

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

GABRIELA CAMARGO MARTINS

**AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DE VINÍCOLAS PARA EXTRAÇÃO
DE ÓLEO VEGETAL EM ESCALA INDUSTRIAL**

**CAXIAS DO SUL
2022**

GABRIELA CAMARGO MARTINS

**AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DE VINÍCOLAS PARA EXTRAÇÃO
DE ÓLEO VEGETAL EM ESCALA INDUSTRIAL**

Trabalho de conclusão de curso II
apresentado como requisito para obtenção
da aprovação na disciplina de Trabalho de
Conclusão de Curso II do curso de
Engenharia Química.

Orientador: Cláudio Antônio Perottoni

CAXIAS DO SUL

2022

GABRIELA CAMARGO MARTINS

**AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DE VINÍCOLAS PARA EXTRAÇÃO
DE ÓLEO VEGETAL EM ESCALA INDUSTRIAL**

Trabalho de conclusão de curso II apresentado como requisito para obtenção da aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Engenharia Química.

Orientador: Cláudio Antônio Perottoni

Banca Examinadora

Prof^a. Dr^a. Janete E. Zorzi
Universidade de Caxias do Sul - UCS

M.Sc. Giovani L. Rech
Universidade de Caxias do Sul - UCS

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todo corpo docente de Engenharia química da Universidade de Caxias do Sul por me proporcionar todas as ferramentas necessárias para tornar-me uma profissional capaz de executar tarefas com a mais alta excelência. Em especial meu orientador, Prof. Dr. Cláudio Antônio Perottoni que aceitou meu convite para embarcar neste trabalho e principalmente por continuar me motivando ao longo dele.

Meu agradecimento especial a minha família (mãe Lisiane, dinda Lisandra, vô Lucir e vô Luiz) que sempre estiveram ao meu lado nos momentos felizes e de êxtase, mas também em momentos tristes. Obrigada por não me deixar desistir e entenderem que minha ausência foi necessária para que eu pudesse alcançar voos mais altos.

Sinto muita gratidão pelo apoio de meu namorado, Eduardo Fülber, que acreditou mais em mim que eu mesma e esteve ao meu lado mesmo em momentos de mais profunda solidão transformando-os em alegria. Obrigada por estar sempre ao meu lado.

Gratidão também aos amigos que fiz ao longo do caminho, a Ecocerta Análises Ambientais e a British American Tobacco - Souza cruz. Em especial ao querido amigo Júlio Barfcknecht por acompanhar minha trajetória desde o primeiro semestre.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Partes da baga da uva	12
Figura 2 - Fluxograma do processo de fabricação de vinho com ênfase na geração de resíduos	15
Figura 3 - Produção de óleos essenciais não cítricos em toneladas no Brasil	16
Figura 4 - Fluxograma simplificado da produção de óleo vegetal bruto via extração sólido - líquido	19
Figura 5 - Diagrama pressão-temperatura do dióxido de carbono com área supercrítica em destaque	20
Figura 6 - Diagrama do equipamento de extração por fluído supercrítico	23
Figura 7 - Resumo do processo para extração do óleo vegetal da semente da uva	30
Figura 8 - Figura 8 - Custo de Extrator Supercrítico versus sua Capacidade em termos de Matéria Prima	33
Figura 9 - Custo de operação Anual versus a capacidade do extrator em termos de Matéria Prima	35
Figura 10 - Variação do VPL em relação a diferentes valores por litro do óleo de semente de uva	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros utilizados para cálculo do valor do extrator supercrítico	32
Tabela 2 - Relação de principais fornecedores de óleo vegetal de semente de uva	36
Tabela 3 - Relação do volume do extrator em litros e o VPL (10 anos)	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEPCI	Custo de Plantas de Engenharia Química (do inglês: <i>Chemical Engineering Plant Cost Index</i>)
CRM	Custo de matéria prima
COL	Custo operacional
COM	Custo de manufatura
CUT	Custo de utilidades
CWT	Custo de tratamento de efluentes e disposição de rejeitos
FCI	Fração de investimento
K	Kelvin
kg	quilograma
kW	quiloWatt
ha	hectare
mm	milímetro
MPa	megapascal
TIR	Taxa interna de retorno
TMA	Taxa mínima de atratividade
VPL	Valor presente líquido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVO GERAL	10
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 AS CARACTERÍSTICAS DA UVA	12
2.2 O CONSUMO DO VINHO	13
2.2.1 Produção de vinho	14
2.2.2 O óleo de semente de uva	16
2.3 EXTRAÇÃO SÓLIDO - LÍQUIDO	19
2.3.1 Extração com fluido supercrítico	20
2.3.2 Extração de óleo de semente de uva com fluido supercrítico	23
2.4 ANÁLISE DE CUSTO	24
2.4.1 Custo direto	26
2.4.2 Custo indireto	28
2.4.3 Valor presente líquido	29
3 MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1 METODOLOGIA	30
3.2.1 Parâmetros de extração supercrítica	30
3.3 ANÁLISE ECONÔMICA	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 PRECIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE EXTRAÇÃO SUPERCRÍTICA	32
4.2 CUSTO DE OPERAÇÃO	34
4.3 PREÇO NO MERCADO	35
4.4 VIABILIDADE FINANCEIRA	36
5 CONCLUSÕES	39
REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

