

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA MECÂNICA
ENGENHARIA MECÂNICA**

LUIZ ALBERTO MARTINELI RIBEIRO

REENGENHARIA DE UMA PLANTA PILOTO DE CAFÉ SOLÚVEL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA

2021

LUIZ ALBERTO MARTINELI RIBEIRO

REENGENHARIA DE UMA PLANTA PILOTO DE CAFÉ SOLÚVEL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, em Engenharia Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dr. Janaína Fracaro de Souza Gonçalves

Co-orientadora: Profa. Dr. Suzana Lucy Nixdorf

LONDRINA

2021



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina

Diretoria de Graduação
Coordenação de Engenharia Mecânica
Curso de Engenharia Mecânica



TERMO DE APROVAÇÃO

REENGENHARIA DE UMA PLANTA PILOTO DE CAFÉ SOLÚVEL

por

LUIZ ALBERTO MARTINELI RIBEIRO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 07 de dezembro de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em engenharia mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Janáina Fracaro de Souza Gonçalves
Profa. Orientadora

Cláudia Santos Fiuza Lima
Membro titular

Ricardo de Vasconcelos Salvo
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedico este trabalho à Aracy Migliorini
Martineli (*In Memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Estas palavras não são suficientes para expressar minha gratidão a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho. Saibam que minha gratidão a todos será eterna e que nunca me esquecerei do apoio e suporte de cada um.

Agradeço primeiramente a Deus, por guiar minha caminhada até aqui.

A meus pais Luiz Alberto e Maria Valéria por todo suporte e incentivo durante minha trajetória.

A minha orientadora Profa. Dra. Janaína Fracaro de Souza Gonçalves, por todos os ensinamentos passados durante a elaboração deste projeto.

A minha co-orientadora Profa. Dra. Suzana Lucy Nixdorf, por seus conhecimentos passados e apoio fornecido ao “Projeto Café Solúvel”.

A UTFPR, FAUEL e a Fazenda Escola da UEL pelo suporte prestado ao longo da realização deste trabalho.

A Companhia Cacique de Café Solúvel, pela doação dos equipamentos e pelo suporte oferecido.

Aos discentes Marco Patrocínio, Cinthia Harumi e Lucas Vasques, que me antecederam no “Projeto Café Solúvel” e forneceram informações e materiais cruciais à execução deste trabalho.

Aos membros e colegas do “Projeto Café Solúvel” Giovani David Arruda, Luiz Victor Maggi e Vinicius Almeida Felipe, pelo companheirismo e trabalho de equipe desenvolvido.

Aos amigos Ricardo Benez e Igor Rafael Guizelini pelo apoio e ensinamentos passados.

A minha tia Maria Christina, por suas palavras de apoio e incentivo que me motivaram a sempre seguir em frente.

A meu irmão Luiz André que acompanhou de perto parte desta caminhada e nunca me deixou desistir ou desanimar.

A minha namorada e companheira Caroline de Oliveira, por todo apoio e paciência e compreensão.

Aos queridos docentes do curso Prof Dr. Amadeu Lombardi Neto, Prof Dr. Ismael de Marchi Neto, Prof. Dr. Rafael Sene de Lima e Prof. Dr. Roger Nabeyama

Michels, por seus conselhos e orientações ao longo do curso e especialmente nesta etapa final.

A meus colegas de classe pelos momentos de aprendizado e companheirismo.

E a todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

RESUMO

A. M. RIBEIRO, Luiz. **Reengenharia em uma planta piloto de café solúvel**. 2021. 56p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2021.

O café é a segunda bebida mais consumida nos lares brasileiros, ficando atrás somente da água, além de ser um dos produtos que o Brasil mais exporta para todo o mundo. O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um projeto de restauração de uma antiga planta piloto de café solúvel, buscando atualizar e modernizar seus componentes bem como proporcionar versatilidade para operar com outros produtos para uso acadêmico. Por se tratar de um equipamento antigo com pouca documentação disponível para consulta, foi necessário realizar um levantamento de dados técnicos sobre a máquina, por meio de pesquisa e observação, a fim de ter-se um acervo do equipamento para posterior consulta. Também houve a necessidade da realização de testes dos componentes a fim de avaliar sua condição para então realizar-se o planejamento das atividades de *retrofit*, com conclusão prevista até o mês de novembro de 2022.

Palavras-chave: *Retrofit*. Extração. *Spray dry*. Processos de Fabricação.

ABSTRACT

A. M. RIBEIRO, Luiz. **Reengineering a instant coffee pilot plant.** 2021. 56p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Federal University of Technology - Paraná. Londrina, 2021.

Coffee is the second most consumed beverage in Brazilian households, only lagging behind water, besides being one of the most exported Brazilian products worldwide. The present work aims to develop a restoration project of an old soluble coffee pilot plant, seeking to update and modernize its components, as well as provide versatility to operate with other products for academic use. As it is old equipment with lacking documentation available for consultation, it was necessary to carry out a technical data survey of the machine through research and observation, in order to gather a data collection of the equipment for later consultation. It was also necessary to perform components tests in order to evaluate their condition and then carry out the retrofit activities planning, with estimated completion date of November 2022.

Keywords: Retrofit. Extraction. Spray dry. Manufacturing Process.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Esquema de fabricação do café solúvel..... | 19 |
| Figura 2 - Ciclo de extração e alimentação das colunas..... | 21 |
| Figura 3 - Diagrama de equipamentos – Extração..... | 22 |
| Figura 4 - Esquema coluna de extração..... | 23 |
| Figura 5 - Diagrama: Colunas de extração..... | 24 |
| Figura 6 - Diagrama coluna isolada..... | 25 |
| Figura 7: <i>Spray Dryer</i> | 26 |
| Figura 8 - Diagrama de equipamentos – Secagem..... | 27 |
| Figura 9: Extrator e <i>Spray Dryer</i> | 31 |
| Figura 10: Modelo CAD da estrutura e cilindro do extrator. | 32 |
| Figura 11 - Fluxograma das atividades do projeto. | 35 |
| Figura 12 - Motor alimentação atomizador (4) desmontado para verificação e reparo. | 37 |
| Figura 13 - Placas dos motores. a) Atomizador (4). b) Extrator – água (5)..... | 38 |
| Figura 14 - Rolamentos substituídos nos motores reparados. | 39 |
| Figura 15 - Redutor do atomizador (8) passando por limpeza e verificação. | 40 |
| Figura 16 - Atomizador em operação. | 41 |
| Figura 17 - Aquecedor elétrico (30)..... | 43 |
| Figura 18 - Andamento do processo de <i>retrofit</i> | 53 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Lista de componentes | 29 |
| Tabela 2 - Resultados testes dos motores. | 39 |
| Tabela 3 - Resultados testes redutores e bombas. | 42 |
| Tabela 4 - Resultado testes do aquecedor..... | 44 |
| Tabela 5 - Atividades extrator (pt1). | 47 |
| Tabela 6 - Atividades extrator (pt2). | 48 |
| Tabela 7 - Atividades spray-dry, formato 5W2H..... | 49 |
| Tabela 8 - Atividades gerais, formato 5W2H..... | 51 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-------|--|
| ABICS | Associação Brasileira da Indústria de café solúvel |
| CAD | <i>Computer Aided Design</i> |
| CONAB | Companhia Nacional de Abastecimento |
| GPL | Gás Liquefeito de Petróleo |
| HP | <i>Horse Power</i> (unidade de potência) |
| FAUEL | Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da UEL |
| kW | <i>Kilowatt</i> (unidade de potência) |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 ESTRUTURA DO TRABALHO | 13 |
| 2 OBJETIVOS | 15 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL | 15 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 15 |
| 3 JUSTIFICATIVA | 16 |
| 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 18 |
| 4.1 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CAFÉ SOLÚVEL | 18 |
| 4.2 PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE SÓLIDO SOLÚVEL | 20 |
| 4.2.1 Extrator da Planta Piloto de Café Solúvel | 22 |
| 4.3 TÉCNICA DE SECAGEM: <i>SPRAY DRYING</i> | 25 |
| 4.3.1 <i>Spray-dryer</i> da Planta Piloto de Café Solúvel | 26 |
| 4.3.2 Outras aplicações do processo de secagem | 27 |
| 4.4 PROCEDIMENTO DE <i>RETROFITTING</i> | 28 |
| 5 METODOLOGIA | 31 |
| 5.1 PRIMEIRA ETAPA: INDICAR EQUIPAMENTOS. | 31 |
| 5.2 SEGUNDA ETAPA: LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES TÉCNICAS | 32 |
| 5.3 TERCEIRA ETAPA: ELABORAR ATIVIDADES DO <i>RETROFITTING</i> | 33 |
| 5.4 QUARTA ETAPA: EXECUÇÃO E AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES. | 33 |
| 5.5 QUINTA ETAPA: VALIDAÇÃO DE ESCOPO. | 34 |
| 6 EXECUÇÃO/RESULTADOS | 36 |
| 6.1 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÃO SOBRE O EQUIPAMENTO | 36 |
| 6.2 TESTES REALIZADOS NOS COMPONENTES: | 36 |
| 6.2.1 Motores: | 37 |
| 6.2.2 Redutores | 40 |
| 6.2.3 Bombas | 41 |
| 6.2.4 Teste aquecedor: | 42 |
| 6.3 TESTES FUTUROS | 44 |
| 6.3.1 Testes de vedação e vazamento | 44 |
| 6.3.1.1 Circuito de água do extrator: | 44 |
| 6.3.1.2 Circuito de óleo do extrator: | 45 |

| | |
|---|-----------|
| 6.3.2 Teste atmosférico no queimador..... | 45 |
| 6.4 PLANEJAMENTO | 45 |
| 6.4.1 Atividades Extrator..... | 46 |
| 6.4.2 Atividades <i>Spray-dry</i> | 48 |
| 6.4.3 Atividades Gerais..... | 50 |
| 7 DISCUSSÃO | 52 |
| 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 54 |
| 8.1 CONCLUSÃO | 54 |
| 8.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 55 |
| REFERÊNCIAS..... | 56 |

1 INTRODUÇÃO

Hoje em dia o café é uma das bebidas mais consumidas no mundo, podendo ser comercializado em forma de grão, pó, capsulas entre outros, movimentando a economia do Brasil e gerando empregos desde o século XVIII até os dias atuais. No entanto somente no século XX que se desenvolveu o café em sua forma solúvel, sendo um sucesso imediato na Europa e na América do Norte.

Atualmente o Brasil é o maior produtor de café do mundo, produzindo mais de 63 milhões de sacas de 60 kg ao ano (aproximadamente 3,78 milhões de toneladas). Quanto ao café solúvel o Brasil produziu em 2020 cerca de 116.257 toneladas de café solúvel, sendo 21.762 toneladas destinadas ao mercado nacional e 94.495 toneladas exportadas a 102 países.

A fabricação do café solúvel é feita por meio de alguns processos, sendo estes: torra, *blend*, moagem, extração, concentração, secagem, aglomeração e envase.

Neste trabalho é apresentado o planejamento do processo de *retrofit* de equipamentos que fazem parte do processo de produção do café solúvel, a fim de que estes sejam utilizados em atividades didáticas de ensino e acadêmica, no desenvolvimento de pesquisas. Os equipamentos a serem restaurados são fruto de doação da Companhia Cacique de Café Solúvel, sendo um Extrator de sólido solúvel e um *Spray-Dryer* fabricados pela empresa dinamarquesa *Niro Atomizer*. Por se tratarem de máquinas consideravelmente antigas alguns de seus componentes estão inoperantes ou são considerados obsoletos, desta forma com o *retrofit* busca torna-las operante novamente com seus componentes atualizados.

1.1 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este capítulo apresenta as considerações iniciais sobre o tema, por meio da contextualização e delimitação da proposta do trabalho e também o panorama inicial das atividades.

