

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO,  
TECNOLOGIAS E SOCIEDADE

Isabella Batista Graça Grego

DESIGN E INTERDISCIPLINARIDADE: ENGENHARIA ALIADA A ABORDAGEM  
SOCIOTÉCNICA PARA DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO COMPÓSITO DE  
GESSO E TERRA DE DIATOMÁCEAS

Itajubá, MG

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO,  
TECNOLOGIAS E SOCIEDADE

Isabella Batista Graça Grego

DESIGN E INTERDISCIPLINARIDADE: ENGENHARIA ALIADA A ABORDAGEM  
SOCIOTÉCNICA PARA DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO COMPÓSITO DE  
GESSO E TERRA DE DIATOMÁCEAS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação  
em Desenvolvimento, Tecnologias e Sociedade, como  
parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre  
em Desenvolvimento, Tecnologias e Sociedade

Área de concentração: Desenvolvimento e Tecnologias

Orientador: Prof. Dr. Adilson da Silva Mello

Co-orientador: Prof. Dr. Rosinei Batista Ribeiro

Itajubá, MG

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO,  
TECNOLOGIAS E SOCIEDADE

Isabella Batista Graça Grego

DESIGN E INTERDISCIPLINARIDADE: ENGENHARIA ALIADA A ABORDAGEM  
SOCIOTÉCNICA PARA DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO COMPÓSITO DE  
GESSO E TERRA DE DIATOMÁCEAS

Dissertação aprovada por banca examinadora em 22 de setembro de 2017, conferindo a autora o título de Mestre em Desenvolvimento, Tecnologias e Sociedade.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Adilson da Silva Mello (Orientador)

Prof. Dr. Rosinei Batista (Co-orientador)

Prof. Dr. Jorge Luiz Rosa

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lauren Ferreira Colvara

Itajubá, MG

2017

## **AGRADECIMENTOS**

Sou grata a todos que compartilharam seus conhecimentos para a construção desse trabalho. Sem as conversas construtivas no banquinho da UNIFEI, sem as noites de diversão, sem os colos dos amigos isso nunca teria saído do papel, ou melhor, saído para o papel. Agora eu consigo mostrar para todos a construção desse projeto que foi feito com muito carinho e com a parceria de pessoas queridas que foram importantes para concretização desta proposta.

Sou grata ao meu grupo de pesquisa e as discussões teóricas calorosas que tínhamos, isso possibilitou muito crescimento e principalmente conhecimento durante essa caminhada. Aos amigos Gui, Cacá, Músico, Delson, Brodi, as meninas do GEPE e aos cafés tomados entre muitas outras pessoas que não foram nomeadas, mas que estavam presentes em algum momento desse trajeto.

As minhas companheiras de guerra, para todas as ocasiões! Marina, Fran, Camila e Paula vocês são maravilhosas e sou grata a todos os momentos bons, carinho e apoio que me deram.

Sou grata a empresa de imagens sacras em Aparecida, a cervejaria em Lorena que sempre foram acolhedoras e abriram suas portas para que a pesquisa fosse realizada. As instituições parceiras, laboratórios que realizei os testes, professores e técnicos que me ajudaram com seus conhecimentos. E a CAPES pela bolsa concedida durante a realização da pesquisa.

## RESUMO

Esta pesquisa visa a incorporação de um resíduo proveniente da produção cervejeira como meio de minimização de matéria prima utilizada para fabricação de imagens sacras em gesso, bem como o direcionamento desse resíduo para uma utilização viável de reuso. A interdisciplinaridade aqui apontada discorre através de três áreas de conhecimento, a formação da pesquisadora como Designer para compreensão do processo de produção e análise do meio de trabalho e o contexto em que o artefato está inserido, as Ciências Sociais que possibilitam discussões do contexto social em que o objeto de estudo está inserido através da abordagem sociotécnica e posterior análise do compósito via laboratório utilizando artifícios da Engenharia de Materiais que possibilitam uma análise mais precisa dos resultados obtidos. O resíduo, denominado terra de diatomácea, é responsável pela etapa de filtragem e clarificação da cerveja, portanto, utilizado por grandes e pequenas cervejarias em todo o país e não possui um descarte adequado, ou na maioria dos casos, descartado de maneira inadequada e provocando consequentes impactos ambientais. A pesquisa em questão trabalha com uma empresa familiar de pequeno porte, que utiliza de técnicas empíricas para fabricação de artefatos sacros em gesso, em especial modelos diferenciados da imagem de Nossa Senhora Aparecida. Esta empresa está localizada no município de Aparecida - SP, local marcado pelo turismo religioso e peregrinação religiosa durante todo ano, o que movimenta o comércio local com artefatos sacros de variados tipos, um grande polo para venda de reproduções de imagens sacras em gesso. A proposta aqui dá-se pela implementação de um aditivo na produção desses artefatos, no caso, as diatomáceas que seriam responsáveis pela minimização de matéria prima utilizada sem intervenção na cadeia produtiva da empresa. As técnicas utilizadas para desenvolvimento do projeto vão desde a observação e mapeamento em campo até as análises laboratoriais das matérias primas utilizadas para produção dos artefatos tais como: microscopia eletrônica de varredura, testes de absorção de água e análise termogravimétrica. Os resultados obtidos são satisfatórios, uma vez que se consegue obter uma adição de 25 % do resíduo ao gesso e a redução aparente do peso do material. Diante dessas percepções, é possível observar como o grupo está organizado e colaborar na implementação de uma nova tecnologia, no caso o compósito, e valorização do território, sem descartar as questões sociais, culturais e econômicas do município e da empresa estudada.

Palavras-chave: Design; Interdisciplinaridade; Novos Materiais; Gesso; Terras de Diatomáceas;

## **ABSTRACT**

This research aimed to incorporate a residue from beer manufacture in a process, aiming to decrease raw material used to make plaster sacred images, as well as to reuse environmentally the previously mentioned residue. It was an interdisciplinary research, permeating three areas of knowledge: the researcher's degree as a Designer so that the sacred statues production process and fieldwork data are comprehended; Social Sciences concepts that enable discussions of the context in which the object of study is inserted through socio-technical analysis and later composite analysis through laboratory testing, using knowledge from Materials Engineering, which enables a specific analysis of the obtained data. The residue, kiesselguhr or diatomaceous earth, is responsible for beer's filtering and clarification processes, therefore, used by big and small breweries in Brazil, and isn't discarded correctly, or, in most cases, is discarded in a way that damages the environment. This research works with a small family business that uses empiric techniques to manufacture sacred objects using plaster, specifically designed Our Lady of Aparecida models. This company is based in Aparecida-SP city, moving the local market with diverse plaster sacred objects, a great place to selling plaster sacred images. This proposal aimed to implement and additive in those sacred images production process, in this case, kiesselguhr, which are responsible for reducing the usage of the raw material (plaster) used, without intervening in the present production chain. The used techniques for developing the research were observation and mapping of the field, laboratory analysis of the raw materials, such as scanning electron microscopy, water absorption tests and thermogravimetric analysis. The obtained results were satisfactory, since it was possible to obtain an addition up to 25% of residue to plaster, with an apparent weight reduction. It was possible to observe how the group is organized and to collaborate in implementing a new technology, the composite, and to value the territory, taking into consideration the social, cultural and economic matters of the city and studied company.

Keywords: Design; Interdisciplinarity; New materials; Plaster; Kiesselguhr

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Propostas para desenvolvimento das imagens in loco para posterior quantificação</i>	32
<i>Figura 2 - Fluxograma de processo in loco</i>	33
<i>Figura 3 - Fluxograma de Processo de Caracterização do Material</i>	34
<i>Figura 4 - Secagem das terra diatomáceas em um forno mufla</i>	35
<i>Figura 5 - Balança e Proveta</i>	36
<i>Figura 6 - Dimensão dos corpos de prova para teste de proporção</i>	36
<i>Figura 7 – Equipamento utilizado para análise termogravimétrica</i>	37
<i>Figura 8 - MEV de bancada utilizado para análise dos corpos de prova</i>	38
<i>Figura 9 - Equipamento utilizado para Princípio de Arquimedes</i>	39
<i>Figura 10 - Fluxograma de processo de produção dos artefatos na empresa</i>	45
<i>Figura 11 - (a) Moldes que não estão sendo utilizados na água (b) Moldes enfileirados e preparados para o envase</i>	46
<i>Figura 12 - (a) Recipiente utilizado para realizar a mistura de gesso e água (b) Recipientes utilizados para medir a quantidade de água</i>	46
<i>Figura 13 – (a) Envase no molde (b) delimitação da base para o artefato</i>	47
<i>Figura 14 – (a) Retirada do molde após a secagem (b) Peças prontas para serem encaminhadas para a secagem completa</i>	48
<i>Figura 15 – Imagens já com acabamento expostas a luz solar para secagem (b) Área em que as imagens ficam expostas para secagem ao sol, neste dia de chuva as imagens estavam no local que é feito o acabamento (c)</i>	48
<i>Figura 16 - Excessos do processo de produção</i>	49
<i>Figura 17 – (a) Peça sendo bordada, acabamentos finais (b) a esquerda peça quase finalizada, faltando apenas os detalhes da coroa em dourado, a direita peça finalizada e pronta para ser comercializada</i>	50
<i>Figura 18 - Peças prontas, em estoque</i>	51
<i>Figura 19 – (a) Peça embalada, pronta para distribuição (b) peça embalada em meio a outras peças em momento de secagem posterior a etapa de bordado</i>	51
<i>Figura 20 - Cadeia produtiva do setor cervejeiro</i>	54
<i>Figura 21 - Processo de produção da cerveja: panorama geral</i>	55
<i>Figura 22 - Filtro após a clarificação de cerveja, diatomáceas acumuladas</i>	56
<i>Figura 23 - Terra de diatomáceas in natura</i>	58
<i>Figura 24 - Corpos de prova com adição de 0 a 20% de terra de diatomáceas (proporções correspondentes ao Quadro 3).</i>	59
<i>Figura 25 - Terra de diatomáceas após tratamento térmico a 290 °C por 4 horas</i>	60
<i>Figura 26 - Corpos de prova com adição de 0 a 20% de terra de diatomáceas (proporções correspondentes ao Quadro 4)</i>	61
<i>Figura 27 – Terra de diatomáceas após tratamento térmico a 750 °C por 6 horas</i>	63
<i>Figura 28 - Corpos de prova com adição de 0 a 25% de terra de diatomáceas (proporções correspondentes ao Quadro 5).</i>	63
<i>Figura 29 – Análise Termogravimétrica</i>	64
<i>Figura 30 - Micrografia do gesso puro</i>	66
<i>Figura 31 - Micrografia do gesso com adição de 5% de terra de diatomáceas</i>	67
<i>Figura 32 - Micrografia do gesso com adição de 10% de terra de diatomáceas</i>	68
<i>Figura 33 - Micrografia do gesso com adição de 15% de terra de diatomáceas</i>	69
<i>Figura 34 - Mapeamento dos elementos químicos da amostra com aditivo de 5% de terra de diatomáceas</i>	70
<i>Figura 35 - Micrografia da superfície da amostra com aditivo 10% de terra de diatomáceas</i>	71
<i>Figura 36 - Amostras preparadas para Princípio de Arquimedes</i>	72
<i>Figura 37 - Imagem sacra confeccionada sem delimitação de proporção</i>	74
<i>Figura 38 - Representação gráfica Gesso (G), Água e Gesso Extra (Ge)</i>	76

<i>Figura 39 - Imagem resultado da Proposta 1 após secagem e acabamento de pintura</i>	<u>78</u>
<i>Figura 40 - Representação gráfica Gesso (G), Terra de Diatomáceas (TD) e Água</i>	<u>79</u>
<i>Figura 41 - Gráfico de proporção entre gesso e terra de diatomáceas</i>	<u>80</u>
<i>Figura 42 - Imagem resultado da Proposta 2 após secagem e acabamento de pintura</i>	<u>81</u>
<i>Figura 43 - Representação gráfica GESSO TD e Água</i>	<u>82</u>
<i>Figura 44 - Gráfico de proporção entre gesso e terra de diatomáceas no Teste 2</i>	<u>83</u>
<i>Figura 45 - Imagem desenvolvida pelo funcionário da empresa com o GESSO TD levado pela pesquisadora</i>	<u>84</u>

## LISTA DE QUADROS

<i>Quadro 1 - Correntes teóricas relacionadas a abordagem sociotécnica.....</i>	<i>22</i>
<i>Quadro 2 - Quantidade de material utilizado pela empresa.....</i>	<i>52</i>
<i>Quadro 3 - Proporções Corpos de Prova in natura.....</i>	<i>58</i>
<i>Quadro 4 - Proporção Corpos de Prova após secagem no forno de cozinha.....</i>	<i>60</i>
<i>Quadro 5 - Proporção Corpos de Prova após secagem em Mufla a 750 °C.....</i>	<i>62</i>
<i>Quadro 6 - Resultado teste de densidade.....</i>	<i>72</i>
<i>Quadro 7 - Resultado teste in loco - Gesso e Água.....</i>	<i>77</i>
<i>Quadro 8 - Resultado teste in loco - Gesso, Terra de Diatomáceas e Água.....</i>	<i>79</i>
<i>Quadro 9 - Resultado teste in loco GESSO TD ( Gesso + Terra de diatomáceas) e Água.....</i>	<i>82</i>

## **LISTA DE SIGLAS**

CERVBRASIL – Associação Brasileira da Indústria da Cerveja

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral

EDS - Espectroscopia por Dispersão de Energia de Raios-X

FATEC - Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IC – Iniciação Científica

TAR – Teoria Ator-Rede

TGA – Análise Termogravimétrica

UNIFATEA - Centro Universitário Teresa D'Ávila

UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá

LCE Laboratório de Caracterização Estrutural

LSPS Laboratório de Sistemas Poliméricos e Supramoleculares

LEN Laboratório de Ensaios Destrutivos e Não Destrutivos

GESSO TD - compósito de gesso e terras diatomáceas

MEV – Microscópio Eletrônico de Varredura

PIB – Produto Interno Bruto

PPG-DTecS - Programa de Pós-graduação de Mestrado em Desenvolvimento, Tecnologias e Sociedade

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1 Justificativa.....	15
1.2 Objetivo Geral.....	17
1.2.1 Objetivos Específicos.....	17
<b>1 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>18</b>
2.1 Design e interdisciplinaridade.....	18
2.2 Abordagem Sociotécnica.....	21
2.3 Design e seleção de materiais.....	25
<b>3 MÉTODOS</b> .....	<b>30</b>
3.1 Processos <i>in loco</i> .....	30
3.2 Processos em laboratório.....	33
3.2.1 Testes de proporção e viabilidade.....	34
3.2.2 Análise Termogravimétrica (TGA).....	36
3.3.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia por Dispersão de Energia de Raios X (EDS).....	37
3.3.4 Princípio de Arquimedes.....	38
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>40</b>
4.1 Aparecida - o artefato e a cidade.....	40
4.2 A Empresa de artefato sacro.....	41
4.2.1 Histórico e estrutura.....	41
4.2.2 Mapeamento do processo produtivo.....	44
4.3 Indústria Cervejeira e Resíduo.....	53
4.4 Desenvolvimento do novo compósito em laboratório.....	57
4.4.1 Testes de proporção e viabilidade.....	57
4.4.2 Análise Termogravimétrica (TGA).....	64
4.4.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia por Dispersão de Energia de Raios X (EDS).....	65
4.4.4 Princípio de Arquimedes.....	72
<b>5 DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL <i>IN LOCO</i></b> .....	<b>74</b>
5.1 Primeira proposta – Gesso puro.....	76
5.2 Segunda proposta – Gesso e Terra de Diatomáceas.....	78
5.3 Terceira proposta – GESSO TD.....	81
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>85</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>87</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Esta dissertação tem como base a continuidade de um projeto desenvolvido pela própria autora desta pesquisa durante a graduação em Design no Centro Universitário Teresa D'Ávila – UNIFATEA que possuía uma bolsa de iniciação científica (IC) do órgão de fomento CNPq (Processo: 156721/2013-9). A princípio, o propósito da pesquisa de IC tinha caráter exploratório da viabilidade do desenvolvimento de um novo compósito<sup>1</sup> de gesso e terra de diatomáceas<sup>2</sup>, bem como sua implementação na cadeia produtiva de uma empresa familiar que produz artefatos sacros em gesso. A empresa em questão produz apenas imagens de Nossa Senhora Aparecida<sup>3</sup>, importante símbolo religioso para o cenário brasileiro e principalmente para o município de Aparecida, no interior do estado de São Paulo. A partir desse ponto, chamaremos este novo material, compósito de gesso e terra diatomácea, de “GESSO TD”

Este projeto possui um caráter interdisciplinar, incorporando elementos de Engenharia de Materiais e Design, associados às Ciências Sociais. Esta pesquisa foi desenvolvida no Programa de Pós-graduação de Mestrado em Desenvolvimento, Tecnologias e Sociedade (PPG-DTecS) da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Tal programa, com enfoque na interdisciplinaridade, possibilita diferentes perspectivas sobre um mesmo objeto de pesquisa, como nas outras pesquisas realizadas pelos discentes do programa.

Os resultados obtidos na pesquisa de IC apontam que a aplicação do GESSO TD é viável, porém, para a eficácia de sua aplicação na cadeia produtiva de uma empresa, faz-se necessário o aprimoramento do material em laboratório, bem como o estudo da cadeia produtiva na qual será inserido. O desenvolvimento e aplicação de uma nova matéria prima traz implicações no processo produtivo da empresa em estudo, desde a aquisição dos materiais, da capacitação dos funcionários até a adesão dos clientes ao novo produto, no caso, o artefato. A discussão e questionamentos então encontrados nesses percursos recorrem à abordagem sociotécnica em busca de uma compreensão dos atores humanos e não-humanos e conseqüentemente as relações que estabelecem entre si.

Dessa forma, o presente projeto discorre acerca da produção em pequena escala de artefatos em gesso, em específico, reproduções da imagem de Nossa Senhora Aparecida. O

---

<sup>1</sup> Material composto por dois ou mais componentes

<sup>2</sup> Também denominadas *kiesselguhr*. É um resíduo mineral, orgânico, de baixa massa específica e de vida útil muito curta, utilizada na produção de cerveja

<sup>3</sup> A santa Nossa Senhora da Conceição Aparecida é popularmente conhecida como Nossa Senhora Aparecida. Neste projeto, será utilizado seu nome popular.

município escolhido para o estudo é a cidade de Aparecida, no interior do estado de São Paulo, devido ao seu destaque econômico, turístico e religioso. A cidade abriga o maior centro católico de peregrinação da América Latina, a Basílica de Nossa Senhora Aparecida, para os fiéis, a Padroeira do Brasil. Decorrente da arquitetura histórica e religiosa a cidade, que possui uma população de 36.248 habitantes<sup>4</sup>, atrai turistas e revendedores de produtos de diversas regiões. As empresas de artefatos religiosos em gesso do município estão constantemente sendo contempladas pelos feriados católicos, nos quais o Santuário recebe uma grande quantidade de peregrinos de diversas partes do globo.

Em contato com a Prefeitura na tentativa de rastrear as empresas de artefatos sacros do município constatou-se que a instituição não possui nenhum registro específico para empresas de gesso, apenas o registro de fábricas e fabriquetas<sup>5</sup>. Para além dos números, os funcionários da empresa estudada relatam ainda a crescente formação de empresas em situação irregular perante a Prefeitura Municipal e demais órgãos de licenciamento. Algumas destas empresas tem sua criação ligada ao desemprego ou à facilidade em comercializar tais imagens na região.

A produção de artefatos sacros abordada neste trabalho tem o gesso como matéria prima. Os materiais cerâmicos são os mais antigos manuseados pela humanidade, sendo o gesso, assim como o barro e a cal, encontrado na produção de artefatos ornamentais, construções e recipientes. Suas aplicações foram sendo ampliadas e adaptadas às novas tecnologias e hoje o gesso é considerado um material de baixo custo e fácil manuseio. Suas aplicações variam desde produtos odontológicos e médicos, produção de estátuas, lembranças artesanais até a construção civil.

Outro ponto importante para imbricar no desenvolvimento deste projeto é a produção cervejeira do Brasil, que utiliza as terra diatomáceas durante um dos processos de produção da cerveja, gerando o resíduo estudado nesta pesquisa. O país se encontra em terceiro lugar no ranking de produção de cerveja do mundo. Percorrendo por dados macros da Associação Brasileira da Indústria da Cerveja<sup>6</sup> (CervBrasil), no ano de 2016 o país produziu 14 bilhões de litros de cerveja. Essa produção implica diretamente na economia do país, correspondendo a 1,6% do PIB nacional, movimentando 77 bilhões de faturamento em 2016.

A larga demanda de produção de cerveja no país é determinante para desenvolvimento do novo composto. Isso se dá pois, as terra diatomáceas fazem parte do processo de clarificação

---

<sup>4</sup> IBGE, 2016 disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=350250>

<sup>5</sup> Estas são as denominações encontradas nos registros da prefeitura, não há, nos documentos, descrição detalhada sobre a distinção entre elas.

<sup>6</sup> Dados retirados do anuário CervBrasil, ano de 2016, disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/paginas/index.php?page=anuario-2015>

e filtragem da cerveja, estando alocada em um dos estágios finais da produção. Após o processo, torna-se inviável a reutilização das terras de diatomácea como meio filtrante, porque o material fica saturado após sua primeira utilização. Portanto, a não utilização deste resíduo motiva o descarte inadequado do mesmo, o que contribui para preocupações a respeito das questões ambientais, impulsionando grandes e pequenas empresas por alternativas tecnológicas que retornem esse material a uma aplicação útil.

A motivação para o planejamento de reuso deste resíduo se deu devido à identificação de duas principais necessidades: 1. a ausência de um destino adequado para o descarte desse material que é produzido em larga escala na indústria brasileira. 2. a carência de melhorias no processo de produção do artefato religioso para minimização de recursos e consequentemente, redução do custo. Uma alternativa para, além de reduzir impactos ambientais, contribuir com o desenvolvimento e crescimento de empresas familiares e de diversos portes em todo território nacional.

O desenvolvimento desta pesquisa possui como base teórica-metodológica os princípios interdisciplinares que possibilitam a discussão e aplicação da abordagem sociotécnica concomitante às competências do Design e da Engenharia de Materiais. Esse método amplia a exploração do desenvolvimento do compósito, considerando as questões contextuais do desenvolvimento dessa tecnologia no social.