A viticultura é extremamente relevante no cenário agropecuário do Rio Grande do Sul, principalmente na Serra Gaúcha, onde existem inúmeras vinícolas operando atualmente. No processo de produção do vinho, são gerados inúmeros resíduos onde a principal destinação é sua utilização como adubagem e cobertura do solo. Nesta destinação de resíduo, é perdida a possibilidade de extração de diversos compostos que podem vir a ser de interesse comercial, tal como o óleo vegetal das sementes da uva, que pode ser utilizado para fins alimentícios e cosméticos.

O óleo de semente de uva é um produto de alto valor agregado, devido a sua alta atividade antioxidante e por possuir um apelo comercial. A sua elevada atividade antioxidante se deve ao tocoferol e ao resveratrol, compostos da classe das fitoalexinas. O óleo pode ser obtido pelas técnicas de prensagem a frio, extração com solvente, ou então, por extração supercrítica.

A extração supercrítica explora o ponto crítico de uma substância, ou seja, o fluido extrator, normalmente o dióxido de carbono (CO_2), é operado em condições acima da sua pressão e temperatura críticas. Nestas condições, ele adquire propriedades altamente extrativas, tornando-se uma solução viável para a extração de óleos. As extrações por CO_2 supercrítico apresentam rendimentos comparáveis a extrações com solventes, porém sem o inconveniente de se ter uma planta industrial operando com estas substâncias.

O presente trabalho apresenta um estudo da viabilidade econômica de implantação de um extrator supercrítico para extração de óleo vegetal de semente de uva.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a viabilidade econômica de uma planta industrial para a extração com fluido supercrítico, de óleo de semente de uva, proveniente de resíduos de vinícolas da região da Serra Gaúcha.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar uma pesquisa bibliográfica sobre a extração supercrítica de óleo de semente de uva, para se poder definir as melhores condições de extração em escala industrial;
- Dimensionar o reator para extração de óleo vegetal proveniente de semente de uva, de acordo com a quantidade de resíduo gerada na região;
- Realizar um levantamento de custos para a implantação da planta de extração, o custo de operação e o tempo de retorno do investimento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