No capítulo dois são abordados os objetivos deste trabalho, divididos em objetivo geral e objetivo específico. Na seção objetivo geral é apresentado onde

deseja-se chegar com este trabalho, qual o resultado esperado, enquanto que, na seção dos objetivos específicos são as etapas para que se atinja tal resultado, na sequência são apresentadas as justificativas para a realização deste trabalho, quais são seus benefícios e contribuições geradas a sociedade e a comunidade científica.

A partir do capítulo quatro há uma contextualização do tema, buscando apresentar os conhecimentos necessários para a realização deste trabalho. O capítulo inicia com uma contextualização acerca do tema “café” para então adentrar no campo do café solúvel e seu processo de fabricação. É dado destaque aos processos de “extração” e “*spray-drying*” (ou secagem por atomização), os processos são apresentados de maneira geral assim como as informações acerca do modo de funcionamento das máquinas envolvidas no “Projeto Café Solúvel”. Ainda nesta seção são apresentados trabalhos de diferentes áreas onde utilizaram-se equipamentos similares, evidenciando as oportunidades que serão possíveis mediante a finalização do projeto. Por fim é apresentado o conceito de *retrofit* e a metodologia tomada como base para realização deste trabalho.

No capítulo cinco se encontra a metodologia utilizada na realização deste projeto, onde são descritas suas etapas do processo de *retrofit* desde a indicação dos equipamentos até a entrega final e validação do projeto.

O capítulo seis aborda as tarefas executadas seguindo a metodologia do *retrofit*. É apresentada a descrição dos testes tanto dos realizados até o momento deste trabalho, quanto os testes futuros. Na sequência são apresentados as atividades e o planejamento do processo de *retrofit*.

No capítulo sete são reunidos de forma sucinta os principais resultados deste trabalho.

No capítulo oito são apresentadas as considerações finais, evidenciando os desafios superados, os frutos deste trabalho e as expectativas para o futuro do “Projeto Café Solúvel”. Também são sugeridas propostas de trabalhos futuros relacionados a temas relevantes estudados durante a execução deste projeto.

2 OBJETIVOS

A seguir são apresentados o objetivo geral do trabalho e os objetivos específicos, que são as etapas a serem cumpridas para se realizar o objetivo geral.

2.1 OBJETIVO GERAL

Tornar a antiga planta piloto de café solúvel operante novamente, a fim de que seja utilizada como recurso para pesquisa e desenvolvimento, nas mais diversas áreas do conhecimento.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Listar e avaliar a integridade dos componentes;
- A partir da literatura definir uma metodologia simples para o processo de *retrofitting*;
- Levantamento de informações técnicas acerca do equipamento;
- Elaboração do diagrama dos fluxos de extrato, água de alimentação e fluido térmico;
- Testar e atualizar a situação dos componentes;
- Elaboração do planejamento de *retrofitting*, tendo como objetivos o reparo de componentes que não estão em condições de operação e a atualização de componentes obsoletos.

3 JUSTIFICATIVA

Neste capítulo serão apresentadas as, ou seja os benefícios que a realização deste trabalho pode proporcionar a sociedade e a comunidade científica.

Com o avanço da tecnologia muitos equipamentos se tornam obsoletos com o tempo, no entanto, parte destes ainda se encontram operantes. Em virtude disto muitas empresas atualmente adotam o *retrofitting*, que é um processo de modernização e aplicação de novas tecnologias a um equipamento considerado antigo. Esta técnica permite a atualização de processos sem grandes investimentos em novos equipamentos. Portanto a aplicação do *retrofitting* permitirá a restauração e modernização de um equipamento considerado obsoleto, a um custo mais baixo, se comparado com a aquisição de um novo modelo.

Os processos de extração e secagem consistem basicamente em separar componentes solúveis presentes nos mais diversos tipos de compostos orgânicos (como sementes, frutos, vegetais, entre outros) e em seguida separar líquidos de sólidos por meio de evaporação, este tipo de procedimento promove um aumento da vida útil de produtos, além de uma redução dos custos de estocagem e transporte dos alimentos. Por se tratarem de procedimentos com princípios relativamente simples e adaptáveis podem ser implementados em diversas aplicações como, por exemplo: processamento de alimentos, produtos químicos, materiais cerâmicos, insumos agrícolas, tintas, entre outros.

A seguir têm-se listadas algumas das áreas de pesquisas que podem ser beneficiadas com a revitalização destes equipamentos:

- Produção e qualidade de café solúvel: estudo de técnicas para se aumentar a produtividade e qualidade do café;
- Engenharia química e farmácia: estudo e desenvolvimento de novas substâncias a partir de extratos de produtos naturais como medicamentos fitoterápicos entre outros;
- Tecnologia e processamento de alimentos: adaptação para outros tipos de alimentos;
- Engenharia mecânica: possibilidade de aulas práticas a fim de proporcionar aplicação de conhecimentos sobre processos industriais,

instrumentação de equipamentos, manutenção, termodinâmica, entre outros.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentadas as informações consideradas fundamentais para a realização deste trabalho, sendo estas levantadas por pesquisa bibliográfica e documental, observação dos componentes e equipamentos ou então disponibilizada no acervo do “Projeto Café Solúvel” (diretório online atualizado pelos membros do projeto com documentos, imagens ou informações relevantes).

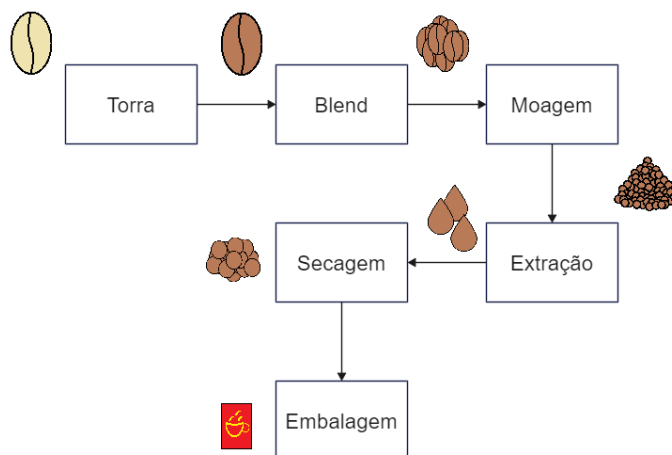
Atualmente o Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, segundo a CONAB (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2021) em 2020 produziu-se cerca de 63,1 milhões de sacas de 60 kg sendo desse total 43,9 milhões de sacas direcionadas a exportação.

Dentre as formas mais comuns de consumo de café tem-se em grão torrado, pó, cápsulas e solúvel, sendo esta última uma forma de consumo extremamente prática para os consumidores e lucrativa para o mercado brasileiro. No ano de 2020 as exportações de café solúvel fabricado no Brasil chegaram a cerca de 4,1 milhões de sacas, totalizando mais de 94 mil toneladas, apresentando um crescimento de 2,4% em relação ao mesmo período do ano anterior de acordo com o relatório da ABICS (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ SOLÚVEL, 2021)

4.1 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CAFÉ SOLÚVEL

O café solúvel é basicamente o produto final da secagem do extrato do café torrado e moído. A princípio os grãos de café passam pelos mesmos processos utilizados na fabricação do café comum, sendo: torra, *blend* (mistura) e moagem. (PANESAR; TUREK; JEFFS, 1999), seguindo posteriormente para os processos de extração e secagem, estes processos são ilustrados a seguir.

Figura 1 - Esquema de fabricação do café solúvel.



Fonte: Autoria própria (2021).

Durante o processo de torra ocorrem transformações físicas e químicas que promovem no café um sabor e aroma característico. Nesse processo a temperatura, tempo de exposição ao calor e tamanho de grão devem ser controlados, para que as reações químicas ocorram corretamente e a torra seja homogênea. Após esse processo os grãos são resfriados, de maneira a impedir que o processo de torra continue ocorrendo mesmo sem a exposição ao calor, e para condensar as substâncias aromáticas, mantendo-as no interior dos grãos (SILVA; PASQUIM, 2018). Para garantir a qualidade da bebida ou proporcionar um sabor diferenciado realiza-se o *blend*, no qual combinam-se diferentes espécies de café, cada qual com suas características próprias, com o propósito de enriquecer e complementar a mistura desejada (MENDES, 1999).

Em seguida os grãos de café já torrados passam por um processo de moagem. Nesse processo os grãos são fragmentados em partes menores, para aumentar-se a área de contato, proporcionando assim maior rendimento na etapa seguinte (extração). Durante a moagem, também deve-se minimizar as perdas de sabor e aroma ao máximo através da mínima geração de calor no processo, além de se buscar uma distribuição uniforme do tamanho de grão (SILVA; PASQUIM, 2018). Vale notar que o café convencional (coado ou filtrado) já é empacotado para ser comercializado nesta etapa.

4.2 PROCESSO DE EXTRAÇÃO DE SÓLIDO SOLÚVEL

Durante o processo de extração os grãos torrados e fragmentados recebem uma infusão em água quente em colunas de extração de aço inox, extraindo assim os sólidos solúveis e os componentes voláteis (MORAES, 2006).

Este processo ocorre de forma similar ao processo de extração caseira (com filtro de café ou pano, por exemplo) realizado em um único estágio que fornece uma concentração de sólido solúvel de cerca de 1% de massa. Para obter-se uma extração mais eficiente, os processos industriais ocorrem à elevada temperatura e pressão (aproximadamente 180°C e 0,8 a 1,2 Mpa), fornecendo assim valores maiores de concentração, entre 15-25% (CLARKE; MACRAE, 1987; SILVA; PASQUIM, 2018). Outros fatores que devem ser atentados para se garantir a melhor eficiência de extração nesse tipo de processo são: garantir que todos os grãos entrem em contato com a água e retirar-se todo o ar de dentro dos circuitos de água/extrato (GEA, 2019).

Dentre os métodos de extração de café existem três principais: baterias de percolação, parafuso contínuo em contracorrente e sistemas de lama em estágios, sendo o primeiro o mais utilizado, que é o método de extração da planta deste trabalho. Neste sistema o café torrado e moído é mantido como um leito estático, com o fluxo de água quente e contínuo em contracorrente em relação a alimentação, ou seja, o fluxo segue da coluna mais esgotada para a mais “fresca”. Conforme o café na coluna se esgota, esta é isolada no circuito de extração, sendo assim inserida ao fluxo uma outra coluna recém alimentada, assim a borra do café já processada pode ser retirada e a coluna realimentada, sendo novamente inserida no fluxo de extração ao esgotamento da próxima coluna (CLARKE; MACRAE, 1987) este ciclo é apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Ciclo de extração e alimentação das colunas.



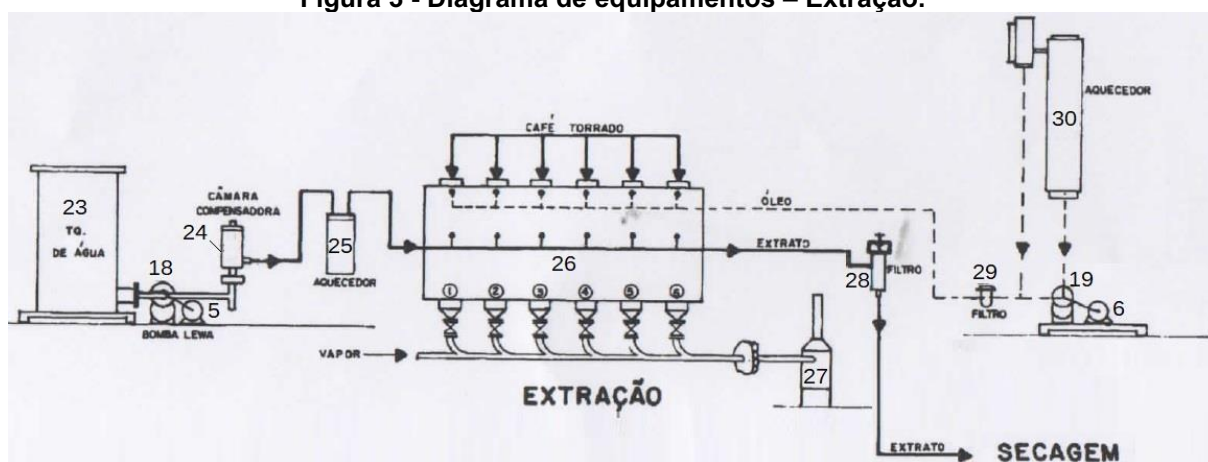
Fonte: Adaptado de (CLARKE; MACRAE, 1987).

