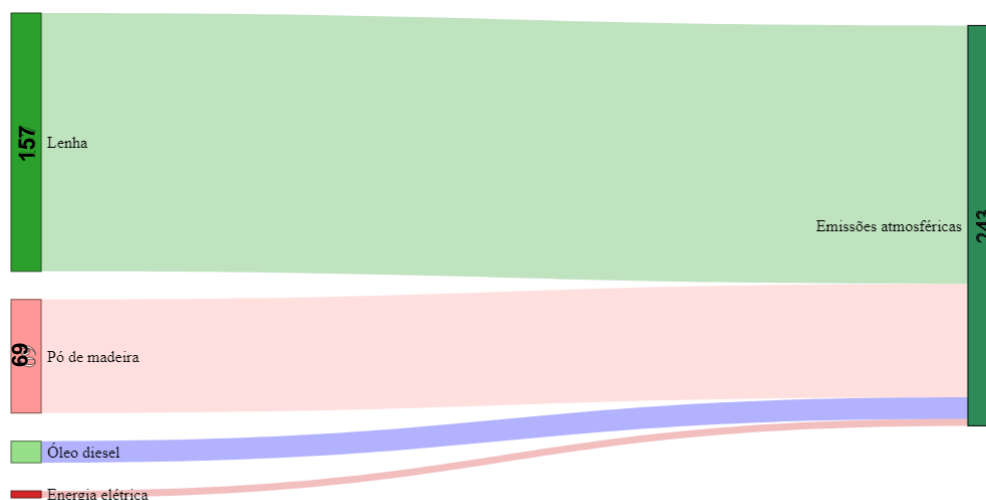
Gráfico 10: Emissão de Dióxido de carbono por processo, cerâmica A e B.



Fonte: a autora (2019).

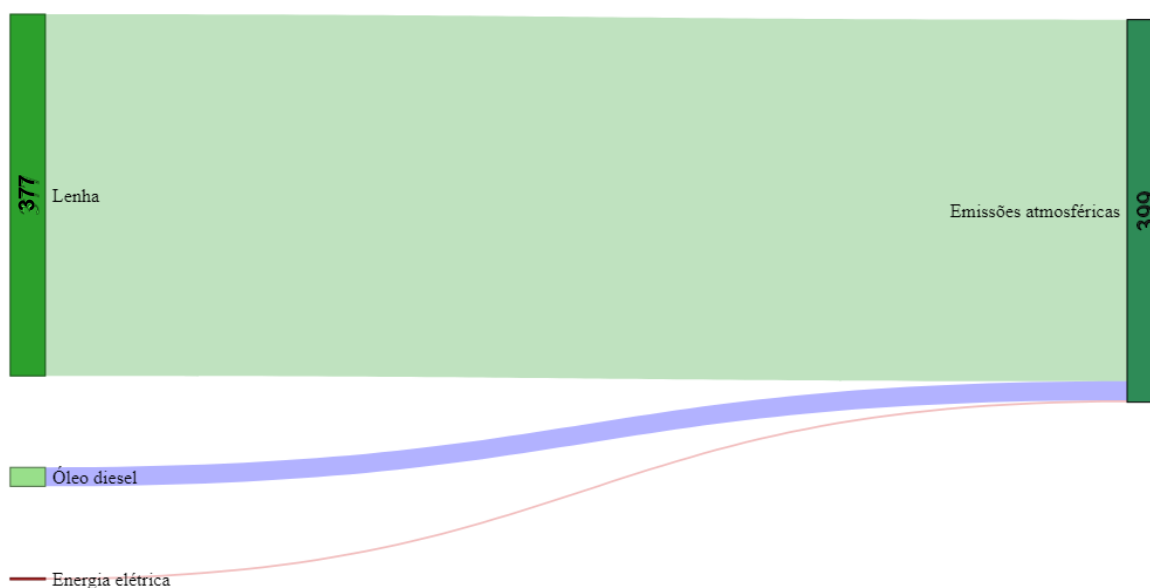
Ainda em relação às emissões atmosféricas (Figuras 41 e Figura 42), a matriz energética que mais contribui para a emissão de dióxido de carbono é a lenha e o pó de madeira, na cerâmica A, e a lenha, na cerâmica B. Como já foi visto, a queima é o processo elementar que mais gera emissões e o consumo da lenha e do pó de madeira está diretamente relacionado a esse processo.

Figura 41: Diagrama de Sankey das emissões atmosféricas por matriz energética, cerâmica A.



Fonte: a autora (2019).

Figura 42: Diagrama de Sankey para emissões atmosféricas por matriz energética, cerâmica B.



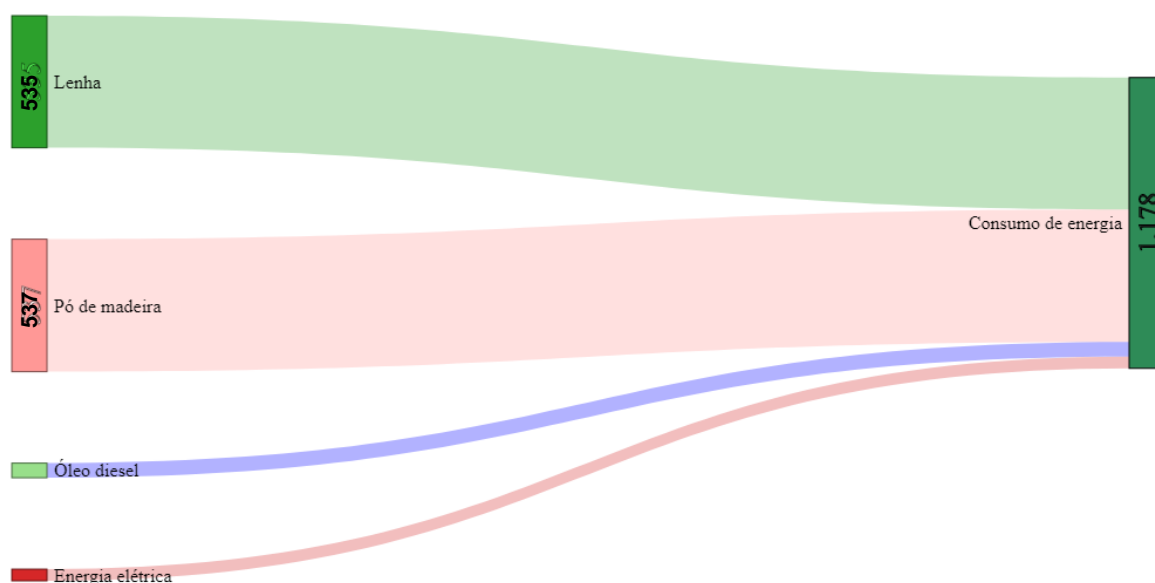
Fonte: a autora (2019).

As matrizes energéticas utilizadas nas cerâmicas A e B são compostas pelas fontes: óleo diesel, energia elétrica e biomassa (lenha e pó de madeira). As Figuras 43 e 44 mostram a contribuição em relação ao consumo de cada fonte energética ao consumo total de energia dos processos produtivos das cerâmicas A e B. Os consumos de cada fonte que compõe as matrizes energéticas das cerâmicas A e B estão representados em Kw.

A lenha é a fonte energética que demanda maior quantidade de energia durante o processo, portanto a fonte energética mais consumida durante o processo de fabricação das peças cerâmicas. Como já visto, o consumo da lenha está relacionado a etapa de queima das peças. Desse modo, pode-se considerar que a queima é o processo elementar do processo produtivo nas cerâmicas A e B que mais demanda energia e, conseqüentemente, como já foi evidenciado, o processo que acarreta maiores emissões atmosféricas.

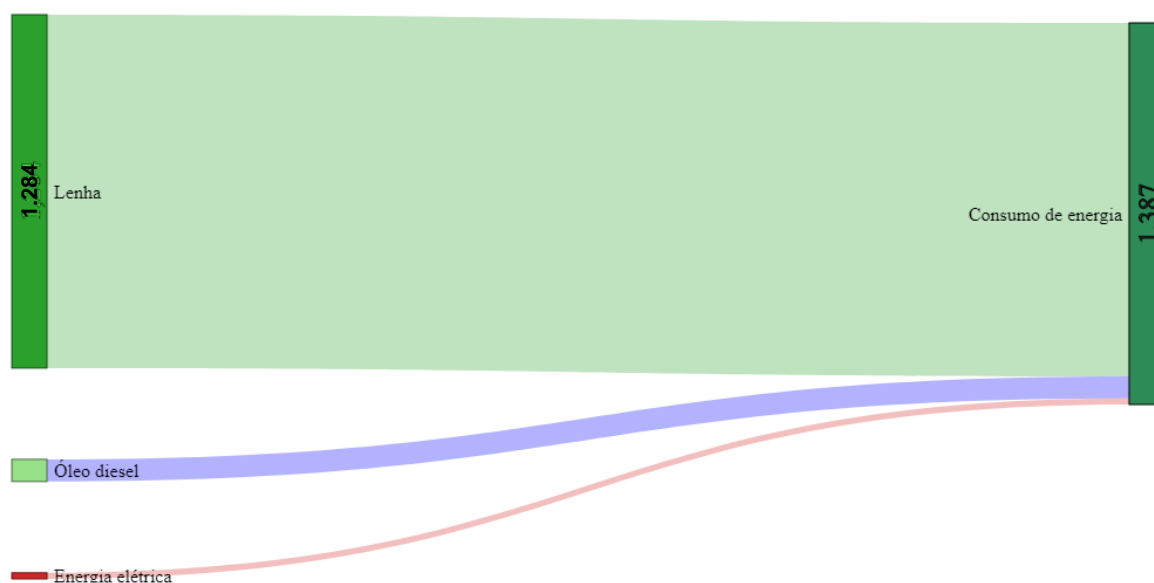
Em seguida, o pó de madeira utilizado pela cerâmica A na queima das peças cerâmicas é a fonte energética com mais demanda. O óleo diesel e a energia elétrica correspondem a um pequeno percentual no consumo de energia do processo, mesmo estando presentes na maioria dos processos elementares.

Figura 43: Diagrama de Sankey distribuição da geração de energia por fonte energética, cerâmica A.



Fonte: a autora (2019).

Figura 44: Diagrama de Sankey distribuição da geração de energia por fonte energética, cerâmica B.



Fonte: a autora (2019).

## 6.2 AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO CICLO DE VIDA DAS TELHAS CERÂMICAS

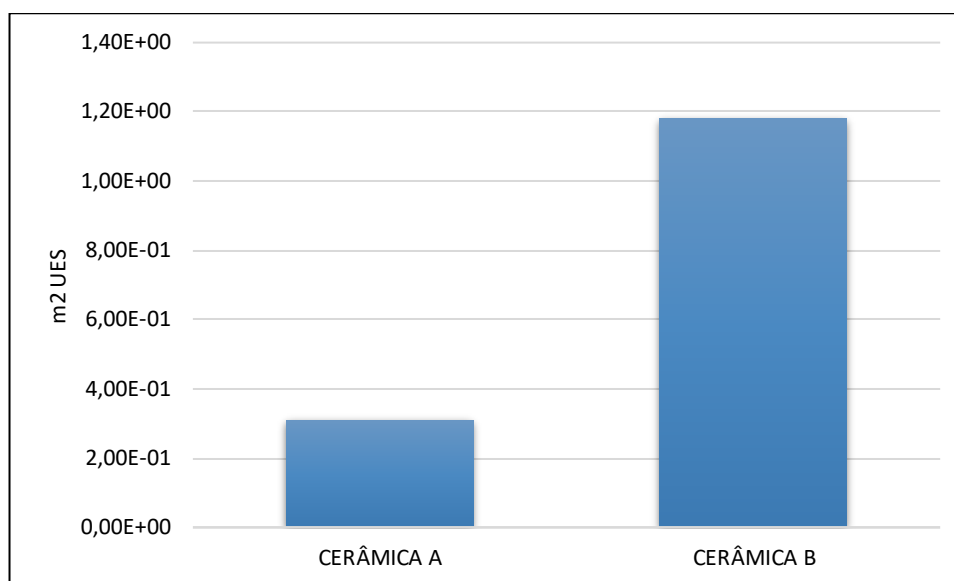
Finalizada a construção do ICV e a inserção dos seus dados no programa OpenLCA 1.8, seguindo as recomendações da NBR ISO 14.040 (ABNT, 2014a), a etapa seguinte compreende a realização da AICV da cadeia produtiva das telhas cerâmicas no município de Parelhas/RN, bem como, a discussão dos seus resultados.