Pelo viés da Engenharia de Materiais é possível fundamentar o novo compósito por meio de análises microestruturais e propriedades mecânicas. Por fim, a perspectiva do Design, contribuirá para as questões concernentes à projeção processual da produção dos artefatos sacros na empresa estudada.

A pesquisa aqui apresentada reconhece então que a incorporação deste insumo, descartado pela indústria cervejeira, no gesso, matéria prima utilizada na região, é capaz de proporcionar uma alternativa no processo de produção de artefatos sacros em gesso e a consequente melhoria na renda das empresas, além da redução de impactos ambientais.

## 1.1 Justificativa

Os desdobramentos desta pesquisa perpassam por três áreas distintas: Engenharia de materiais, capaz de analisar a proposta do novo compósito a partir da utilização de resíduos da produção cervejeira adicionado ao gesso em laboratório técnico; as Ciências Sociais, capaz de ampliar a visualização do *locus* de estudo através da abordagem sociotécnica e seus desdobramentos entendendo as relações estabelecidas na rede e através da Teoria Ator-Rede e sua proposta de simetria de agência de humanos e não-humanos e, com isso, possibilitando visualizar os interesses do envolvidos e maior aproximação da realidade da empresa observada. Por fim, a perspectiva do Design, área de formação da pesquisadora, ciência que aliada a abordagem sociotécnica e a engenharia de materiais possibilita melhor percepção do *locus* de estudo para compreensão das técnicas e procedimentos usuais da empresa.

O *locus* desta pesquisa está situado no município de Aparecida, como já mencionado na Introdução deste trabalho, a relevância do turismo religioso para o desenvolvimento da cidade fica evidente quando verificado o número de visitantes que o Santuário Nacional de Aparecida recebe por ano. Em 2015, foram aproximadamente 12 milhões de pessoas. Salienta-se também o PIB do município, sendo 87% voltado para serviços. Esses dados reafirmam o turismo no local, sendo grande parte do município composto por hotéis, restaurantes, serviços de transportes, comércios de artefatos sacros. A difusão do culto local é resultado da materialização através da projeção religiosa em artefatos, conduzindo os fiéis até o templo da fé. Essa realidade do município contempla os moradores, estruturando uma economia de oportunidades para desenvolvimento local, o que deixa em evidência a relação entre empresa e município e sua interdependência para o turismo religioso.

Devido ao seu grande potencial econômico e cultural, e ao grande número de empresas de artefatos instaladas, a cidade foi escolhida então como o *locus* desta pesquisa, que tem o desenvolvimento do novo compósito balizado na sua aplicação para artefatos sacros em gesso. A empresa parceira do projeto está há mais de 20 anos no mercado produzindo imagens de Nossa Senhora Aparecida em gesso. É uma empresa familiar que utiliza técnicas empíricas e tem a produção regida pela demanda de pedidos.

Para além das empresas de artefatos sacros e o destaque econômico do município de Aparecida, é importante ressaltar o destaque da indústria cervejeira no país, pois é desta se obtém o material estudado, no caso os resíduos da etapa de filtragem de cerveja, a terra de diatomáceas.

As atividades da indústria cervejeira movimentam vários setores da economia no país pois tem seu início no setor agrícola passando por questões de transporte e embalagens das matérias-primas, construção civil, máquinas para processamento, mão de obra capacitada, dentre outros. A CervBrasil afirma que o país é responsável pela produção de 14 bilhões de litros ao ano de cerveja, o que corresponde a 1,6 do PIB nacional. Vale ressaltar que esses números correspondem apenas as 4 maiores fabricantes de cerveja do país, sendo excluído as microcervejarias e produtores artesanais.

A empresa parceira do projeto é uma microcervejaria situada no município de Lorena – SP, também no Vale do Paraíba. Esta microcervejaria não possui uma taxa de produção fixa, sendo esta variável de acordo com as demandas locais. A terra de diatomáceas, resíduo da produção de cerveja, não possui um destino adequado para descarte, sendo um dos impulsionadores desta pesquisa.

A motivação para utilização desse resíduo origina-se dessa ausência de descarte adequado para a terra de diatomáceas e a carência de aprimoramentos na produção de artefatos sacros em gesso, a fim de minimizar os impactos ambientais de ambas as partes, tanto na redução da utilização de gesso quanto na reutilização de um material que seria descartado. Evidencia-se também o intuito de inserção desse novo material na cadeia produtiva de empresas familiares de produção de artefatos em gesso.

A interdisciplinaridade aqui possui papel fundamental, pois é ela que promove uma ampla abordagem de um mesmo objeto de estudo, possibilitando uma aproximação real entre o trabalho desenvolvido em laboratório e o contexto social no qual o mesmo será inserido. Esta aproximação entre a academia e a sociedade, por sua vez, possibilita uma inovação tecnológica de maior eficiência, uma vez que o objeto de estudo está sendo construído junto com a sociedade e o grupo que o utiliza.

## 1.2 Objetivo Geral

A pesquisa tem como objetivo geral contribuir com a melhoria nos rendimentos de pequenas empresas que tem o gesso como matéria prima através do desenvolvimento de um novo material em laboratório que tem como base um resíduo da produção cervejeira, da abordagem sociotécnica da empresa de artefato sacro e o conseqüente desenvolvimento do novo material em campo.

### 1.2.1 Objetivos Específicos

Derivados do objetivo geral da pesquisa, os objetivos específicos consistem em:

- a) Realizar a abordagem sociotécnica para melhor compreender o processo produtivo da empresa e avaliar a possibilidade de inserção do novo compósito na cadeia produtiva da empresa;
- b) Desenvolver o novo compósito em laboratório, delimitando as proporções necessárias de cada matéria prima utilizada no processo;
- c) Caracterizar o novo compósito através das técnicas de: Análise Termogravimétrica (TGA); Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia por Dispersão de Energia de Raios X (EDS); Princípio de Arquimedes (densidade);
- d) Aplicar *in loco* a proposta do novo compósito desenvolvido em laboratório;
- e) Analisar comparativamente o material desenvolvido em laboratório com sua aplicação *in loco*.

# 1 REFERENCIAL TEÓRICO

“Falar sobre interdisciplinaridade é falar da relação entre disciplinas.” (Couto, 2014). Nesta seção serão expostos os desdobramentos da pesquisa conforme sua base teórica metodológica, abordando as teorias e as discussões capazes de dar direcionamento para o desenvolvimento eficaz do GESSO TD.

## 2.1 Design e interdisciplinaridade

Jaspiassu (1994) define interdisciplinaridade como sendo um trabalho que se concretiza a partir da interação das disciplinas, que se amplia a partir da comunicação das ideias, integração de conceitos até a metodologia, os procedimentos, os dados e a organização da pesquisa. Raynaut (2011), por sua vez, aponta que o cenário atual de pesquisa tem a necessidade de recorrer a novos paradigmas, novas categorias de pensamento, novas metodologias de pesquisa e novas formas de ensino. Para Raynaut (2011) essas necessidades se conformam na interdisciplinaridade a partir das diferentes perspectivas disciplinares possíveis de serem incididas em um objeto de pesquisa.

Como consequência, para essa pesquisa, entende-se por interdisciplinaridade um campo que se constrói a partir das possibilidades de integração das disciplinas, seja por conceitos ou de maneira mais ampla, como na organização da pesquisa por meio de metodologias diversas. Essa integração gera uma nova perspectiva para compreender o objeto de pesquisa, que se desloca do campo disciplinar e se amplia para a relação entre esses campos do conhecimento.

A discussão levantada nesta pesquisa envolve três disciplinas distintas: Engenharia de Materiais, que se dá no desenvolvimento e análise de um novo compósito a partir de resíduos de produção de cerveja para a confecção de imagens sacras em gesso; Ciências Sociais através da análise sociotécnica intrínseca à ANT - por considerar a agência de atores humanos e não-humanos para melhor compreensão das características do campo. Essas características se apresentam quando a abordagem sociotécnica aponta os interesses concernentes ao turismo religioso, no âmbito macro dessa rede, e as questões inerentes às necessidades e interesses dos elementos humanos e não humanos presentes no âmbito micro dessa rede ao observar a realidade da empresa estudada.

Por fim, a perspectiva do Design oferece a possibilidade de análise dos pontos relevantes do processo de produção dos artefatos sacros pela empresa, como a questão das etapas de mistura do gesso, do preenchimento dos moldes e das etapas de secagem e acabamento, além

de outras características que serão apresentadas no capítulo 4 dessa pesquisa. Segundo Couto (1996, apud DAMAZIO, 2005, p12):

O Design é uma atividade de contornos difusos e passíveis de interpretações variadas e bastante diferentes entre si. As definições de Design ora o apresentam como uma atividade cuja principal finalidade é a criação de produtos de valor estético, ora como importante promotor do desenvolvimento econômico, produtivo e tecnológico. Ora ressaltam sua importância para o aumento das vendas, manutenção e conquista de mercados, ora seu compromisso com a construção de um entorno ajustado às necessidades do ser humano, das mais básicas às mais transcendentais. Ora enfatizam o processo criativo, ora o produto em si, ora o indivíduo. Ora focam em quem produz, ora em quem compra, ora quem usa o produto. Ora inscrevem seu campo de conhecimento na esfera das Artes, ora no da Ciência, ora no da Tecnologia.

De acordo com Cardoso (1998), o Design se configura como uma fonte relevante da cultura material de uma sociedade pela sua capacidade de transmissão de informação para além da linguagem falada e escrita. Além disso, o Design tem a capacidade de atuar em todas as etapas do processo de confecção de um artefato, desde o seu planejamento até sua finalização e distribuição.

Ao pensar a prática do Design em países periféricos, como observa Bonsiepe (2012), é necessário o desenvolvimento de um modelo próprio de projeto, que minimize o uso de recursos, principalmente os energéticos, a fim de se alcançar um crescimento econômico. No caso da empresa, a criação desse novo material por meio de adição de terra de diatomáceas, aqui denominado GESSO TD, além do aproveitamento desse resíduo, há a possibilidade da redução de alguns recursos durante a preparação da matéria prima do artefato sem afetar seu aspecto estético e funcional.

Para Bonsiepe (2012), essa participação do Design em diferentes abordagens o torna ontologicamente interdisciplinar porque se preocupa com aspectos relacionados à “qualidade estética e de uso”, mas também “às exigências técnicas-funcionais e restrições técnico-econômicas.” (BONSIEPE, 2012, p.61)

Bonsiepe (2012) acredita que, além de proporcionar satisfação e suprir algumas necessidades de consumo, cabe ao design oferecer às pessoas envolvidas no desenvolvimento do projeto a possibilidade de interação com o que está sendo trabalhado, ou seja, o design observa de forma mais abrangente e sistêmica todos os processos de elaboração e desenvolvimento do artefato, desde os aspectos técnicos até suas características mais subjetivas, como o conceito imbricado em determinado artefato.

Ainda assim, o design apresenta algumas possibilidades de exploração da interdisciplinaridade, por isso a necessidade de ampliar as disciplinas envolvidas no estudo, o

que pode ser entendido aqui como o conceito de “colaboração” desenvolvido por Claude Raynaut. De acordo com Raynaut (2011), para que haja colaboração entre duas ou mais disciplinas de campos distintos - material e imaterial - é necessário definir o quadro referencial a partir do qual vão interagir as diferentes disciplinas. Desse modo, identificar os possíveis campos de observação para assim analisar como as propriedades estruturais e funcionais do objeto pesquisado se articulam, se combinam e se confrontam entre si.

Antes de mais nada, espera-se que o designer industrial produza soluções novas para produtos industrializados. O designer industrial pode ser considerado como um produtor de ideias, recolhendo informação e utilizando-as na solução de problemas que lhe são apresentados. Além da capacidade intelectual, isto é, capacidade de reunir informações e utilizá-las em diversas situações, ele deve possuir capacidade criativa. A criatividade do designer industrial se manifesta quando baseando-se em seus conhecimentos e experiências, ele for capaz de associar determinadas informações com um problema, estabelecendo novas relações entre elas. Para isto é necessário observar fatos conhecidos sob novos pontos de vista, abandonando-se a segurança daquilo que é conhecido e comprovado, por uma postura crítica em busca de novas respostas e antigos problemas. A originalidade que se exige do designer industrial para conceber novos produtos inéditos deve-se ao imperativo cada vez maior da novidade como arma poderosa para superar situação competitiva de mercado. (LOBACH, 2001, p. 139)

Djon em prefácio de Krucken (2009) discorre sobre a importância da interferência do Design em todas as fases do processo produtivo e não só em seu desenvolvimento e aplicação por meio dos atributos plásticos e estéticos. Segundo o autor o fato dos designers conseguirem se relacionar em toda cadeia produtiva, ou seja, tanto os aspectos materiais e imateriais influem diretamente no aumento significativo de valor agregado no produto final. Essa interação com a rede que consiste em planejamento, desenvolvimento, distribuição, logística e comunicação com o mercado possibilita ao designer a facilidade de reconhecer e conectar valores convertendo-os em atributos mensuráveis, em forma de inovação.

Assim, congregando as concepções dos autores apresentados, é possível inferir que o Design possui a interdisciplinaridade como premissa tanto no campo teórico como no prático. Dessa maneira propõe-se que o Design não deva ser compreendido como uma ciência exata solucionadora de problemas direcionados, mas como a aproximação da realidade social por meio da projeção de mudanças necessárias que compreendam a existência de outras ciências como caminho de eficiência projetual.

## 2.2 Abordagem Sociotécnica

O Design e sua interdisciplinaridade intrínseca, como já citado na seção anterior, possibilita diferentes abordagens e interpretações de um mesmo objeto dependendo do campo de estudo. As ciências sociais, assim como o Design, possuem diferentes correntes teóricas que possibilitam uma associação a outras ciências para o estudo de um mesmo objeto. Desta forma, em busca de uma perspectiva que incorpore tanto aspectos sociais quanto técnicos no desenvolvimento desta pesquisa, utilizou-se a incorporação da abordagem sociotécnica aliada a engenharia e ao Design para desenvolvimento de um novo compósito de gesso e terra de diatomáceas.

Valadão (2012) faz um breve relato dos sistemas sociotécnicos que tem suas origens das discussões na área de Administração, no século XX, em que “os estudos sobre trabalho tratavam de como adaptar seres humanos a funções e tarefas de produção e organização”. Ainda segundo o autor, o conceito de sistema sociotécnico foi definido por um grupo de terapeutas, pesquisadores e consultores que desenvolveram uma técnica para que os soldados feridos em guerra pudessem reestruturar sua saúde psicológica e retomar a vida social. Acreditavam que essas técnicas poderiam contribuir na organização do trabalho industrial, este, que por sua condição desgastante para os trabalhadores, impedia-os de desenvolvimento ou realização pessoal em decorrência do trabalho árduo diário exigido por seus superiores. Diante disso, em 1946, foi fundado o Instituto Tavistock de Relações Humanas, que tinha como intuito destacar a relação simétrica entre humanos e não humanos (máquinas, ferramentas e equipamentos de trabalho industrial) com a finalidade de “promover um programa que pudesse transformar a técnica e as condições sociais de trabalho de tal forma que a eficiência e a humanidade pudessem não estar em contradição uma com a outra”.

No contexto do Instituto Tavistock, Trist e equipe e, posteriormente, Emery, definiram “a abordagem sociotécnica, também denominada teoria dos sistemas técnicos” (Andrade, 2010, p. 441). Estes pioneiros acreditavam que seus projetos de pesquisa não deveriam ser apenas tentativas de aumentar o conhecimento mas também de contemplar a melhoria de situações de trabalho que, até então, eram insatisfatórias em termos humanos (Munford, 2006), entendendo que a tecnologia não poderia ser o fator de controle quando novos sistemas de trabalho fossem implementados. (VALADÃO 2012, p. 5)

A partir disso os estudos relacionados às análises e abordagens sociotécnicas se ampliaram possibilitando um intercâmbio em diferentes áreas de estudo. Essa abordagem de não dissociação do social e o técnico permite diferentes abordagens teóricas fundadas a partir de um aglomerado de um grupo, seja em seu grupo social ou em suas técnicas de manufaturas

empíricas ou automatizadas. Vargens (2014) aborda em sua tese as principais correntes teóricas sociotécnicas, o que possibilita uma visão ampla de quais são as formas de abordagem e os diferentes meios de abordagens sociotécnicas.

Quadro 1 - Correntes teóricas relacionadas a abordagem sociotécnica

<b>Correntes</b>	<b>Conceito Principal</b>	<b>Pesquisadores Envolvidos</b>	<b>Exemplos de Pesquisa</b>
Ator-Rede	Organização constituída por relações que formam laços a partir da agência de humanos e não-humanos	Callon (1986) Latour (1992) Berg (1997)	Redes de conhecimento científico Infraestrutura de viagem
Mangle of practice	Agências humanas e materiais são temporalmente emergentes na prática diária	Pickering (1995) Jones (1998)	Invenção da câmara de bolhas Introdução da tecnologia de fabricação
(Re) configurações Homem-Máquina	As fronteiras entre pessoas e máquinas são construídas discursivamente e materialmente	Suchman (2007)	Serviços de informação por Ciborgue Engenharia com tecnologia de desenho assistido por computador
Formações digitais	Estruturas Sociodigitais que imbricam agentes sociais e técnicas com novas consequências	Latham & Sassen (2003)	Mercados virtuais; Desenvolvimento de software de código aberto; Redes sociais de ativistas da sociedade civil
Informação tecnológica	Uma capitulação da realidade à computação que reconstitui as organizações de várias formas	Kallinikos (2006)	Fluxos de informação em serviços financeiros e empresas de mídia
Configuração algorítmica	Algoritmos de cálculos que conformam as ações de humanos e máquinas	Callon & Muniesa (2005) MacKenzie (2006)	Produção de preços nos mercados financeiros

Fonte: adaptado de Vargens, 2014

Para esta pesquisa, é relevante pontuar que a perspectiva sociotécnica é o método que considera os aspectos sociais que influenciaram na produção da tecnologia e o que essa, por sua vez, provoca na sociedade em contrapartida. Essa linha lógica já torna possível afirmar que a abordagem sociotécnica está de acordo com o princípio de simetria proposto por Latour (2012).

Após observar o Quadro 1, é possível ampliar a visão sobre as possibilidades de abordagem teórica sociotécnica. Levando em consideração o pressuposto de que as relações entre humanos e não-humanos são simétricas e a relevância das ações de todos os envolvidos na rede apresentada pela Teoria Ator-Rede. Essa teoria consegue suprir as necessidades da pesquisadora no projeto, no qual se faz necessário o conhecimento das técnicas utilizadas pelos funcionários e suas relações da rede, em que está contextualizado o objeto de estudo proposto, o GessoTD. O foco da abordagem, nesta pesquisa, não está na análise e avaliação minuciosa da rede para a posterior construção de mapas, mas sim na construção de uma base sólida para aproximar-se dos atores humanos e não-humanos que podem, ou não, sofrer mudanças com a implementação do compósito desenvolvido durante a pesquisa.

A Teoria Ator-Rede (ou *Actor-Network Theory*) aqui referenciada pela sigla TAR, deriva da corrente epistemológica construtivista, compreendendo que o Social se forma a partir do agrupamento constante de novos elementos que contribuem para a realidade observada (DOSSE, 2003).

Nessa perspectiva, o Social é o agrupamento formatado em rede, no qual os elementos de sua composição estão atrelados a outros elementos, conforme disposto por Latour (2012). O conceito de rede pressupõe uma afetação entre os elementos componentes, no qual uma ação em um dos pontos dessa rede reverbera em um ou mais outros vértices da rede. A natureza desses elementos será referenciada como humanos e não-humanos, assim como disposto na obra “Reagregando o Social: uma introdução à Teoria Ator-Rede”, de Bruno Latour. Na concepção em rede, a consideração de elementos humanos e não-humanos como formadores do Social é um dos princípios sobre o qual se estrutura a TAR.

Ademais, não consiste também em compreender que os não-humanos são meio ou ferramenta para os humanos atingirem seus objetivos mas que são, proporcionalmente ao contexto observado, protagonistas que condicionam os arranjos desse Social (LATOURE, 2012). Esse protagonismo foi observado por Latour e Woolgar (1997) quando identificaram o que foi denominado “inscritor”, ou seja, objetos que compõem um laboratório e que são essenciais para a realização da pesquisa, por exemplo um microscópio, ou uma máquina centrífuga.

Considerando, portanto, a complexidade dos atores (humanos e não-humanos) que conformam o Social-rede, a TAR compreende que as afetações entre esses atores nem sempre estão em concordância, ocorrendo de forma harmônica ou confluindo em mesmos vetores de ação. Assim, as ações e reações desses atores geram controvérsias. Segundo Law (1992), são

nesses episódios controversos que o social “se movimenta”, tomando novas formas de acordo com a disputa de forças entre os elementos agregados nesse contexto.

Law (1992) ainda afirma que as controvérsias direcionam o modo como o Social se organiza ao longo do tempo, complementando o que Latour (2012) afirma quanto ao caráter instável da rede, ou seja, o constante movimento desse Social decorrente do agregar e reagregar dos elementos que o compõem, que assim o fazem de acordo com seus interesses e com as forças de outros atores que o impelem a dessa forma agir.

Latour (2012) desenvolve que essas forças e interesses são os aspectos que mudam as atribuições ou as ações dos atores na rede. Esse é o conceito de tradução, que em outras palavras, são os diferentes papéis que um ator pode desempenhar segundo os aspectos imateriais emanados por outros atores, independente de sua natureza. Um exemplo que elucida o conceito é a multifunção dos aparelhos celulares da atualidade que podem ser utilizados como aparelhos de telecomunicação em determinado contexto, e como ponto de acesso à internet em outro momento.

A TAR dispõe que a classificação dos elementos componentes do Social não se restringe à dualidade humano e não-humano, havendo uma terceira classificação que é produto da interação entre os dois elementos anteriores (MEYER, 2015). Esse terceiro elemento é denominado como híbrido e possui suas faces derivadas dos humanos e dos não-humanos em concordância com o contexto que são observados. Exemplificando o conceito, a pedra por si só é um elemento não-humano que possui sua origem completamente independente da existência ou influência dos humanos. Porém, a Grande Muralha da China é o híbrido que possui sua existência fundada na ação humana sobre a pedra, elemento não-humano.