Na próxima seção será apresentado o esquema de extração do equipamento avaliado neste trabalho em específico.

4.2.1 Extrator da Planta Piloto de Café Solúvel

Na Figura 3 é apresentado o diagrama ilustrativo do processo de extração do equipamento deste trabalho, neste diagrama encontra-se o fluxo de extrato, os equipamentos que serão abordados posteriormente bem como seus códigos de referência.

Figura 3 - Diagrama de equipamentos – Extração.



Fonte: Adaptado de (CIA CACIQUE DE CAFÉ SOLÚVEL, [s.d.]

O processo de extração se inicia com a alimentação das colunas de extração (26), com água quente. O aquecimento primário da água de alimentação ocorre em um trocador de calor do tipo serpentina (28) onde óleo (que teve sua temperatura elevada em um aquecedor elétrico (30)) aquece a água até a temperatura de alimentação (próximo a 180 °C), em seguida a água é destinada ao circuito de extração (31). A dissolução do sólido solúvel ocorre nas colunas de extração, onde a água por meio da infusão dissolve o sólido solúvel presente nos grãos triturados, nesta etapa as colunas de extração se mantêm aquecidas por meio do escoamento de óleo por um tubo externo, concêntrico em relação ao fluxo de água/extrato, conforme a Figura 4.

Figura 4 - Esquema coluna de extração.

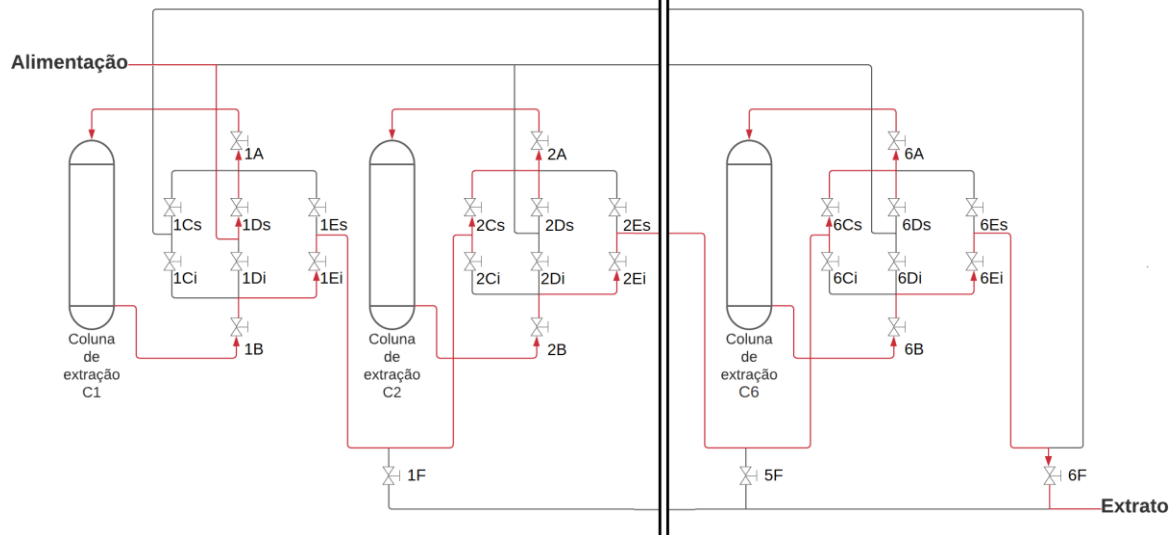


Fonte: Autoria própria (2021).

Após escoar através da coluna o extrato que se encontra novamente no circuito de extração, será direcionado para a próxima coluna ou então coletado para seguir ao processo de secagem.

Por contar com uma vasta quantidade de tubos, válvulas e conexões são possíveis diversas combinações para o fluxo do extrato no interior da máquina, é demonstrado na Figura 5 o arranjo para o fluxo proposto por CLARKE e MACRAE, (1987) apresentado na Figura 2. Nesta configuração tem-se a alimentação de água por meio da abertura da válvula 1Ds, na primeira coluna C1, onde o processo ocorre a partir topo em direção a parte inferior, em seguida por meio da abertura da válvula 1Ei o fluxo é direcionado para a coluna seguinte C2, que diferentemente de C1 é alimentada pela válvula a esquerda 2Cs, onde de forma similar à coluna anterior, o fluxo é direcionado para a próxima pela válvula 2Ei. Este processo ocorre de forma similar à coluna C2 nas demais até a coluna C6, onde ao fim da extração o fluxo é direcionado à saída de extrato por meio da abertura da válvula 6F e o fechamento das válvulas 1Cs e 1Ci.

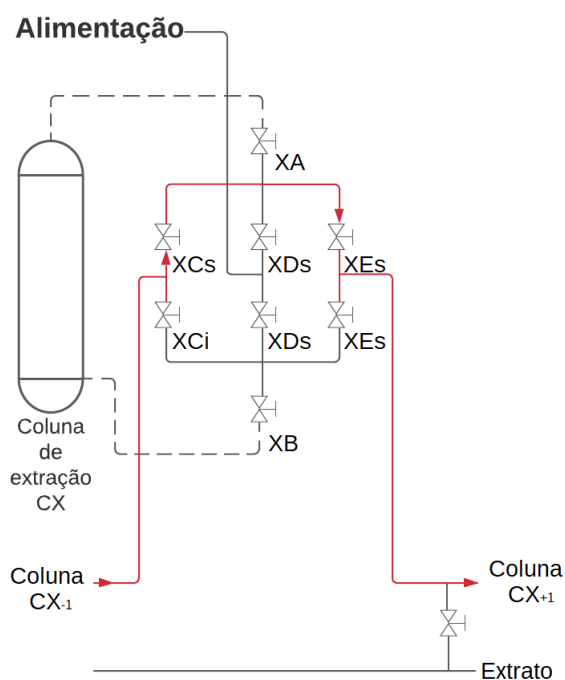
Figura 5 - Diagrama: Colunas de extração.



Fonte: Autoria própria (2021).

Para que seja realizado descarte a borra e alimentação de uma coluna de extração X com café fresco esta deve ser isolada do fluxo, fechando-se as válvulas XA e XB, bem como a abertura das válvulas XC e XE inferiores ou superiores conforme indicado na Figura 6. Em seguida é aberta a válvula de descarte. A água submetida a pressão e temperatura elevadas entra em ebulição “expulsando” os restos da extração, direcionando ao tubo de descarte.

Figura 6 - Diagrama coluna isolada.



Fonte: Autoria própria (2021).

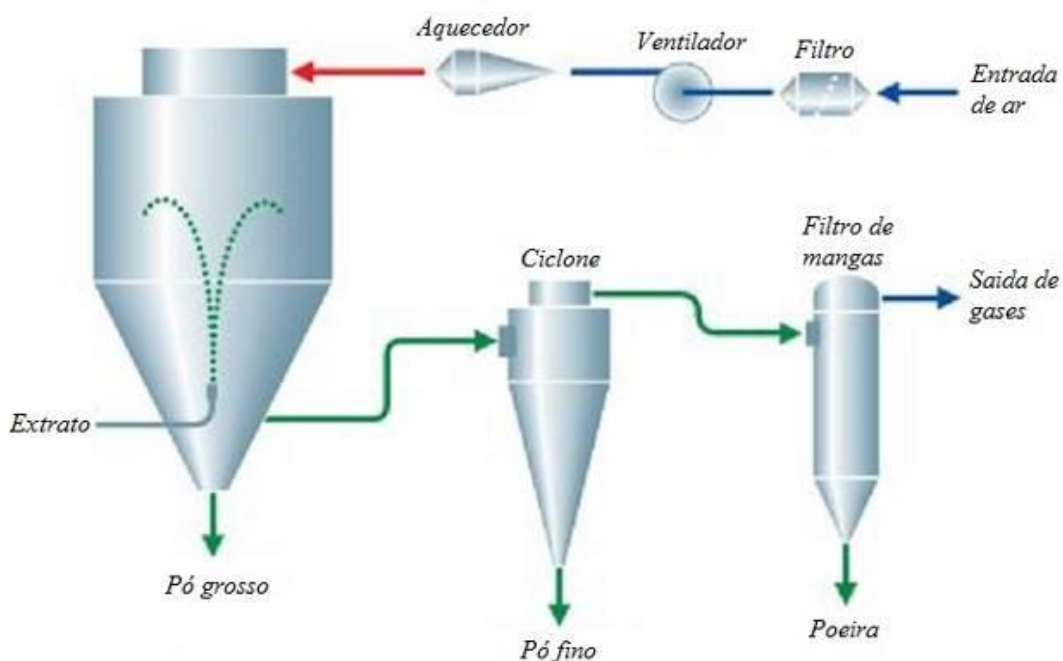
Após a extração o produto passa por mais um processo antes de ser finalmente seco dentro do *spray-dryer*, este processo recebe o nome de concentração, podendo ocorrer em duas formas, por congelamento ou evaporação. A forma por evaporação é mais simples e apresenta um menor custo, no entanto existe uma perda de concentração de voláteis responsáveis pela aromatização do café (ESTEVES, 2006a).

4.3 TÉCNICA DE SECAGEM: *SPRAY DRYING*

O sistema de secagem por *spray-drying* é constituído por: uma bomba de alimentação, atomizador, aquecedor de ar (queimador ou elétrico), câmara de secagem e um sistema separado para coleta do pó dos gases de exaustão (KUTZ, 2007). Nesse processo o extrato concentrado é pulverizado dentro da câmara de secagem, onde a vaporização da água ocorre a partir do contato entre as gotas e as

correntes de ar quente, separando assim a água do sólido solúvel (ESTEVEZ, 2006). A Figura 7 apresenta um esquema de operação de um *spray-dryer*.

Figura 7: Spray Dryer.



Fonte: Adaptado de (GEA, 2019b).

A seguir será feita a descrição da operação do *spray-dryer* trabalhado neste projeto.