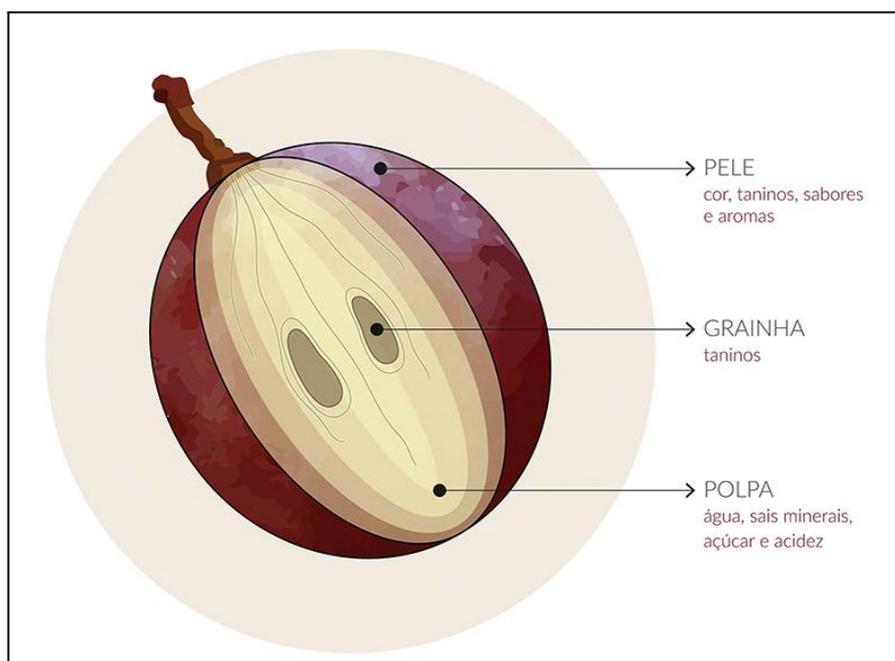
2.1 AS CARACTERÍSTICAS DA UVA

No ano de 2018, a viticultura representou um montante significativo na atividade agropecuária de pequenos produtores do Rio Grande do Sul, e mais de 90 % da produção brasileira de suco de uva e vinhos. Em área plantada, isto representa cerca de 75.941 ha. Nos últimos anos, essa cultura vem aumentando devido a novos cultivares, uso de tecnologias emergentes, processos mais sustentáveis e diversificação da produção (MELLO, 2019). A safra de 2021 de uva, somente no município de Caxias do Sul, foi de 1800 ton, segundo dados de Valduga (2022).

A baga da uva é constituída principalmente por três partes. A primeira é a casca (também chamada de pele), principal doador de tanino para o vinho, cuja função é proteger a semente e a polpa. No processo de fabricação do vinho, pode-se ou não retirar a casca do processo. A segunda parte é a polpa, principal componente em peso (cerca de 85 a 92 % da composição da baga, dependendo da espécie de uva) e é onde se concentra grande parte dos açúcares, da água e dos ácidos orgânicos. A polpa é utilizada integralmente para a produção de suco de uva e de vinho (RABACHINO, 2018).

A terceira parte é a semente de uva, que representa de 2 a 6 % da massa da uva (AMARANTE, 2018). Esta parte do fruto não é utilizada no processo vinícola e tem como seu principal potencial a extração do óleo, presente na composição em torno de 10 a 20 %. Este óleo pode ser extraído da semente de duas formas principais: por extração com solvente a quente e por prensagem a frio. (ROCKEMBACH et al., 2014). Há ainda a possibilidade de extração via fluido supercrítico.

Figura 1 - Partes da baga da uva



Fonte: Passos (2019).

Denomina-se engaço a parte da uva que suporta os grãos. É uma parte herbácea da planta que tem na sua estrutura principalmente água (pois é a parte da planta responsável por levar água e nutrientes para as bagas), matéria vegetal e matéria mineral. Não há em sua composição uma quantidade significativa de açúcares e ácidos orgânicos e, por isto, não é adicionada ao processo de fermentação para a produção de vinho. Caso fosse adicionada ao processo, traria ainda um gosto desagradável ao vinho, por ter característica amarga e adstringente (RABACHINO, 2018).