Porém, um dos pontos da TAR é a inexistência de uma metodologia rígida direcionada à observação do Social. Law (1992) afirma que, a grande reformulação do pensamento acerca dos estudos sociais proposto pela TAR é a possibilidade de que novos métodos de pesquisa sejam desenvolvidos, já que a teoria oferece os princípios balizadores das metodologias possíveis e mais adequadas a cada tipo de pesquisa.

Thomas e Buch (2013) apresentam diversos métodos de pesquisa acerca da produção tecnológica, e a tecnologia, ontologicamente é um híbrido previsto pela TAR. Assim, a abordagem sociotécnica surge como um método de observação do campo que possui como parâmetros os princípios da TAR.

Sendo assim, Meyer (2015) identifica no design a possibilidade de atuação em colaboração com a teoria Ator-Rede capaz de compreender a complexa relação humano e

artefato. Entendendo que a “Ator-Rede é radical uma vez que diz que estas redes são afetadas tanto por agentes humanos (designers, técnicos, usuários, clientes) como por agentes não-humanos (tecnologia, prazos, negociações, normas)” (MEYER, 2015, p.8). O “Design-Rede” proposto por ele vai além das centralizações na técnica ou no humano. Propõe-se a mobilizar todos os aliados relacionados ao artefato, em uma operação que envolve o “convencimento, negociação e disputa de interesses” (MEYER, 2015, p.9).

Levando em conta a formação da pesquisadora e, principalmente, o potencial interdisciplinar do Design a pesquisa segue inspirada nas reflexões de Meyer no que diz respeito ao “Design-Rede”.

Vale enfatizar que esta pesquisa não tem como foco a análise da rede, mas sim, utilizar da TAR como base para a abordagem sociotécnica no *locus* estudado. Como já citado, a ausência de uma metodologia rígida para a Teoria Ator-Rede a torna flexível e adaptável a conceitos e métodos o que, aliados a abordagem sociotécnica para visualizar a rede e sua complexidade de ações entre os humanos e não humanos estudados neste trabalho, a torna uma boa ferramenta para compreender o social e aproximar as técnicas empíricas estudadas, o *locus* em sua “essência” e o laboratório institucional com seus padrões e normas. Essa aproximação se faz possível a partir da “lente” da TAR, que propõe uma abordagem completa de todos os elementos inerentes da rede.

## **2.3 Design e seleção de materiais**

Desenvolvido a partir da perspectiva do design de produtos, o projeto vislumbra a combinação de elementos da ciência em prol da (re)criação de um produto de qualidade que atenda as demandas do mercado e crie impactos positivos na sociedade, através da minimização do impacto ambiental. Para Ashby e Johnson (2013), quando combinadas, materialidade e eficiência, permitem ao designer o desenvolvimento de um produto capaz de trazer inovação e novas expressões através de novas soluções visuais, táteis, esculturais e estruturais para o mercado. O desenvolvimento de novos materiais e propostas de criação são fatores que proporcionam maior inspiração aos designers de produtos.

Precisamos evoluir de uma sociedade industrial impulsionada pelo consumismo para uma sociedade que respeita e aprecia os aspectos de eficiência e aparência. Para explorar os aspectos físicos dos materiais, precisamos entrar na fábrica e conhecer as pessoas que lidam com os processos de produção. Para tomar decisões a respeito do uso eficiente de materiais, é preciso ter uma base sólida de conhecimento sobre materiais e manufatura. (ASHBY; JOHNSON, 2010 p. 4)

Cabe ao designer então, a partir de sua formação, a gestão projetual do processo em toda cadeia produtiva. Kindlein Jr e Guanabara (2006) ressaltam que o engenheiro trabalha com processos técnicos e econômicos acerca do produto final, realiza numerosos cálculos através dos softwares de simulação, recorre à fundamentos teóricos e científicos em busca de uma “representação do produto através de parâmetros numéricos”. Os autores apontam desta maneira que a competência do engenheiro neste processo está atrelada ao seu conhecimento em cálculos e sua “destreza” na utilização dos mesmos.

Ashby e Johnson (2013) apontam que o design está atrelado aos aspectos que se referem ao correto funcionamento técnico de um produto, sua performance mecânica e térmica, ao seu custo e durabilidade. Reunidos, tais atributos podem ser chamados de atributos técnicos de um produto na descrição de seu funcionamento e performance.

Com capacitações técnicas distintas, designers e engenheiros precisam buscar sintonia para o desenvolvimento de produtos que atendam às demandas tecnológicas, sociais e individuais de seus clientes, porém, Ashby e Johnson (2013) apontam que este diálogo é de grande complexidade:

Preencher essa lacuna de informações e métodos não é simples. Os termos técnicos usados por engenheiros não são a linguagem corrente dos designers industriais – na verdade, às vezes eles podem até achar que esses termos não têm sentido. Por outro lado, designers industriais expressam suas ideias e descrevem materiais de um modo que, para os engenheiros, às vezes parece qualitativo. (ASHBY; JOHNSON, 2013 p. 5)

Kindlein Jr. e Guanabara (2006, p.9) destacam que melhorar o diálogo entre os profissionais é imprescindível. Para os autores o engenheiro “deve ser aberto suficientemente de espírito para compreender um ponto de vista mais holístico [...] e o designer deve ser capaz de compreender os aspectos técnicos ligados aos materiais e processos de fabricação do produto”.

O conhecimento e as técnicas da Engenharia de Materiais, bem como as características dos materiais utilizados, são de extrema relevância para o desenvolvimento de um novo compósito. O material aqui proposto utiliza-se de resíduos da fabricação de cerveja (terra de diatomáceas) incorporados ao gesso, matéria prima já utilizada no processo de produção da empresa de artefato sacro estudada.

Callister (2012 p.359) define compósito como “qualquer material multifásico que exiba proporção significativa das propriedades de ambas as fases que constituem, de tal modo é obtida uma melhor combinação de propriedades”. Diante disso entende-se como compósito um

material que possui uma matriz e um reforço podendo ser a combinação de dois ou mais materiais que possuem propriedades físicas ou quimicamente distintas.

A produção de pequenas empresas muitas vezes não é capaz de competir no grande mercado de distribuição em massa que caracteriza o cenário atual. Krucken (2009) aponta alguns fatores que dificultam a sobrevivência dessas empresas no mercado, tendo destaque o modelo de custos inadequado, a padronização em massa dos produtos que acaba por desestimular as pequenas produções, a insatisfação dos clientes com a oferta limitada de produtos e sua autenticidade e também os altos custos ambientais provocados pela desregionalização e dessazonalização indiscriminadas.

Segundo a autora se faz necessária a inovação na intermediação de produtos locais através do “desenvolvimento de plataformas de serviços e infraestrutura que suportem modelos sustentáveis e vantajosos para os consumidores e produtores” (KRUCKEN, 2009 p. 62).

Ainda de acordo com a autora, os produtos locais se apresentam como manifestações culturais diretamente relacionadas com o território e a comunidade nos quais os mesmos são gerados. Resultam de uma rede tecida com o envolvimento dos recursos da biodiversidade, os tradicionais modos de produção, costumes e hábitos de consumo. O desafio então apresentado por Krucken está na criação de condições para que o potencial dos recursos locais seja convertido em um benefício real e durável para as comunidades.

A configuração final de um produto representa, de acordo com a autora, as decisões e escolhas projetuais, sejam elas conscientes e alinhadas, ou não. A consciência do processo é então, segundo Krucken (2009), capaz de orientar os esforços dos atores em desenvolver uma visão estratégica e definir objetivos compartilhados, buscando assim uma maior coerência do próprio produto.

As instituições de ensino, associações, organizações governamentais e não-governamentais podem ser muito ativas na promoção e viabilização de cadeias de valor sustentáveis e equilibradas, de forma direta e indireta. Esses atores apoiam a capacitação técnica, o desenvolvimento de políticas comerciais favoráveis, a disponibilização de financiamentos, entre outras ações. (KRUCKEN, 2009 p.82)

O material aqui proposto como aditivo ao gesso, as terra de diatomáceas são construídas essencialmente por carapaças de algumas diatomáceas, a diatomita é uma rocha rica em sílica de origem sedimentar. Diatomáceas são algas unicelulares com vida média de 24 horas e com uma alta capacidade de reprodução, sendo possível um indivíduo originar 100 milhões de descendentes em um período de 30 dias, seus tamanhos variam entre 5 e 400 micra (CIEMIL, 2015).

‘Pó-de-mico’ ou simplesmente ‘mico’, ‘estopa’ ou ‘sapóleo’ são denominações populares que reconhecem os esponjilitos ou terras diatomáceas em todo o interior do Estado de São Paulo. Elas são também denominadas como Kieselguhr (Alemanha), Moler (Dinamarca), Trípoli (Rússia) e Gais (França), as quais constituem um grupo de pozolanas caracterizadas por materiais de origem organogênica. (MONTANHEIRO et al., 2002 apud MEHTA & MONTEIRO, 1994 p.4)

Para que as terra de diatomáceas sejam comercializadas, após a extração, o minério passa por um processo de perda de umidade e parte da matéria orgânica na própria jazida. Após esse processo, o minério é encaminhado para uma usina de beneficiamento na qual é submetido à calcinação em fornos rotativos à temperatura de 900 °C. Com este procedimento todas as impurezas e contaminantes existentes no mineral são repelidas, em seguida é beneficiado e embalado para que seja destinado às indústrias em que seu maior forte de atuação é como agente filtrante, pois possui uma capacidade de retenção de material sólido, alta permeabilidade, e polimento do líquido filtrado, outra aplicação na qual merece destaque é sua utilização em defensivos agrícolas. (CIEMIL, 2015)

O Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) afirma em informações publicadas no último Sumário Mineral (2015) que o Brasil encontra-se entre os 10 maiores produtores de gipsita do mundo e é considerado o maior produtor de gesso da América do Sul. O consumo anual per capita do país é de aproximadamente 19 kg de gesso, deixando-o com uma média bem abaixo da média dos países industrializados.

O gesso, material já utilizado pela empresa para a produção dos artefatos, provém da calcinação da gipsita, mineral encontrado em abundância na região nordeste do Brasil. É um material de baixo custo e ampla utilização na indústria em geral, podendo ser encontrado na odontologia, medicina, engenharia civil, estátuas e afrescos, componentes industriais, dentre outros.

Vivemos em um mundo de materiais. São os materiais que dão substância a tudo que vemos e tocamos. Nossa espécie – Homo sapiens – é diferente das outras, talvez mais significativamente pela habilidade de projetar – produzir “coisas” a partir de materiais – e pela capacidade de enxergar mais em um objeto do que apenas a sua aparência. Objetos podem ter significado, despertar associações ou ser signos de ideias mais abstratas. Objetos projetados, tanto simbólicos quanto utilitários, precedem qualquer linguagem registrada - e nos dão a mais antiga evidência de uma sociedade cultural e do raciocínio simbólico. (ASHBY; JOHNSON, 2011 p. 3)

O projeto em questão propõe a adequação sociotécnica do compósito à cadeia produtiva da empresa, no entanto, a implementação desse compósito se dá de maneira complexa, porque, além das questões relatadas acima, trata-se de um material desenvolvido em laboratório aplicado à realidade de uma empresa que não dispõe da mesma estrutura.

Alguns fatores são primordiais para a abordagem sociotécnica da aplicação desse compósito em campo: adaptação de técnicas e instrumentos, os interesses envolvidos, relação da produção x custo x tempo, instrução e capacitação dos funcionários para lidar com o novo material empregado entre outros possíveis fatores. Por este motivo, os conhecimentos em Engenharia são necessários, pois além da caracterização do compósito, é preciso encontrar ferramentas e condições adequadas para a utilização empírica das terra diatomáceas dentro da empresa.

## 3 MÉTODOS

O detalhamento dos procedimentos metodológicos utilizados para desenvolvimento do GESSO TD no decorrer desta pesquisa será descrito em dois tempos: 1. o primeiro discorre sobre a construção da abordagem sociotécnica e os desdobramentos para desenvolvimento *in loco* do GESSO TD (seção “3.1 Processos *in loco*”); 2. o segundo discorre sobre o desenvolvimento do material em laboratório institucional e as técnicas utilizadas para análises quantitativas (seção “3.2 Processos em Laboratório”).

### 3.1 Processos *in loco*

Os processos *in loco* foram realizados em dois ambientes, na cervejaria, responsável pelo descarte das terra de diatomáceas e a na empresa de artefatos sacros em gesso. A atuação da cervejaria nesse projeto se dá de forma rápida, o foco aqui está no processo de fabricação dos artefatos sacros em gesso e o desenvolvimento do GESSO TD.

Para que o processo de registro e organização das informações coletadas fosse eficaz e ao mesmo tempo pouco invasivo no ambiente estudado, a pesquisadora realizou ao longo das visitas, além de anotações no caderno de campo e diálogo constante com os funcionários da empresa, entrevistas semiestruturadas que foram gravadas em áudio com o celular modelo Asus ZE601KL e também registros audiovisuais com uma câmera Nikon Coolpix P530.

As visitas realizadas na microcervejaria possibilitaram a coleta das terra de diatomáceas para desenvolvimento do projeto. Durante o período de pesquisa e coleta de materiais a microcervejaria estava em processo de mudança para reestruturação, o que impossibilitou acompanhar todo o processo de produção da cerveja até o descarte do resíduo. O químico responsável pelo processo de fabricação da cerveja disponibilizou a coleta do resíduo todas as vezes em que isto foi necessário. Após a coleta as terras foram refrigeradas para evitar a formação de fungos até que o material fosse levado ao laboratório para o desenvolvimento do GESSO TD.

Os processos realizados *in loco*, na empresa de artefatos sacros, consistem na abordagem sociotécnica e seus desdobramentos para desenvolvimento do novo compósito, inicialmente no laboratório e posteriormente na empresa. Os dados coletados durante esta etapa, em sua maioria, são qualitativos e respeitam a voz dos atores envolvidos e seu espaço de trabalho.

Durante os três primeiros meses de pesquisa, as visitas em campo na empresa de artefato sacro foram realizadas quinzenalmente. Após esse período, as visitas tornaram-se esporádicas,

em acordo com a demanda do projeto. As visitas, independentemente da periodicidade, possuem grande relevância para a pesquisa pois permitiram, a partir da perspectiva do Design, compreender o processo de produção da empresa bem como as relações que são estabelecidas entre atores humanos e não-humanos. São elas que trazem para o projeto uma maior compreensão e, principalmente, aproximação da cadeia produtiva e das formas de manuseio da realidade na qual o novo compósito é preparado para ser inserido.

Esse contato com a empresa possibilitou fazer uma análise e compreensão do processo de produção, como os funcionários se organizam e quais os materiais necessários para fabricação dos artefatos em gesso (conforme descrito na seção 4.2.2). Com a compreensão do processo produtivo foi possível ir ao laboratório para desenvolver os corpos de prova, delimitando as possíveis proporções de matéria prima utilizada pela empresa para posterior inserção das terra diatomácea ao gesso.

Após compreensão do processo produtivo da empresa e coleta das terra diatomáceas, teve-se início o desenvolvimento do GESSO TD em laboratório (conforme descrito seção 4.4.). Em paralelo, foi realizado um teste empírico do compósito na empresa de artefato sacro, para que os funcionários pudessem tomar conhecimento de como eram as terras de diatomáceas e compreender melhor a proposta da pesquisa. Foram realizados 4 testes sem proporções delimitadas para pôr em prova a eficiência do compósito e também as dificuldades de manuseio das terras de diatomáceas, o detalhamento deste processo será descrito no Capítulo 5 deste trabalho.

Este momento da pesquisa, o primeiro contato da empresa com o resíduo da produção cervejeira, tem relevância para a pesquisadora do ponto de vista técnico, mas principalmente do ponto de vista social. Os funcionários da empresa puderam, de forma prática, contribuir para o desenvolvimento do compósito e também compreender que é possível estabelecer laços concretos e rentáveis com a academia.

Após essa interação dos funcionários com as terras de diatomáceas foi possível traçar uma estratégia para comparação do GESSO TD desenvolvido em laboratório em relação a sua dificuldade de manuseio e possibilidade de inserção à cadeia produtiva dessa empresa de artefatos sacros em gesso.

Em seguida, foi possível desenvolver o compósito junto à empresa após as delimitações do GESSO TD em laboratório. O material levado para a empresa foi pesado e delimitado suas proporções de matéria prima (gesso, terra diatomáceas e água) porém, estas informações quantitativas, não foram expostas para o funcionário que reproduziu os artefatos com a matéria

prima entregue pela pesquisadora. Depois de concluída esta etapa foi possível fazer uma análise comparativa entre o material desenvolvido em laboratório e sua eficiência em campo.

Levando em conta que a empresa não possui medidas e proporções delimitadas para quantificar os materiais utilizados durante o processo de produção das imagens, sendo essas quantificadas pela quantidade de “mãos” que cada funcionário coloca na mistura, foram realizados dois testes para obter a quantidade de materiais utilizados pela empresa para produção de 2 imagens de 15 cm cada: 1. o primeiro teste foi realizado em “quantidade de mãos” colocadas e medido o volume de água com uma proveta; 2. o segundo teste, e mais preciso, resultou na pesagem do material em laboratório e posteriormente levado à empresa de artefatos sacros para que junto aos funcionários fosse possível delimitar uma média de material gasto na produção de cada imagem excluindo as perdas durante o processo.

Os materiais utilizados foram pesados em uma balança da marca Shimadzu Ay 220 e foram divididos em 3 proposta. A primeira proposta seria a confecção da imagem sacra com gesso puro e água. A segunda proposta a confecção da imagem com gesso puro mais terra de diatomáceas separadas e água. A terceira proposta de gesso puro e terra diatomáceas já misturadas, aqui denominado GESSO TD. (Figura 1)

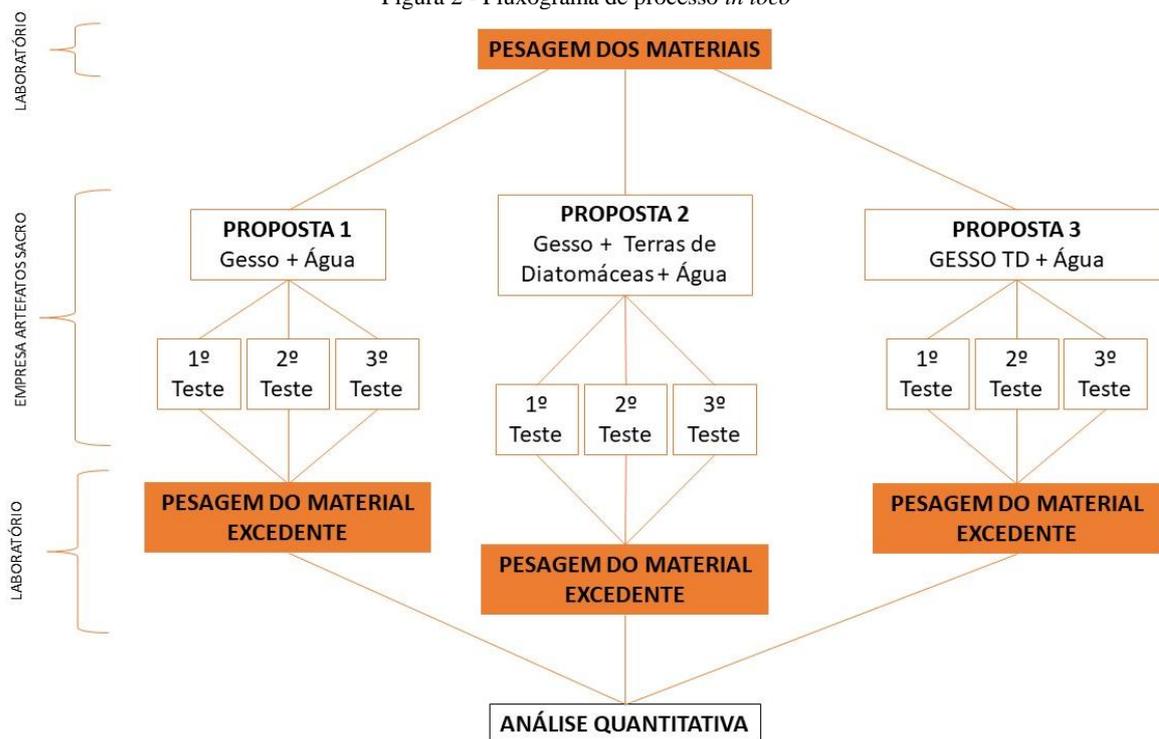
Figura 1 - Propostas para desenvolvimento das imagens *in loco* para posterior quantificação



Fonte: a autora, 2017

Para que fosse possível obter uma média dos materiais utilizados e verificar as proporções utilizadas na empresa de artefato sacro foi utilizado um método quantitativo. Primeiro foi determinada a massa de gesso e terra de diatomáceas e o volume de água, devidamente separados e enumerados em sacos plásticos e garrafas pet de 2 litros. Levando em consideração o empirismo da empresa cada proposta foi realizada 3 vezes para que assim fosse possível obter uma média dos materiais gastos (Figura 2).

Figura 2 - Fluxograma de processo *in loco*



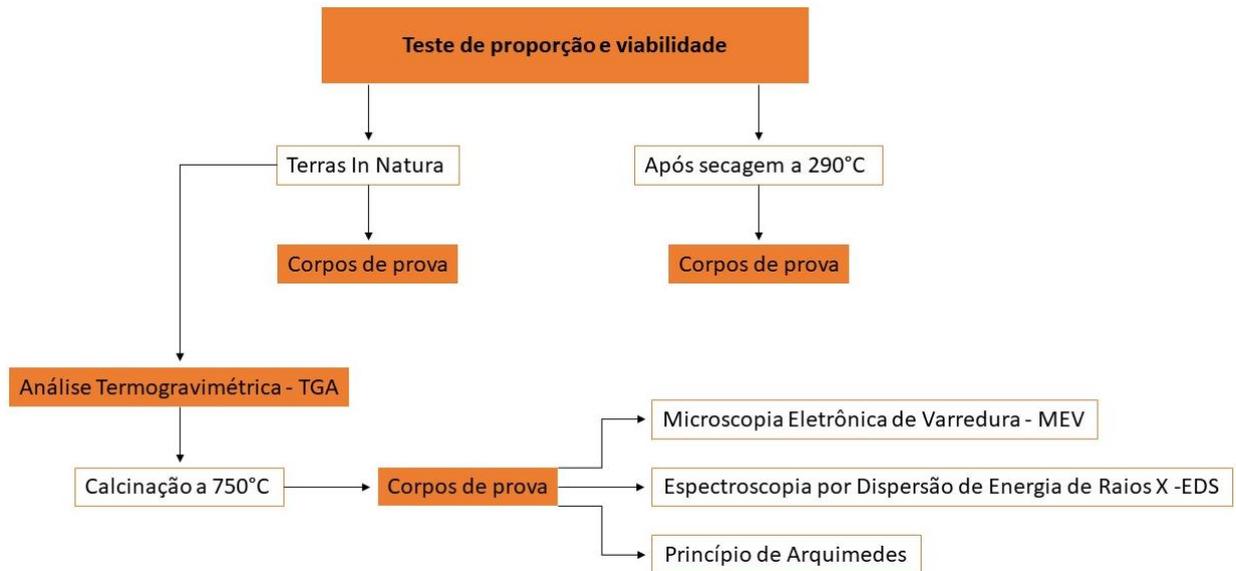
Fonte: a autora, 2017

Para determinar quanto se é necessário para fabricação de 2 imagens sacras de 15 cm foi realizada a relação entre o material levado à empresa e o material excedente nos sacos levados e garrafas pet. Após a confecção dos artefatos com o material levado pela pesquisadora foi necessário voltar ao laboratório para que o material excedente fosse quantificado, sendo possível então, determinar a média de materiais utilizados e realizar uma análise comparativa do material desenvolvido em laboratório e *in loco*.