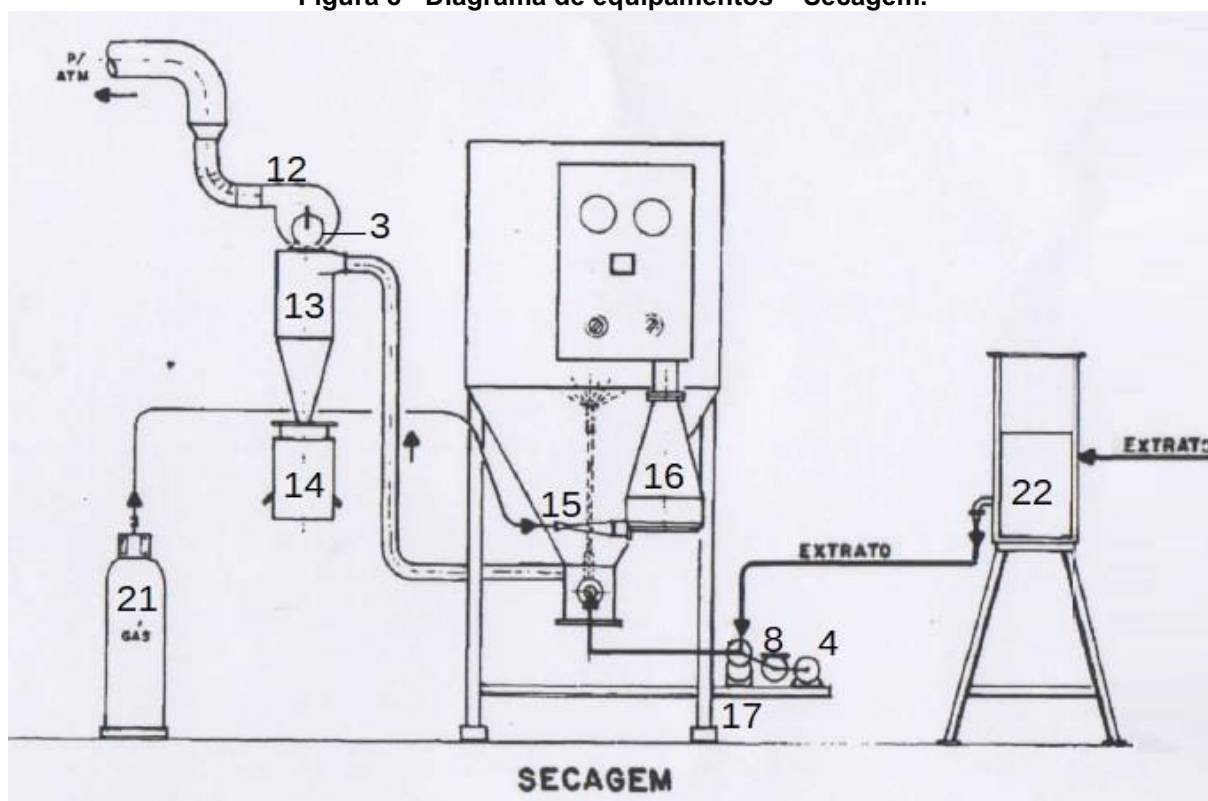
4.3.1 *Spray-dryer* da Planta Piloto de Café Solúvel

Existem diversos modelos de *spray-dryer*, com diferentes modos de operação. Nesta seção apresenta-se a forma de operação do equipamento *spray-dry* avaliado neste trabalho, esquematizado na Figura 8.

O processo de secagem tem início com o extrato sendo pulverizado no interior da câmara de secagem pela bomba do atomizador (17), onde as gotículas entram em contato com ar aquecido pelo queimador (16) utilizando como combustível gás GLP (21), desta forma por meio da evaporação, o sólido solúvel é separado da água. Um exaustor (12) direciona o fluxo a um ciclone (14) onde as partículas são coletadas e o vapor de água é liberado em pressão atmosférica.

Por contar com um exaustor (12), ao invés de um ventilador forçando o ar para dentro da câmara de secagem, este sistema opera com pressão manométrica interna negativa, impedindo assim vazamento do pó atomizado para a atmosfera, reduzindo perdas que possam afetar a eficiência deste processo.

Figura 8 - Diagrama de equipamentos – Secagem.



Fonte: Adaptado de (CIA CACIQUE DE CAFÉ SOLÚVEL, [s.d.]).

4.3.2 Outras aplicações do processo de secagem

Por se tratar de um processo versátil e adaptável outros tipos de produtos é possível encontrar na literatura trabalhos onde é utilizado o *spray-dry* para secagem de outros produtos como: caju e graviola, além de produtos para alimentação animal

FARIA et al., (2000) avaliou o valor nutritivo de leveduras de recuperação seca por rolo rotativo ou por *spray-dry* na dieta de coelhos em com 50 dias de idade. Os coelhos foram divididos em três grupos, um recebendo uma dieta de referência e outros dois com as dietas testadas. Avaliou-se os coeficientes de digestibilidade, proteínas, fibras e energia, concluindo assim que as leveduras de recuperação secas por *spray-dry* são mais nutritivas.

BARBOSA et al., (2007) demonstrou que o uso de plasma sanguíneo em pó, obtido pelo processo de *spray-drying* aumenta o ganho de peso médio diário de leitões em fase de desmame. Neste estudo concluiu-se que os níveis de plasma sanguíneo em pó devem ser de 4,3%; 2,5% e 1,3% na primeira, segunda e terceira semana de dieta pós desmame de leitões.

ROCHA et al., (2014) buscou estabelecer as melhores condições operacionais de secagem de suco de caju. Por meio de análises físico-químicas e a caracterização do suco integral de caju e seu pó foram avaliados parâmetros como umidade, pH, acidez, entre outros e selecionados os seguintes parâmetros de operação: Vazão de ar quente ($3,75 \text{ m}^3.\text{min}^{-1}$), temperatura do ar de entrada ($178 \text{ }^\circ\text{C}$), velocidade de alimentação ($0,55 \text{ L.h}^{-1}$) e concentração de maltodextrina (30%).

CAVALCANTE et al. (2017) avaliou a influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de maltodextrina às características da polpa de graviola em pó, como a umidade, escurecimento e as características das partículas por exemplo, neste estudo foi possível concluir que o aumento da temperatura de secagem e a concentração do agente carreador a umidade do pó final é reduzida. Para o processo avaliado foi observado que os parâmetros de temperatura de secagem de 169°C e concentração de maltodextrina em 17% forneceram os melhores resultados, com o produto final apresentando partículas de formatos esféricos de diversos tamanhos de superfície lisa e uniforme além de não haver escurecimento do pó (fenômeno que normalmente ocorre em produtos ricos em açúcares), alta solubilidade e rápido tempo de reidratação considerando assim bons parâmetros para secagem deste tipo de produto.

4.4 PROCEDIMENTO DE RETROFITTING

Tem-se por *retrofitting* como uma atividade que visa estender a vida útil de um equipamento por meio de reparos ou melhorias, podendo recondiçioná-lo à sua condição original ou até mesmo modernizando algum equipamento sujeito à obsolescência (SANTOS; FREITAS; SALUME, 2017).

A palavra *retrofit* vem da combinação de duas palavras, *retro*, do latim, que significa mover-se para trás, regressar e *fit*, do inglês, que significa adaptação ou

ajuste. Esta técnica surgiu primeiramente na indústria aeronáutica, mas foi ganhando espaço em diferentes ramos como mecânica, construção, iluminação, climatização, entre outros (LINS, 2016).

No *retrofit* deve-se primeiramente definir o objetivo do projeto e traçar os caminhos necessários para tal objetivo. Desmonta-se a máquina e levantam-se os dados de seus componentes, por meio de conversas com os operadores e mantenedores define-se a melhor forma para prosseguir com o projeto. Baseando-se no projeto inicial da máquina, elabora-se um novo projeto com as melhorias a serem implementadas. Após avaliação e definição do projeto, deve-se aprovar o orçamento para compra dos materiais necessários à restauração; atrasos nesta fase exercem forte influência na data da entrega do projeto. Imediatamente com a chegada dos materiais o projeto entra na fase de execução.

Os componentes considerados obsoletos ou inoperantes que não serão mais utilizados são desmontados e os novos são implementados à máquina. Com o avanço da execução do projeto, pequenos testes são realizados para garantir o funcionamento dos componentes. Dada a conclusão de todas as etapas a máquina é colocada em operação e realizam-se os ajustes finos. Ao final dos testes o equipamento deve ser acompanhado por mais algum período para garantir que esteja totalmente funcional, este tempo varia de acordo com a complexidade do sistema e do número de componentes implementados durante o *retrofitting* (GRAMS; CETNAROWSKI, 2014).

A seguir é apresentada a Tabela 1 com os componentes indicados nas figuras Figura 3 e Figura 8:

Tabela 1 - Lista de componentes

| Conjunto | Código | Descrição | Conjunto | Código | Descrição |
|----------|--------|--------------------------|-----------|--------|--------------------------|
| Extrator | 5 | Motorreductor água | Spray Dry | 3 | Motor exaustor |
| Extrator | 6 | Motor óleo | Spray Dry | 4 | Motor Extrato |
| Extrator | 18 | Bomba de embolo água | Spray Dry | 8 | Redutor Extrato |
| Extrator | 19 | Bomba de engrenagem óleo | Spray Dry | 12 | Ventilador (exaustor) |
| Extrator | 23 | TQ. De água | Spray Dry | 13 | Ciclone |
| Extrator | 24 | Câmara compensadora | Spray Dry | 14 | Armazenamento Ciclone |
| Extrator | 25 | Aquecedor (serpentina) | Spray Dry | 15 | Alimentação queimador |
| Extrator | 26 | Colunas de extração | Spray Dry | 16 | Queimador |
| Extrator | 27 | Descarte | Spray Dry | 17 | Bomba Helicoidal Extrato |
| Extrator | 28 | Filtro extrato | Spray Dry | 21 | Tanque gás |
| Extrator | 29 | Filtro óleo | Spray Dry | 22 | Tanque Extrato |

| | | | | | |
|----------|----|-------------------------|--|--|--|
| Extrator | 30 | Aquecedor elétrico | | | |
| Extrator | 31 | Circuito de alimentação | | | |

Fonte: Autoria própria (2021).

5 METODOLOGIA

Para realização deste trabalho adaptou-se o fluxo do processo de *retrofitting* apresentado por GABRIELLA N. R. DOS SANTOS, SOARES DE FREITAS e KARINA SALUME (2017), sendo cada fase executada separadamente para o extrator e *spray-dryer*. O fluxo definido para este projeto é apresentado na Figura 11.

5.1 PRIMEIRA ETAPA: INDICAR EQUIPAMENTOS.

Na primeira etapa do fluxo do processo de *retrofitting* indicou-se o equipamento a ser analisado e os objetivos da atividade. Neste trabalho os equipamentos as atividades de restauração foram aplicadas ao extrator de sólido solúvel e ao *spray-dryer*, representados na Figura 9, tendo como objetivo a revitalização do equipamento, a atualização de componentes obsoletos e a versatilização das operações, para que os equipamentos possam ser utilizados de forma ampla no meio acadêmico.

Figura 9: Extrator e *Spray Dryer*.



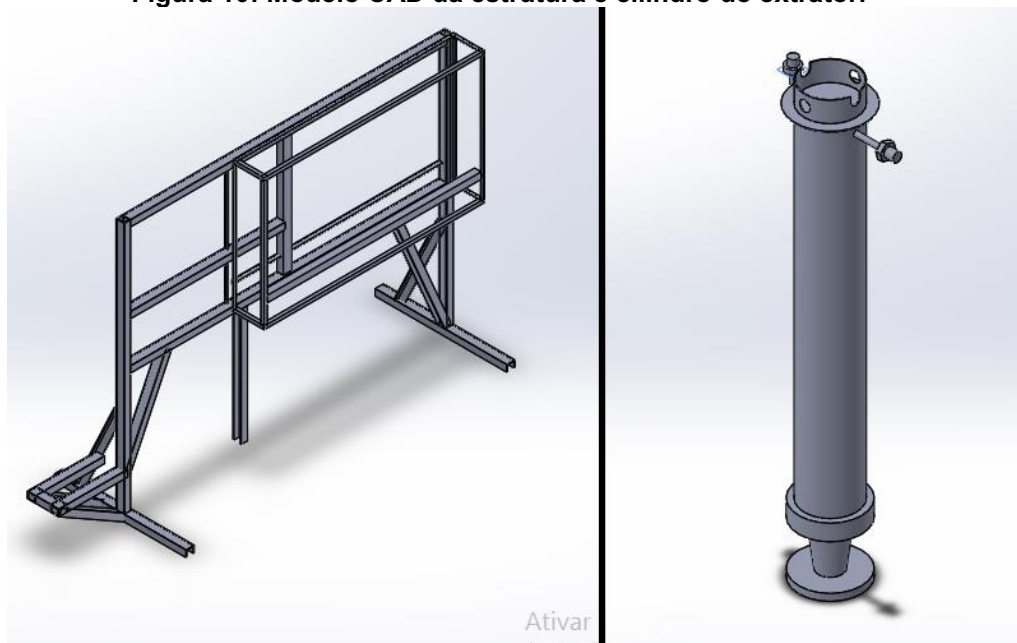
Fonte: Acervo "Projeto Café Solúvel" (2019).