### 6.2.1 Potencial de acidificação

A acidificação é a perda da capacidade de neutralizar ácidos em decorrência da contaminação com substâncias contendo ácido sulfúrico e/ou ácido nítrico, que podem levar a mudanças no crescimento das plantas (WENZEL et al., 1997). No Gráfico 11 observa-se o potencial de acidificação da produção de telhas cerâmicas nas empresas A e B.



Gráfico 11: Influência da acidificação nas cerâmicas A e B.

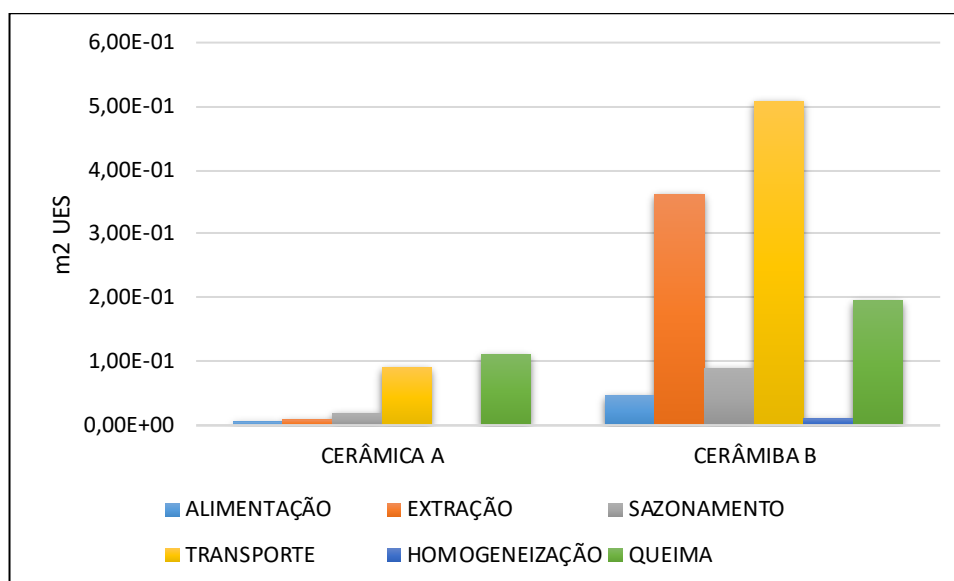


Fonte: a autora (2019)

Observa-se que a cerâmica B tem um potencial de acidificação superior ao da cerâmica A. Esse diagnóstico pode ser atribuído ao fato da cerâmica B utilizar mais processos elementares que consomem o óleo diesel, combustível produzido a partir de fontes não-renováveis e que em sua combustão emite substâncias que colaboram para o processo de acidificação. Além disso, o consumo de combustível na cerâmica B é maior, quando comparado com a cerâmica A, para processos elementares.

O Gráfico 12 aponta o potencial de acidificação para os processos elementares, das cerâmicas A e B, que contribuem para esse impacto. Observa-se que o processo elementar que mais contribui para a acidificação é o transporte da matéria-prima devido ao consumo dessa etapa. Em seguida, o processo da queima, que é o processo com maior índice de emissões atmosféricas. Em terceiro, o processo de extração da matéria-prima para fabricação da telha cerâmica produzida pela cerâmica B aparece com potencial contribuição.

Gráfico 12: Potencial acidificação nos processos elementares das cerâmicas A e B.



Fonte: a autora (2019).

No contexto regional no qual está inserido o município de Parelhas/RN, semiárido brasileiro, a degradação do solo através do processo de acidificação colabora com o avanço do processo de desertificação. Diante da fragilidade inerente às condições naturais do solo da região, o processo de acidificação potencializa ainda mais a perda de produtividade e degradações no solo, causando, assim, muito além de impactos ambientais, também impactos socioeconômicos à região. Os impactos socioeconômicos incidem principalmente sobre a capacidade de produção agrícola, que pode ser diminuída e nos aspectos da paisagem que pode ser modificada pela alteração da vegetação local. Em casos de cultivo para comercialização ou subsistência, prejuízos na produção causam impactos financeiros à população afetada.

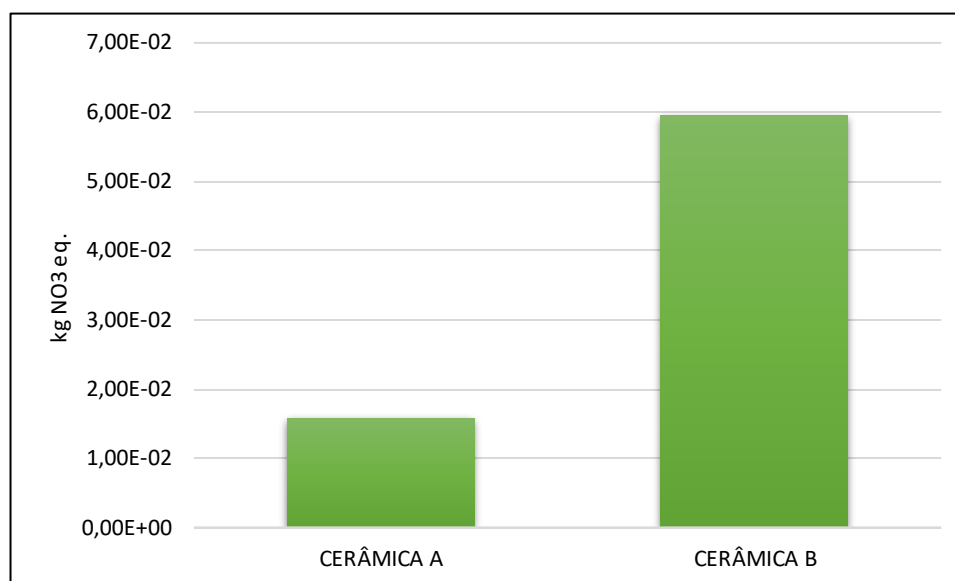
Além do já mencionado, outros potenciais impactos da acidificação são: impedir o crescimento da vegetação, causar corrosão em edificações, contaminação dos lençóis freáticos e morte de peixes (WENZEL; HAUSCHILD; ALTING, 2001).

### 6.2.2 Eutrofização

A eutrofização consiste no crescimento acentuado de plantas aquáticas que impedem a utilização da água com características desejáveis (CARVALHO, 2009). O

fator determinante para que a eutrofização ocorra é o aumento de nutrientes nos corpos hídricos, os principais nutrientes que colaboram para esse processo são o potássio, fósforo e o nitrogênio. O Gráfico 13 apresenta os índices de eutrofização aquática para as cerâmicas A e B.

Gráfico 13: Índice de contribuição para eutrofização aquática, cerâmicas A e B.

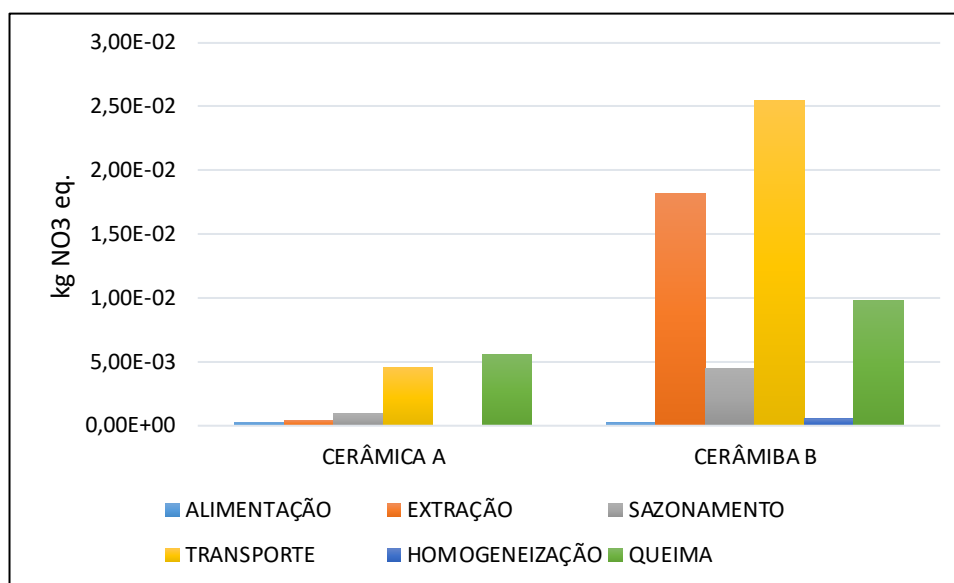


Fonte: a autora (2019).

Tendo em consideração a eutrofização, salienta-se que esse impacto sobre o ecossistema é causado por substâncias nutrientes como o nitrogênio (N) e o fósforo (P) que implica no aumento da densidade de algas e no surgimento de novas espécies (CARVALHO, 2009). No presente estudo, a categoria que apresentou maior impacto foi a eutrofização proveniente do nitrogênio. Desse modo, de acordo com os resultados que mostram o Gráfico 13 a produção de telhas realizada pela cerâmica B é a que mais contribui para a emissão desse nutriente no ecossistema.

O Gráfico 14 apresenta a contribuição de cada processo elementar do sistema de fabricação de telhas cerâmicas que contribuem para o processo de eutrofização aquática.

Gráfico 14: Contribuição dos processos elementares na eutrofização aquática.



Fonte: a autora (2019).

No sistema produtivo da cerâmica A, os processos que contribuem para a eutrofização são queima, alimentação, transporte, extração e sazonalidade. Esses mesmos processos são os que utilizam óleo diesel, que a partir da sua combustão contribui para formação do NO<sub>3</sub>. Na cerâmica B, há a contribuição dos mesmos processos da cerâmica A, acrescido do processo de homogeneização.

O processo de transporte da matéria-prima é o que mais colabora com a emissão de substâncias para a eutrofização aquática nos dois sistemas, cerâmica A e cerâmica B. Isso pode ser atribuído ao fato de ser o processo que mais utiliza óleo diesel de todo o sistema estudado. O processo da queima vem em seguida, devido ao combustível utilizado no transporte da lenha.

A eutrofização aquática pode causar no ecossistema local problemas relacionados a efeitos negativos sobre a fauna e a flora e principalmente restrições ao uso da água para agricultura e consumo, visto que o Açude municipal, Boqueirão, é a principal fonte de abastecimento local de água.