### 3.2 Processos em laboratório

Estas etapas da pesquisa são ambientadas em laboratório técnico institucional e tem por objetivo o desenvolvimento do compósito, ao qual chamamos de GESSO TD, que deu origem à pesquisa aqui descrita.

Figura 3 - Fluxograma de Processo de Caracterização do Material



Fonte: a autora, 2017

O processo produtivo da empresa, descrito no item 4.2.2 possibilitou estabelecer um parâmetro para dar início ao desenvolvimento do novo compósito e colocar em prova a viabilidade do material. Foram definidas as proporções de adição de 5 a 25% (m/m)<sup>7</sup> de terra de diatomáceas incorporada ao gesso (sendo estas acrescidas de 5 em 5%). Estas proporções foram balizadas diante da maior facilidade de adaptação de pequenas empresas à pesagem dos materiais com números inteiros, facilitando a implementação do GESSO TD.

### 3.2.1 Testes de proporção e viabilidade

Para que fosse possível chegar a uma relação de proporção ideal de desenvolvimento do compósito foram feitos testes para adequar a relação dos materiais envolvidos (gesso, água e terra de diatomáceas). Em dois desses processos (b) e (c), a terra de diatomáceas sofreram tratamento térmico antes do desenvolvimento do corpo de prova:

- O primeiro teste de proporção ocorreu com o material *in natura*, ou seja, após a coleta do resíduo na cervejaria;
- O segundo teste foi realizado após as terras *in natura* passarem por um tratamento térmico de 290 °C durante 3 horas. Esse tratamento foi realizado em um forno de um fogão convencional de cozinha marca ATLAS;

<sup>7</sup> “m/m” significa: massa de terras de diatomáceas para cada 100 g de gesso

- c) Para realização do terceiro teste as terras sofreram o tratamento térmico durante 6 horas à 750 °C em um forno mufla<sup>8</sup> modelo JUNG-LF0212 (Figura 4) no Laboratório de Caracterização Estrutural (LCE) da UNIFEI. Esse teste de proporção foi realizado após os resultados obtidos com a análise termogravimétrica (TGA) conforme descrito no item 3.2.2 deste capítulo.

Figura 4 - Secagem das terra diatomáceas em um forno mufla



Fonte: a autora, 2017

Antes e após os tratamentos térmicos foi realizada a pesagem dos materiais no Laboratório de Sistemas Poliméricos e Supramoleculares (LSPS) da UNIFEI para posterior desenvolvimento dos corpos de prova conforme descritos no item 4.4.1 deste trabalho. Para a pesagem do gesso e das terras foi utilizada uma balança Shimadzu Ay 220 e para medida da água foi utilizada uma proveta<sup>9</sup> (Figura 5).

---

<sup>8</sup> O Forno Mufla é um equipamento utilizado para realizar a calcinação de substâncias, é um forno capaz de operar em faixa de temperaturas altas, o modelo aqui utilizado pode chegar até a 1200°C.

<sup>9</sup> Recipiente de vidro ou plástico, estreito e cilíndrico, geralmente graduado, usado para experiências em laboratório; ensaio. Disponível em: <http://michaelis.uol.com.br/busca?r=0&f=&t=&palavra=proveta>

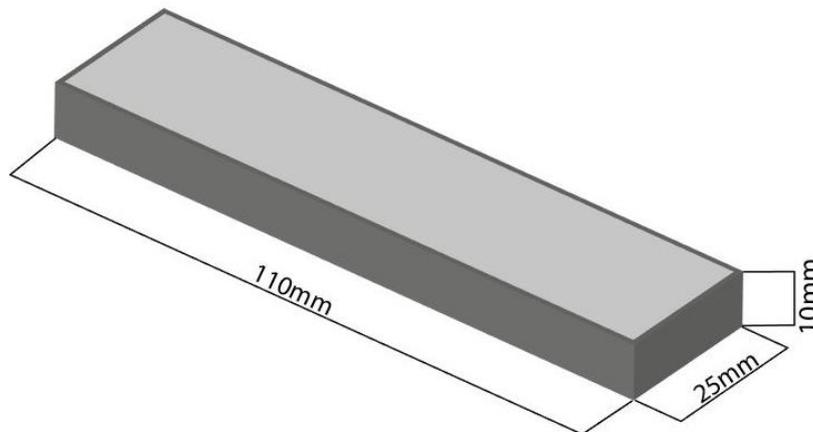
Figura 5 - Balança e Proveta



Fonte: a autora, 2017

Os corpos de prova para teste de proporção foram feitos em moldes de acetato com dimensões de 110x25x10mm conforme a norma ASTM C1161-02c (Figura 6).

Figura 6 - Dimensão dos corpos de prova para teste de proporção



Fonte: a autora, 2017

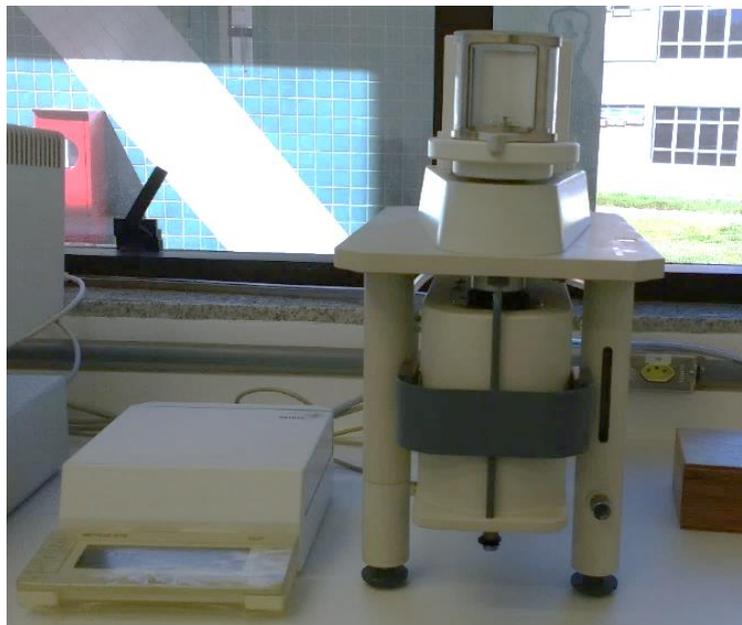
### 3.2.2 Análise Termogravimétrica (TGA)

A análise termogravimétrica foi realizada no Laboratório de Análise Térmica da UNIFEI com equipamento Mettler TG50 (Figura 7). Essa análise foi necessária para visualizar a variável da perda de massa na incidência de calor nas terras de diatomáceas. O equipamento possui uma balança acoplada a um forno, o material é inserido em um cadinho<sup>10</sup> e com os

<sup>10</sup> Cadinho é um recipiente semelhante a um pote que pode suportar elevadas temperaturas.

parâmetros de tempo pré-definidos possibilita a visualização de perda de massa do material conforme o calor incidente. Com os resultados obtidos é possível observar qual a intensidade de calor e tempo necessários para perda água e matéria orgânica adsorvida durante o processo de fabricação da cerveja.

Figura 7 – Equipamento utilizado para análise termogravimétrica



Fonte: a autora, 2017

Para realização do TGA foram utilizadas aproximadamente 30 mg das terras de diatomáceas coletadas *in natura* sendo os parâmetros ajustados para uma taxa de aquecimento de 10 °C por minuto em um fluxo de nitrogênio de 40 mL por minuto. Foi utilizado o software Origin Lab Pro 8.0 para analisar os resultados obtidos.

### **3.3.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia por Dispersão de Energia de Raios X (EDS)**

A análise de MEV e EDS foi realizada na Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo na unidade de Cruzeiro (FATEC - Prof. Waldomiro May) durante um workshop Caracterização, Controle de Qualidade e Tecnologia de Materiais organizado pela Anacom Científica. O equipamento utilizado foi um MEV de bancada Phenom XL (Figura 8).

Figura 8 - MEV de bancada utilizado para análise dos corpos de prova



Fonte: <http://www.mevdebancada.com.br> acesso em 2016

O MEV é um equipamento capaz de produzir a ampliação de um material, as imagens fornecidas pelo equipamento proporcionam uma melhor observação na identificação dos grãos e a caracterização estrutural, sendo possível a melhor visualização topográfica da incorporação dos materiais e sua disposição estrutural.

Diferente do MEV que proporciona uma identificação por imagens o EDS<sup>11</sup> gera mapas composicionais e a imediata identificação dos componentes minerais ali presentes. Sendo este, essencial para compreensão de como os materiais irão interagir a partir de suas composições químicas.

### 3.3.4 Princípio de Arquimedes

Para determinar a densidade dos corpos de prova foi utilizado o Princípio de Arquimedes, o qual estipula a densidade de sólidos a partir da imersão destes em água ou em outros líquidos. A densidade ( $d$ ) é definida pela a relação entre massa ( $m$ ) e volume ( $v$ ):

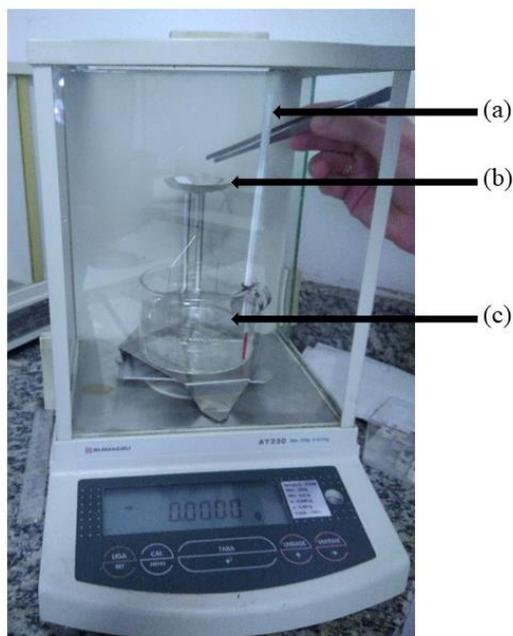
$$d = \frac{m}{v} \quad \text{equação 1}$$

O experimento foi realizado no Laboratório de Caracterização Estrutural (LCE) da UNIFEI. O aparato utilizado consiste em uma balança (Shimadzu Ay 220), um termômetro (a) e dois pratos, sendo um suspenso (b) e o outro submerso em água destilada (c) (Figura 9).

---

<sup>11</sup> Energy-dispersive detector (espectroscopia de energia dispersiva); cabe ressaltar que o EDS está acoplado ao MEV sendo estes testes realizados simultaneamente

Figura 9 - Equipamento utilizado para Princípio de Arquimedes



Fonte: a autora, 2017

A densidade é obtida de forma direta, sendo os ajustes feitos na própria balança pelo técnico responsável pelo laboratório. O primeiro passo é ajustar a densidade da água de acordo com a temperatura que a água está no momento da realização do experimento. Em seguida a amostra, previamente preparada<sup>12</sup>, é seca e colocada no prato superior, a balança é então tarada e a amostra é retirada e colocada no prato que está submerso em água, obtendo a densidade em  $\text{g/cm}^3$  (gramas por centímetros cúbicos).

---

<sup>12</sup> As amostras utilizadas foram as do GESSO TD, corpos de prova desenvolvidos com as terras de diatomáceas após o tratamento térmico com a mufla conforme as proporções descritas no item 4.4.1. Devido a porosidade do material as amostras ficaram imersas em água 24 horas antes da realização do experimento.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Aparecida - o artefato e a cidade

Entender a lógica religiosa com o viés econômico e sua relação com a economia da cidade é de extrema importância neste estudo. Esse entendimento, além de afirmar o impacto do turismo religioso na região, possibilita uma maior compreensão do contexto social e econômico da empresa trabalhada, possibilitando uma abordagem sociotécnica mais eficaz.

Aparecida transformou-se em um dos centros religiosos de maior projeção do Brasil. Bem localizada, a cidade está no eixo Rio de Janeiro-São Paulo e a poucos quilômetros de Minas Gerais. É uma referência de fluxo do turismo religioso. São mais de sete milhões de turistas todo ano. É o local que abriga o Santuário da Rainha e Padroeira do Brasil, Nossa Senhora Aparecida; por isso, transformou-se em um lugar estratégico para a Igreja Católica, como centro de devoção e evangelização. (CASTILHO; REIS, 2008 p. 53)

O grande fluxo de fiéis e peregrinos na cidade contempla os moradores de maneira a estruturar uma economia de oportunidades para o desenvolvimento local. Dentro desta realidade, tem destaque a relação da empresa com o município e sua interdependência para o turismo religioso.

Somente no ano de 2015 o Santuário Nacional de Aparecida recebeu a visita de aproximadamente 12 milhões de pessoas<sup>13</sup>, fator que evidencia a relevância do turismo religioso para o desenvolvimento do município. Além da quantidade significativa de visitantes, outro dado que reafirma o turismo no local é o PIB do município, com 87% voltado para serviços (IBGE, 2016). Grande parte da cidade é composta por hotéis, restaurantes, serviços de transportes, comércios de artefatos sacros, entre outros.

A cidade foi fundada no século XVIII em torno de uma imagem de Nossa Senhora Aparecida resgatada no Rio Paraíba por três pescadores. Inicialmente, apenas as pessoas da região reuniam-se para rezar em torno da imagem, porém suas histórias ficavam cada vez mais conhecidas nacionalmente e depois mundialmente. Hoje, a cidade possui o maior santuário católico da América Latina e recebe turistas de todo o mundo ao longo do ano. A cidade, que começou com uma imagem de Nossa Senhora Aparecida, ganha cada vez mais vida em torno

---

<sup>13</sup> Santuário Nacional de Aparecida, 2016 disponível em: <http://www.a12.com/>

da imagem de adoração, porém esta não é mais única e exclusiva sendo possível a reprodução em série de suas réplicas nos mais variados formatos e materiais.

A imagem de Nossa Senhora Aparecida está estampada em camisetas, chaveiros, canetas, dentre outras peças que são comumente comercializadas em grandes centros turísticos. Inserida no contexto dos produtos comercializados na cidade está a réplica da imagem em gesso, que, conforme já apresentado neste trabalho, deu origem às empresas locais de grande demanda.

O ano de 2017 é um grande marco para a história da cidade, pois a Igreja Católica celebra 300 anos da descoberta da imagem de Nossa Senhora Aparecida e, por esse motivo, é lançado oficialmente no mês de setembro a maior rota de turismo religioso do país. O percurso liga, através da Estrada Real, o Santuário de Nossa Senhora da Piedade, que celebra 250 anos de devoção, ao Santuário Nacional de Nossa Senhora Aparecida essa rota será denominada CRER (Caminho Religioso da Estrada Real)<sup>14</sup>.

A nova rota já soma cerca de 140 km a mais que o Caminho de Santiago de Compostela, na Espanha, e reforça a relevância cultural, social, política, religiosa e econômica do município de Aparecida. A expectativa do Santuário de Aparecida é de que, no dia 12 de outubro, dia em que a imagem celebra seus 300 anos, 200 mil romeiros visitem o Santuário.

## **4.2 A Empresa de artefato sacro**

A empresa estudada está situada na cidade de Aparecida há cerca de 20 anos e foi idealizada por João, brasileiro, casado e pai de três filhos. Não entraremos nos detalhes dos atores humanos por questões éticas e, principalmente, por uma escolha da autora de resguardar as relações estabelecidas entre pesquisador e fontes humanas de informação, todos os nomes aqui citados serão fictícios.

### **4.2.1 Histórico e estrutura**

João trabalhou por muitos anos dentro da Basílica de Nossa Senhora Aparecida, onde teve contato com fornecedores de imagens sacras e, claro, pôde perceber a grande quantidade de fiéis que a frequentam, os principais consumidores de diversos artefatos sacros. Saiu do emprego para montar uma empresa em sociedade com um amigo e algum tempo depois desfez a parceria, criando uma empresa em sua própria casa.

---

<sup>14</sup> <https://www.sacrumbrasilidades.com/crer>

Durante o desenvolvimento da pesquisa, a configuração da empresa mudou de forma. A história, narrada pelos gestores, tem em cada ator uma versão diferente, o que promove alterações nas relações observadas e, conseqüentemente, na rede a ser analisada.

Desde o início do trabalho de campo, os gestores da empresa demonstram reprovação pelo trabalho irregular de pequenas empresas familiares no município, situação já mencionada neste trabalho, porém não esclarecem sobre a legalidade nos registros da própria empresa. O ponto comum das histórias contadas diz respeito à regulamentação perante a lei no período de sua fundação e nos anos em que a empresa seguiu com um número considerável de funcionários registrados em carteira.

A primeira controvérsia que pode ser observada diz respeito então à regulamentação da empresa. Durante as visitas iniciais, mesmo que o tema fosse abordado, a real situação da empresa perante a lei era omitida, porém, a todo o momento entendia-se que a empresa estava legal e registrada dentro dos parâmetros exigidos.

Nas últimas visitas da pesquisa de campo, a relação do pesquisador-ator com os atores humanos, que compõem a rede da empresa, apresentava laços mais estáveis e permitiu que a regulamentação fosse mencionada com mais clareza. A empresa já não mais apresentava seus documentos e registros em dia. Não se sabe ao certo quando tais irregularidades começaram a surgir.

Para além da regularidade dos documentos da empresa, a família vive outro conflito que pode ser analisado aqui enquanto mais uma controvérsia, desta vez acerca da estrutura da empresa e das relações familiares estabelecidas.

Quando a empresa foi fundada produzia uma ampla diversidade de artefatos sacros e contava com uma média de 17 funcionários contratados. Com o decorrer do tempo o número de funcionários foi reduzido gradativamente, bem como a variedade de imagens produzidas. Atualmente a empresa produz exclusivamente imagens de Nossa Senhora Aparecida e apenas os integrantes da família compõem o quadro de funcionários, tendo somente uma pessoa externa, que trabalha durante dois dias da semana para auxiliar na produção da imagem de grande porte, com 40 centímetros de altura.

Com as pesquisas entende-se que a empresa, desde o final de 2014, vive um processo de transição uma vez que o pai, João, manifestou seu desejo de aposentar-se e deixar a administração da empresa sob a responsabilidade de seus filhos, Pedro e Júlio. Sobre este momento, o discurso de Pedro é de que quando seu pai conseguiu comprar uma casa para cada um dos três filhos decidiu parar de trabalhar.

A segunda controvérsia encontrada então, baseada nos depoimentos, diz respeito ao afastamento do pai e às relações familiares. Quando iniciada a pesquisa de campo João era o responsável pela empresa e contava com o apoio dos seus filhos, Pedro e Júlio, para gerir o negócio familiar. No momento em que o pai declarou sua vontade de aposentar-se a gestão da empresa foi reconfigurada e Pedro passou a auxiliar o pai nas questões administrativas, tomando para si a responsabilidade das negociações com clientes e distribuição das imagens. Júlio, o filho mais novo, por não se sentir capaz de administrar a empresa devido ao seu reduzido currículo escolar, era responsável pela confecção das imagens (“batidas”) e contava também com o auxílio de Pedro nas etapas de acabamento das imagens.

Apesar da reconfiguração estabelecida, a gestão não foi completamente transferida para os filhos, pois o pai tem ascendência sobre o processo produtivo. Por motivos desconhecidos, Pedro e Júlio brigaram e o irmão mais novo deixou a empresa.

Com a saída de Júlio a empresa ficou desfalcada e o profissional que participava apenas da confecção das imagens com mais de 40 cm ficou responsável pelas primeiras etapas da produção das imagens comercializadas.

Os irmãos não se falam mais e a interferência do pai se fez ainda mais presente na empresa. Por esse motivo o negócio familiar vivencia mais um momento conflituoso que pontuamos aqui como terceira controvérsia.

Pedro, visando maior lucro, tem propostas de mudanças na cadeia produtiva da empresa como, por exemplo, o desenvolvimento de um novo layout do espaço de produção e também a implementação de novos moldes. O pai é contrário às mudanças e, por esse motivo, o filho vislumbra fechar a empresa e abrir seu próprio negócio para trabalhar em conjunto com sua esposa e sua irmã, que fazem a pintura das peças atualmente. Possivelmente sem registro, Pedro terá mais uma empresa de “fundo de quintal” na cidade.

No que diz respeito à pesquisa e à aplicação de um novo compósito na empresa, Pedro já declarou seu interesse e disposição em contribuir. Caso venha a abrir seu próprio negócio, o novo compósito será testado de maneira empírica na nova empresa de Pedro e será possível trabalhar com a sua aplicação permanente.

A abordagem sociotécnica aliada ao Design proporcionou então uma percepção do processo produtivo em execução, ressaltando que a predominância durante o processo de fabricação é manual no qual o saber-fazer se destaca diante de padrões pré-estabelecidos e/ou normas para desenvolvimento de tais artefatos.

É possível observar que a identidade da empresa é estruturada em torno de seus fundadores, estes, hoje não mais atuantes como membros ativos no processo de fabricação. Uma pequena empresa, com vinte anos de atuação no mercado, cresceu no fundo de casa e proporcionou ao seu idealizador, incentivar outros membros da família para que pudessem se organizar de maneira profissional. A estrutura familiar e reduzida permitiu a disseminação da técnica empírica e conhecimento do processo produtivo, a continuidade do saber-fazer.