5.2 SEGUNDA ETAPA: LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES TÉCNICAS.

Assim que foram definidos os equipamentos a serem restaurados, realizou-se o levantamento de toda documentação técnica disponível a respeito dos equipamentos. No entanto, por se tratarem de máquinas antigas, do ano de 1963, partes destas informações estão indisponíveis ou desatualizadas. Logo, os levantamentos dos dados técnicos relativos aos equipamentos foram realizados junto à Companhia Cacique de Café Solúvel, pesquisa de equipamentos semelhantes, entre outros, com objetivo de estabelecer um acervo técnico acerca da máquina. Devido à falta de documentação também se propôs a modelagem dos componentes em um *software* de desenho CAD.

Antes do início deste trabalho alguns componentes da planta já haviam sido modelados pelos antigos integrantes do “Projeto Café Solúvel” conforme a Figura 10:

Figura 10: Modelo CAD da estrutura e cilindro do extrator.



Fonte: Acervo "Projeto Café Solúvel" (2019).

Tendo-se a documentação técnica e os modelos CAD foi possível determinar a forma de operação da máquina, desta forma pode-se definir o fluxo dos fluidos dentro da máquina e as configurações de operação. Nesta etapa listou-se os componentes e realizou-se uma análise de degradação, para que na próxima etapa

seja possível determinar quais componentes estavam em condições de continuarem operantes, quais deveriam receber algum tipo de reparo, ou serem substituídos, por algum similar ou mais moderno em caso de obsolescência.

5.3 TERCEIRA ETAPA: ELABORAR ATIVIDADES DO *RETROFITTING*.

Após a análise da integridade dos componentes, realizou-se o levantamento do tempo e recursos necessários para realização do *retrofitting*, sendo possível assim elaborar as atividades referentes à restauração do maquinário, e definir o tempo e recursos a serem alocados para cada atividade.

Nesta etapa, a partir do diagnóstico da análise de desgaste, definiu-se qual trabalho seria realizado em cada componente, como por exemplo, substituição dos rolamentos do motor da bomba do atomizador ou aquisição de novo ventilador para câmara de secagem. Em seguida, realizou-se o levantamento dos recursos e do tempo necessário para cada atividade.

Devido à falta de dados técnicos atualizados do maquinário, existe a possibilidade de que alguns componentes sejam descobertos durante a fase de reforma e, conseqüentemente, seja necessária a elaboração de mais atividades referentes a esses componentes, sendo então um processo interativo com possibilidade de retornos às etapas anteriores.

5.4 QUARTA ETAPA: EXECUÇÃO E AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES.

Cada atividade deve ser realizada assim que os recursos para sua execução estiverem disponíveis, seguindo de acordo com o planejamento realizado.

A cada atividade concluída ou em determinados períodos deve-se parar as operações para realizar avaliações no maquinário, para que seja elaborada uma nova documentação técnica atualizada compatível com as reformas realizadas e verificar se a atividade concluiu seu objetivo e continua seguindo o escopo do projeto. Se a atividade não atingiu seu objetivo, deve-se retornar à fase de elaboração da mesma e rastrear assim a causa do resultado divergente do planejado, podendo ser associado a uma atividade anterior ou à atual.

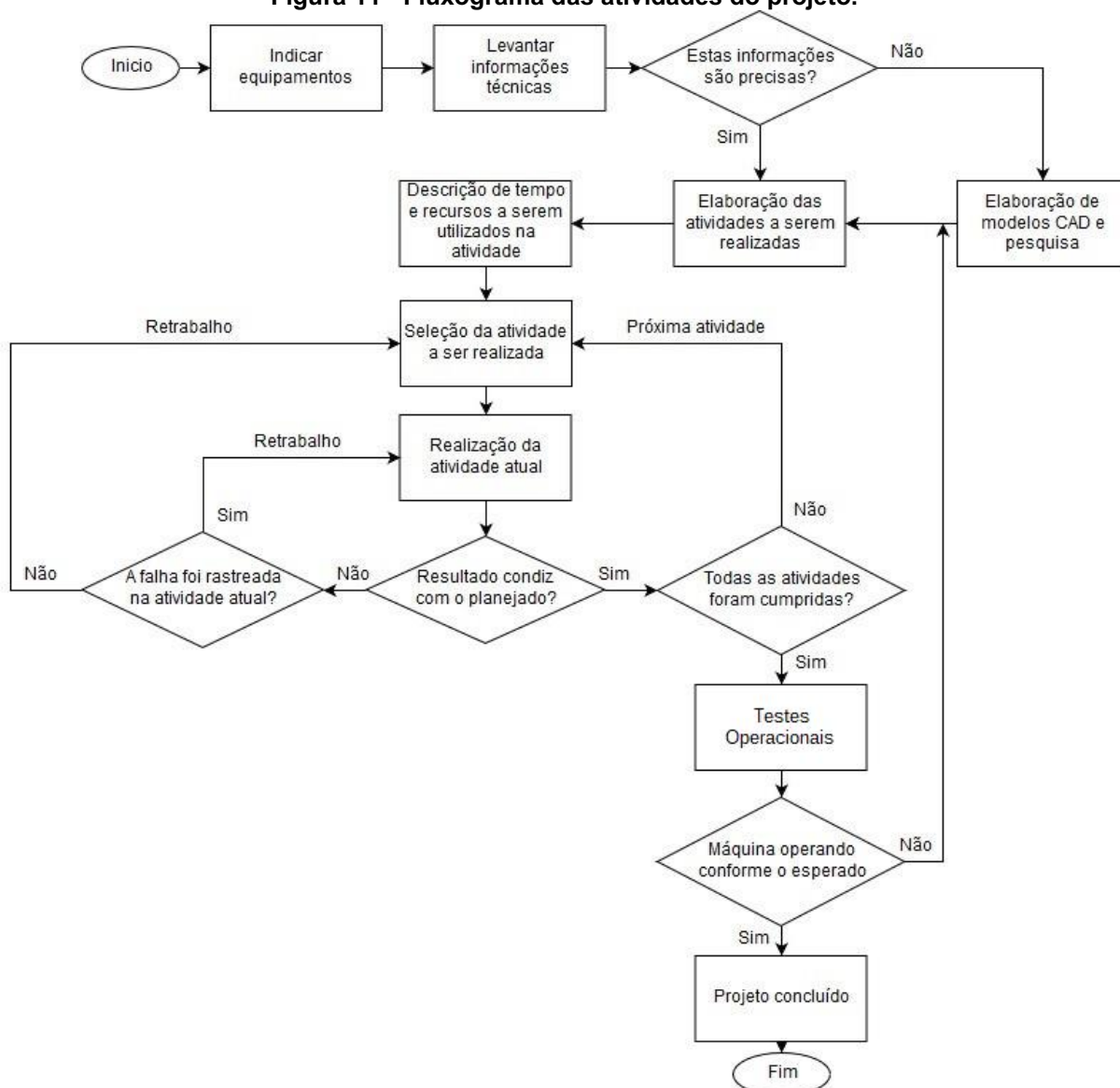
Se a causa do resultado indesejado for rastreada em alguma das atividades anteriores, esta deve passar por uma reanálise e retrabalho. Caso o resultado seja o esperado avança-se para uma nova atividade.

5.5 QUINTA ETAPA: VALIDAÇÃO DE ESCOPO.

Após a conclusão das atividades definidas deve-se realizar uma comparação entre o resultado final e a proposta inicial do projeto. Testes de funcionamento, entre outras inspeções devem ser definidas dentro do escopo do projeto, com o intuito de avaliar se o andamento segue de acordo com o planejamento. Caso não esteja de acordo, devem-se rastrear possíveis causas para as falhas e realizar a elaboração de novas atividades corretivas, retornando assim para o início da terceira etapa.

A Figura 11 demonstra um fluxograma das etapas do processo, nota-se que podem ocorrer realimentações no fluxograma, com a necessidade de realizar novamente etapas iniciais do processo.

Figura 11 - Fluxograma das atividades do projeto.



Fonte: Adaptado de (SANTOS; FREITAS; SALUME, 2017).

6 EXECUÇÃO/RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentadas as etapas realizadas do processo de retrofit e os resultados de cada uma. Na primeira etapa são descritos os resultados do levantamento de informações do equipamento, esta etapa é fundamental para a elaboração do acervo de dados técnicos para consultas posteriores, como manuais de operação e manutenção, entre outros. Em seguida são apresentados os resultados dos testes dos equipamentos e componentes para ao fim descrever-se as atividades planejadas para o andamento do processo de *retrofit*.

6.1 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÃO SOBRE O EQUIPAMENTO

Nas primeiras etapas do processo de *retrofitting* foram indicados os equipamentos e levantadas as informações técnicas. Neste caso por não se ter grande memorial técnico das máquinas disponível para consulta, foi criado um novo acervo com os dados e informações levantadas pelo projeto por meio de pesquisa e observação. Parte das informações levantadas estão apresentadas nas seções 4.2.1 e 4.3.1.

Ao término do processo de retrofitting será gerado um manual contendo estas informações relevantes levantadas nesta etapa, referente à operação e manutenção dos equipamentos.

6.2 TESTES REALIZADOS NOS COMPONENTES:

Antes de se iniciar o planejamento do *retrofitting* foi necessária a realização de testes a fim de verificar a necessidade de manutenção ou substituição de peças e equipamentos, uma vez que devido ao longo período inoperante não é possível ter-se um histórico de quais peças e componentes estão em condições de uso. Nesta seção serão apresentados os testes realizados nos componentes trabalhados.

6.2.1 Motores:

A verificação de motores neste trabalho foi realizada seguindo os passos abaixo:

- 1.Desmontar motor para limpeza e verificação visual da integridade física dos componentes (bobinas, eixos, mancais, etc);
- 2.Verificação das bobinas. Com um multímetro digital, utilizando a escala de continuidade são testados os fios em pares para determinar a integridade das bobinas, bem como determinar quais fios são referentes a cada bobina, este passo é importante para realizar a partida do motor. Ao identificar os fios referentes a cada bobina foi possível realizar a ligação dos motores;
- 3.Teste de isolamento. Neste teste verifica-se se há presença de continuidade entre os terminais do motor e uma região não pintada da carcaça afim de se identificar algum curto-circuito.
- 4.Ligar o motor e verificar a presença de ruído, vibração ou aquecimento das partes. Os motores foram ligados com acionamento do tipo estrela, com uma tensão de 380V.

Foram realizados os testes descritos acima nos dos motores do atomizador (4) e do circuito de água do extrator (5) foram realizados com sucesso.

No teste visual foi constatada a necessidade da substituição da ventoinha e de forma preventiva realizar a substituição do retentor de óleo do motor da bomba de água do extrator (5).

Figura 12 - Motor alimentação atomizador (4) desmontado para verificação e reparo.



Fonte: Acervo "Projeto Café Solúvel" (2021).

Antes da verificação das bobinas e do teste de isolamento de forma preventiva foi realizada a substituição dos fios de alguns dos terminais que apresentavam problemas de isolamento. Após esta substituição foram realizados os testes e constatada integridade das bobinas e que não havia curto circuito no sistema.

No teste em operação ambos os motores apresentaram ruído ao serem ligados, constatando a necessidade de se realizar a substituição dos rolamentos dos eixos dos motores.