2.2 O CONSUMO DO VINHO

O vinho é caracterizado como uma bebida alcoólica fermentada de diversos tipos de uva, desde que seja sã, fresca e madura (BRASIL, 1988). No Brasil, o consumo desta bebida representou cerca de 1,78 litros per capita em 2018 (MELLO, 2019). Segundo Protas (2008), por volta de 48 % das uvas cultivadas se destinam ao consumo em forma de bebida fermentada alcoólica.

A história do vinho é muito difusa, mas as histórias convergem para o seu papel na sociedade por conta da cultura de muitos povos (egípcios, gregos, gauleses, fenícios entre outros), girarem em torno desta bebida fermentada de *Vitis Vinifera*, o nome científico da uva (AQUARONE et al., 2001). Conforme comenta Rabachino (2018), muito da cultura religiosa e literária desses povos tinha como um pilar a sacralização da videira e do vinho. A história do vinho também se entrelaça com a da ciência, "Ao longo dos séculos o homem foi aprendendo a aprimorar as técnicas de elaboração do vinho, primeiro pelo método de tentativa e erro e depois cientificamente, com as descobertas de Louis Pasteur (1822-1895), sobre os princípios da fermentação alcoólica e as da microbiologia." (AMARANTE, 2018).

O consumo de vinho em 2018 no Rio Grande do Sul representou um total de 945,16 mil litros, representando um aumento de 2 % em relação ao ano anterior. De acordo com Mello (2019), "o volume de vinhos exportado é insignificante diante do volume de vinhos importado. A relação vinho exportado/importado é de 0,035, ou seja, para cada 100 garrafas de vinho importadas, o Brasil exporta apenas 3,5 garrafas." Este déficit chama a atenção para um público alvo consumidor a ser conquistado no mercado interno.

A composição do vinho é extremamente rica pelo fato do seu processo de fabricação ser um processo biotecnológico. Isto significa que envolve reações orgânicas complexas envolvendo microrganismos. Dentre os seus principais componentes, estão os álcoois, majoritariamente representados pelo álcool etílico, mas com traços menores de álcool metílico, álcool isopropílico, álcool isoamílico e outros (AQUARONE et al., 2001).

Os compostos fenólicos são moléculas orgânicas de grande complexidade, que conferem ao vinho as características de coloração e grande parte do sabor. São representados por flavonas, fenóis ácidos, taninos condensados e taninos catéquicos, porém sua classe mais conhecida são as antocianinas (estão presentes no vinho em concentrações que variam de 200 a 500 mg.L⁻¹), moléculas que doam a cor avermelhada e forte sabor para a bebida (RABACHINO, 2018).