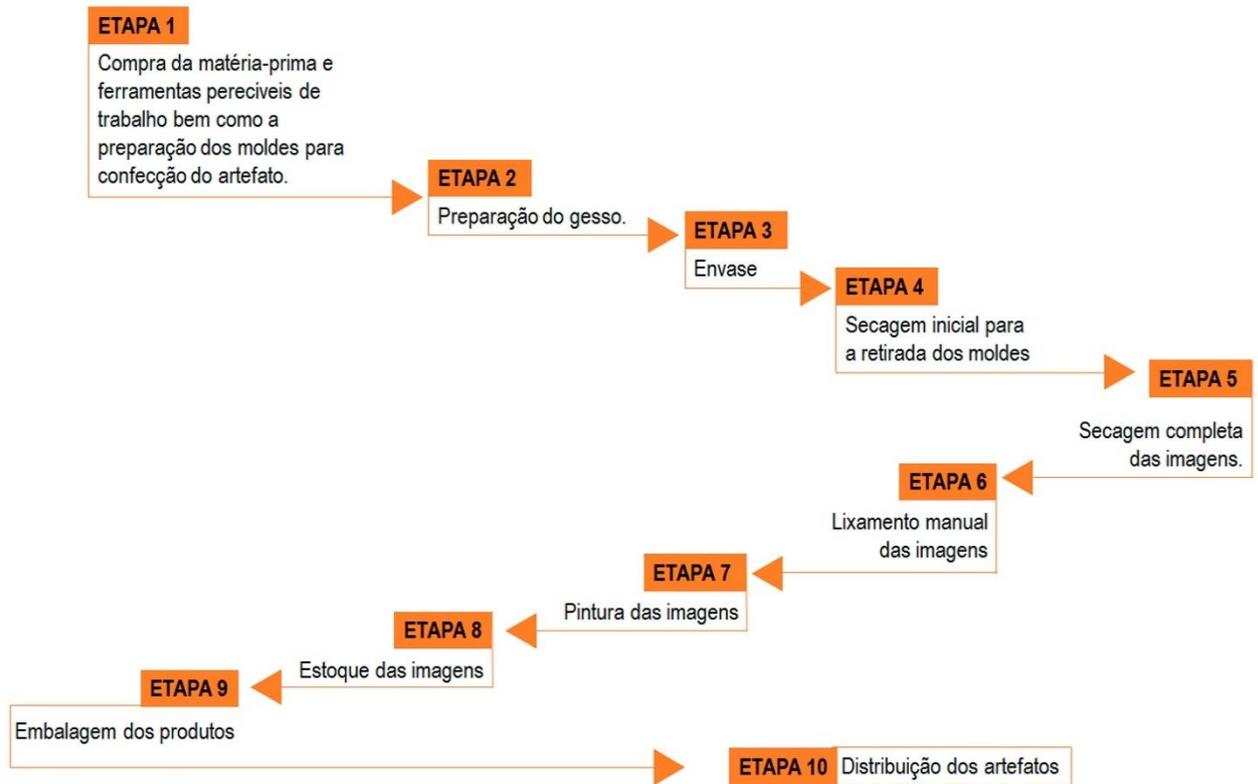
#### **4.2.2 Mapeamento do processo produtivo**

As visitas *in loco* foram estruturadas para mapeamento e detalhamento do processo de produção, coleta de matéria prima e abordagem sociotécnica na empresa de artefatos sacros.

Com as visitas e entrevistas, realizadas na empresa de artefato sacro, pode-se observar que os recipientes utilizados para dosagem de água e gesso são improvisados, potes plásticos que não possuem unidades de medida aparente e até mesmo a utilização das próprias mãos para medir. A mistura também é feita com equipamentos improvisados, algo semelhante a uma espátula ou as mãos. Nota-se também que não é feita a utilização de nenhum tipo de equipamento de proteção individual (EPI) durante todas as etapas do processo de produção, que são empíricos e contam com equipamentos de uso comum.

O processo de produção das imagens sacras da empresa foi dividido em 10 etapas, que vão desde a aquisição da matéria prima até a distribuição dos artefatos no mercado. Esse processo será descrito abaixo conforme a Figura 10.

Figura 10 - Fluxograma de processo de produção dos artefatos na empresa



Fonte: a autora, 2017

**ETAPA 1** - Compra da matéria prima e ferramentas de trabalho bem como a preparação dos moldes para confecção do artefato.

O armazenamento de matéria prima é disposto de forma estratégica para facilitar acesso durante o processo de mistura. A água é depositada em um tambor plástico sem cobertura e o gesso é retirado da própria embalagem de compra. A disposição desses materiais é pensada para que o ciclo de moldes seja desenvolvido até o final. Cada ciclo mencionado é composto pelas etapas 2 e 3, é denominado pelos funcionários como “batida”.

Para que se possa dar início ao processo de produção, é necessário que os moldes sejam devidamente preparados e organizados para então ser feita a mistura do gesso em água. Os moldes são de silicone ou borracha preta rígida, precisam ser lavados em água com detergente e envoltos com uma capa que oferece suporte e sustentação ao molde. Esta capa é desenvolvida em gesso pelos próprios funcionários. Ao final desta etapa os moldes são dispostos em fileiras.

Figura 11 - (a) Moldes que não estão sendo utilizados na água (b) Moldes enfileirados e preparados para o envase



Fonte: a autora, 2017

## ETAPA 2 - Preparação do gesso

O gesso precisa ser misturado à água para a confecção dos artefatos, os recipientes utilizados para a dosagem de água e gesso são improvisados. São potes plásticos que não possuem unidades de medida aparentes. A mistura é feita com um equipamento improvisado, semelhante a uma espátula ou até mesmo as próprias mãos do funcionário encarregado.

Figura 12 - (a) Recipiente utilizado para realizar a mistura de gesso e água (b) Recipientes utilizados para medir a quantidade de água



Fonte: a autora, 2017

### ETAPA 3 - Envase (“batida”)

Após a preparação do gesso o material é despejado nos moldes com o próprio recipiente em que foi realizada a mistura, utilizando sua flexibilidade para “criar um bico” como denominam os funcionários, o que facilita o que denominamos aqui, envase. Após o gesso atingir uma consistência pastosa, é retirado o excesso de material da parte superior do molde com algum dos objetos planos que compõem o ferramental da oficina (pedaços de madeira, chapas de alumínio ou acrílico e até mesmo o próprio gesso endurecido), delimitando assim uma base de apoio para o artefato.

Figura 13 – (a) Envase no molde (b) delimitação da base para o artefato



Fonte: a autora, 2017

### ETAPA 4 - Secagem inicial para a retirada dos moldes

Os moldes de silicone são reutilizados na confecção, para que o processo seja reiniciado eles precisam ser retirados o quanto antes. Esta secagem inicial leva em média de 10 a 15 minutos. Após esse tempo, os moldes são retirados e as imagens seguem para o segundo momento de secagem na bancada próximo que foram confeccionadas e posteriormente encaminhadas para o terraço da empresa para serem expostas ao sol.

A capa de gesso que sustenta os moldes também é reutilizada, porém sua durabilidade é menor que a dos moldes de silicone, portanto, sempre que necessário estas são confeccionadas novamente pelos funcionários.

Figura 14 – (a) Retirada do molde após a secagem (b) Peças prontas para serem encaminhadas para a secagem completa



(a)



(b)

Fonte: a autora, 2017

### ETAPA 5 - Secagem completa das imagens.

O procedimento convencional da empresa, para a terceira etapa de secagem completa das imagens, é expor os artefatos a luz solar, porém, em períodos de chuva intensa ou demandas muito grandes as imagens são pintadas ainda úmidas. A empresa dispõe de uma estufa a gás para acelerar o processo de secagem porém, não é utilizada. A duração aproximada para secagem total das peças em temperatura ambiente varia de 03 a 05 dias. Algumas imagens são expostas já com o acabamento base de pintura ( Etapa 7 ) e outras logo após a saída do molde. A ordem das etapas depende da demanda de tempo e quantidade de imagens produzidas.

Figura 15 – Imagens já com acabamento expostas a luz solar para secagem (b) Área em que as imagens ficam expostas para secagem ao sol, neste dia de chuva as imagens estavam no local que é feito o acabamento (c)



(a)



(b)



(c)

Fonte: a autora, 2017

### **ETAPA 6 - Acabamento manual das imagens**

Após a secagem, a peça é lixada manualmente com uma lixa comum de papel. Neste processo são retiradas as imperfeições e rebarbas da peça para então serem encaminhadas para o processo de pintura.

Figura 16 - Excessos do processo de produção



Fonte: a autora, 2017

### **ETAPA 7 - Pintura das imagens**

Esta etapa divide-se em três procedimentos distintos, primeiro é necessária a selagem do produto na qual é utilizada uma mistura de cola branca (PVA) diluída em água. O segundo momento consiste no banho de cor de acabamento, feito com um compressor, que dá aos artefatos a cor azul ou preta, em acordo com a tinta disponível. Para este processo utiliza-se

corante para materiais de construção. O terceiro e último momento é nomeado pelos funcionários de “bordado”, este, consiste no detalhamento final das peças e é o único procedimento executado por mulheres. Relevante destacar que não há iluminação adequada para que as funcionárias façam o acabamento da peça. A tinta utilizada para o processo é PVA (Poliacetato de Vinila).

Figura 17 – (a) Peça sendo bordada, acabamentos finais (b) a esquerda peça quase finalizada, faltando apenas os detalhes da coroa em dourado, a direita peça finalizada e pronta para ser comercializada



(a)

(b)

Fonte: a autora, 2017

## ETAPA 8 - Estoque das imagens

As peças são estocadas em uma sala próxima onde ocorre a etapa de bordado. Quando o volume de imagens é muito grande os artefatos são distribuídos nas mesas que estão na sala de bordado ou até mesmo no chão. Antes da comercialização as imagens são embaladas e posteriormente organizadas em caixas de papelão para entrega.

Figura 18 - Peças prontas, em estoque



Fonte: a autora, 2017

### ETAPA 9 - Embalo das imagens

Após todas as etapas anteriores aqui expostas, a imagem está pronta para ser comercializada e é necessário seu embalo para expedição. A empresa não possui nenhum tipo de embalagem específica para comercializar as imagens, quando questionado o não investimento nesta etapa os funcionários alegam ser uma questão cultural e que as pessoas que compram as imagens não se importam com a embalagem. O papel utilizado para embalo é um papel de baixo custo ou papel-jornal. Esse embalo é feito apenas para segurança durante o transporte que é realizado em caixas de papelão.

Figura 19 – (a) Peça embalada, pronta para distribuição (b) peça embalada em meio a outras peças em momento de secagem posterior a etapa de bordado



(a)



(b)

Fonte: a autora, 2017

## ETAPA 10 - Distribuição dos artefatos

Todas as imagens são produzidas sob encomenda então, após finalizadas e embaladas tem início a distribuição para os compradores. Alguns clientes buscam suas encomendas na própria empresa, quando isto não ocorre, tem início o procedimento que é chamado pelos funcionários de “fazer praça” que consiste na saída para a entrega das imagens aos clientes. Esse procedimento de entrega possui um dia fixo, as segundas-feiras, podendo acontecer entregas esporádicas durante a semana.

Após a análise do processo produtivo da empresa foi feita uma coleta quantitativa de materiais gastos semanalmente. Esses dados foram coletados durante o ano de 2016 e começo de 2017 e transcrito segundo a fala dos funcionários. Vale ressaltar a instabilidade da rede, os materiais aqui expostos são variáveis conforme as demandas de pedidos da empresa.

Quadro 2 - Quantidade de material utilizado pela empresa

LOCAL	MATERIAL	QUANTIDADE	APLICAÇÃO
Fundição	Gesso	≅ 500 kg	Batida
	Água	Não tem noção de quantidade	
Acabamento	Lixas	Não tem noção de quantidade	Limpeza de rebarbas
Pintura Base	Água	≅ 17 L ou 20 L	Acabamento de impermeabilização
	Cola	≅ 1,5 L ou 20 L	
	Corante Líquido	1 cor preta de 50 mL	Pintura base
		1 cor azul de 50 mL	
Tinta Automotiva	2 latas de 1/4 de cor azul	Manto	
Bordado	Purpurina ouro	100 g	Detalhes no manto e olhos
	Resina	≅ 1 garrafa de 510 mL de refrigerante	
	Álcool “de Posto”	2 reais de etanol	
Embalagem	Papel-Jornal Caixa Papelão	Não tem noção de quantidade	Envio

Fonte: a autora, 2017

Um ponto relevante é a relação de quantidade que os funcionários possuem com os materiais utilizados, descreve-se que em um dia é possível realizar 15 batidas o que corresponde a utilização de 2 sacos e meio de gesso. Cada saco de gesso pesa 40kg correspondendo a utilização de 100 kg de gesso por dia.

### 4.3 Indústria Cervejeira e Resíduo

Após as reflexões e informações que afirmam a importância do município de Aparecida para o turismo religioso do país e também para os grandes e pequenos produtores de artefatos sacros e demais comerciantes de produtos sacros, cabe aqui ressaltar o destaque da indústria cervejeira no Brasil, pois é desta que deriva o resíduo estudado, as terras diatomácea.

A indústria cervejeira no país é uma grande influenciadora em todos os setores na economia, uma vez que suas atividades tem início no setor agrícola com o cultivo, processamento dos insumos e comercialização de matéria prima. Movimenta também o mercado de embalagens, logística de transporte, construção civil, produção, desenvolvimento e comercialização de maquinário adequado para processamento até a capacitação de mão de obra para que o produto chegue ao ponto de venda e seja comercializado. Segundo o anuário da CervBrasil referente ao ano de 2016:

Para manter o ciclo virtuoso do setor os fabricantes investem fortemente na ampliação de seus parques produtivos e em inovação, o que significa mais tributos, mais empregos e renda e, conseqüentemente, um grau maior de desenvolvimento sustentável.

Os dados aqui expostos sobre a produção cervejeira tem como base o anuário da Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (CervBrasil). A associação é composta pelos 4 maiores fabricantes de cerveja do país, responsáveis por cerca de 96% do mercado interno. As associadas abastecem 1,2 milhões de pontos de venda no país e são responsáveis pela produção de 14 bilhões de litros ao ano, o que corresponde a 1,6% do PIB e 14% da indústria de transformação<sup>15</sup> nacional (Figura 20).

---

<sup>15</sup> Entende-se por indústria de transformação: indústria que transforma matéria prima em produto final ou intermediário.

Figura 20 - Cadeia produtiva do setor cervejeiro



Fonte: Anuário CervBrasil, 2016 (pg. 15)

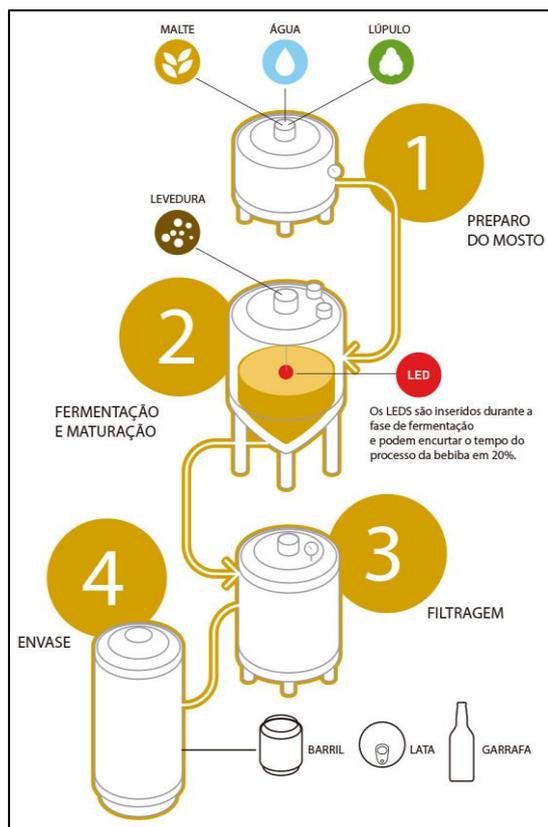
Outro mercado emergente no país são as microcervejarias, responsáveis pela fabricação das chamadas “cervejas especiais”. Segundo o SEBRAE as cervejas especiais, no ano de 2012, representavam 8% da produção nacional com um aumento para 11% e uma projeção de 20% em 2020.

Uma empresa é considerada uma microcervejaria, de acordo com as definições da Escola Superior de Cerveja e Malte, quando produz até 200 mil litros. De maneira geral, este número não é alcançado pelos produtores de cervejas especiais no Brasil mesmo com aumento do ritmo de crescimento do setor nos últimos anos.

Para coleta da terra de diatomáceas utilizada nesta pesquisa, foi feita uma parceria com uma microcervejaria e também casa de shows situada no Vale do Paraíba, no município de Lorena -SP. A cervejaria não possui uma quantidade exata de cerveja produzida mensalmente, pois sua produção é decorrente da demanda de encomendas e também da quantidade de shows realizados no local. Atualmente a empresa produz 8 diferentes tipos de cerveja e o envase é realizado em garrafas de vidro de 600 mL.

As visitas realizadas na microcervejaria para a coleta do resíduo tiveram início na Iniciação Científica mas sempre foram breves, o que não permitiu acompanhar o processo produtivo em sua totalidade. Em busca de conhecer a empresa e, principalmente, o uso e o descarte do resíduo estudado, a autora realizou uma breve entrevista com o químico responsável pelo processo de produção e a coleta do resíduo (terra de diatomáceas).

Figura 21 - Processo de produção da cerveja: panorama geral



Fonte: CervBrasil, 2007 (<http://www.cervbrasil.org.br/paginas/index.php?page=a-cerveja>)

Nesta cervejaria o processo de fabricação de cerveja ocorre um dia a cada semana, podendo variar a quantidade de resíduos remanescentes de acordo com a quantidade de cerveja produzida. A terra de diatomáceas são adicionadas ao líquido e passam pela peneira do filtro formando uma espécie de manta, é neste momento que ocorre a filtragem e clarificação da cerveja. Com o acúmulo de material e a pressão do líquido a manta pode vir a ceder, fazendo com que a peneira precise ser limpa de uma a três vezes durante o processo o que, conseqüentemente, varia a quantidade de resíduos produzido.

Figura 22 - Filtro após a clarificação de cerveja, diatomáceas acumuladas



Fonte: Grego (2014)

Após o processo de filtragem o operador limpa o equipamento, sendo o resíduo armazenado em um balde de plástico comum e posteriormente colocado em sacos plásticos que são encaminhados a produtores rurais locais, que incorporam o resíduo em rações para animais.

O material coletado foi estocado em uma geladeira para depois passar pelos testes necessários na pesquisa. Uma característica relevante do resíduo é que em grande quantidade, quando armazenado em local fechado, o mesmo possibilita a formação de fungos devido aos insumos do processo de fabricação da cerveja. A formação dos fungos inviabiliza o uso do material para a realização dos testes.

Para verificar a problemática da formação de fungos, caso o material seja coletado direto da cervejaria para posterior aplicação, foi realizado um teste pela pesquisadora que confirma que quando o material é armazenado em um recipiente aberto não ocorre nenhum tipo de formação de fungo.

O resultado mostra que a terra de diatomáceas fica com uma cor e textura aproximada quando é seca em um forno de um fogão convencional (qualquer forno de cozinha, encontrado geralmente nas casas dos brasileiros). Entende-se então que o excesso de água, responsável pela formação desses fungos, é eliminado quando o material é armazenado em recipiente aberto, ou colocado no forno.

Após essa etapa dá-se início ao desenvolvimento dos corpos de prova do GESSO TD em laboratório conforme descrito no item 4.4.1 desse trabalho.

## **4.4 Desenvolvimento do novo compósito em laboratório**

Nesta sessão serão expostos os métodos utilizados em laboratório técnico institucional para análise da viabilidade técnica-científica do novo compósito.

### **4.4.1 Testes de proporção e viabilidade**

Pensando na viabilidade de redução de processos e gastos na cadeia produtiva para confecção de artefatos sacros em gesso, foram realizados 3 testes de proporção de água e gesso e o aditivo (terra de diatomáceas) compósito aqui proposto neste projeto. As proporções definidas para estes testes foram de adição de 5 a 25% (m/m) de adição de resíduo sendo utilizados números inteiros acrescido de 5 em 5 na taxa de porcentagem de terra de diatomáceas em relação ao gesso. Um fator limitante para a adição de terra de diatomáceas ao gesso foi devido ao tempo de secagem do material, sendo então estabelecido que quando excedido 30 minutos de secagem o teste de proporção iria ser interrompido, pois para a aplicação aqui proposta o tempo de secagem era crucial para a lógica no processo de fabricação das imagens sacras.

Os testes de proporções aqui expostos foram realizados no Laboratório de Sistemas Poliméricos e Supramoleculares (LSPS) da Universidade Federal de Itajubá. Estabeleceu-se um padrão que para preencher o volume de 3 corpos de prova eram necessários 100 g de gesso, todos os testes foram realizados com a base de proporção de que para 100 g de gesso seria utilizado 100 mL de água tomando como base a proporção aproximada da quantidade que se é utilizado na empresa.

#### ***In natura***

O primeiro teste foi realizado utilizando o material *in natura*, ou seja, o resíduo coletado na cervejaria sem nenhuma alteração. Este material, úmido e turvo é composto por terra de diatomáceas e refugo de matéria orgânica acumulada durante o processo de fabricação da cerveja.

Figura 23 - Terra de diatomáceas *in natura*



Fonte: a autora, 2017

As proporções utilizadas para desenvolvimento dos corpos de prova estão expostas no Quadro 3.