Ambos os motores testados são trifásicos com potências de 0,5 HP (0,37 kW) e 0,32 HP (0,24 Kw) respectivamente. Na Figura 13 são apresentadas as placas dos motores.

Figura 13 - Placas dos motores. a) Atomizador (4). b) Extrator – água (5).



Fonte: Acervo "Projeto Café Solúvel" (2021).

Com o apoio da fundação FAUEL foram adquiridos os rolamentos e o retentor necessários para que fosse possível colocar os motores novamente em condições de operação, sendo três rolamentos 6203 e um 6202 bem como um retentor 1846. Na Figura 14 são apresentados o rolamento e os retentores substituídos.

Figura 14 - Rolamentos substituídos nos motores reparados.



Fonte: Acervo "Projeto Café Solúvel" (2021).

Dentre os motores listados não foi possível a realização dos testes nos motores da bomba de óleo do extrator (6) e do sistema de exaustão do *spray-dry* (3), uma vez que estes componentes não se encontram no equipamento e podem ter sido removidos antes da doação. Em virtude disso, posteriormente deve ser realizado um levantamento para selecionar o motor para bomba e um novo sistema de exaustão conforme o planejamento apresentado na seção 6.4.

Após as manutenções realizadas os motores (4) e (5) podem ser considerados operantes, no entanto até que seja realizada a aquisição da ventoinha de resfriamento, o motor da bomba de água do extrator (5) será considerado "operante com limitação", pois este não deve ser ligado por longos períodos de tempo pois devido a ventilação comprometida pode ocorrer superaquecimento do componente. A Tabela 2 apresenta os resultados dos testes de motores realizados neste trabalho.

Tabela 2 - Resultados testes dos motores.

| Motor | 1 Verificação Visual | 2 Verificação das Bobinas | 3 Teste de isolamento | 4 Teste Ligado | Condição atual | Observações |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------------|---|
| Exaustor (3) | - | - | - | - | - | Adquirir motor |
| Atomizador (4) | OK | OK | OK | Substituir rolamentos | Operante | Rolamentos substituídos |
| Bomba de água do extrator (5) | Substituir ventuinha e retentor | OK | OK | Substituir rolamentos | Operante (com limitação) | Rolamentose retentor substituídos; Adquirir ventuinha |
| Circuito de óleo do extrator (6) | - | - | - | - | - | Adquirir motor |

Fonte: Autoria própria (2021).

6.2.2 Redutores

A verificação de motores neste trabalho foi realizada seguindo os passos abaixo:

- 1.Desmontar motor para limpeza e verificação visual da integridade física dos componentes (acoplamentos, engrenagens, polia, etc)
- 2.Teste em bancada com motor correspondente;

Os testes descritos foram realizados nos redutores circuito de água do extrator (5) e do atomizador (8) que foram desmontados e limpos. Em uma verificação preliminar não foi constatada necessidade da substituição de componentes, apenas da aquisição de óleo lubrificante pois os reservatórios de ambos os redutores se encontravam vazios. Com o apoio da fundação FAUEL foram adquiridos 10 litros de óleo 68 para uso na caixa de engrenagens do redutor (5), no redutor (8) e também no mecanismo da bomba (18).

No teste em bancada o redutor do atomizador (8) foi instalado em bancada e testado apresentando funcionamento regular permitindo assim a realização de testes com a bomba de alimentação do atomizador (17). O redutor do circuito de água do extrator (5) foi testado em uma bancada improvisada junto ao motor correspondente e apresentou funcionamento regular, no entanto até o presente momento não foi possível realizar o teste em operação com a bomba de água () por não se ter ainda uma bancada apropriada em que possa ser testado de forma que a bomba não opere a seco.

Figura 15 - Redutor do atomizador (8) passando por limpeza e verificação.



Fonte: Acervo “Projeto Café Solúvel” (2021).

6.2.3 Bombas

As bombas do circuito de água do extrator (18) e do atomizador (17) foram desmontadas e limpas. Na verificação preliminar e inspeção não foi constatada necessidade de substituição de componentes, apenas abastecer o reservatório de óleo da bomba (18).

Propôs-se a realização de um teste com o sistema de alimentação do atomizador ligado fora da câmara de secagem, para verificação do sistema de bombeamento e do atomizador. O teste foi realizado na bancada do *spray-dry* utilizando apenas água como fluido de testes, seguindo os passos abaixo:

1. Abertura dos registros de sucção e preenchimento destes com água para a bomba não partir à seco;
2. Dada a partida do motor;
3. Verificação da sucção e bombeamento do líquido de teste;
4. Verificação da presença de ruídos anormais e vibração.

O conjunto de bomba, motor e redutor (17, 4, 8) apresentou funcionamento regular, passando nas etapas do teste e pôde ser considerado apto para uso, o resultado pode ser observado na Figura 16, com detalhe para o jato de água sendo pulverizado conforme previsto. Futuramente deve ser realizado teste com o extrato concentrado a fim de avaliar o desempenho do sistema com o fluido real de trabalho.

Figura 16 - Atomizador em operação.



Fonte: Acervo “Projeto Café Solúvel” (2021).

O conjunto referente à alimentação de água do extrator (5, 18) até o presente momento não foram testados devido à falta de uma bancada apropriada para fixação segura e um sistema adequado de sucção para que a bomba não parta a seco este teste será realizado futuramente.

Não foi possível realizar os testes com a bomba do circuito de óleo do extrator (19), apenas a inspeção visual, pois não há o motor correspondente (6), portanto deve ser selecionado e adquirido posteriormente.

O processo de seleção e aquisição do motor do circuito de óleo do extrator e a realização dos testes com as bombas de óleo (19) e água (18) do extrator serão apresentados no planejamento na seção 6.4.

A Tabela 3 apresenta os resultados dos testes dos conjuntos com motores redutores e bombas.

Tabela 3 - Resultados testes redutores e bombas.

| Conjunto | Equipamento | 1 Verificação Visual | 2 Verificação em operação do redutor | 3 Teste conjunto em bancada | Condição atual | Observações |
|------------------|-------------------|----------------------------|---|--------------------------------------|-----------------------|--|
| Atomizador | Redutor (8) | OK | OK | OK | Operante | Testar com fluído real de trablho |
| | Bomba (17) | OK | | | | |
| Água do extrator | Bomba (18) | OK | OK | - | Parcialmente operante | Necessária adaptação do sistema de alimentação para testes |
| | Motorredutor (5) | OK | | | | |
| Óleo do extrator | Bomba (19) | OK | - | - | Inoperante | Necessária aquisição do sistema motor (6) da bomba (19) |
| | Sistema motor (6) | - | | | | |

Fonte: Autoria própria (2021).

6.2.4 Teste aquecedor:

Para verificação do aquecedor elétrico (30) serão realizados dois testes: abaixo:

1. Teste do circuito: neste teste é verificado a integridade das resistências elétricas e do circuito de alimentação elétrica do aquecedor.
2. Teste de aquecimento: constatada a integridade do circuito elétrico o aquecedor é preenchido com fluído térmico e é iniciado o processo de aquecimento aos poucos. O circuito do aquecedor permite que as resistências sejam ligadas de maneira individual, portanto nessa fase cada resistência do circuito será ligada individualmente e a

temperatura do óleo será monitorada até que se estabilize ou esteja a uma margem segura da temperatura em relação ponto de fumaça (temperatura de queima) do óleo selecionado.

Ao testar-se foi constatado que todas as resistências estão em funcionamento, no entanto constatou-se que o fio de alimentação de uma das resistências havia se rompido. Este fio será reparado para seguir com os procedimentos, conforme a Figura 17.

Figura 17 - Aquecedor elétrico (30).



Fonte: Acervo "Projeto Café Solúvel" (2021).

Outro fator importante a ser levado em consideração neste componente é o fluido térmico a ser utilizado, por não haver um histórico da máquina terá de ser selecionado um fluido que se enquadre nos requisitos deste projeto. Os principais pontos que devem ser observados para seleção do fluido térmico são: baixa viscosidade, estabilidade térmica na temperatura de operação e alta capacidade térmica e condutividade. Nesse caso os mais indicados são os óleos minerais, desde que durante o processo o fluido não ultrapasse os 300°C (temperatura indicada pelos fabricantes), a partir desta temperatura são indicados óleos sintéticos, no entanto, estes apresentam maior custo de aquisição.

Tanto o teste de aquecimento quanto a seleção do fluido térmico serão realizados posteriormente conforme indicado na seção 6.4, a Tabela 4 apresenta os resultados dos testes realizados no aquecedor.

Tabela 4 - Resultado testes do aquecedor.

| Equipamento | 1 Verificação Visual | 2 Verificação das resistências elétricas | 3 Verificação do circuito | 4 Teste de aquecimen- to | Condição atual | Observações |
|-----------------------|----------------------------|--|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|--|
| Aquecedor elétrico | OK | OK | Fio rompido na alimentação | - | Reparo necessário | Reparar o fio rompido, selecionar e adquirir o flúido térmico |

Fonte: Autoria própria (2021).

6.3 TESTES FUTUROS

Nesta seção serão apresentados os testes a serem realizados após a conclusão deste trabalho, que não foram possíveis de serem realizados devido à falta de alguns componentes ou então devido ao cronograma das atividades.

6.3.1 Testes de vedação e vazamento

Os testes de vedação e vazamento têm como objetivo identificar fissuras, furos ou folgas por onde os fluídos do processo possam escoar devido à diferença de pressão entre a tubulação, reservatórios, etc. em relação a atmosfera. A seguir serão apresentados os procedimentos propostos para realização dos testes nos circuitos de água e de óleo do extrator.

6.3.1.1 Circuito de água do extrator:

Para realização deste teste definiu-se levar a pressão interna da tubulação de água do extrator entre 1,5 e 2,5 vezes a pressão de operação, de forma que, com uma pressão elevada os vazamentos sejam nítidos.

A realização deste teste depende dos componentes responsáveis pela alimentação de água no extrator (5 e 18) estarem operantes, no entanto até a realização deste trabalho a bomba d'água não havia sido testada, além do fato de alguns dos tubos do extrator estarem danificados e a falta dos manômetros das

colunas de extração, que além de permitirem a leitura da pressão em cada etapa do circuito, também realizam a vedação no ponto onde estão instalados, em virtude disto este teste será realizado após este trabalho, conforme o planejamento indicado na seção 6.4.

6.3.1.2 Circuito de óleo do extrator:

O teste de vedação do circuito de óleo do extrator não pode ser realizado, pois o equipamento havia sido doado sem o motor da bomba de alimentação e até o momento da realização deste trabalho o motor em questão ainda não havia sido adquirido, sendo esta uma das tarefas a serem previstas na etapa de planejamento do projeto de *retrofitting* da planta de fabricação de café solúvel (seção 6.4).

6.3.2 Teste atmosférico no queimador

A fim de se verificar o funcionamento do queimador é proposta a realização de um teste atmosférico neste componente. Este teste consistirá em acionar este equipamento sem nenhum sistema de ar forçado (ventilador ou exaustor) fornecendo oxigênio para a queima. O intuito deste teste será verificar o funcionamento e a presença de entupimentos no sistema de alimentação de gás.

6.4 PLANEJAMENTO

Após o teste dos equipamentos é possível definir quais os próximos passos para a realização do *retrofitting*, nesta etapa serão avaliados o tempo e recursos necessários para cada atividade com base nos testes e levantamentos realizados nas etapas anteriores. Será utilizada o 5W2H na elaboração das atividades, esta ferramenta é muito utilizada por ser simples e aplicável em diversas áreas, seu objetivo é responder as questões “o quê? ”, “por que? ”, “onde? ”, “quando? ”, “quem? ”, “como? ” e “quanto? ” (*what, why, where, when, who, how e how much*) auxiliando no mapeamento de atividades a serem realizadas (FILHO; CARREIRA,

2019). As atividades serão apresentadas em tabelas, onde cada linha é referente a uma atividade e as colunas as respectivas questões do método 5W2H.