Entre os danos que são causados à qualidade da água com o aumento da concentração de nitrogênio estão o aumento das atividades anaeróbica das plantas aquáticas que pode ocasionar turbidez da água, vegetação aquática submersa,

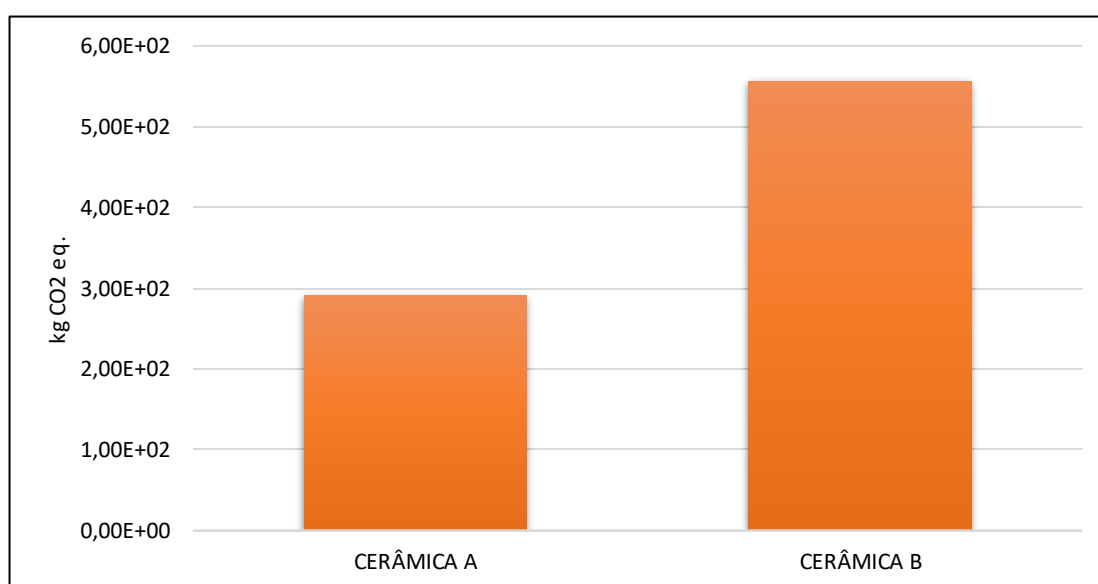
depleção do oxigênio dissolvido e, conseqüentemente, a morte de peixes, moluscos e crustáceos e o aumento de cianobactérias.

### 6.2.3 Aquecimento global

Segundo o MMA, o aquecimento global é o aumento da temperatura média da atmosfera e dos oceanos causado pelas mudanças na concentração de gases de efeito estufa na atmosfera. Esses gases são compostos principalmente por dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gás metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>), hidrofluorcarbonos (HFCs) e perfluorcarbonos (PFCs), sendo o dióxido de carbono o mais abundante e o mais gerado nas diversas atividades humanas (BRASIL, 2019).

O Gráfico 15, mostra a contribuição para o aquecimento global dos sistemas da cerâmica e cerâmica B para produção de telha cerâmica.

Gráfico 15: Influência para o aquecimento global para as cerâmicas A e B.



Fonte: a autora (2019).

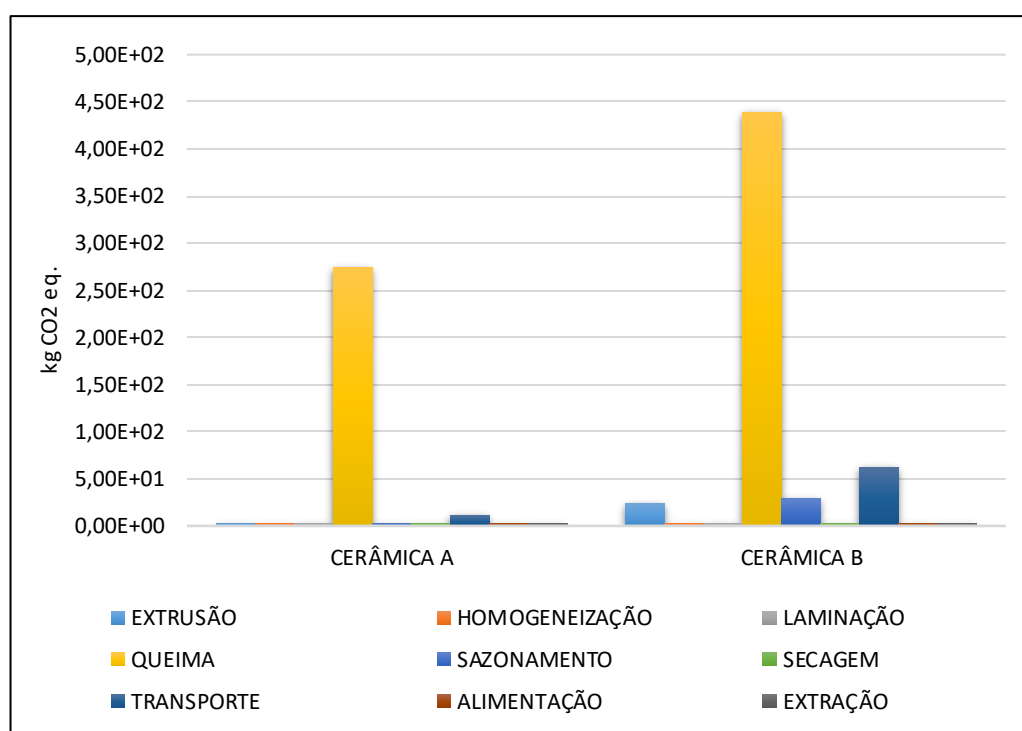
O método utilizado para o ICV utiliza parâmetros globais para a identificação da influência para o aquecimento global. Nesse estudo os gases que foram considerados para o aquecimento global foram o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e o metano (CH<sub>4</sub>), sendo o dióxido de carbono o gás com maior contribuição. A partir dos dados apresentados pelo gráfico, novamente, o sistema produtivo da cerâmica B aparece

como aquele com maior influência para o impacto. Nesse caso, a contribuição para o aquecimento global, da cerâmica B em detrimento a cerâmica A, está associada ao maior consumo de combustível para o processo de queima das telhas cerâmicas.

A cerâmica B, além de utilizar um volume maior de lenha em comparação a cerâmica A, e assim, emitir uma maior quantidade de gases a atmosfera, não faz uso de nenhuma outra fonte de energia alternativa que possa levar a diminuição da emissão desses gases. Já a cerâmica A, como já foi apresentado, além de fazer uso de uma menor quantidade de lenha, utiliza biomassa além da lenha como fonte de energia. O pó de madeira utilizado pela cerâmica A, ao mesmo tempo que possui maior eficiência energética, também possui um potencial de emissão menor do que a lenha seca.

Os processos que mais contribuem para o aquecimento global para a produção de telhas cerâmicas no município de Parelhas/RN estão apresentados no Gráfico 16.

Gráfico 16: Contribuição dos processos de fabricação de telhas cerâmicas ao aquecimento global.



Fonte: a autores (2019).

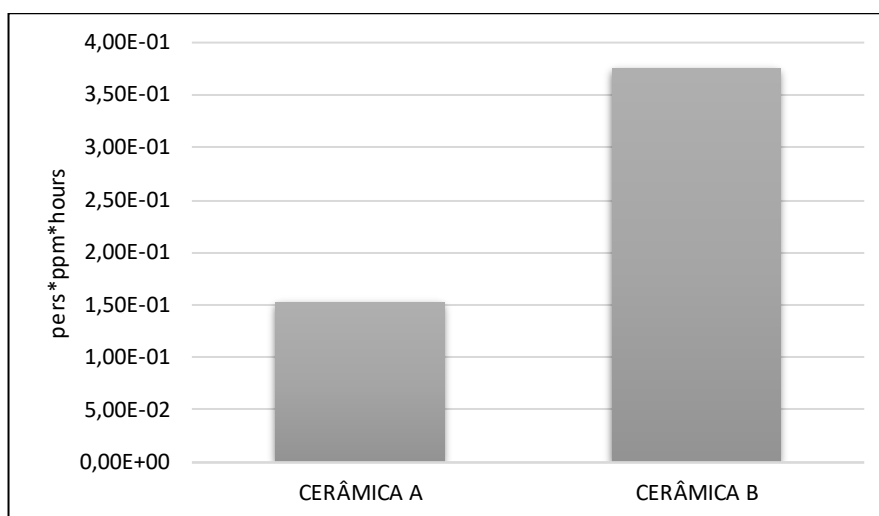
Como é perceptível pelos dados apresentados no Gráfico 16, o processo de queima é o que oferece maior contribuição para o aquecimento global. Isso se deve ao fato desse processo ser o que apresenta consumo de combustíveis por ser o processo que mais demanda energia, visto que é necessário manter as peças submetidas a uma temperatura de aproximadamente 950° C. A consequência desse consumo é a emissão de grandes volumes de gases que contribuem para o efeito estufa, como dióxido de carbono e metano.

A principal evidência do aquecimento global é o aumento da temperatura média da terra. Segundo o MMA (BRASIL, 2019), as temperaturas médias globais estão maiores do que nos últimos cinco séculos. As possíveis consequências ainda para esse século, apresentadas Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2018), é um clima com características diferentes das que temos atualmente, em um cenário com aumento de 1,5 °C na temperatura global representando consequências devastadoras para diversos ecossistemas.

#### **6.2.4 Formação de ozônio fotoquímico – impacto na saúde humana e materiais**

A formação de ozônio fotoquímico como impacto a saúde humana e materiais é uma categoria de impacto que resulta do aumento da concentração de ozônio na camada mais baixa da atmosfera pela ocorrência de reações fotocatalisadas entre poluentes primários (hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio, radicais livres) com oxigênio (IBICT, 2019). O gráfico 17 aponta os resultados para a formação de ozônio fotoquímico na produção de telhas cerâmicas no município de Parelhas/RN pelas cerâmicas A e B.

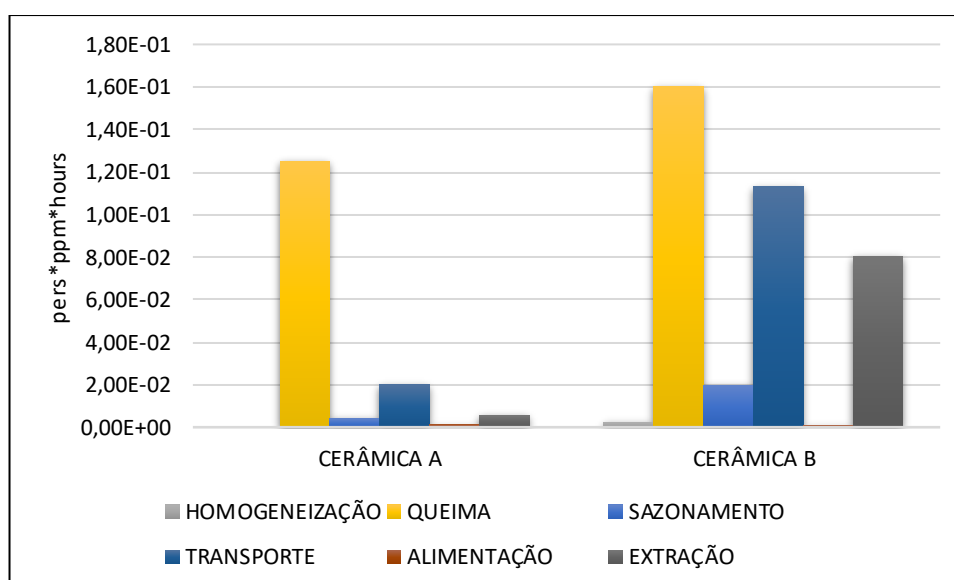
Gráfico 17: Influência da formação de ozônio foto químico na produção de telhas.



Fonte: a autora (2019).

A presença do ozônio fotoquímico interfere na qualidade do ar e um dos fatores que interfere no seu processo de formação é a poluição local. De acordo com os dados apresentados no Gráfico 17, a cerâmica B apresenta maior potencial de contribuição para a formação de ozônio na troposfera. O Gráfico 18 apresenta a contribuição de cada processo elementar da produção de peças de telhas cerâmicas na formação de ozônio fotoquímico.

Gráfico 18: Influência dos processos elementares na formação de ozônio fotoquímico na produção de peças cerâmicas.



Fonte: a autora (2019).