Quadro 3 - Proporções Corpos de Prova *in natura*

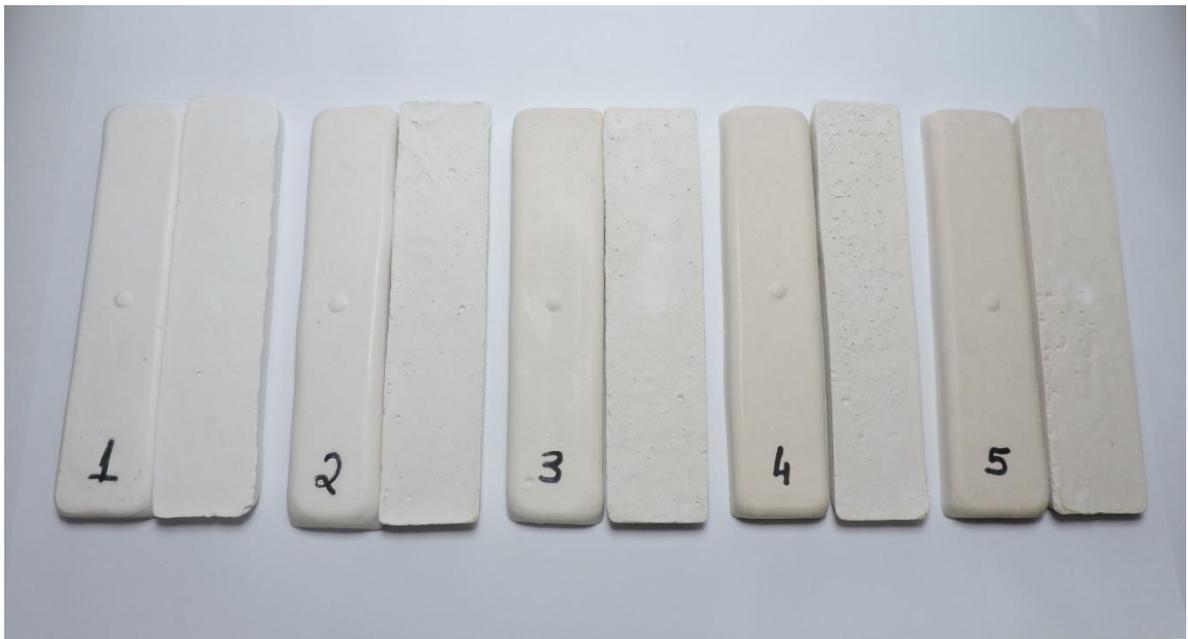
Corpo de prova	Gesso	Terra de Diatomáceas	Água
1	<b>100 g</b> massa exata: 100,0609g	<b>0 g</b>	70 mL
2	<b>95 g</b> massa exata: 95,0171g	<b>5 g</b> massa exata: 5,0232g	65 mL
3	<b>90 g</b> massa exata: 90,0074g	<b>10 g</b> massa exata: 10,0320g	55 mL
4	<b>85 g</b> massa exata: 85,0109g	<b>15 g</b> massa exata: 15,0309g	50 mL
5	<b>80 g</b> massa exata: 80,0364g	<b>20 g</b> massa exata: 20,0081g	50 mL

Fonte: a autora, 2017

Após a pesagem dos materiais, para dar início a realização da mistura, foi feita a homogeneização das terras com a água, para posteriormente adicionar o gesso. Diante destas

características (material úmido) foi possível reduzir a quantidade de água em até 50%, porém foi observado que durante o processo de secagem a água é expelida da parte densa do material o que conseqüentemente causa uma demora no processo de secagem. O tempo de secagem do material para retirada do molde foi superior a 30 minutos, constata-se que existe a viabilidade de desenvolvimento deste material, porém, para a aplicação desta pesquisa não é possível sendo que o processo de produção das imagens é de no máximo 20 minutos.

Figura 24 - Corpos de prova com adição de 0 a 20% de terra de diatomáceas (proporções correspondentes ao Quadro 3).



Fonte: a autora, 2017

### **Forno de cozinha**

Pensando no empirismo e aproximando à realidade da empresa o segundo teste foi realizado após o material passar por uma secagem durante 4 horas a 290 °C em um forno de fogão convencional de cozinha. Realizado então, levando em consideração a estrutura de uma pequena empresa, tendo em vista que equipamentos como muflas e estufas são de difícil acesso devido às condições financeiras dessas empresas, o teste então viabiliza a secagem caseira do material.

Figura 25 - Terra de diatomáceas após tratamento térmico a 290 °C por 4 horas



Fonte: a autora, 2017

As proporções utilizadas para desenvolvimento dos corpos de prova estão expostas no Quadro 4.

Quadro 4 - Proporção Corpos de Prova após secagem no forno de cozinha

Corpo de prova	Gesso	Terra de Diatomáceas	Água
F1	<b>95 g</b> massa exata: 95,0136g	<b>5 g</b> massa exata: 5,0337g	65 mL
F2	<b>90 g</b> massa exata: 90,0065g	<b>10 g</b> massa exata: 10,0347g	70 mL
F3	<b>85 g</b> massa exata: 85,0485g	<b>15 g</b> massa exata: 15,0050g	70 mL
F4	<b>80 g</b> massa exata: 80,0344g	<b>20 g</b> massa exata: 20,0429g	70 mL

Fonte: a autora, 2017

Após a pesagem dos materiais, para dar início a realização da mistura, foi feita a homogeneização das terras (agora em estado de pó) com o gesso, para posteriormente adicionar água. Por ter sofrido perda de umidade foi necessária uma quantidade maior de água do que quando o material estava em seu estado *in natura*. O material, quando adicionado uma quantidade inferior a 70 mL fica pastoso o que torna inviável sua inserção no molde para fabricação do artefato. Assim como no teste anterior, o tempo de secagem para retirada do

molde foi superior a 30 minutos, tornando inviável a utilização deste compósito para a aplicação aqui proposta.

Figura 26 - Corpos de prova com adição de 0 a 20% de terra de diatomáceas (proporções correspondentes ao Quadro 4)



Fonte: a autora, 2017

## Mufla

Após a ineficiência temporal de secagem dos corpos de prova para retirada do molde foi realizado o teste de análise termogravimétrica (TGA) possibilitando a visualização do comportamento do material para sua recuperação. Com os resultados obtidos da análise foi possível determinar a temperatura incidente para que o material sofresse a perda de matéria orgânica acumulada e água. O detalhamento dos resultados consta no item 4.5 deste capítulo.

As proporções utilizadas para desenvolvimento dos corpos de prova estão expostas no Quadro 5.

Quadro 5 - Proporção Corpos de Prova após secagem em Mufla a 750 °C

Corpo de prova	Gesso	Terra de Diatomáceas	Água
M 1	<b>95 g</b> massa exata: 95.0212g	<b>5 g</b> massa exata: 5.0315g	65 mL
M 2	<b>90 g</b> massa exata: 90.0314g	<b>10 g</b> massa exata: 10.0363g	70 mL
M 3	<b>85 g</b> massa exata: 85.0227g	<b>15 g</b> massa exata: 15.0207g	75 mL
M 4	<b>80 g</b> massa exata: 80.059g	<b>20 g</b> massa exata: 20.0132g	85 mL
M 5	<b>75 g</b> massa exata: 75.0085g	<b>25 g</b> massa exata: 25.0058g	85 mL

Fonte: a autora, 2017

É notável a diferença nas terras após seu tratamento térmico. Durante o processo o material estufa como um bolo, quando atinge a temperatura em torno de 330 °C começa a escurecer e cria uma camada cinza na parte de superior do material. Goulart (2011) afirma que quando as terras em resíduo são submetidas a tratamento térmico durante 6 horas em um forno a 750 °C a matéria orgânica retida nas terras é eliminada. Subentende-se então que o processo de queima da matéria orgânica adsorvida nas terras se dá nesse período entre 330 °C até 700 °C para sua eliminação total. O material, antes marrom e pastoso se torna um pó rosa e fino.

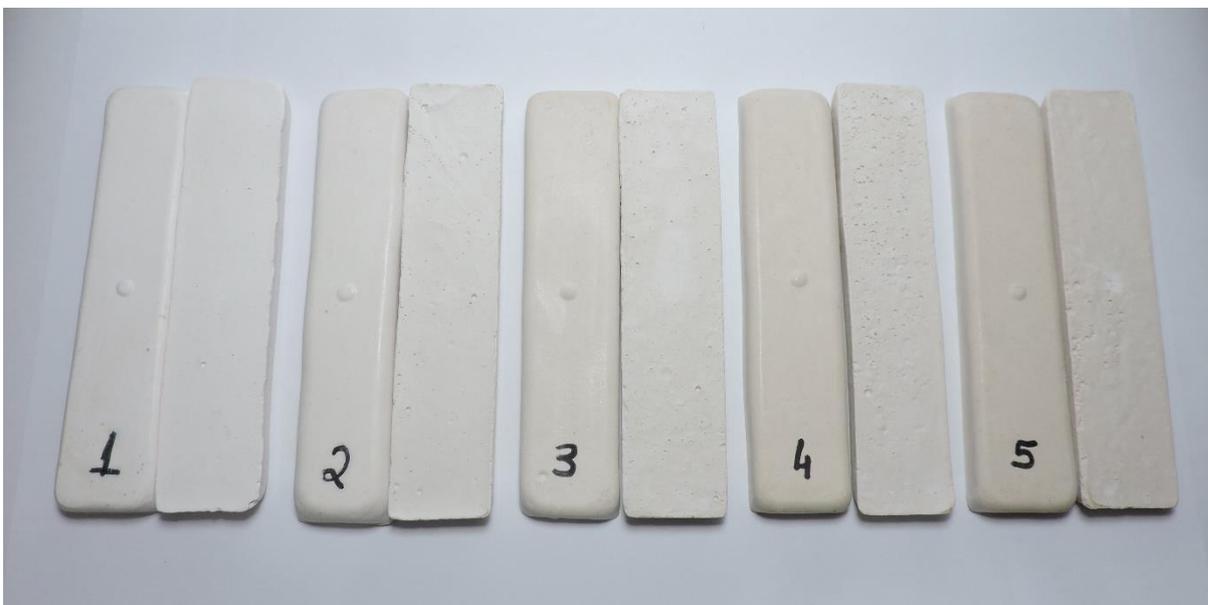
Figura 27 – Terra de diatomáceas após tratamento térmico a 750 °C por 6 horas



Fonte: a autora, 2017

Este material após sua pesagem é homogeneizado ao gesso e posteriormente adicionado a água. A quantidade de água necessária para a mistura é crescente, o material encontra-se recuperado, conseqüentemente, sem saturação de água e matéria orgânica. O tempo de secagem do material foi satisfatório, completando um ciclo de até 20 minutos, tornando viável a utilização deste compósito para a aplicação aqui proposta.

Figura 28 - Corpos de prova com adição de 0 a 25% de terra de diatomáceas (proporções correspondentes ao Quadro 5).

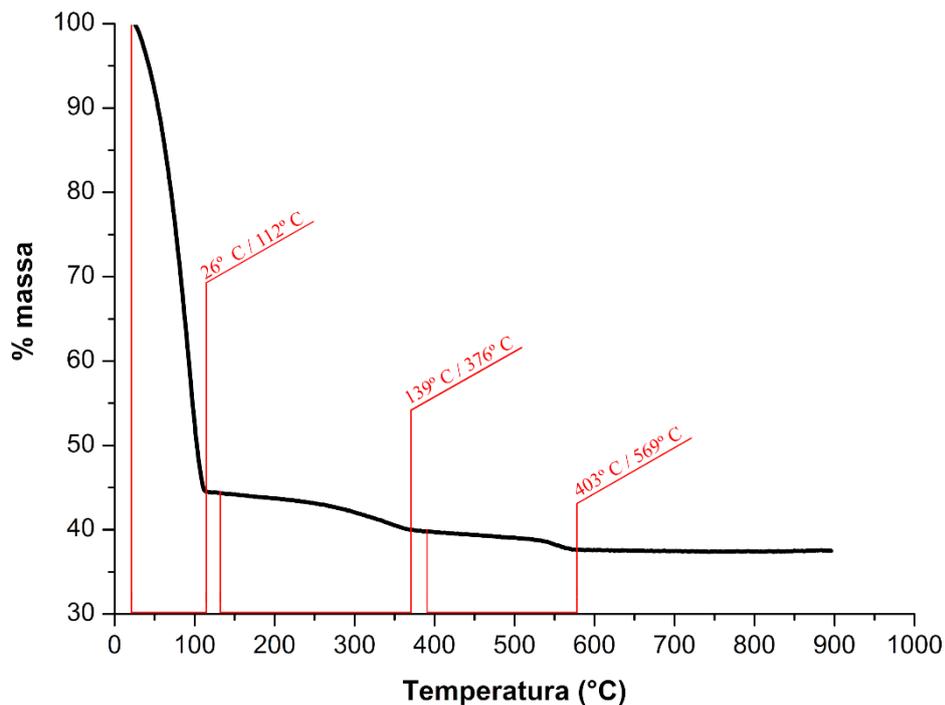


Fonte: a autora, 2017

#### 4.4.2 Análise Termogravimétrica (TGA)

Para realização da análise termogravimétrica da amostra foi utilizado aproximadamente 30 mg das terras *in natura* com os parâmetros adaptados de Goulart (2011) sendo a taxa de aquecimento 10 °C/min com fluxo de nitrogênio de 40 mL/min.

Figura 29 – Análise Termogravimétrica



Fonte: a autora, 2017

Com o resultado obtido foi possível observar 3 estágios de perda de massa. O primeiro estágio houve uma perda de mais de 50% a qual está relacionada à eliminação de água fisicamente adsorvida. Entende-se que os dois eventos iniciais (26 °C à 112 °C e 139 °C à 376 °C) estão relacionados com eliminação de compostos orgânicos de baixo peso molecular (e água) e o terceiro estágio (403 °C à 569 °C) está relacionado a eliminação de matéria orgânica mais densa.

A partir dos resultados obtidos e buscando como referência as análises encontradas em Goulart (2011) e Souza (2003) tem-se que toda matéria orgânica acumulada durante o processo de filtragem e clarificação de cerveja é eliminado em uma temperatura próxima à 600 °C. Portanto, para eficiência do desenvolvimento do GESSO TD foi realizado a calcinação das terras *in natura* em uma temperatura de 750 °C. Essa temperatura está com aproximadamente 150 °C a mais do que o necessário para eliminação total de matéria orgânica adsorvida, isso possibilita a recuperação e posterior utilização das terras coletadas.

### **4.4.3 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia por Dispersão de Energia de Raios X (EDS)**

No intuito de observar e analisar as características microestruturais do novo compósito, foi utilizado um Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) acoplado ao detector de raios-x (EDS). Este equipamento possibilita a análise morfológica e identificação dos elementos químicos de uma amostra sólida.

O princípio dessa técnica consiste em incidir um feixe de elétrons sobre a amostra, causando a excitação dos elétrons mais externos dos átomos e íons que constituem a amostra. Quando isso ocorre os níveis energéticos são modificados, e ao retornarem ao seu nível inicial (fundamental) libera a energia adquirida no processo emitindo um comprimento de onda na região de raios-x. O detector instalado na câmara de vácuo do MEV permite medir essa energia que os elétrons de um átomo possuem, portanto, no ponto de incidência do feixe é possível determinar quais elementos químicos estão presentes na área selecionada.

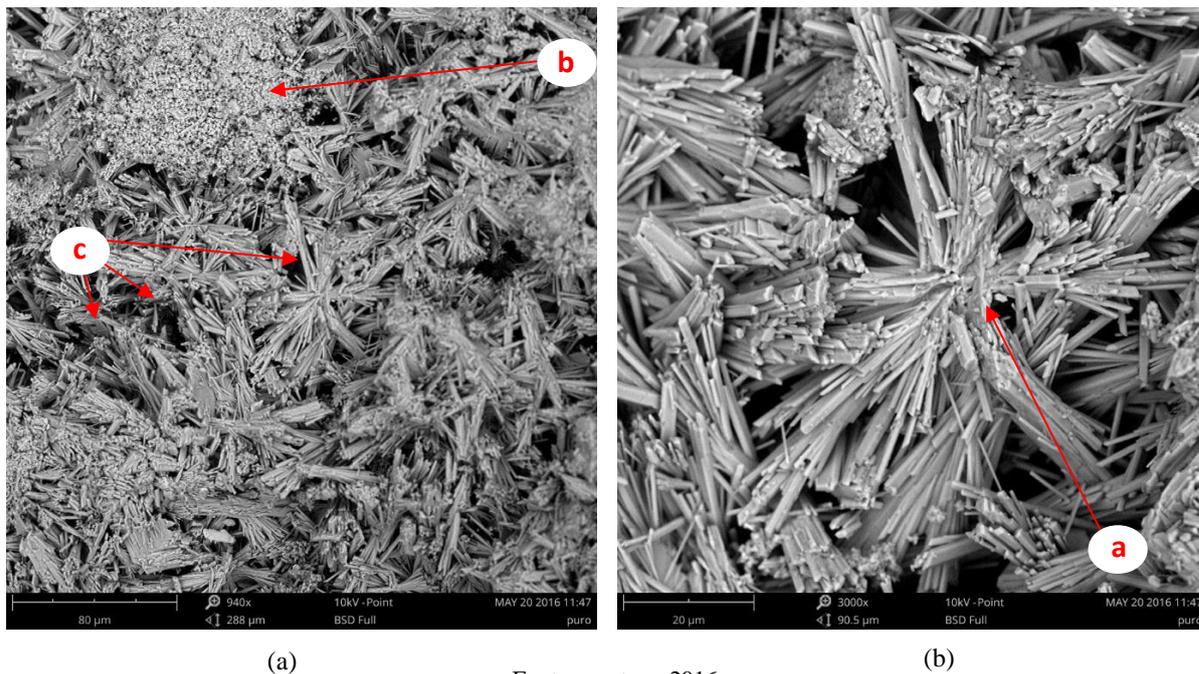
A imagem gerada é pontual, sendo esta determinada pela área percorrida pelo feixe no seu modo de varredura (formação de imagem). É possível, após a detecção da imagem selecionar um ponto (*spot*), área ou linha para determinar o tamanho de partícula ou os elementos químicos presentes.

As imagens do MEV e EDS que estão expostas a seguir foram realizadas nos corpos de prova de (a) gesso puro, (b) 5%, (c) 10% e (d) 15% de adição de terra de diatomáceas ao gesso. As imagens obtidas foram, em sua maioria, da superfície resultante da fratura do material.

#### **a. Gesso Puro**

O MEV foi realizado no corpo de prova com sua proporção definida conforme descrito no item 4.4.1 deste capítulo. Este, apenas com a composição de gesso e água no processo de confecção.

Figura 30 - Micrografia do gesso puro

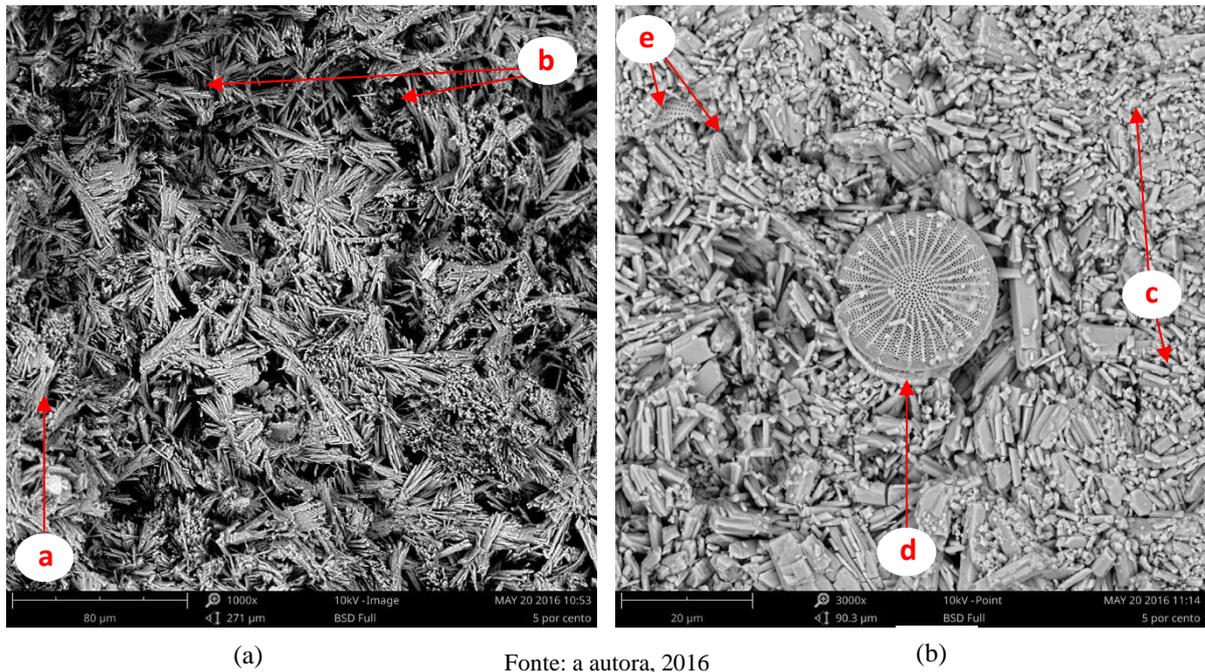


Na micrografia do gesso puro é possível observar a formação de uma estrutura cristalina formada por cristais longos entrelaçados e em formato de agulhas (a) e sem orientação tridimensional em sua distribuição. No ponto (b) é possível observar a formação de uma placa não cristalina densa que sugere a presença de matéria orgânica e no ponto (c) pequenos vazios superficiais.

b. Gesso com adição de 5% de carga de terra de diatomáceas

O MEV foi realizado no corpo de prova com sua proporção definida conforme descrito no item 4.4.1 deste capítulo. Este, com a composição de adição de 5% de terra de diatomáceas ao gesso no processo de confecção.

Figura 31 - Micrografia do gesso com adição de 5% de terra de diatomáceas



Na micrografia com adição de 5% de terras ao gesso é possível observar a formação de partículas irregulares, ou seja, a modificação incidente na estrutura cristalina. Os cristais, antes longos, entrelaçados e em formato de agulhas sofrem a quebra da sua estrutura formando aglomerados de cristais não definidos e menores pela interferência das terras (a). A superfície aparenta com mais vazios superficiais (b) do que comparado ao gesso puro, a distribuição e aumento desses vazios pode estar relacionado a não formação completa dos cristais.