6.4.1 Atividades Extrator

No conjunto do extrator o grande problema é associado a falta de componentes, desta forma o foco principal é a seleção, levantamento de informações e custo e aquisição de componentes necessários para o andamento dos testes e posterior operação do equipamento. As tabelas Tabela 1 e Tabela 5 apresentam o planejamento das atividades focadas no extrator. Nas primeiras linhas estão listadas as atividades iniciais, as quais já foram desenvolvidas, com seus resultados apresentados anteriormente neste capítulo. Os procedimentos relacionados a levantamentos, seleção e cotação de componentes, materiais ou recursos, como válvulas, sensores e o fluido térmico. Após isso será considerado o prazo para aquisição destes recursos seguido da realização de testes operacionais com os conjuntos e equipamentos montados.

Tabela 5 - Atividades extrator (pt1).

| o quê? | por que? | onde? | quando? | quem? | como? | quanto? |
|--|---|--|-----------------|---------------------------------|---|-----------|
| Desmontagem e limpeza de motores, bombas e aquecedor | Realização de testes preliminares em cada equipamento | Fazenda escola - UEL | mar/21 - abr/21 | Membros do Projeto Café Solúvel | Seguindo as boas práticas de manutenção e utilizando ferramentas e materiais de limpeza adequados | R\$ - |
| Avaliação de componentes e equipamentos defeituosos e cotação | Inspeção superficial antes de testes em operação a fim de reduzir o risco de danos ocasionados pelos testes | Fazenda escola - UEL/Sala do projeto/laboratório | mai/21 | Membros do Projeto Café Solúvel | Inspeção visual, verificação de ruído, aquecimento, vibração, etc. | R\$ - |
| Aquisição de retentor e rolamentos | Realização de testes | - | mai/21 - jun/21 | Membros do Projeto Café Solúvel | Seleção de fornecedor a partir de cotações | R\$ 17,60 |
| Teste de circuito elétrico no aquecedor | Verificar funcionamento a fim de realizar teste de aquecimento | Sala do projeto/laboratório | jun/21 | Membros do Projeto Café Solúvel | Teste de continuidade em resistências elétricas | R\$ - |
| Teste do motor do circuito de água | Verificar funcionamento a fim de realizar teste de vedação | Sala do projeto/laboratório | jun/21 | Membros do Projeto Café Solúvel | Teste de continuidade em resistências elétricas | R\$ - |
| Avaliar válvulas faltantes no extrator e realizar cotação | Refazer o circuito de alimentação para testes e operação | Fazenda escola - UEL | mar/22 | Membros do Projeto Café Solúvel | Tomar como base válvulas disponíveis e realizar cotação junto a fornecedores | R\$ - |
| Selecionar sensores faltantes no extrator e realizar cotação | Refazer o circuito de alimentação para testes e operação | - | mar/22 | Membros do Projeto Café Solúvel | Avaliar tipo de sensor necessário e realizar cotação junto a fornecedores | R\$ - |
| Selecionar fluido térmico a ser utilizado no sistema de extração e fazer cotação | Posterior aquisição do fluido para testes e operação | - | mar/22 - abr/22 | Membros do Projeto Café Solúvel | Avaliação de requisitos como temperatura de operação, viscosidade, etc | R\$ - |
| Reparar elétrica do aquecedor de resistências | Realização de testes e operação | Sala do projeto/laboratório | mar/22 - abr/22 | Membros do Projeto Café Solúvel | Manutenção elétrica, emendar e soldar fios partidos | R\$ - |

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 6 - Atividades extrator (pt2).

| o quê? | por que? | onde? | quando? | quem? | como? | quanto? |
|--|---------------------------------|-----------------------------|-----------------|---------------------------------|--|--------------------|
| Levantamento e cotação de motor para bomba do circuito de óleo | Realização de testes e operação | - | mar/22 - abr/22 | Membros do Projeto Café Solúvel | Seleção de motor ou consulta de acervo. Cotação junto a fornecedores | R\$ - |
| Aquisição válvulas e sensores extrator | Realização de testes e operação | - | mai/22 | Instituições | Seleção de fornecedor a partir de | Cotação necessária |
| Aquisição fluido térmico | Realização de testes e operação | - | mai/22 | Instituições | Seleção de fornecedor a partir de | |
| Aquisição motor bomba circuito de óleo | Realização de testes e operação | - | mai/22 | Instituições | Seleção de fornecedor a partir de | Cotação necessária |
| Teste de vedação circuito de água do extrator | Validação do circuito de água | Fazenda escola - UEL | jun/22 - jul/22 | Membros do Projeto Café Solúvel | Teste de vedação entre 1,5 e 2,5 vezes a pressão de | - |
| Teste de aquecimento do óleo | Validação do aquecedor | Sala do projeto/laboratório | jun/22 - jul/22 | Membros do Projeto Café Solúvel | Teste de aquecimento gradual e controlado | - |
| Teste de vedação circuito de óleo do | Validação do circuito de óleo | Fazenda escola - UEL | jun/22 - jul/22 | Membros do Projeto Café Solúvel | Teste de vedação óleo frio | - |

Fonte: Autoria própria (2021).

6.4.2 Atividades *Spray-dry*

A principais dificuldades encontradas no *spray-dry* são a falta do ventilador de exaustão, que dever ser selecionado e adquirido bem como o sistema de gás, que deve ser dimensionado e posteriormente construído. A Tabela 7 apresenta o planejamento das atividades focadas no *spray-dry* usando a ferramenta 5W2H. De forma similar à seção anterior as primeiras atividades listadas já foram realizadas e descritas anteriormente. Em seguida são as atividades referentes ao dimensionamento, cotação e avaliação de componentes e materiais a serem adquiridos, enquanto que, nas atividades seguintes são considerados os prazos para aquisição e entrega. Por fim o planejamento dos testes operacionais destes equipamentos anexados à máquina.

Tabela 7 - Atividades spray-dry, formato 5W2H.

| o quê? | por que? | onde? | quando? | quem? | como? | quanto? |
|---|---|--|-----------------|---------------------------------|---|--------------------|
| Desmontagem e limpeza do motor, redutor, bomba e atomizador | Realização de testes preliminares em cada equipamento | Fazenda escola - UEL | mar/21 - abr/21 | Membros do Projeto Café Solúvel | Seguindo as boas práticas de manutenção e utilizando ferramentas e materiais de limpeza adequados | R\$ - |
| Avaliação de componentes e equipamentos defeituosos e cotação | Inspeção superficial antes de testes em operação a fim de reduzir o risco de danos ocasionados pelos testes | Fazenda escola - UEL/Sala do projeto/laboratório | mai/21 | Membros do Projeto Café Solúvel | Inspeção visual, verificação de ruído, aquecimento, vibração, etc. | R\$ - |
| Aquisição de rolamnetos | Realização de testes | - | mai/21 - jun/21 | Membros do Projeto Café Solúvel | Seleção de fornecedor a partir de cotações | R\$ 9,60 |
| Teste do motor do atomizador | Validar funcionamento | Fazenda escola - UEL | jun/21 | Membros do Projeto Café Solúvel | Teste de continuidade em resistências elétricas | R\$ - |
| Verificar válvula do queimador | Caso necessária a substituição incluir na cotação do sistema de gás | Sala do projeto/laboratório | mar/22 | Membros do Projeto Café Solúvel | Avaliando a possibilidade de usar o eixo para fixação do manípulo | R\$ - |
| Verificação dos sensores da câmara de secagem | Possibilidade de substituição por sensores mais modernos | Câmara de secagem | mar/22 | Membros do Projeto Café Solúvel | Verificação de precisão | R\$ - |
| Dimensionar sistema de gás e cotar os materiais necessários | Necessário novo sistema pois o antigo não está na planta | Sala do projeto/laboratório | mar/22 - abr/22 | Membros do Projeto Café Solúvel | Utilizando-se de softwares de modelagem e simulação | R\$ - |
| Levantamento e cotação de ventilador para exaustão da câmara de secagem | Realização de testes e operação | - | mar/22 - abr/22 | Membros do Projeto Café Solúvel | Seleção de exaustor ou consulta de acervo. Cotação junto a fornecedores | R\$ - |
| Aquisição sistema de gás | Realização de testes e operação | - | mai/22 | Instituições | Seleção de fornecedor a partir de cotações | Cotação necessária |
| Aquisição ventilador de exaustão do spray-dry | Realização de testes e operação | Câmara de secagem | mai/22 | Instituições | Seleção de fornecedor a partir de cotações | Cotação necessária |
| Realizar teste atmosférico do queimador | Validação do queimador | Sala do projeto/laboratório | jun/22 - jul/22 | Membros do Projeto Café Solúvel | Testar queima de gás sem ar forçado no sistema | - |

Fonte: Autoria própria (2021).

6.4.3 Atividades Gerais

As atividades classificadas como “Gerais”, apresentadas nesta seção serão focadas em ambas as máquinas ao invés de cada uma separadamente, estas são as atividades iniciais e finais do projeto. Nas primeiras atividades foram realizadas a listagem dos componentes e a aquisição de materiais e recursos que serão aplicados a ambas as máquinas, como óleo lubrificante e materiais para a limpeza. Após estas etapas os esforços foram divididos entre os dois equipamentos, conforme as seções 6.4.1 e 6.4.2, para posteriormente serem unificados nas atividades finais, referentes a montagem, testes em operação e acompanhamento do resultado final. Os procedimentos das atividades gerais estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Atividades gerais, formato 5W2H.

| o quê? | por que? | onde? | quando? | quem? | como? | quanto? |
|---|---|-----------------------------|-----------------|---------------------------------|--|--------------------|
| Listagem dos equipamentos e diagramação dos processos | Elaboração da documentação técnica da planta piloto | - | mai/21 - ago/21 | Membros do Projeto Café Solúvel | Pesquisa e observação | R\$ - |
| Aquisição de materiais de limpeza adequado e óleo lubrificante | Realização de testes | - | mai/21 - jun/21 | Membros do Projeto Café Solúvel | Seleção de fornecedor a partir de cotações | R\$ 245,00 |
| Cotação de elementos de fixação e demais materiais para montagem dos equipamentos | Montagem completa para testes de operação | Sala do projeto/laboratório | jun/22 - ago/22 | Membros do Projeto Café Solúvel | Levantamento de materiais em testes de montagens parciais. Cotação junto a fornecedores | R\$ - |
| Aquisição de elementos de fixação e demais materiais para montagem dos equipamentos | Montagem completa para testes de operação | - | ago/22 - set/22 | Instituições | Seleção de fornecedor a partir de cotações | Cotação necessária |
| Montagem dos equipamentos e testes de operação plena | Validação do projeto | Sala do projeto/laboratório | set/22 - out/22 | Membros do Projeto Café Solúvel | Montagem final dos equipamentos e conjuntos a fim de testar a planta integralmente | R\$ - |
| Acompanhamento da máquina em plena operação | Validação do projeto | Sala do projeto/laboratório | nov/22 | Membros do Projeto Café Solúvel | Verificações dos parâmetros de operação e monitoramento de indicadores de funcionamento (vibração, ruído, temperatura, etc.) | - |

Fonte: Autoria própria (2021).