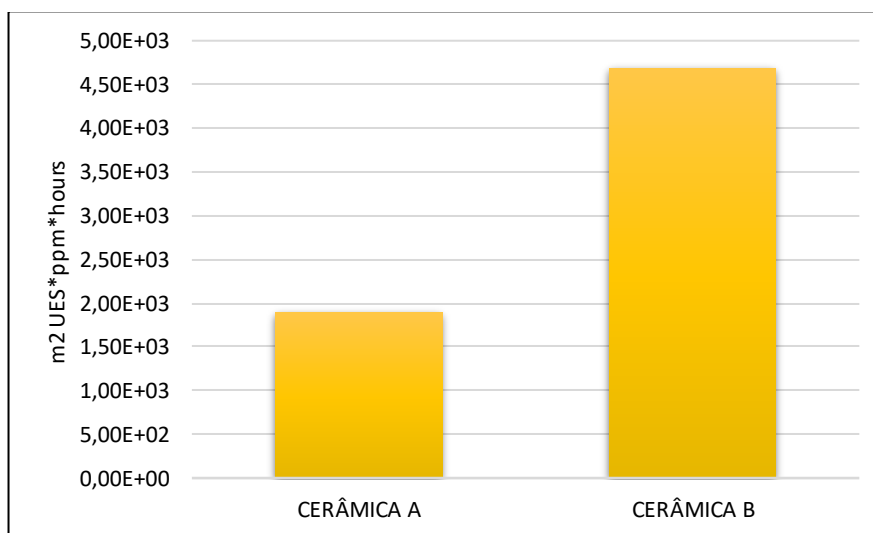
Nos dois sistemas, cerâmica A e cerâmica B, os processos que mais contribuem para a formação de ozônio fotoquímico são queima e transporte, sendo a queima o processo que mais contribui.

As consequências da formação de ozônio para a saúde humana estão relacionadas a problemas respiratórios causados ou potencializados pela qualidade do ar. O ozônio é uma molécula tida como oxidante que é capaz de penetrar nos alvéolos pulmonares durante a respiração, causando efeitos pulmonares agudos e efeitos sistêmicos (PIMENTA, 2011).

### 6.2.5 Formação de ozônio fotoquímico - impacto na vegetação

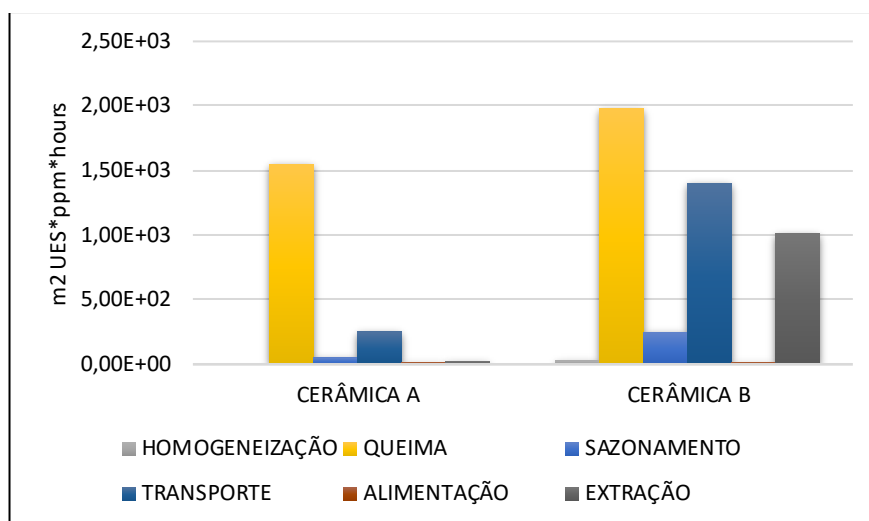
Ainda em relação a formação de ozônio fotoquímico na troposfera, mas nesse caso impactando a vegetação, o Gráfico 19 aponta os resultados para a fabricação das telhas cerâmicas nas cerâmicas A e B; enquanto o Gráfico 20 aponta a contribuição de cada processo.

Gráfico 19: Influência na formação de ozônio fotoquímico na produção de telhas cerâmicas.



Fonte: a autora (2019).

Gráfico 20: Influência na formação de ozônio fotoquímico na produção de telhas cerâmicas.



Fonte: a autora (2019).

Mais uma vez, o sistema da cerâmica B é o que tem mais influência na formação de ozônio fotoquímico, pelos motivos já citados e relacionados a emissões atmosféricas. O processo de queima e transporte nos dois sistemas, novamente, são os que mais contribuem, já que são os processos com mais emissões de poluição.

Os efeitos da formação de ozônio na vegetação estão associados a alterações no desenvolvimento das plantas, susceptibilidade a ataques de pragas, redução da absorção de dióxido de carbono no processo de fotossíntese realizado pelas plantas e perda de resistência a seca (EMBRAPA, 2001). Esses efeitos incidem sobre a produção agrícola e a vegetação local. O município de Parelhas/RN apresenta vegetação do tipo Caatinga que vem sofrendo processo de extinção, além de situar-se em uma área susceptível a desertificação, podendo ter esses quadros intensificados pela exposição ao ozônio fotoquímico.

### 6.3. INTERPRETAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DA CADEIA PRODUTIVA DA TELHA CERÂMICA

Conforme indicam as Normas 14040 (ABNT, 2014a) e 14044 (ABNT, 2014b) a interpretação dos resultados contempla as etapas de identificação das questões significativas; avaliação do estudo, considerando verificações de completeza, sensibilidade e consistência; conclusões, limitações e recomendações.

### **6.3.1. Identificação das questões significativas**

A norma NBR ISO 14040 (ABNT, 2014a) indica como exemplo de questões significativas os dados de inventário, tais como energia, emissões, descargas, resíduos; categorias de impacto, tais como uso de recursos, mudança climática; e contribuições significativas de estágios de ciclo de vida para os resultados de ICV ou ACV, tais como processos elementares individuais ou grupos de processos como transportes e produção de energia.

Seguindo as indicações da norma, as Tabela 15 e Tabela 16 mostram as contribuições percentuais das entradas e saídas do ICV para os processos elementares contidos dentro da fronteira do sistema para as cerâmicas A e B.

Tabela 15: Contribuição percentual das entradas e saídas do ICV para os processos elementares da cerâmica A.

ENTRADAS/SAÍDAS DO ICV	EXTRAÇÃO %	TRANSPORTE %	SAZONAMENTO %	ALIMENTAÇÃO %	HOMOGENEIZAÇÃO %	LAMINAÇÃO %	EXTRUSÃO %	SECAGEM %	QUEIMA %	TOTAL %
ARGILA (T)	100	-	-	-	-	-	-	-	-	100
ÁGUA (L)	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100
LENHA (KG)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100
ÓLEO DIESEL (L)	33	36	7	-	-	-	-	-	20	100
ENERGIA ELÉTRICA (KW.H)	-	-	-	5	21	10	32	31	1	100
PÓ DE MADEIRA (KG)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100
RESÍDUOS DE CERÂMICA (T)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100
CINZAS (KG)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100
DIÓXIDO DE CARBONO (KG)	1	3	0,5	0,4	0,2	0,1	0,3	0,4	94	100
HIDROCARBONETOS (KG)	21	22	6	1	-	-	-	-	50	100
MATERIAL PARTICULADO (KG)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100
MONÓXIDO DE CARBONO (KG)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100
ÓXIDOS DE NITROGÊNIO (KG)	27	30	6	2	-	-	-	-	35	100
METANO (KG)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100

Fontes: a autora (2019)

Tabela 16: Contribuição percentual das entradas e saídas do ICV para os processos elementares da cerâmica B.

ENTRADAS/SAÍDAS DO ICV	EXTRAÇÃO %	TRANSPORTE %	SAZONAMENTO %	ALIMENTAÇÃO %	HOMOGENEIZAÇÃO %	LAMINAÇÃO %	EXTRUSÃO %	SECAGEM %	QUEIMA %	TOTAL %
ARGILA (T)	100	-	-	-	-	-	-	-	-	100
ÁGUA (L)	-	-	-	-	100	-	-	-	-	100
LENHA (KG)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100
ÓLEO DIESEL (L)	33	36	6	1	-	-	-	-	20	100
ENERGIA ELÉTRICA (KW.H)	-	-	-	5	21	10	32	32	-	100
RESÍDUOS DE CERÂMICA (T)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100
CINZAS (KG)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100
DIÓXIDO DE CARBONO (KG)	1	2,5	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,4	95,2	100
HIDROCARBONETOS (KG)	20	21	5,8	0,8	-	-	-	-	51,4	100
MATERIAL PARTICULADO (KG)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100
MONÓXIDO DE CARBONO (KG)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100
ÓXIDOS DE NITROGÊNIO (KG)	27	30	6	2	-	-	-	-	35	100
METANO (KG)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	100

Fonte: a autora (2019).

A partir dos resultados demonstrados nas Tabelas 15 e 16, é possível identificar que o processo da queima é o que mais contribui para as diferentes entradas e saídas assim, apresenta-se como o processo com maior influência significativa dentro da fronteira do sistema. O controle dessa etapa e alterações em busca da melhoria quanto aos aspectos ambientais pode possibilitar grande melhoria no sistema.

Diante da contribuição causada pelo processo da queima, os outros processos resultam em uma significância menor na avaliação do ICV, exceto os processos de extração e homogeneização que contribuem significativamente no consumo de recursos naturais, devido ao consumo de água e extração de argila. Ainda que com uma influência menor do que a da queima, o processo de transporte também é bastante significativo, visto que, contribui de maneira substancial com a emissão de óxidos de nitrogênio e o consumo de óleo diesel.

### 6.3.2. Avaliação do estudo

#### 6.3.2.1. Verificação de completeza

A verificação da completeza tem o objetivo de assegurar que todas as informações relevantes e os dados necessários para interpretação estão disponíveis e completos. A Tabela 17 apresenta os resultados para a verificação de completeza dos dados.

Tabela 17: Análise de completeza dos dados do ICV.

PROCESSO ELEMENTAR	OPÇÃO A	COMPLETO?	AÇÃO REQUERIDA	OPÇÃO B	COMPLETO?	AÇÃO REQUERIDA
EXTRAÇÃO	X	SIM		X	SIM	
TRANSPORTE	X	SIM		X	SIM	
SAZONAMENTO	X	SIM		X	SIM	
ALIMENTAÇÃO	X	SIM		X	SIM	
HOMOGENEIZAÇÃO	X	SIM		X	SIM	
LAMINAÇÃO	X	SIM		X	SIM	
EXTRUSÃO	X	SIM		X	SIM	
SECAGEM	X	SIM		X	SIM	
QUEIMA	X	NÃO	Verificar	X	NÃO	Verificar

Fonte: a autora (2019).

Boa parte dos dados utilizados para composição do ICV foram de fontes primárias. No entanto os dados relacionados ao processo de queima foram obtidos parcialmente. Para as emissões foram levados em consideração apenas o consumo do combustível sem a interferência do tipo de forno.

#### 6.3.2.2. Verificação de sensibilidade

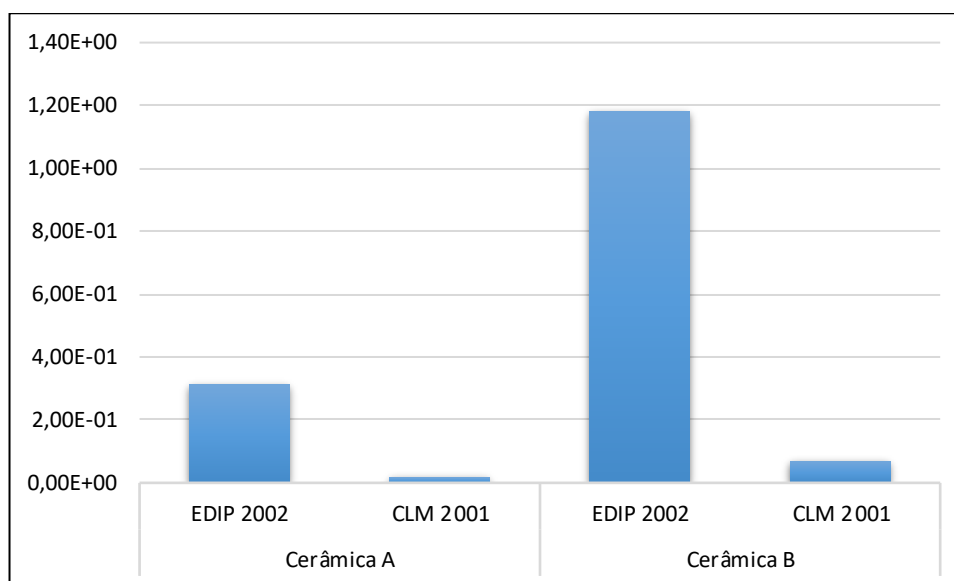
A finalidade da verificação de sensibilidade é avaliar a confiabilidade dos dados finais e conclusões determinando de que forma esses são afetados pelas incertezas NBR 14044 (ABNT, 2014a). As incertezas podem ser avaliadas quanto aos dados do ICV e da AICV.