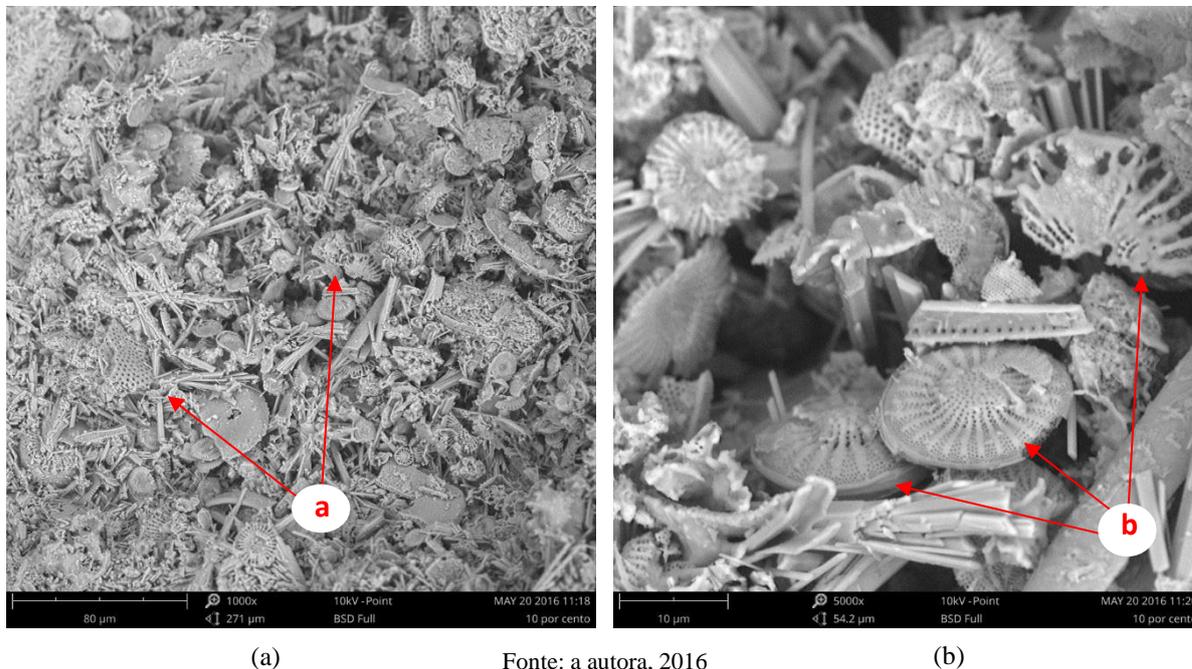
A Figura 31 (b) compõe a imagem de uma superfície plana do corpo de prova, ou seja, não fraturada. É possível observar, no ponto (c), aglomerados de gesso com partículas de tamanhos uniforme com formação irregular. O ponto (d) é composto por uma única partícula de terra de diatomáceas com sua estrutura quase intacta e no ponto (e), pedaços do microorganismo, possivelmente fragmentado durante o processo de filtragem da cerveja.

#### c. Gesso com adição de 10% de carga de terra de diatomáceas

O MEV foi realizado no corpo de prova com sua proporção definida conforme descrito no item 4.4.1 deste capítulo. Este, com a composição de adição de 10% de terra de diatomáceas ao gesso no processo de confecção. A magnificação da Figura 32 (b) com 10% de adição foge do padrão de 1000x e 3000x sendo esta com ampliação de 1000x e 5000x respectivamente. Isso

se dá devido a falha durante o processo de coleta das imagens que não possibilitou um resultado viável de análise.

Figura 32 - Micrografia do gesso com adição de 10% de terra de diatomáceas

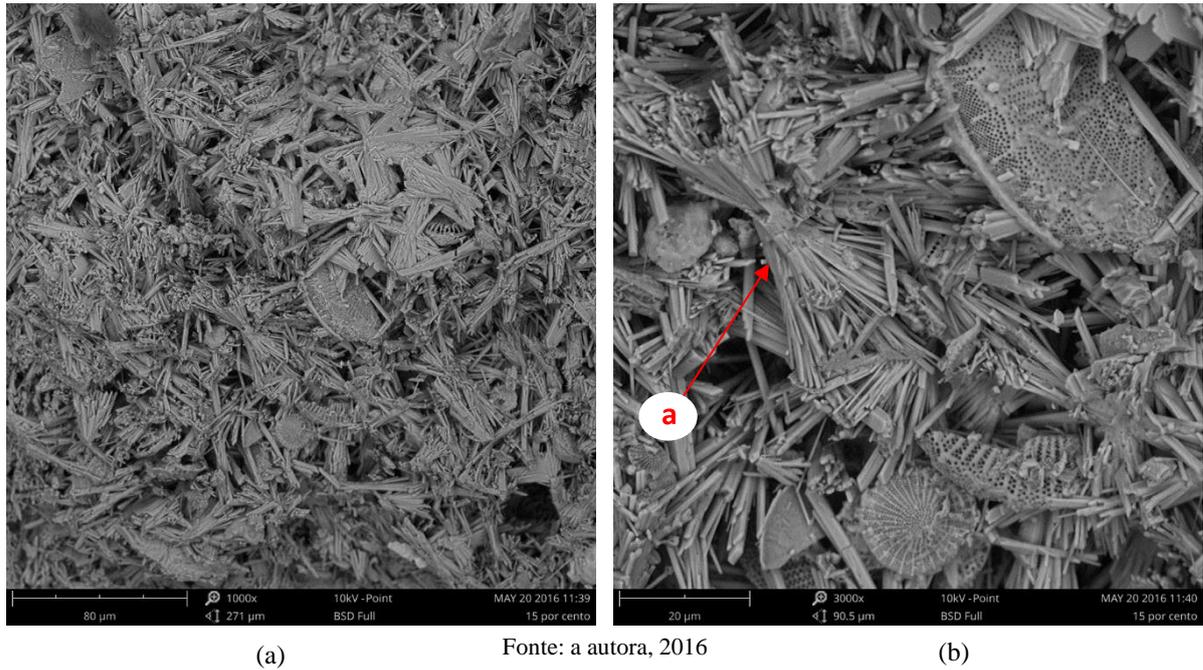


Na micrografia com adição de 10% de terras ao gesso é possível observar a não formação de estrutura cristalina com cristais longos e ordenados sendo as terras responsáveis pela modificação estrutural. No ponto (a) é possível observar a formação de cristais em diferentes tamanhos e a existência das terra de diatomáceas em sua mediação (ponto b). Com o aumento da porcentagem de terras ao gesso é possível notar uma maior atuação das terras no material, sendo estas, responsáveis pela quebra dos cristais.

d. Gesso com adição de 15% de carga de terra de diatomáceas

O MEV foi realizado no corpo de prova com sua proporção definida conforme descrito no item 4.4.1 deste capítulo. Este, com a composição de adição de 15% de terra de diatomáceas ao gesso no processo de confecção.

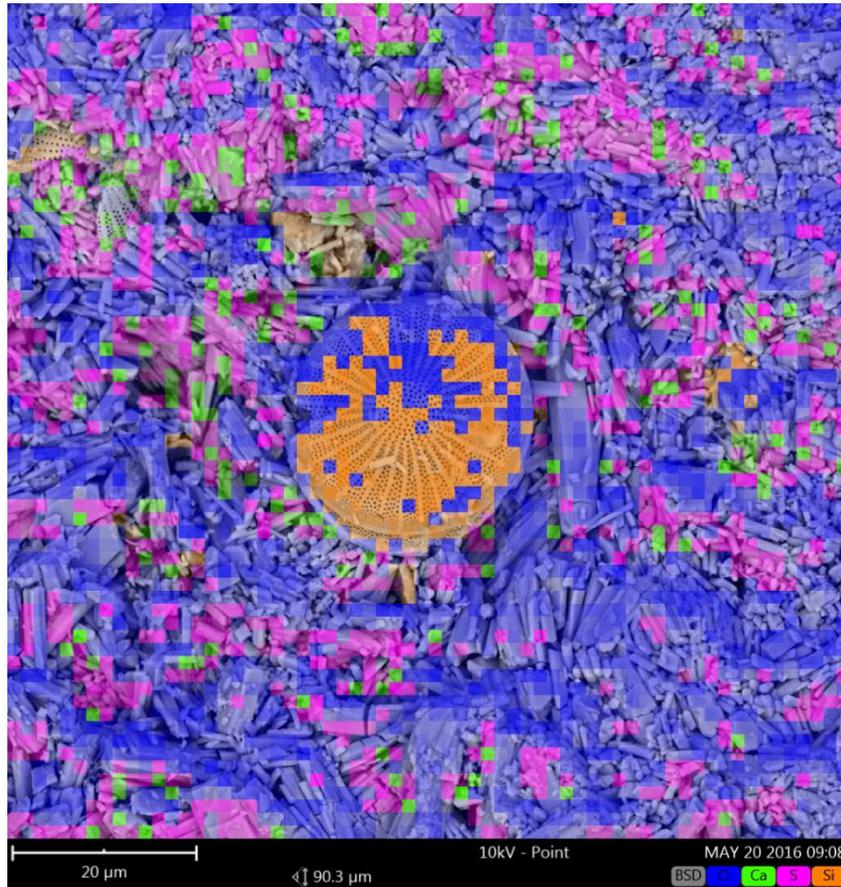
Figura 33 - Micrografia do gesso com adição de 15% de terra de diatomáceas



Na micrografia com adição de 15% de terra ao gesso é possível observar a formação de partículas irregulares e a formação de cristais longos entrelaçados (a). Como dito anteriormente o MEV faz uma análise pontual o que sugere que nas análises de 5% e 10% a local analisado sofreu uma quebra na formação dos cristais o que possibilita a afirmação de que as terras não são distribuídas uniformemente durante o processo de confecção dos corpos de prova.

Foi realizado um mapeamento de análise química topográfico do corpo de prova com adição de 5% de terra de diatomáceas, possibilitando uma percepção da distribuição dos elementos químicos presentes e as possíveis interações ocorrentes entre eles na amostra. Figura 34

Figura 34 - Mapeamento dos elementos químicos da amostra com aditivo de 5% de terra de diatomáceas

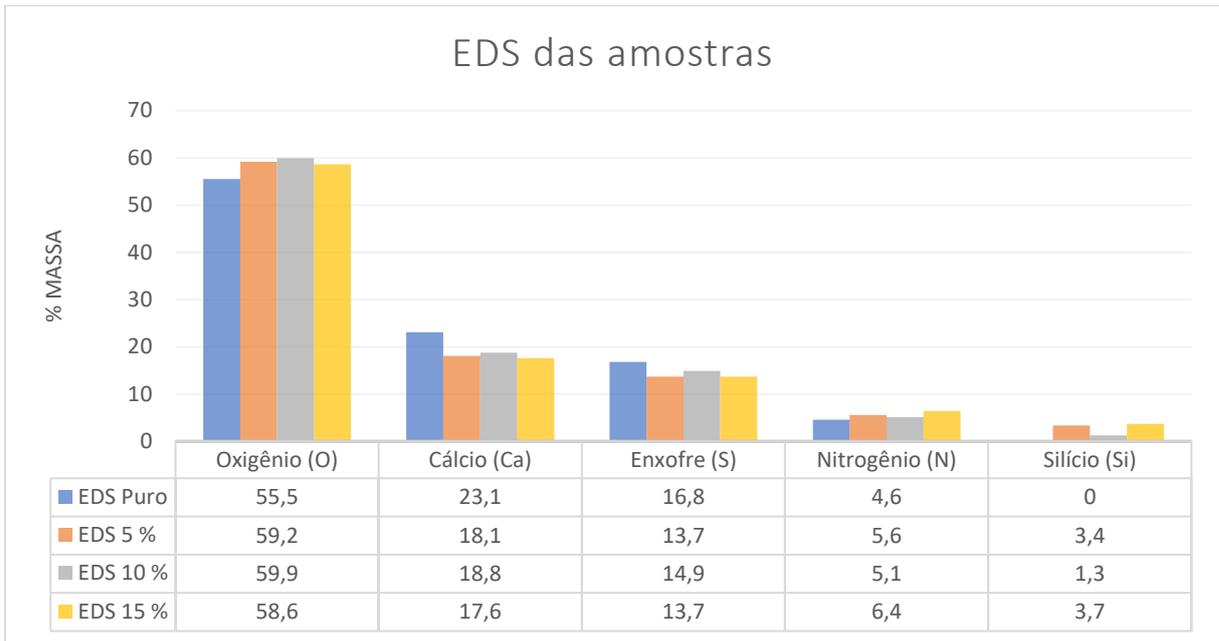


Fonte: a autora, 2016

Observa-se no mapeamento da distribuição de elementos químicos que os átomos de Silício estão envoltos (rodeados) por átomos de Oxigênio, o que sugere que além da interação mecânica, também é possível ocorrer uma interação intermolecular ou até mesmo ligações covalentes entre os átomos de Oxigênio (O) e Silício (Si) formando o Óxido de Silício ( $\text{SiO}_2$ ) que ligam entre si na forma de uma rede covalente. Isto sugere a estabilidade e homogeneidade aparente do material. Presume-se que os demais elementos químicos também formam óxidos e são provenientes do gesso, a formação dos mesmos não é prejudicial à interação das terras com o gesso.

De acordo com as análises realizadas e as imagens obtidas é possível observar a presença das diatomáceas bem como sua interação mecânica e química no compósito. O Gráfico 1 representa a porcentagem de elementos químicos presentes em cada corpo de prova analisado.

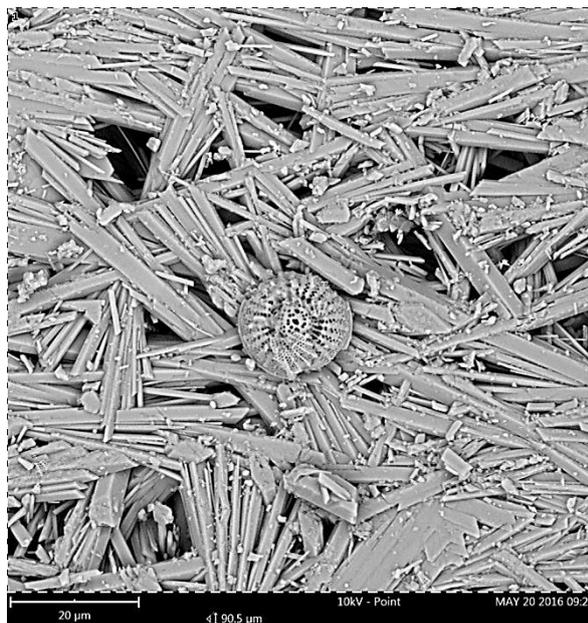
Gráfico 1 Gráfico quantitativo dos elementos químicos. Todas as análises com confiança maior que 90%



Fonte: a autora, 2016

O elemento químico que difere na composição química do gesso e da terra é o Silício, esperava-se uma maior quantidade desse elemento de acordo com o aumento da porcentagem de terra que foi adicionada. No entanto, observa-se uma pequena variação da quantidade de todos os elementos, uma vez que análise realizada é pontual, justifica-se essa pequena variação. A amostra de 10 % foi a que sofreu a maior variação na quantidade de Silício, sendo isso relacionada a região que foi analisada (Figura 35).

Figura 35 - Micrografia da superfície da amostra com aditivo 10% de terra de diatomáceas



Fonte: a autora, 2016

#### 4.4.4 Princípio de Arquimedes

Como citado no item 3.3.4 o Princípio de Arquimedes tem como função a determinação da densidade aparente de um material. As amostras utilizadas durante esse experimento foram: gesso puro e com adição de terra de diatomáceas em 5% (M1); 10% (M2); 15% (M3); 20% (M4) e 25% (M5), conforme descritas no item 4.4.1 deste trabalho. Devido a porosidade do material as amostras ficaram imersas em água durante 24 horas antes da realização do experimento, isso é necessário para que os poros sejam previamente preenchidos com água, e não no momento de pesagem, pois as bolhas causariam vibração e o experimento seria prejudicado.

Figura 36 - Amostras preparadas para Princípio de Arquimedes



Fonte: a autora, 2017

Para realização deste experimento é necessário ajustar a densidade de acordo com a temperatura da água, no momento realizado a temperatura estava em 15°C, sendo a densidade ajustada para 0,9991 g/cm<sup>3</sup> conforme a tabela do Handbook of Chemistry and Physics<sup>16</sup>. Os resultados obtidos deste teste foram:

Quadro 6 - Resultado teste de densidade

Amostras	Massa (g)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
Gesso	1,3972	1,5539
M1	1,201	1,5812
M2	1,6598	1,5389
M3	1,6242	1,4989
M4	1,4997	1,4718
M5	1,0075	1,4662

Fonte: a autora, 2017

<sup>16</sup> Tabela completa disponível em:

[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/286169/mod\\_resource/content/2/TABELA%20DE%20DENSIDADE%20DA%20C3%81GUA%20COM%20A%20TEMPERATURA.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/286169/mod_resource/content/2/TABELA%20DE%20DENSIDADE%20DA%20C3%81GUA%20COM%20A%20TEMPERATURA.pdf)

É notável no Quadro 6 que a densidade varia de forma inversamente proporcional à quantidade de terra de diatomáceas presente nas amostras, com exceção de M1, sendo que o desvio de M1 pode estar relacionado a algum erro durante o procedimento. Conforme observado na microscopia eletrônica de varredura, o GESSO TD possui estrutura porosa, sendo estes vazios geralmente preenchidos por gases que apresentam baixa densidade, logo, o resultado de densidade aparente está de acordo com o esperado.

Uma observação feita em laboratório durante a confecção dos corpos de prova é que a massa de 25 g de terra diatomáceas apresentava um volume (em massa) maior que 25 g de gesso.

## 5 DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL *IN LOCO*

Conforme mencionado no item 3.1 do presente trabalho, foram levadas terra de diatomáceas para que a empresa de artefato sacro tivesse seu primeiro contato com o material estudado. O momento da pesquisa tem sua relevância sociotécnica na autonomia dos funcionários para lidar com as terras de diatomácea na produção das imagens de Nossa Senhora Aparecida.

Sem conhecimento sobre o que seria o novo compósito (no que diz respeito às proporções), Júlio, até então responsável pela fundição, sugeriu utilizar o material levado para entender seu funcionamento. A princípio, ele pensou que as terras seriam um substituto do gesso para produção dos artefatos, foi explicado então que a proposta era adicionar um pouco de terras ao gesso para diminuir a quantidade de matéria prima utilizada. Foram realizados 4 testes empíricos, sem proporções ou delimitações dos materiais utilizados.

Os primeiros testes não funcionaram, pois, o período de secagem do material foi muito longo e isso não favorece a produção da empresa. A quantidade de terra foi sendo reduzida até que seu tempo de secagem fosse eficiente. A reprodução da imagem, bem como sua finalização e pintura, deu certo, porém a mesma não possui uma delimitação da proporção de materiais (Figura 37).

Figura 37 - Imagem sacra confeccionada sem delimitação de proporção



Fonte: a autora, 2017

A resposta de Júlio também foi positiva. Em seu relato sobre a inserção do material disse que mesmo que seja uma quantidade pequena de material inserida ela influencia no montante final de gesso, o que é de grande valia para a empresa.

Este teste foi realizado para aproximar a empresa da pesquisa acadêmica, pois até o momento da intervenção o material era apenas mencionado e ainda muito distante da empresa e seus funcionários. Os resultados foram positivos tanto socialmente, com a interação da empresa, quanto tecnicamente, com a eficiência do material em todas as etapas do processo produtivo da empresa.

Um fato curioso é que do último teste realizado, uma imagem ficou na empresa para que fosse pintada e pudesse ser testada a sua eficiência nas etapas de finalização e pintura. Após a sua pintura a imagem não pôde mais se distinguir das demais, e, na visita seguinte, Pedro, o funcionário responsável pela etapa contou que levou a imagem para ser pintada mas não sabe o que aconteceu com ela. Ele acredita que ela foi vendida com os outros artefatos pois ficou semelhante esteticamente.

Após este momento, no qual os funcionários da fábrica puderam ter o primeiro contato com as terras diatomáceas, a pesquisa teve continuidade em laboratório com a produção dos corpos de prova, discriminados no item 4.4.1 do presente trabalho.

Para um segundo momento de intervenção direta na empresa, que já havia manifestado interesse na incorporação do material ao gesso, foi proposto aos funcionários da empresa que as imagens fossem desenvolvidas novamente, porém, com as matérias-primas levadas pela pesquisadora.

Ao todo, os funcionários receberam 3 propostas de materiais para a realização de 3 testes com cada uma das propostas. Cada teste corresponde à reprodução de duas (02) imagens de Nossa Senhora Aparecida em moldes de 15 cm de altura, totalizando então 18 imagens ao final dos testes.

Ressalta-se aqui que o interesse da pesquisadora nessa etapa do trabalho se limita à utilização da matéria prima base que é composta por gesso, água e terra de diatomácea. Todos os materiais utilizados foram previamente medidos pela pesquisadora e separados em recipientes para cada um dos testes propostos, o que permitiu então determinar uma média da quantidade dos materiais utilizados para os diferentes processos, na prática.

Outro ponto importante que deve ser ressaltado nesta etapa da pesquisa diz respeito à quantidade dos materiais utilizados. Os testes realizados em laboratório e também o material separado antecipadamente pela pesquisadora possuem medidas precisas que foram realizadas

com as ferramentas adequadas, condição diferente do que é encontrado dentro da pequena empresa.

Além do uso de vasilhames e ferramentas improvisadas, muitas vezes produzidas pelos próprios funcionários, a reprodução das imagens na fábrica é realizada de maneira empírica e cada fundidor possui seu próprio método. As medidas realizadas então possuem valor aproximado, pois foram desprezados os valores dos resíduos que ficam nos vasilhames e os que caem para fora durante o manuseio, o que aproxima ainda mais da realidade da empresa em relação ao desperdício. Porém, cabe aqui ressaltar que, como foi um teste e a presença da pesquisadora não é neutra no ambiente de trabalho, os valores de perda durante o processo foram mínimos, tendo o funcionário um maior cuidado no manuseio para esses testes.

### 5.1 Primeira proposta – Gesso puro

A primeira proposta levada para os fundidores foi realizar 3 testes utilizando apenas gesso e água, ou seja, materiais já utilizados por eles na rotina da empresa.

Foram pesados 3 sacos bases com aproximadamente 500 g cada um, vários sacos extras de gesso com quantidades variáveis (aproximadamente 180 g cada) e garrafas de água tipo pet de 2 litros cada (Figura 38). A utilização de sacos extras de gesso possibilitou que a quantidade utilizada não ficasse limitada. Para a proposta o funcionário utilizou um saco base e um saco extra em cada teste totalizando os valores representados no Quadro 7.

Figura 38 - Representação gráfica Gesso (G), Água e Gesso Extra (Ge)



Fonte: a autora, 2017

O resultado deste teste possibilitou determinar aproximadamente quanto é necessário para confeccionar 2 imagens de 15 cm e o volume utilizado em cada teste proporciona uma média aproximada de quanto se gasta durante o processo de confecção no dia a dia da empresa. Os resultados numéricos são satisfatórios, pois além da sua proximidade tem-se uma base para posterior comparação da adição das terras.