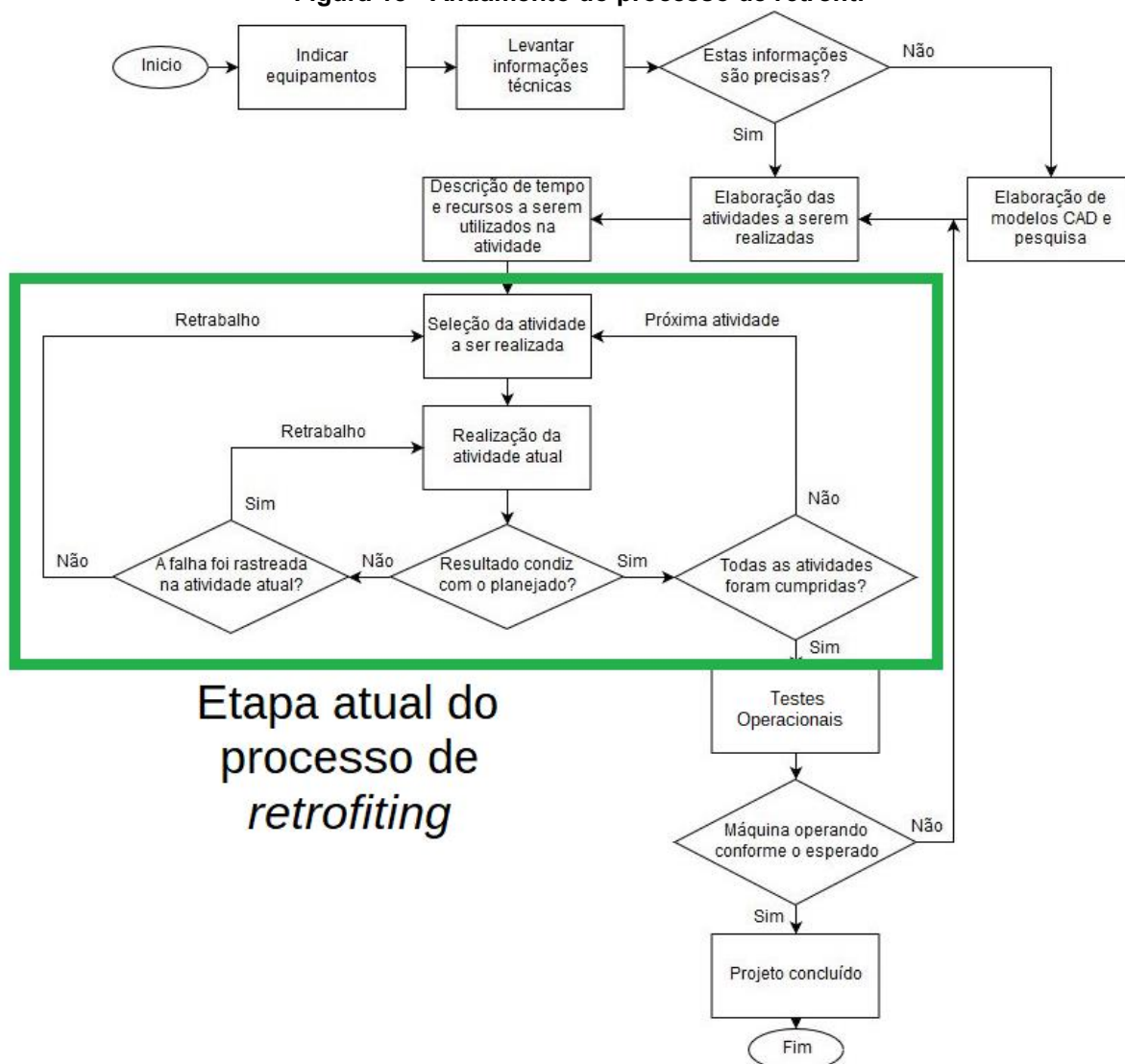
Sabe-se que imprevistos e atrasos podem acontecer ao longo do processo, desta forma as datas e prazos foram determinados com margem para esse tipo de situação, no entanto não há impedimento para que uma etapa considerada posterior seja iniciada imediatamente após a conclusão de uma atividade finalizada antes do prazo determinado.

7 DISCUSSÃO

Neste trabalho foram realizadas as etapas iniciais do processo de *retrofit* da planta piloto de café solúvel. Na primeira etapa foi realizada a indicação dos equipamentos e objetivos do processo. Em seguida fez-se necessária o levantamento das informações técnicas e o teste dos componentes do equipamento, uma vez que devido ao longo período inoperante perderam-se informações e o histórico do equipamento, além das ações de desgaste causadas pelo tempo. Após o levantamento do estado da máquina foi iniciado o planejamento das atividades futuras utilizando a ferramenta 5W2H, também realizada execução das tarefas iniciais listadas no planejamento, como a limpeza dos equipamentos, testes em motores bombas e aquecedor e o teste em bancada do sistema de atomização. Desta forma, dentro da metodologia proposta por este trabalho, foi possível avançar até a etapa de execução das atividades planejadas, conforme indicado na Figura 18, onde as atividades estão sendo selecionadas e executadas dentro do cronograma planejado.

Ao fim do trabalho foi estabelecida a documentação que servirá como acervo e histórico do equipamento para operação e manutenções futuras, contando com a listagem dos componentes bem como diagramas esquemáticos do fluxo e funcionamento do equipamento. O planejamento das etapas do processo de *retrofitting* servirá como base para as próximas etapas da revitalização da planta de fabricação de café solúvel, com conclusão prevista para novembro de 2022.

Figura 18 - Andamento do processo de retrofit.



Fonte: Adaptado de (SANTOS; FREITAS; SALUME, 2017).

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

8.1 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo realizar o planejamento das etapas de *retrofitting* de uma antiga planta piloto de fabricação de café solúvel, visando sua utilização para fins didáticos e de pesquisa.

Desde o início deste projeto sabia-se do grande desafio que seria trazer “de volta a vida” um equipamento tão antigo com quase nenhuma documentação para ser utilizada como base, além disso, por conta da paralização total das atividades por alguns meses devido a pandemia da COVID-19, ocorreram atrasos em algumas das tarefas, no entanto o desafio pode ser superado e o trabalho permitiu compreender melhor o processo de *retrofitting* e as vantagens de se modernizar um equipamento considerado obsoleto.

Durante a etapas do *retrofitting* foi possível superar os desafios de trabalhar com equipamento sem acervo de especificações e informações técnicas, compreender o funcionamento de componentes e equipamentos por meio de pesquisa e experimentação, além de evidenciar a possibilidade da utilização de ferramentas simples (como 5W2H) para fazer o planejamento de um projeto potencialmente desafiador.

Com base na literatura pesquisada estabeleceu-se uma metodologia simples, mas eficaz para realização do processo de *retrofitting*, construiu-se uma documentação sólida para posterior consulta sobre os equipamentos e seu funcionamento, além de apontar o direcionamento para as próximas atividades do “Projeto Café Solúvel” concretizando seu objetivo bem como os caminhos para que estes sejam alcançados.

Por fim este trabalho abre caminho para que o *retrofitting* seja uma ferramenta utilizada por universidades e instituições de ensino para fornecer a vivência real de uma ferramenta utilizada na indústria, além de possibilitar o uso educacional e acadêmico de equipamentos que poderiam ser descartados como obsoletos.

8.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho dá início ao processo de *retrofitting* de uma antiga planta piloto de fabricação de café solúvel, desta forma a continuação deste trabalho acompanhando este equipamento seria interessante a fim de validar as propostas apresentadas ou então propor novas ideias mais adequadas ao processo.

Outro ponto a ser explorado é o próprio processo de fabricação de café solúvel, o desenvolvimento de técnicas de aprimoramento de sabor da bebida e conservação de aromas e componentes voláteis pode contribuir para maior aceitação deste produto no mercado de bebidas.

Além disso os processos de extração e secagem possibilitam a fabricação de outros produtos com diversos benefícios relacionados ao armazenamento, transporte, conservação e extensão da vida útil. Com estes equipamentos é possível o desenvolvimento de extratos de produtos naturais, medicamentos fitoterápicos dentre muitos outros a serem estudados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ SOLÚVEL. **Relatório do Café Solúvel do Brasil - jan 2021**. São Paulo - SP: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ SOLÚVEL, jan. 2021. Disponível em: <http://www.abics.com.br/noticia.php?noticia=270&relatorio_do_cafe_soluvel_do_brasil_janeiro_de_2021>. Acesso em: 29 nov. 2021.

BARBOSA, F. F. et al. Níveis de plasma sanguíneo em pó em dietas para leitões desmamados aos 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1052–1060, ago. 2007.

CAVALCANTE, C. E. B. et al. Avaliação dos parâmetros de secagem da polpa de graviola em pó obtida por secagem em spray dryer. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, n. 0, 17 ago. 2017.

CIA CACIQUE DE CAFÉ SOLÚVEL. **Esquema usina piloto de café solúvel**, [s.d.].

CLARKE, R. J.; MACRAE, R. **Coffee: Volume 2: Technology**. Dordrecht: Springer Netherlands, 1987.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira - Safra 2021 3º levantamento**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acesso em: 29 nov. 2021.

ESTEVES, B. N. **Influência do processo de secagem por pulverização mecânica (spray dryer) no tamanho de partícula e densidade aparente do café solúvel**. text—[s.l.] Universidade de São Paulo, 27 nov. 2006.

FARIA, H. G. DE et al. Valor nutritivo das leveduras de recuperação (*Saccharomyces* sp), seca por rolo rotativo ou por “spray-dry”, para coelhos em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 1750–1753, dez. 2000.

FILHO, S. G.; CARREIRA, M. F. DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS E CONSTRUÇÃO DE UM PLANO DE AÇÃO PARA UMA ACADEMIA DE PEQUENO PORTE. **Trabalhos de Conclusão de Curso do DEP**, n. 0, 2019.

GEA. **Instant Coffee Extractors from GEA**. Disponível em: <https://www.gea.com/pt/binaries/Instant%20Coffee%20Extractors_tcm38-38137.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2019.

GRAMS, C. A.; CETNAROWSKI, E. RETROFIT EM MÁQUINAS INDUSTRIAIS: estudo de caso. p. 62, 2014.

KUTZ, M. **Handbook of Farm, Dairy, and Food Machinery**. [s.l.] William Andrew, 2007.

LINS, J. N. DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA PARA APLICAÇÃO DE RETROFIT EM SISTEMA DE ÁGUA GELADA. p. 132, 2016.

MENDES, L. C. Otimização do processo de torração do café robusta (*Coffea canephora* Conillon) para formulação de blends com café arábica (*Coffea arabica*). 1999.

MORAES, I. V. M. **PROCESSAMENTO DE CAFÉ**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://sbrrt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MTk=>>. Acesso em: 9 jun. 2019.

PANESAR, S. S.; TUREK, E. J.; JEFFS, W. A. **Soluble espresso coffee**, 16 mar. 1999. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/US5882717A/en>>. Acesso em: 8 jun. 2019

RIBEIRO JUNIOR, E. H.; PENTEADO, R. DE F. S. **Modelo para formatação de trabalhos acadêmicos da UTFPR**, [s.d.]. Disponível em: <<http://www.utfpr.edu.br/londrina/cursos/bacharelados/Ofertados-neste-Campus/engenharia-mecanica/tcc/documentos/>>. Acesso em: 14 maio. 2019

ROCHA, É. M. F. F. et al. Obtenção de suco de caju atomizado através do controle das condições de secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 646–651, jun. 2014.

SANTOS, A. G. N. R. D.; FREITAS, L. S. D.; SALUME, P. K. **Restauração e Modernização de Equipamentos Industriais: Um Estudo de Caso Sob A Perspectiva de Gestão de Projeto em Parada de Manutenção**. . In: VI SINGEP. São Paulo - SP: 2017. Disponível em: <<https://singep.org.br/6singep/resultado/306.pdf>>. Acesso em: 6 jun. 2019

SILVA, M. I. DE A.; PASQUIM, T. B. S. Acoffee: indústria de café solúvel. 12 nov. 2018.