Os dados do ICV apresentam representatividade quanto à tecnologia e à região, visto que foram coletados de fontes primárias para aplicação dirigida ao local de coleta. Os dados também apresentam completeza, tendo incertezas apenas na geração das emissões geradas pelo processo de queima. Os dados também apresentam valores precisos e calculados de acordo com a unidade funcional definida na etapa de definição de objetivo e escopo. Os dados secundários foram coletados de fontes confiáveis e com médias pré-calculadas, o que diminui as incertezas em relação a esses valores.

A análise de sensibilidade da AICV pode ser realizada a partir de cálculos de incertezas ou de comparação de cenários. No estudo foi realizada a comparação de cenários entre os índices de impacto apontados pelo EDIP 2003 e o método CLM 2001. O Gráfico 21 mostra os resultados para comparação de cenários para os impactos de potencial de acidificação.

Como mostra o gráfico 21, os resultados gerados pelos dois métodos mantêm a relação de proporcionalidade entre o potencial de acidificação da cerâmica A e da cerâmica B. A cerâmica B apresenta, nos dois métodos, um potencial de acidificação maior para a geração do mesmo produto. No entanto, os resultados gerados pelo método CLM 2001, apontam para um potencial de acidificação significativamente menor do que os gerados pelo EDIP 2003, gerando incertezas em relação a essa categoria de impacto.

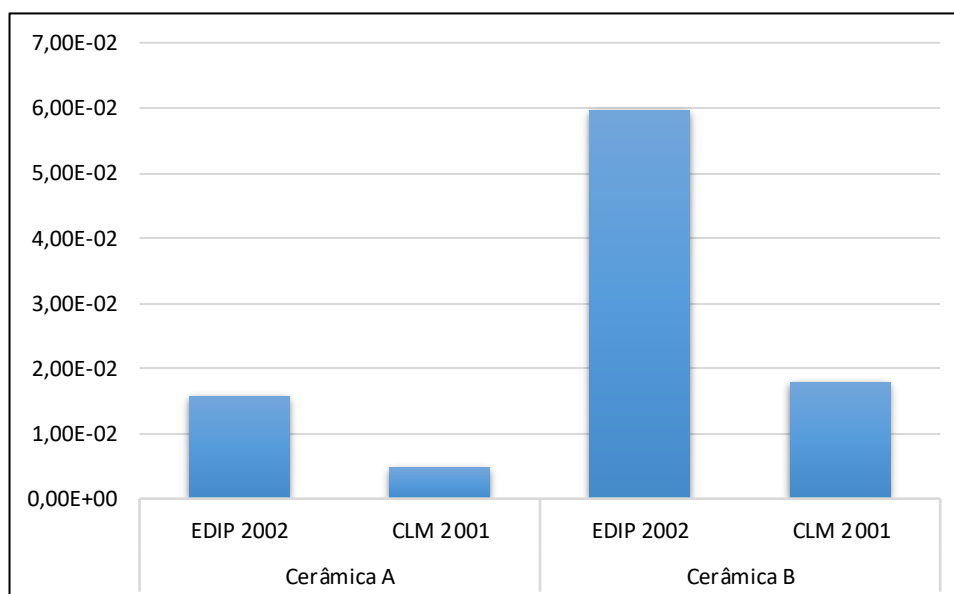
Gráfico 21: Verificação de sensibilidade do potencial de acidificação.



Fonte: a autora (2019).

O Gráfico 22 apresenta os resultados para comparação de cenário entre os métodos EDIP 2002 e CLM 2001 na categoria de eutrofização. Assim como para a categoria de potencial de acidificação, os dois métodos mantêm proporcionalidade entre os potenciais das cerâmicas A e B, sendo os resultados apontados pelo CLM 2001 menores que os do EDIP 2002.

Gráfico 22: Verificação de sensibilidade dos resultados da eutrofização.

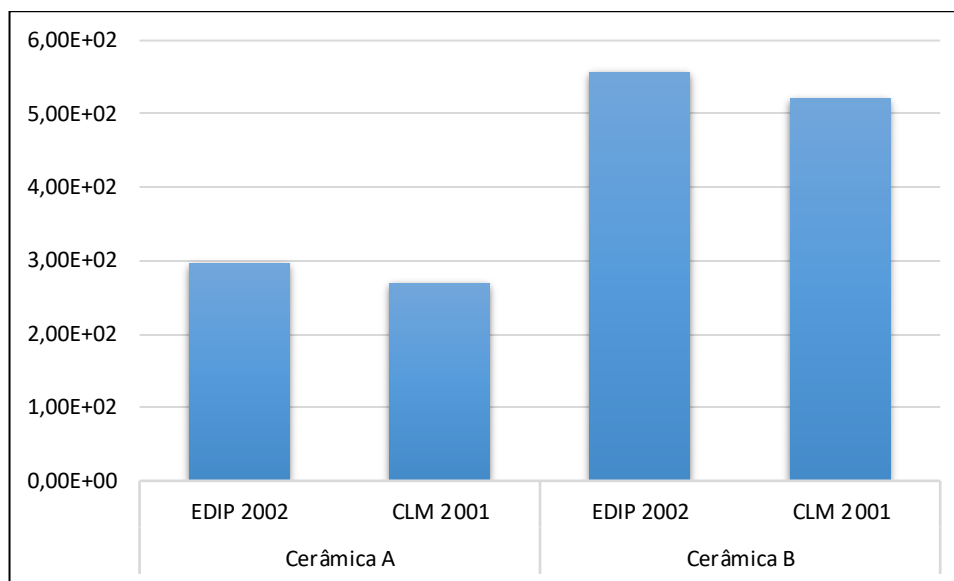


Fonte: a autora (2019).



Para os resultados de aquecimento global, apresentados no Gráfico 23, como nas duas primeiras comparações apresentadas, é mantida a proporcionalidade entre os resultados para as cerâmicas A e B, sendo a B com maior resultado para a categoria. No entanto, nesse caso, os valores apresentados pelos dois métodos são bastante semelhantes, assim aumentando a confiabilidade para esse impacto.

Gráfico 23: Verificação de sensibilidade para a categoria aquecimento global.



Fonte: a autora (2019).

Paras as categorias de ozônio ionizado não foi possível realizar a comparação de cenários, pois o método CLM 2001 não contempla essas categorias.

### 6.3.2.3. Verificação de consistência

A verificação de consistência é usada para determinar se os pressupostos, métodos e dados são consistentes com o objetivo e escopo NBR 14044 (2014b). O objetivo desse estudo de ACV foi analisar os impactos ambientais da cadeia produtiva da indústria de telhas cerâmicas, no município de Parelhas/RN, do berço ao portão (*cradle-to-gate*) e comparar os impactos entre duas empresas ceramistas do município que divergem quanto ao tipo de matriz energética utilizada.

Assim, no que diz respeito aos pressupostos utilizados, podem ser considerados consistentes, pois foi realizado um levantamento inicial para a sua

definição, levando-se em consideração as características de produção das cerâmicas analisadas a partir da coleta de dados primários.

O método utilizado para AICV pode ser considerado de consistência média, pois ainda não há um método que considere as características brasileiras para caracterização dos indicadores de impacto. Apesar do EDIP 2002 ser um dos principais métodos utilizados para dar suporte a produção de materiais, a falta de caracterização dos dados levando em consideração características regionais, diminui a consistência dos resultados.

Em relação à consistência dos dados, considera-se todos consistentes com o objetivo do estudo de ACV, pois, como já mencionado, a coleta de dados primários foi realizada com criterioso rigor seguindo as recomendações das normas ABNT ISO 14040 (ABNT, 2014a) e ABNT ISO (14044, 2014b). Os dados que não são de fonte primária, foram coletados de fontes confiáveis e consistentes com as características nacionais.

### **6.3.3. Conclusões, limitações e recomendações**

O último elemento obrigatório para ACV tem o objetivo de interpretar o ciclo de vida e gerar conclusão a partir dos resultados do estudo. Dessa forma, as questões significativas identificadas no estudo para as cerâmicas A e B estão relacionadas principalmente ao processo da queima e secundariamente aos de transporte e extração. Os demais apresentam significância menor.

Os dados utilizados para a construção do inventário apresentam completeza, sensibilidade e consistência com os objetivos definidos para o estudo. Quanto ao método de ICV aplicado à pesquisa, os resultados oferecem sensibilidade em relação aos potenciais de acidificação e eutrofização aquática. Nesse sentido, ocorre a limitação de não se ter comparado com um terceiro método para verificação da sensibilidade, baseado na metodologia de comparação de cenários. Há também limitações pela falta de verificação de sensibilidade das categorias relacionadas ao ozônio fotoquímico.

#### 6.4 MELHORIAS PARA CADEIA PRODUTIVA DA CERÂMICA VERMELHA

Pautado nos resultados obtidos na realização da caracterização da APL de cerâmica vermelha e do estudo de AVC foi possível propor melhorias aos processos produtivos da produção de peças cerâmicas para as empresas ceramistas. O Quadro 12 apresenta as propostas de melhorias para os processos produtivos.

Quadro 12: Propostas de melhorias ambientais para a fabricação de peças cerâmicas.

Processo	Recomendação
Extração	O processo de extração da argila deve ser realizado em jazidas com licenciamento ambiental. Deve-se tomar cuidados para evitar o assoreamento, erosão e desmatamento nas bacias em que são realizadas as extrações. Utilizar equipamentos em bom estado de conservação, para que não haja emissão de óleos ao solo e a água, e acréscimos ao consumo de combustíveis.
Transporte	O transporte deve ser realizado em bom estado de conservação, para que se evite emissões adicionais de gases devido ao excesso de quilometragem. Deve-se garantir que não haja vazamentos de óleos e perdas da argila durante o percurso.
Sazonamento	O sazonalamento deve ser realizado por equipamentos em bom estado de conservação para evitar emissões de óleos. Evitar o uso desnecessários dos equipamentos para diminuição do uso de combustíveis. Incorporar a argila, sempre que possível, resíduos que proporcionem melhora na resistência mecânica das peças.
Alimentação	Utilizar equipamentos em bom estado de conservação e com a manutenção de acordo com a recomendação dos fabricantes para evitar o desperdício de energia.
Homogeneização	Dosar adequadamente a quantidade de água para evitar retiradas desnecessárias, dimensionar os reservatórios para adequado abastecimento nos períodos de seca, evitando a retirada da água em Açudes públicos.

<b>Laminação</b>	Manter os equipamentos sempre com boa manutenção para evitar consumo desnecessário de energia.
<b>Extrusão</b>	Manutenção periódica dos equipamentos para evitar desperdícios de energia. Reincorporar ao processo produtivo os resíduos gerados nessa etapa de produção.
<b>Secagem</b>	Sempre que possível optar pela secagem natural das peças, aproveitando o calor do Sol. Aproveitar o calor gerados pelos fornos para o aquecimento das câmaras de secagem. Reincorporar ao processo produtivo os resíduos gerados nessa etapa produtiva.
<b>Queima</b>	Utilizar fornos mais eficientes quando as perdas de calor, ao consumo de lenha e a geração de emissões atmosféricas. Redução do consumo da lenha, realizando a substituição integral ou parcial por outras fontes energéticas, ex. casca de coco e pó de madeira. Quando for utilizada a lenha optar por lenhas de planos de manejo. Não utilizar lenha de origem vegetal da Caatinga. Utilizar filtros para diminuição da emissão de materiais particulados ao ar. Destinar adequada para os resíduos gerados a partir da queima da lenha.