Quadro 7 - Resultado teste *in loco* - Gesso e Água

	<b>Teste 1</b>	<b>Teste 2</b>	<b>Teste 3</b>	<b>Média</b>
<b>Gesso</b>	684,9049 g	684,5403 g	654,1247 g	674,5233 g
<b>Água</b>	536 mL	546 mL	548 mL	543 mL

Fonte: a autora, 2017

No que diz respeito à experiência do fundidor não há novidades para a pesquisa, uma vez que a proposta era produzir imagens a partir dos métodos e matérias primas já utilizadas na empresa.

Além da percepção da pesquisadora, já mencionada anteriormente, o próprio fundidor comentou sobre os excedentes durante estes primeiros testes. Relatou que esta é uma situação comum na empresa que, segundo ele, não deveria ser comum, pois a perda de matéria prima é muito grande quando o fundidor não é cuidadoso. Ainda de acordo com o fundidor, no final do dia geralmente há uma “montanha” entre o saco de gesso e pote que é utilizado para realizar a mistura, alguns fundidores reutilizam esse material que caiu durante o “caminho”, outros não.

Figura 39 - Imagem resultado da Proposta 1 após secagem e acabamento de pintura



Fonte: a autora, 2017

Em relação a pintura da imagem não houve nenhum problema com a absorção de tinta, sendo este processo, utilizando gesso e água, comum no cotidiano da empresa.

## 5.2 Segunda proposta – Gesso e Terra de Diatomáceas

A segunda proposta foi realizar o mesmo teste, duas imagens com 15 cm de altura cada, três vezes, porém desta vez adicionando também as terras diatomáceas. Foram então fornecidos para cada teste sacos de gesso pesados com aproximadamente 500 g cada um, sacos de terra de diatomáceas com aproximadamente 300 g cada e garrafas pet contendo 2 litros de água cada (Figura 40).

Realizar este teste por 3 vezes possibilita ao fundidor uma maior percepção do material proposto e a determinação de uma média ou técnica para sua utilização eficiente. Neste teste de gesso e terra em recipientes diferentes não foi necessária a utilização de nenhum material extra, apenas um saco base de gesso e outro de terra de diatomáceas previamente pesados pela pesquisadora foram suficientes para cada um dos testes.

Figura 40 - Representação gráfica Gesso (G), Terra de Diatomáceas (TD) e Água



Fonte: a autora, 2017

No Quadro 8 é possível observar as medidas utilizadas pelo fundidor<sup>17</sup>, essas medidas se aproximam apesar de não ser utilizado nenhum tipo de equipamento para a dosagem de gesso e terras. Para acrescentar a água o funcionário utiliza uma medida fixa, porém em um recipiente improvisado sendo utilizado uma embalagem de cola branca de 1 litro que é recortada formando uma espécie de copo.

Quadro 8 - Resultado teste *in loco* - Gesso, Terra de Diatomáceas e Água

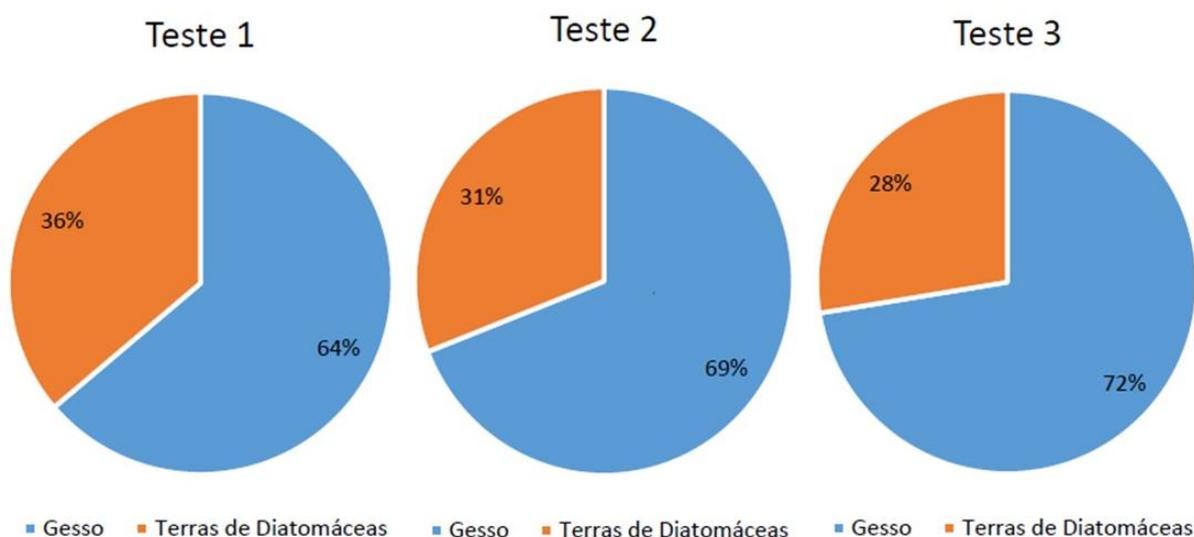
	<b>Teste 1</b>	<b>Teste 2</b>	<b>Teste 3</b>	<b>Média</b>
<b>Gesso</b>	309,9293 g	306,7386 g	433,051 g	349,9063 g
<b>Terra de Diatomáceas</b>	176,172 g	137,3233 g	165,0234 g	159,5062 g
<b>Água</b>	602 mL	532 mL	662 mL	599 mL

Fonte: a autora, 2017

É possível observar um padrão e uma média aceitável da utilização do material. Quando transformada em proporções a mistura feita pelo fundidor se aproxima da proposta do GESSO TD e seu teste realizado em laboratório, superando as expectativas de terra de diatomáceas no material conforme a Figura 41.

<sup>17</sup> “fundidor” é como os funcionários da empresa, responsáveis pelo processo de mistura do gesso se denominam

Figura 41 - Gráfico de proporção entre gesso e terra de diatomáceas



Fonte: a autora, 2017

As percepções da pesquisadora e pelo relato do fundidor enquanto manuseava o material é que: no Teste 1 o fundidor tentava entender como o material iria se incorporar ao gesso, conseguiu chegar a uma proporção de 36% de adição de terras no gesso. Nos dois testes em seguida a porcentagem de adição de terra reduziu. Isso se deu devido às observações do fundidor durante a mistura e envase do material no molde.

A primeira observação feita por ele em relação à mistura é de que o gesso tem que ser colocado primeiro e depois as terras diatomáceas, pois as terras parecem absorver água mais rápido e criar uma “pasta dura” que dificulta a mistura. Em relação ao tempo de secagem a observação do fundidor é de que, diferente do gesso puro, quando incorporadas as terras, durante a secagem o material não esquenta e seca mais rápido. Segundo ele é indiferente para a produção o material esquentar, porém a secagem mais rápida facilita quando se é necessário utilizar o mesmo molde novamente.

Sobre a inserção do material na cadeia produtiva da empresa o funcionário aponta que esta é uma possibilidade que não implicaria problemas ou grandes mudanças para a confecção dos artefatos. Comenta que o ato de levar a mão até o recipiente em que o gesso fica armazenado é uma ação automática e mudar essa rota, colocando um recipiente de terras ao lado, não seria um obstáculo para o fundidor.

Figura 42 - Imagem resultado da Proposta 2 após secagem e acabamento de pintura



Fonte: a autora, 2017

Em relação ao acabamento, realizado após a secagem, e a pintura do artefato não houve nenhuma diferenciação quando comparado ao que é realizado em peças de gesso puro. Segundo os funcionários, tanto na parte de acabamento quanto no bordado a imagem aderiu bem a tinta e não houve nenhuma diferença ou dificuldade no processo. O material possui uma boa aceitação da empresa em relação a sua implementação, uma vez que seu desenvolvimento junto aos funcionários foi de grande aceitação e surpreendeu as expectativas dos mesmos.

### **5.3 Terceira proposta – GESSO TD**

A última proposta, assim como as duas anteriores, também proporcionou a realização de 3 testes com o material. Para esta proposta foi levado o material definido em laboratório, ou seja, uma mistura contendo 25% de adição de terra de diatomáceas ao gesso (GESSO TD) e 2 litros de água para cada um dos testes (Figura 43).

Figura 43 - Representação gráfica GESSO TD e Água



Fonte: a autora, 2017

Para a realização do Teste 2 o fundidor teve a necessidade da utilização de material extra, o que não era previsto pela pesquisadora pois a quantidade de material levado para o teste excedia a margem de material esperado para utilização.

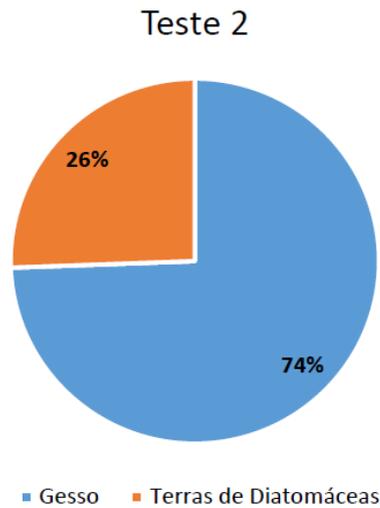
Quadro 9 - Resultado teste *in loco* GESSO TD ( Gesso + Terra de diatomáceas) e Água

	<b>Teste 1</b>	<b>Teste 2</b>	<b>Teste 3</b>	<b>Média entre o Teste 1 e 3</b>
<b>Gesso</b>	375,0609 g	456,9143 g	375,1081 g	375,0845 g
<b>Terra de Diatomáceas</b>	125,0792 g	157,0164 g	125,1132 g	125,0962 g
<b>Água</b>	530 mL	726 mL	554 mL	542 mL

Fonte: a autora, 2017

Quando somado o material excedente utilizado é constatado que o fundidor consegue manter a proximidade com a utilização do material proposto (GESSO TD). Observando que a porcentagem de adição de terras ao gesso no Teste 2 é de 25,58% pode-se concluir que o material não é de difícil manuseio e complexidade de entendimento para ser inserido em uma cadeia produtiva com pessoas que possuem certa afinidade para trabalhos com gesso.

Figura 44 - Gráfico de proporção entre gesso e terra de diatomáceas no Teste 2



Fonte: a autora, 2017

As impressões do fundidor após os testes são de grande valia para a pesquisa. Para ele o GESSO TD não possui nenhuma diferença do gesso convencional e muito menos uma complexidade de manuseio “isso pra mim é a mesma coisa que gesso”, afirma.

Sua percepção é de que se utiliza a mesma quantidade de “gesso”, referindo-se ao novo material, e seu tempo de secagem é menor do que o gesso utilizado por ele atualmente. Novamente o fundidor menciona o calor, relatando que o GESSO TD não possui nenhuma incidência de calor enquanto seca. O material foi bem aceito pelo fundidor que comenta que para eles é uma questão de costume qualquer tipo de material novo inserido no mercado. “Quem quer uma melhoria no processo se adapta para conseguir mais lucro e melhor qualidade no produto”, afirma.

Figura 45 - Imagem desenvolvida pelo funcionário da empresa com o GESSO TD levado pela pesquisadora



Fonte: a autora, 2017

Em relação a pintura e secagem da imagem, assim como na Proposta 2, o funcionário alega não ter notado nenhuma diferença, uma observação feita por ele é a de que quando a imagem acaba de sair do molde ela tem uma cor mais rosada o que antes de realizar a pintura ele dizia que poderia ser uma “vantagem” para a redução de utilização de tinta para pintura base.

Durante a pintura de acabamento e bordado não tiveram nenhum problema com o artefato feito de GESSO TD. É possível observar ainda que não existe nenhum ponto de diferenciação estético das imagens confeccionadas com GESSO TD ou com gesso já utilizado por eles.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As etapas projetuais reafirmam a interdisciplinaridade do projeto, desde a análise de campo até o desenvolvimento projetual e sua execução. A propensão a perpassar em várias áreas com maior fluidez incorporando aspectos de várias ciências para melhor resultado processual e final está relacionada a formação da pesquisadora como designer e a interdisciplinaridade intrínseca em sua formação

Esta pesquisa tinha como objetivo através dos conhecimentos de Design, Engenharia e Ciências Sociais compreender o *locus* de estudo para desenvolvimento de um novo compósito em laboratório técnico institucional e, posteriormente, sua aplicação em campo em busca de aproximar o novo material a realidade de sua utilização.

Para isso, foram realizadas visitas *in loco*, abarcadas na abordagem sociotécnica, para melhor compreensão do processo produtivo e aproximação da realidade do objeto de estudo. As técnicas de Engenharia permitiram a realização de análises e caracterizações microestruturais, estabelecendo uma melhor compreensão da atuação estrutural do material. O Design por sua natureza intrínseca possibilitou o olhar técnico sobre o social do mesmo objeto, conseguindo unir os elementos presentes na rede e estruturá-los de forma a aproximar a realidade do local de estudo.

Os resultados obtidos em laboratório técnico institucional foram satisfatórios, uma vez que é possível observar que tanto a interação química do GESSO TD quanto mecânica são eficientes, possibilitando uma ampliação desse estudo para outros mercados que utilizam o gesso como matéria prima principal. Vale ressaltar que além dos resultados positivos na análise do material tem-se também uma eficiência de execução, uma vez que o Capítulo 5 deste trabalho nos mostra que a inserção desse novo material na cadeia produtiva de uma empresa não implica em muitas mudanças e os envolvidos, no caso os funcionários dessa empresa em questão, estão dispostos a inovação tecnológica, porém, deixam implícito que seus interesses estão diretamente ligados com as questões econômicas e busca de diferenciação no mercado saturado de produção de imagens sacras na região.

A abordagem sociotécnica aliada à TAR traz uma melhor percepção de instabilidade da rede e do social, uma vez que no decorrer da pesquisa, diante de todas as questões controversas e conflitos familiares, o atual gestor da empresa de artefatos sacros anunciou algumas vezes o fechamento da empresa, porém, reforçando sempre a ideia de que ele abriria a dele própria em sua casa sem vínculo com os demais familiares, apenas a esposa e a irmã. Essa ideia foi intermitente, porém essa ação não aconteceu até o momento atual de fechamento desta pesquisa.

Outro ponto que mostra a instabilidade da rede associada ao social está no falecimento do gestor da microcervejaria parceira do projeto, que acompanhou desde a concepção da ideia até o começo dos testes e análises do resíduo por ele cedido.

No que diz respeito às questões econômicas, o material implicará para a empresa uma redução de até 25% na utilização da matriz de gesso. Atualmente são utilizados aproximadamente 20 sacos de gesso, de 40 kg cada, por mês. Com a adição de terras de diatomáceas no processo produtivo, esse valor seria reduzido para 15 sacos, ou seja, é utilizado aproximadamente 800 kg de gesso por mês, esse número seria de 600 kg com a adição das terra diatomácea. Esses dados são referentes a uma pequena empresa, que utiliza o gesso para a produção de artefatos sacros, no entanto, esta aplicação em larga escala é capaz de promover uma mudança econômica, ambiental e social significativa para a produção de tais artefatos. Ressalta-se aqui que o gesso é uma matéria prima utilizada em diversos setores, não apenas no Brasil. Bem como as indústrias cervejeiras e seus resíduos podem ser encontrados em diversas regiões do globo.

Em suma, o GESSO TD obteve resultados satisfatórios em relação a sua eficiência técnica, tanto no que diz respeito a seu desenvolvimento e análise em laboratório quanto a sua inserção na empresa estudada, viabilizando a implementação real do GESSO TD na cadeia produtiva de empresas que possuem o gesso como matéria prima para confecção de artefatos sacros em gesso.

Após esta constatação da viabilidade do desenvolvimento e aplicação do GESSO TD visualiza-se um aprofundamento no estudo do material, podendo expandir suas aplicações para outras empresas que possuem o gesso como matéria prima, para isso se faz necessária a ampliação dos testes laboratoriais, de forma direcionada às possíveis aplicações propostas.

Este projeto possibilitou a continuidade da pesquisa sendo aprovado um projeto de Demanda Universal do órgão de fomento FAPEMIG (Chamada 01/2016 - APQ-01425-16) para estudo de viabilidade do GESSO TD em placas de gesso para construção civil, ampliando assim a aplicação do material e a contribuição social, tecnológica e ambiental desta pesquisa.

A empresa de artefato sacro não descarta a utilização do GESSO TD em sua produção, mesmo com o encerramento da pesquisa os gestores aprovam a inovação para a produção das imagens da empresa, e a pesquisa segue agora para uma nova fase.

## REFERÊNCIAS

- ASHBY, M. F.; JOHNSON, K. **Materiais e Design: arte e ciência da seleção de materiais no desing de produtos**. Brasil: Elsevier, 2º Edição, 2013.
- ASHBY, M. F.; JOHNSON, K. **Materials and design: the art and science of material selection in product design**. Amsterdam: Elsevier/Butterworth- Heinemann, 2010.
- BONSIEPE , G. **Design como prática do projeto**. Blucher, 2012.
- CARDOSO. R. **Design, cultura material e o fetichismo dos objetos**. In: Arcos, Rio de Janeiro, vol.1, 1998, p.15-39.
- CALLISTER, W. D.; **Ciência Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. LTC, São Paulo, 8ª Edição, 2012
- CASTILHO, E. D. ;REIS, F. J. G. dos.; **Vale do Paraíba: Pessoas, Instituições e Movimentos, Alinea, 2008**
- CERVBRASIL. **Associação Brasileira da Indústria da Cerveja**. Disponível em: < <http://www.cervbrasil.org.br/> >. Acesso em julho de 2017.
- CIEMIL. **Comércio, Industria e Exportação de Minérios Ltda**. Disponível em: < [http://www.ciemil.com.br/interface/index\\_diatomita.html](http://www.ciemil.com.br/interface/index_diatomita.html) >. Acesso em julho 2017.
- COUTO, R. M. S. (org). **Forma do Design: por uma metodologia interdisciplinar**. Editora Rio Books: Rio de Janeiro, 2014.
- DAMAZIO, V. M. M. **Artefatos de Memória da Vida Cotidiana: um olhar interdisciplinar sobre as coisas que fazem bem lembrar**. Tese de doutorado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Filosofia e Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais. Rio de Janeiro, 2005. 285p.
- Departamento de Produção Mineral - DNPM**. Em sumário mineral 2013. Disponível em <[http:// www.dnpm.gov.br/](http://www.dnpm.gov.br/)>. Acesso em julho 2017.
- DENIS, Rafael Cardoso. **Design, cultura material e o fetichismo dos objetos**. Revista Arcos, v. 1, p. 14-39, 1998.

DOSSE, F. **O império do sentido: a humanização das ciências humanas.** Ilka Stern Cohen (trad.), Bauru, SP: EDUSC, 2003.

FONTANA, I. M. **Fatores Críticos de Sucesso para a Colaboração no Design de Sistemas Produto-Serviço,** Curitiba, 2012. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Design, da Universidade Federal do Paraná – UFPR.

GOULART, M. R. et al. **Metodologias para reutilização do resíduo de terra diatomácea, proveniente da filtração e clarificação da cerveja.** Quím. Nova, v. 34, n. 4, p. 625–629, 2011.

JAPIASSU, H. **A questão da interdisciplinaridade.** SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE REESTRUTURAÇÃO CURRICULAR. Secretaria Municipal de Educação, Porto Alegre, 1994.

KINDLEIN Jr., W.; GUANABARA, A. S. **A importância do Binômio Design e Engenharia como Catalisador de Inovação.** Curitiba: Anais 7º P&D Design – Congresso Brasileiro e Pesquisa e Desenvolvimento em Design, 2006. 10p.

KRUCKEN, L. **Design e território: valorização de identidades e produtos locais.** São Paulo: Nobel, 2009

LATOUR, B. **A esperança de Pandora: ensaios sobre a realidade dos estudos científicos.** In: **Filosofia e política.** Editora da Universidade do Sagrado Coração, 2001.

\_\_\_\_\_. **Reflexão sobre o culto moderno dos deuses fe(i)tiches.** Bauru: EDUSC, 2002.

\_\_\_\_\_. **Reagregando o social: uma introdução à Teoria do Ator-Rede.** Salvador: Edufba, 2012.

LATOUR, B.; WOOLGAR, S. **A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos.** Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997

LAW, J. **Notes on the theory of the actor-network: ordering, strategy, and heterogeneity.** Plenum Publishing Corporation, Systems Practice, Vol. 5, No. 4, 1992

LÖBACH, B. **Design Industrial: bases para a configuração dos produtos industriais.** São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2001.

MEYER, G. C. **O Design-Rede: repensando os interesses do design.** *Estudos em Design*, v. 19, n. 1, 2015.

MONTANHEIRO, T.J.; YAMAMOTO, J.K.; SANT'AGOSTINO, L.M.; KIHARA, Y.; SAITO, M.M. **Terras diatomáceas: uma pozolana natural na Bacia do Paraná**, 1994

RAYNAUT, C. **Interdisciplinaridade: mundo contemporâneo, complexidade e desafios à produção e à aplicação de conhecimentos.** PHILIPPI JR, Alindo & NETO, Antonio J. Silva. *Interdisciplinaridade em Ciência, Tecnologia & Inovação*. Barueri, SP: Manole, 2011.

SEBRAE. **Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.** Disponível em: <<https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/microcervejarias-ganham-espaco-no-mercado-nacional,fbe9be300704e410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em julho de 2017.

SOUZA, G. P. et al. **Caracterização de material compósito diatomáceo natural.** *Cerâmica*, v. 49, p. 40–43, 2003.

THOMAS, H.; BUCH, A. (Coord.). **Actos, actores y artefactos: sociologia de la tecnologia.** 1ª Ed, 1ª Reimpressão – Bernal: Universidad Nacional de Quilmes, 2013

VALADÃO, J. A. D.; ANDRADE, J. A. **Entre os Sistemas Sociotécnicos e os Conjuntos Sociotécnicos: Tecnologia Social como Mediação Sociotécnica.** XXXVI Encontro da ANPAD, Rio de Janeiro, 2012.

VARGENS, J. M. C. **Uma abordagem sociotécnica para design e desenvolvimento de sistemas de informação em saúde no âmbito do SUS.** Tese de doutorado. Fundação Oswaldo Cruz. Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica. Rio de Janeiro, 2014. 227p.