Fonte: a autora (2019).

As cerâmicas do município de Parelhas/RN assim como em diversos municípios do país possuem uma estrutura pequena e surgiram a partir de olarias rudimentares. No entanto, investimentos em mudanças, principalmente no processo da queima, podem trazer benefícios financeiros e ambientais.

A queima inadequada da peça gera enorme desperdício de matéria-prima e emissões desnecessárias à atmosfera. Fornos mais eficientes geram como benefícios: melhor qualidade de queima do produto, redução no volume de lenha consumido e menor perda de calor. Como evidenciado no estudo de ACV, o processo da queima é o que apresenta maior contribuição a impactos ambientais. Desse modo, mudanças nesse processo podem gerar significativos resultados para a diminuição dos impactos ambientais na produção de peças cerâmicas.

As intervenções nos demais processos que compõem a fabricação de peças cerâmicas, visam a diminuição do consumo de energias para, conseqüentemente, diminuir o volume de gases à atmosfera.

As melhorias propostas objetivam ajudar na sustentabilidade do processo produtivo das peças cerâmicas, pois as melhorias ambientais propostas também podem gerar economia e aumento da valorização e qualidade dos produtos. Além disso, melhoram as condições ambientais aos trabalhadores e a população que de forma direta ou indireta venham a sofrer interferências causadas pelos processos de fabricação de peças cerâmicas.

## CAPÍTULO 7

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo propôs realizar a caracterização o APL de produção de peças cerâmicas no município de Parelhas/RN, realizar o estudo de ACV em duas empresas ceramistas do município e propor melhorias ambientais para a produção.

Quanto a caracterização do APL foi possível identificar que as empresas ceramistas estão distribuídas espacialmente principalmente em áreas rurais. A indústria vinha apresentando um aumento no número de empresas a partir do ano de 1989, tendo alcançado um ápice em 2013. Devido à crise econômica que afetou o setor da construção civil em todo o país, este número tem decrescido.

O principal produto produzido no município são as peças de telhas cerâmicas e os insumos para a produção são adquiridos na região do Seridó do Rio Grande do Norte. Sendo, a argila extraída de bacias de Açudes; o abastecimento de água realizado por corpos d'água do município e a lenha extraída de municípios próximos a Parelhas.

As telhas cerâmicas produzidas no município de Parelhas são distribuídas em todo o Nordeste Brasileiro tendo pouco consumo no Estado do Rio Grande do Norte.

Na etapa de caracterização, observou-se que as cerâmicas buscam reduzir a geração de resíduos, reutilizando dos os resíduos gerados nas etapas que antecedem a queima. No entanto, os resíduos provenientes das peças quebradas após a queima ainda não foram reincorporados a produção, na maioria das cerâmicas.

Com a realização dos estudos de ACV foi possível identificar que a matriz energética das cerâmicas é composta pelas fontes: óleo diesel, energia elétrica e biomassa (lenha, pó de madeira), sendo o processo de queima o que mais requer demanda energética.

Ainda em relação ao processo da queima, esse é o que mais consome insumos e mais gera emissões à atmosfera, sendo o dióxido de carbono o gás que apresenta maior volume de emissão.

As categorias de impacto ambiental utilizadas no estudo de ACV foram: potencial de acidificação, eutrofização, aquecimento global e formação de ozônio fotoquímico. Os processos de queima e transporte da matéria-prima são os que possuem maior contribuição para todas as categorias de impacto. A queima, no entanto, é o processo com maior contribuição para todas essas categorias.

Em comparação entre as cerâmicas A e B, que possuem diferenças em relação ao uso de fontes energéticas distintas no processo de queima, verificou-se que pelo fato da cerâmica A utilizar pó de madeira em substituição a lenha, há uma diminuição considerável na emissão de dióxido de carbono e assim tem um potencial menor para causar impacto ambiental, principalmente para contribuições para o aquecimento global.

Desse modo, levando em consideração as características de alta susceptibilidade à desertificação da região do Seridó/RN e que nessa região está inserido o maior número de empresas cerâmicas do Estado, é necessário que haja mudanças para melhorias ambientais na produção de peças cerâmicas, primordialmente no processo da queima.

Foram realizadas propostas de melhorias para todas as etapas que compõem a produção das peças cerâmicas todas visam a diminuição do consumo energético das diversas fontes que compõem a matriz energética utilizada pelas cerâmicas. A diminuição no consumo energético incide em um menor volume de emissões atmosféricas.

A produção de peças cerâmicas na região do Seridó/RN tem importante participação para a economia da região e para geração de emprego para a mão-de-obra local, que sofre com limitações para atividades agrícolas. Dessa maneira, as contribuições para o aprimoramento do processo produtivo ajudam para a sustentabilidade dessa indústria, potencializando a diminuição dos impactos ambientais e a melhoria dos produtos.

As principais limitações do trabalho são em relação a amostragem visto que não foi possível realizar nenhum método estatístico para definição da amostragem. Além disso, não houve consulta aos órgãos de licenciamento ambiental e caracterização dos fornos utilizados no processo de queima.

Em relação aos estudos de ACV o trabalho limita-se à avaliação do berço ao portão da fábrica, faltando os estágios de distribuição, uso e disposição das peças cerâmicas para completar o estudo de ciclo de vida. Ainda sobre o Estudo de ACV, não foi possível realizar cálculos de incertezas a partir de métodos estatísticos.

Como sugestões para trabalhos futuros são propostos:

- A elaboração de uma amostragem que caracterize a região do Seridó para construção de um inventário com as características da produção cerâmica da região;
- A ACV das telhas cerâmicas levando em consideração os estágios de ciclo de vida do portão da fábrica ao túmulo;
- A realização do AICV utilizando outros métodos e categorias.



## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Estudo técnico setorial da cerâmica vermelha**. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DA INDÚSTRIA DA CERÂMICA VERMELHA. **Relatório anual**. 2015.

ALENCAR-LINARD Z. U. S.; SAEED-KHAN, A. e LIMA, P. V. P. **Percepções dos impactos ambientais da indústria de cerâmica no município de Crato estado do Ceará, Brasil**. *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. xv, núm. 48, 2015, 397-423.

ALMEIDA, K. S.; SOARES, R. A. L., MOURA C. S. **Análise dos Impactos Ambientais Gerados pela Indústria de Cerâmica Vermelha no Piauí**. *Cerâmica Industrial*, 19 (5) Setembro/Outubro, 2014.

ARAÚJO, J. A. **A percepção da desertificação e da mudança climática na paisagem no município de Parelhas/RN**. Tese, UFRN. Natal/RN, 2016.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICA PARA REVESTIMENTO, LOUÇA SANITÁRIA E CONGÊNERES. **Cerâmica Vermelha**. Disponível em: <http://abceram.org.br/ceramica-vermelha/>. Acesso: 21 de março de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR ISO 14040:2014 **Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida: princípios e estrutura** - Rio de Janeiro: ABNT, 2014a.

\_\_\_\_\_. ABNT ISO 14044:2014. **Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – requisitos e orientações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014b.

\_\_\_\_\_. ABNT ISSO 14001:2015. **Sistemas de gestão ambiental – Requisitos e orientações de uso**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. **Porque ACV de produtos cerâmicos**. Disponível em: < [http://anicer.com.br/acv/porque\\_acv.html](http://anicer.com.br/acv/porque_acv.html) > acesso em: 11 de março de 2018.

\_\_\_\_\_. **Relatório Anual 2015**. < [http://anicer.com.br/wp-content/uploads/2016/11/relatorio\\_2015.pdf](http://anicer.com.br/wp-content/uploads/2016/11/relatorio_2015.pdf) > acesso em 12 de março de 2018.

ASSUNÇÃO, F. O. e SICSÚ. A. B. **Capacitação, inovação local e competitividade da indústria de cerâmica vermelha no nordeste**. *Revista Produção Online*, 2001.

BANCO DO NORDESTE. **INFORME SETORIAL CERÂMICA VERMELHA**, 2010.

BARRETO, L. S. S. **Avaliação ambiental e econômica de ciclo de vida da gestão de resíduos de construção e demolição: disposição em aterros versus**

**valorização dentro da indústria de construção civil.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, 2014.

BRAGA, Núbia Karla Mendes. **Potencial de aquecimento global de paredes de concreto a partir da avaliação do ciclo de vida.** 2018. vi, 127 f., il. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil)—Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

BOVEA MD, SAURA U, FERRERO JL, GINER J (2007): **Cradle-to-Gate Study of Red Clay for Use in the Ceramic Industry.** Int J LCA 12 (6) 439–447

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Efeito estufa e aquecimento global. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/195-efeito-estufa-e-aquecimento-global>. Acesso em: jul. 2019.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca.** Brasília, 2004.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. 1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por veículos automotores rodoviários. Brasília, 2011.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Balanço Energético Nacional 2018. Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>. Acesso em: jul 2019.

BRIBIÁN IZ, CAPILLA AV, USON AA (2011) Life cycle assessment of building materials: comparative analysis of energy and environmental impacts evaluation of the eco-efficiency improvement potential. Build Environ 46(5):1133–1140.

BUENO, C. Avaliação do Ciclo de vida na construção civil: análise de sensibilidade. Tese, USP. São Carlos/SP. 2014.

BUSTAMANTE, G. e BRESSIAN, J. C.. **A indústria cerâmica brasileira.** Cerâmica Industrial, 5 (3) Maio/Junho, 2000.

CABRAL JUNIOR, M.; TANNO, L. C.; SINTTONI, A.; MOTTA, J. F. M.; COELHO, J. M.. **A Indústria de Cerâmica Vermelha e o Suprimento Mineral no Brasil: Desafios para o Aprimoramento da Competitividade.** Cerâmica Industrial, 17 (1) Janeiro/Fevereiro, 2012.

CALDAS, L. R.; SPOSTO, R. M. **Emissões de CO2 referentes ao transporte de materiais de construção no Brasil: estudo comparativo entre blocos estruturais cerâmicos e de concreto.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 91108, out./dez. 2017.

CAMARA, V. F.; LISBOA, M. H; HOINASKI L. e DAVID, P. C. **Levantamento das emissões atmosféricas da indústria da cerâmica vermelha no sul do estado de Santa Catarina, Brasil.** Cerâmica 61 (2015) 213-218.

CAMPOLINA, J. M.; SIGRIST, C. S. L.; MORIS, V. A. S. **Uma revisão de literatura sobre softwares utilizados em estudos de Avaliação do Ciclo de Vida.** Revista

Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental e-ISSN 2236 1170 - V. 19, n. 2, mai-ago. 2015, p. 735-750.

CAMPOS, F. H. S. C. **Análise do ciclo de vida na construção civil: um estudo comparativo entre vedações estruturais em painéis pré-moldados e alvenaria em blocos de concreto.** Dissertação. UFMG, Belo Horizonte, 2012.

CARMINATTI JÚNIOR, R. **Análise do Ciclo de Vida Energético de Projeto de Habitações de Interesse Social Concebido em Light Steel Framing.** 2012. 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Centro de Ciências Exatas de Tecnologia, Universidade de São Carlos, São Carlos, 2012

CARVALHO, O. O. – Avaliação técnica e econômica de uma jazida de argila branca do vale do Rio Baldun, Arês/RN. Atas do 44º Congresso Brasileiro de Cerâmica. ABC, Águas de São Pedro/SP, 1999

CARVALHO, S. L. Eutrofização Artificial: Um problema em Rios, Lagos e Represas. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/ctl28082004.php>> Acesso em: jul. 2009.

DIAS et al., **Manual de impactos ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais atividades produtivas**, Fortaleza.1999.

EMBRAPA. **Efeitos Potenciais do Ozônio Troposférico sobre as Plantas Cultivadas e o Biomonitoramento Ambiental.** 2001. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1056211/1/2001CLStachetti.pdf>. Acesso: jul. 2019.

EPA. Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS), Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment) Interim. 1993.

FARIAS, S. F.; COSTA, D. S.; FREITAS, L. S.; CÂNDIDO, G. A. **Utilização De Eco-Inovação no Processo de Manufatura de Cerâmica Vermelha.** Revista de Administração e Inovação, São Paulo, v. 9, n.3, p. 154-174, jul/set. 2012.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. Região do Seridó Indicadores em Destaque. 2013.

FINNVEDEN, G., HAUSCHILD, M. Z., EKVALL, T., GUINÉE, J., HEIJUNGS, R., HELLWEG, S., KOEHLER, A., PENNINGTON, D., & SUH, S. (2009). Recent developments in Life Cycle Assessment. *Journal of Environmental Management*, 91, 1-21.

FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GENTIL, E.C.; DAMGAARD, A.; HAUSCHILD, M.; FINNVEDEN, G.; ERIKSSON, O.; THORNELOE, S.; KAPLAN, P.O.; BARLAZ, M.; MULLER, O.; MATSUI, Y.; II, R.; CHRISTENSEN, T.H. Models for waste life cycle assessment: review of technical assumptions. *Waste Manage. (Oxford)* 30, p. 2636–2648, 2010.

GESICKI, A. L.; BOGGIANI, P. C.; SALVETTI, A. R. **Panorama Produtivo da Indústria de Cerâmica Vermelha em Mato Grosso do Sul**. Cerâmica Industrial, 7 (1) Janeiro/Fevereiro, 2002.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (organizadoras). Métodos de Pesquisa. 1ª Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GRIGOLETTI, G. de C. Caracterização de impactos ambientais de indústrias de cerâmica vermelha do estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

GRIGOLETTI, G. C.; SATTLER, M. A. Definição da Unidade Funcional e das Fronteiras do Sistema para Vedações em Blocos de Concreto e Blocos Cerâmicos para a Análise do Ciclo de Vida. In: CONFERÊNCIA LATINOAMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1.; ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., São Paulo, 2004. Anais... São Paulo, 2004.

IBICT. Formação de ozônio fotoquímico. Disponível em: [http://ontologia.acv.ibict.br/data/M3\\_formacao\\_fotoquimica\\_de\\_ozonio\\_oacv.html](http://ontologia.acv.ibict.br/data/M3_formacao_fotoquimica_de_ozonio_oacv.html). Acesso: Jul, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Contas regionais. Disponível em: . Acesso em: 21 out. 2014.

\_\_\_\_\_. **Parelhas**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/parelhas/panorama> acesso: julho de 2019.

IBANEZ, V.; BOVEA, M. D.; SIMÓ, A. **Life cycle assessment of ceramic tiles. Environmental and statistical analysis**. Int J Life Cycle Assess (2011) 16:916–928.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Geneva, Switzerland.1995.

JUSSANI, C. A.; COSTA, D. D.; VASCONCELOS, E. P.G.; SBRAGIA, R. .. **Fontes externas de tecnologia: o caso de uma indústria de cerâmica vermelha**. Future Studies Research Journal. São Paulo, v. 4, n. 1, pp. 03 – 31, Jan./Jun. 2012.

LEITE, Mariangela Garcia-Praça e GONÇALVES-FUJACO, Maria Augusta. “**A atividade de beneficiamento de quartzitos na cidade de Ouro Preto-Brasil: características gerais e principais impactos ambientais**”, Economia, Sociedad y Territorio, XIII (41), El Colegio Mexiquense, a. c., Zinacantepec, pp. 227-243. 2013)

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, 2003.

MASTELLA, D. V; GLEIZE, P.; SOARES, R. **Comparação Entre os Processos de Produção de Blocos Cerâmicos e de Concreto para Alvenaria Estrutural, Através da Análise do Ciclo de Vida de Produtos**. In: ENCONTRO NACIONAL, 6.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., São Pedro, 2001. Anais ... São Pedro, 2001.

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: EDUSP, 2005.

MILLER, Katia Broeto. **Modelo parametrizado de ACV: aplicação em sistemas construtivos com estudo de caso em vedações verticais**. 2015. xxiii, 273 f., il. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo)—Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Anuário estatístico do setor de transformação de não metálicos**, 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Manejo para produção de lenha**. 2012. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/8513-manejo-para-produ%C3%A7%C3%A3ode-lenha>. Acesso em: jul. 2019.

MEDEIROS, G. L. D. **A desertificação do Semi-Árido nordestino: o caso da região do Seridó norte-rio-grandense**. Mossoró, 2004, 135p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

MENDES, N. C. et al.. **Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida: revisão dos principais métodos**. *Production*, 26(1), 160-175, jan./mar. 2016

MOREIRA, I. V. D. **Vocabulário básico de meio ambiente**. Rio de Janeiro FEEMA/Petrobrás, 1992.

MORETTI, T. V. **Método de avaliação da estrutura de inventários do ciclo de vida: análise para casos brasileiros**. Dissertação. UTFP. Curitiba, Paraná. 2011.

NASCIMENTO, J. A. **Cerâmicas da Comunidade Cachoeira, Parelhas: desenvolvimento de problemáticas ambientais**. 2006, 74 p. Monografia (Especialização em Geografia e Gestão Ambiental) Faculdade Integrada de Patos.

NASCIMENTO, W. S. A. **Avaliação dos impactos ambientais gerados por uma indústria cerâmica típica da região do Seridó/RN**. Dissertação. UFRN. (Mestre em Engenharia Mecânica); Natal. 2007.

NASCIMENTO, J. A.. **O circuito espacial da indústria de cerâmica vermelha n Seridó Potiguar**. Dissertação, UFRN. NATAL/RN, 2011.

NASCIMENTO, C. A. et al. **Reengenharia de fornos cerâmicos visando o aperfeiçoamento da convecção térmica**. *Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo*, v. 1, n. 2, p. 111-122, mai/ago, 2016.

OLIVEIRA et al. **Recortes analíticos sobre o desenvolvimento, estado e economia do RN** [recurso eletrônico] / Organizado por William Eufrásio Nunes Pereira... [et al.] – Natal: EDUFRN, 2016.

OLIVEIRA, A. **Análise ambiental da viabilidade de seleção de produtos da construção civil através da ACV e do software BEES 3.0**. Dissertação (Mestrado em engenharia Civil) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. 2007.

OLIVEIRA, S. B.; MAHLER, C. F. **Avaliação do Ciclo de Vida de Produtos – Uma Introdução**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2018.

PASSUELLO, A. C. B.; OLIVEIRA, A. F. de; COSTA, E. B. da; KIRCHHEIM, A. P. **Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida na análise de impactos ambientais de materiais de construção inovadores: estudo de caso da pegada de carbono de clínqueres alternativos**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 7-20, out./dez.2014.

PAZ, Y. M.; HOLANDA, R. M.; EL-DEIR, S. G. **Uso da argila no processo produtivo da cerâmica vermelha: Um estudo de caso no município de Paudalho, Pernambuco**. Revista Verde (Pombal - PB - Brasil) v. 10, n.1, p. 283 - 289, jan-mar, 2015

PIMENTA, M. A., **Ozônio troposférico: os efeitos na saúde e no meio ambiente e diretrizes para a região metropolitana de Belo Horizonte**. Monografia, UFMG. Belo Horizonte/MG, 2011.

PRADO, U. S.; BRESSIANI, J. C. **Panorama da Indústria Cerâmica Brasileira na Última Década**. Cerâmica Industrial, 18 (1) Janeiro/Fevereiro, 2014.

PINI, M.; FERRARI, A. M.; GAMBERIANI, R.; NERI, P.; RIMINI, B. **Life cycle assessment of a large, thin ceramic tile with advantageous technological properties**. Int J Life Cycle Assess (2014) 19:1567–1580

RIO GRANDE DO NORTE, SERHID. **Planos e projetos pilotos de recuperação de micro-bacias hidrográficas: micro-bacia hidrográfica do Rio Cobra**. Termo de Referência. Setembro de 2005.

RODRIGUES NETO, A., MOTA, J. A. **Arranjos Produtivos Locais Na Indústria Da Cerâmica Vermelha: Um Estudo De Caso No Nordeste Brasileiro**. Rev. Econ. NE, Fortaleza, v. 47, n. 1, p. 127-142, jan./mar., 2016

ROSSI, Efigênia. **Avaliação do ciclo de vida da brita para a construção civil: estudo de caso**. Dissertação. UFSCAR. 2013.

SÁNCHEZ, LUIS ENRIQUE, **Avaliação de impactos ambientais: conceitos e métodos**, Oficina de Texas, São Paulo. 2008.

SANTOS, Maria Fernanda Nóbrega dos. **Análise dos impactos na construção civil: avaliação do ciclo de vida em chapas de partículas para forros**. 2010. 150 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/92981>>.

SANTOS, F. K. **A indústria da cerâmica vermelha e os índices de extremos climáticos para os estados do Rio Grande do Norte e Paraíba**. Dissertação, UFRN. Natal/RN, 2017.

SANTOS et al.. **Importância da avaliação do ciclo de vida na análise de produtos: possíveis aplicações na construção civil**. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas – Ano 6, nº 2, Abr-Jun/2011, p. 57-73

SANTOS, L. M. M. Avaliação ambiental de processos. 4ª edição – São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

SERVIÇO DE NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Aperfeiçoamento dos processos produtivos e dos produtos de cerâmicas do Rio Grande do Norte.** Natal, 2001.

\_\_\_\_\_. **Diagnóstico Da Indústria De Cerâmica Vermelha Do Rio Grande Do Norte.** Natal, 2013.

SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DO RIO GRANDE DO NORTE. **Diagnóstico da indústria cerâmica do Rio Grande do Norte.** Natal, 1989.

SEBRAE. **Cerâmica Vermelha para Construção: Telhas, Tijolos e Tubos Relatório Completo.** 2008.

SEBRAE. **Diagnóstico Da Indústria De Cerâmica Vermelha Do Rio Grande Do Norte.** 2013.

SILVA, A. P. M.. **Estudo do Perfil térmico de forno tipo “caipira” utilizado pelo setor de cerâmica vermelha em Parelhas na região do Seridó/RN.** Dissertação, UFRN, 2014.

SILVA, A.P.M. et. al. **Estudo do perfil térmico de fornos do tipo "caipira" utilizados pelo setor de cerâmica vermelha em parelhas na região do seridó, rn.** Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.39, n.5, p.963-972, 2015

SOMBRIO, Catarina Moraes de Oliveira. **ACV de painéis de blocos cerâmicos e concreto armado: um exercício de aplicação do manual do ILCD.** 2015. xvi, 138 f., il. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)—Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

SOUSA, C. F. O. **Análise do forno cedan enquanto inovação tecnológica no setor de cerâmica vermelha.** Anais do XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. São Carlos, SP, Brasil, 12 a15 de outubro de 2010.

SOUZA, D. M.; LAFONTAINE, M.; CHARRON-DOUCET, F.; BENGUA, X.; CHAPPERT, B.; DUARTE, F.; LIMA, L. (2015) **Comparative life cycle assessment in the Brazilian context: ceramic versus concrete roof tiles.** Journal of Cleaner Production. 89, 165-173.

SOUZA, M. D. ; LAFONTAINE, M. ; CHARRON-DOUCET, F. ; CHAPPERT, B. ; KICAK, K. ; DUARTE, F. ; LIMA, L. (2016). **Comparative life cycle assessment of ceramic brick, concrete brick and cast-in-place reinforced concrete exterior walls.** Journal of Cleaner Production, 137, 70-82.

TAVARES, C. S. T. e SILVA, D. P. C.. **Caracterização do Produto Cerâmico do Rio Grande do Norte.** Cerâmica Industrial, 12 (4) Julho/Agosto, 2007.

TAVARES, S. F. e GRIMME, F. W. **Análise De Processos Produtivos Em Cerâmica Vermelha – Estudo De Caso Comparativo Entre Brasil E Alemanha.** IX ENTAC, 2002.

THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) - Global Warming of 1.5 °C. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/sr15/>. Acesso: Jul. 2019.

THORN, M.; KRAUS, J.; PARKER, D. Life-Cycle Assessment as a sustainability management tool: strengths, weaknesses, and other considerations. Environmental quality management, v.20, n.3, p. 1-10. 2011

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. LCA Resources. Disponível em: <<http://www.epa.gov/nrmrl/std/lca/resources.html#Software>> Acesso em: março 2018.

VASCONCELOS, F. C.; GOLDSZMIDT, R. G. B.; FERREIRA, F. C. M. **Arranjos produtivos**. São Paulo, v. 4, n.3, ago/out. 2005.

WENZEL, H.; HAUSCHILD, M.; ALTING, L. Environmental assessment of products. Bontou/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publishers. v.1 e 2. 1997.

WENZEL, H; HAUSCHILD, M; ALTING, L. Environmental assessment of products. Volume 1 - methodology, tools, and case studies in product development. Kluwer Academic Publishers: London, United Kingdom. 2001. 543 p.

WESTMAN, W.E. Ecology: Impact assessment and environmental planning. New York: John Wiley & Sons, 1985.

WATHERN. P.(org.) 1988. Environmental impact assessment: theory and practice. Unwin Hyman, London.

Yin, Robert K. Estudo de caso: planejamento e métodos / Robert K. Yin; trad. Daniel Grassi - 2.ed. -Porto Alegre : Bookman, 2001.



## **ANEXO A**

UFRN - HOSPITAL  
UNIVERSITÁRIO ONOFRE  
LOPES DA UNIVERSIDADE



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA NA CADEIA PRODUTIVA DA TELHA CERÂMICA NO MUNICÍPIO DE PARELHAS/RN

**Pesquisador:** Lanna Celly da Silva Nazário

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 07385218.0.0000.5292

**Instituição Proponente:** Pós-Graduação em Engenharia Civil

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 3.234.222

**Apresentação do Projeto:**

O Projeto: "AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA NA CADEIA PRODUTIVA DA TELHA CERÂMICA NO MUNICÍPIO DE PARELHAS/RN", versão 1, foi apresentado por Lanna Celly da Silva Nazário, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, sob orientação da Prof.<sup>a</sup> Dra. Luciana de Figueiredo Lopes Lucena.

**Objetivo da Pesquisa:**

O objetivo primário da Pesquisa é analisar a cadeia produtiva da indústria de telhas cerâmicas, no município de Parelhas/RN, à luz da metodologia de avaliação do ciclo de vida, do berço ao portão da fábrica (cradle-to-gate), observando os fluxos de entrada e saída das etapas de extração de matéria-prima, produção e distribuição das peças, sob o enfoque ambiental. Objetivos Secundários: • Identificar e caracterizar a atividade ceramista no município de Parelhas/RN. • Identificar os impactos ambientais em cada etapa do ciclo de vida da cadeia produtiva da indústria de telhas cerâmicas. • Quantificar e avaliar os impactos ambientais provenientes do ciclo de vida da cadeia produtiva da indústria de telhas cerâmicas. • Comparar os impactos ambientais do ciclo de vida da cadeia produtiva de telha cerâmica em três portes distintos de empresas ceramistas localizadas no município de Parelhas/RN. • Propor melhorias ambientais nas etapas dos processos

**Endereço:** Avenida Nilo Peçanha, 620 - Prédio Administrativo - 1º Andar - Espaço João Machado  
**Bairro:** Petrópolis **CEP:** 59.012-300  
**UF:** RN **Município:** NATAL  
**Telefone:** (84)3342-5003 **Fax:** (84)3202-3941 **E-mail:** cep\_huol@yshoo.com.br

**UFRN - HOSPITAL  
UNIVERSITÁRIO ONOFRE  
LOPES DA UNIVERSIDADE**



Continuação do Parecer: 3.234.222

da cadeia produtiva do ciclo de vida das telhas cerâmicas.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Riscos: A previsão de riscos é mínima, no entanto, a aplicação do questionário pode acarretar desconforto ao participante da pesquisa. Sendo assim, na ocorrência do desconforto haverá mudança de personagem ou encerramento da aplicação do questionário.

Benefícios: É previsto melhorias ambientais para o processo de fabricação das cerâmicas vermelhas.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Em termos de procedimentos metodológicos, o projeto atende aos objetivos da pesquisa. Trata-se de um estudo inovador voltado para a preservação da natureza "AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA NA CADEIA PRODUTIVA DA TELHA CERÂMICA NO MUNICÍPIO DE PARELHAS/RN".

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Todos os Termos de Apresentação Obrigatória foram elaborados e postados na Plataforma Brasil.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Pendências corrigidas, projeto aprovado.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1197527.pdf	08/03/2019 00:16:27		Aceito
Outros	carta_CEP.pdf	08/03/2019 00:11:53	Lanna Celly da Silva Nazário	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projetoCompletoCEP_modificado.pdf	01/03/2019 14:06:27	Lanna Celly da Silva Nazário	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_modificado.pdf	01/03/2019 14:05:49	Lanna Celly da Silva Nazário	Aceito
Folha de Rosto	folhaderostocomcarimbo.pdf	25/11/2018 23:00:14	Lanna Celly da Silva Nazário	Aceito
Outros	CARTEANUENCIA.pdf	23/11/2018	Lanna Celly da Silva	Aceito

**Endereço:** Avenida Nilo Peçanha, 820 - Prédio Administrativo - 1º Andar - Espaço João Machado  
**Bairro:** Petrópolis **CEP:** 59.012-300  
**UF:** RN **Município:** NATAL  
**Telefone:** (84)3342-5003 **Fax:** (84)3202-3941 **E-mail:** cep\_huol@yahoo.com.br

UFRN - HOSPITAL  
UNIVERSITÁRIO ONOFRE  
LOPES DA UNIVERSIDADE



Continuação do Parecer: 3.234.222

Outros	CARTEANUENCIA.pdf	01:10:30	Nazário	Aceito
Outros	FolhadIdentificacaodoPesquisador.pdf	23/11/2018 00:58:59	Lanna Celly da Silva Nazário	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

NATAL, 29 de Março de 2019

---

**Assinado por:**  
**jose diniz junior**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** Avenida Nilo Peçanha, 620 - Prédio Administrativo - 1º Andar - Espaço João Machado  
**Bairro:** Petrópolis **CEP:** 59.012-300  
**UF:** RN **Município:** NATAL  
**Telefone:** (84)3342-5003 **Fax:** (84)3202-3941 **E-mail:** cep\_huol@yahoo.com.br

# APÊNDICE A

## FORMULÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA

Nº do formulário: \_\_\_\_\_

NOME DA EMPRESA: \_\_\_\_\_

ENDEREÇO: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

1- Quantos anos de funcionamento em média?

\_\_\_\_\_

2- Qual expediente?

\_\_\_\_\_

3- Quantidade de funcionário?

\_\_\_\_\_

4- Escolaridade e faixa etária dos funcionários?

\_\_\_\_\_

5- Quais os tipos de classificação dos funcionários e equipes?

\_\_\_\_\_

6- Quais os Produtos produzidos nas cerâmicas?

\_\_\_\_\_

7- Produção de peças por mês?

\_\_\_\_\_

8- Local da extração da matéria prima?

\_\_\_\_\_

9- Tipo da matéria prima?

\_\_\_\_\_

10- Licença ambiental?

\_\_\_\_\_

11- Fontes de energia para cada etapa?

\_\_\_\_\_

12- Tipo de maquinário para cada etapa?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

13- Armazenamento da matéria prima?

---

---

14- Tipo e eficiência dos fornos?

---

---

15- Possui algum tipo de tratamento das emissões gasosas, ruídos e cinzas?

---

---

16- Área da fábrica?

---

---

17- Área rural ou Área Urbano?

---

---

18- Qual a quantidade de empresas registradas?

---

---

19- Valor de venda do produto?

---

---

20- Quais os principais mercados para distribuição dos produtos?

---

---

21- Principais combustíveis?

---

---

22- Tipos de lenha?

---

---

23- Locais de extração da lenha?

---

---

24- Tipo de secagem?

---

---

25- Fonte de abastecimento de água e consumo?

---

---

26- Descrição do processo genérico de produção:

# APÊNDICE B

## ETAPA: EXTRAÇÃO

Responsável: \_\_\_\_\_

Empresa: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Cidade: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_

Telefone: \_\_\_\_\_ Email: \_\_\_\_\_

Responda, para extração da argila em 2018:

- 1) Qual equipamento utilizado para extração da argila?
  
- 2) Qual local de extração?
  
- 3) Quantidade de argila extraída mensalmente?
  
- 4) Qual o tipo de Diesel e o consumo em L por mês?
  
- 5) Qual tipo de resíduo gerado e a quantidade?
  
- 6) Utiliza algum método de recuperação da área de extração da argila?
  
- 7) Frequência de extração?

**ETAPA: TRANSPORTE DO MATERIAL EXTRAÍDO PARA A FÁBRICA**

Responsável: \_\_\_\_\_

Empresa: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Cidade: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_

Telefone: \_\_\_\_\_ Email: \_\_\_\_\_

Responda, para o transporte da argila em 2018:

- 1) Qual equipamento utilizado para o transporte da argila?
- 2) Qual tipo de Diesel, e o consumo por viagem?
- 3) Distância média de cada viagem?
- 4) Volume transportado por viagem?



**ETAPA: PRODUÇÃO**

Responsável: \_\_\_\_\_

Empresa: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

Cidade: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_

Telefone: \_\_\_\_\_ Email: \_\_\_\_\_

Responda, para a produção de telha em 2018:

**SAZONAMENTO**

- 1) Qual o maquinário utilizado?
  
- 2) Qual a energia utilizada e qual o consumo?
  
- 3) Qual a duração e frequência?

**HOMOGENEIZAÇÃO**

- 4) Qual o maquinário utilizado?
- 5) Quantidade de água usada por tonelada?
- 6) Local de extração da água?
- 7) Há algum sistema de bombeamento de água? Qual equipamento?

**ALIMENTAÇÃO**

- 8) Qual o maquinário utilizado?
- 9) Qual tipo de energia utilizada?
- 10) Qual o consumo de energia?
- 11) Resíduos gerados e quantidade?

### **LAMINAÇÃO**

- 12) Qual o maquinário utilizado?
- 13) Qual tipo de energia utilizada?
- 14) Qual o consumo de energia?
- 15) Resíduos gerados e quantidade?

### **EXTRUSÃO**

- 16) Qual o maquinário utilizado?
- 17) Qual tipo de energia utilizada?
- 18) Qual o consumo de energia?
- 19) Resíduos gerados e quantidade?

### **SECAGEM**

- 20) Tipo de secagem?
- 21) Maquinário utilizado na secagem?
- 22) Duração da secagem?
- 23) Qual tipo de energia e qual o consumo?
- 24) Resíduos gerados e quantidade?

### **QUEIMA**

- 25) Qual tipo de forno?
- 26) Consumo de lenha por fornada?

- 27) Quais tipo de lenha?
- 28) Quais outros tipos de energia?
- 29) Duração da queima?
- 30) Existe reabastecimento de lenha? Qual o volume?
- 31) Eficiência do forno?
- 32) Quantas fornadas por mês?
- 33) Quantidade de telhas queimadas em uma fornada?
- 34) Existe filtros nos fornos? Qual tipo?
- 35) Geração de resíduos, quais tipos e quantidades?