2.2.1 Produção de vinho

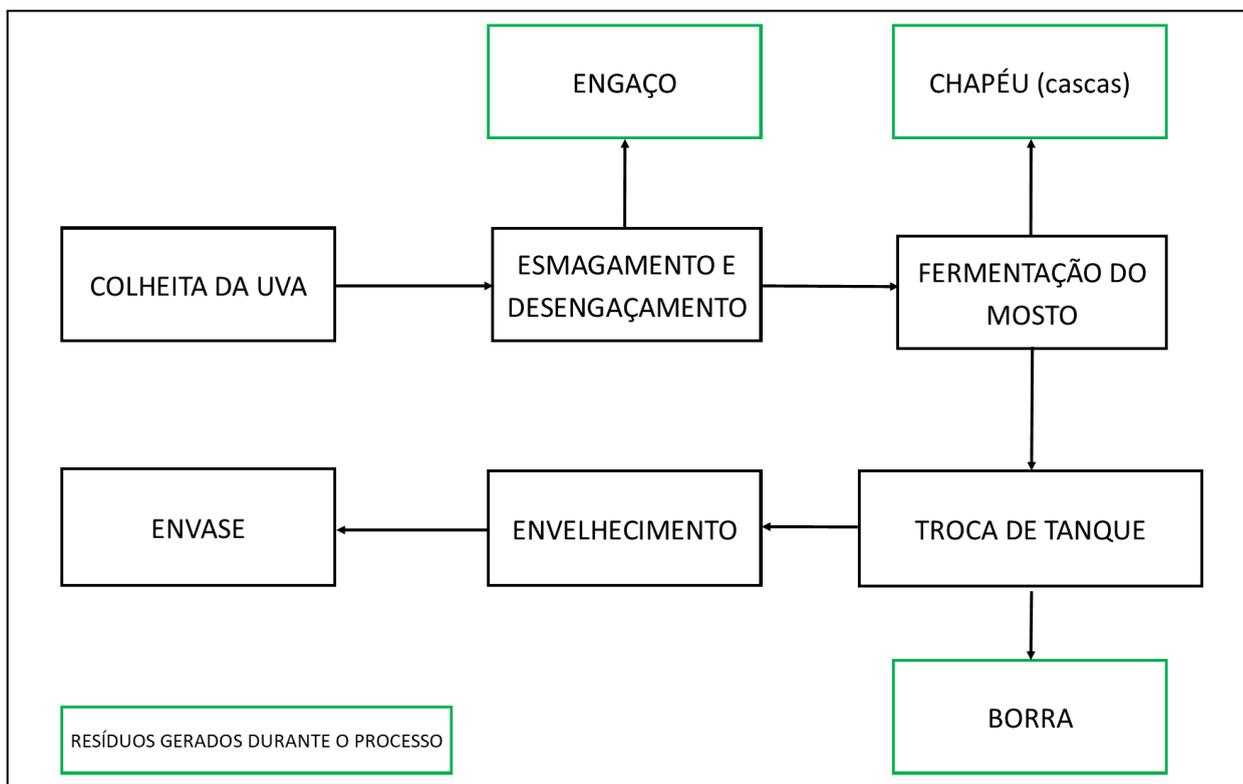
Conforme Amarante (2018), "vinificação é todo o processo de transformação de uvas em vinho, da colheita ao engarrafamento. Envolve uma série de cuidados e técnicas especiais desenvolvidas ao longo do tempo." A produção do vinho inicia na colheita da uva, época que é chamada de vindima. Esta época depende da espécie do fruto e da região em que a uva é cultivada. É realizada uma lavagem da matéria-prima para a remoção de eventuais sujidades decorrentes do processo de colheita (AQUARONE et al., 2001).

Aquarone (2001) ainda comenta sobre a etapa de esmagamento e desengaçamento, que tem por objetivo a retirada do engaço da uva e o seu esmagamento para a criação do mosto. Esta etapa é realizada com um equipamento chamado desengaçador, que dilacera as bagas sem esmagar o engaço e as sementes, protegendo assim o produto final de eventuais gostos indesejáveis. Quando o mosto inclui as cascas da uva, o vinho produzido é chamado de vinho tinto ou vinho rosé, enquanto a retirada das cascas gera o vinho do tipo branco. O resíduo obtido de engaço é extremamente seco, o que inviabiliza economicamente o seu uso em outros fins que não o de adubagem e cobertura do solo (AMARANTE, 2018).

A mistura obtida no desengace é chamada de mosto, o qual é transportado para um tanque fermentador com controle de temperatura e aeração. Estima-se que cada quilo de uva apresente um rendimento de 0,7 litros de mosto (AMARANTE, 2018). No tanque de fermentação, ocorre estímulo para que as bactérias e as leveduras desejáveis para o processo cresçam e, ao mesmo tempo, ocorre a inibição dos microrganismos indesejáveis pela adição de dióxido de enxofre; este processo é chamado de sulfitagem. É adicionada uma mistura de leveduras que são responsáveis pelo início da fermentação alcoólica, transformando o açúcar da planta em álcool etílico. É neste processo que o resíduo chamado de "chapéu" é obtido, pois durante a fermentação, grandes quantidades de gás carbônico são liberadas do mosto e empurram as cascas presentes na mistura líquida para o topo do tanque. O resíduo sólido flutuante é macerado para a liberação de compostos desejáveis, com o auxílio do álcool etílico já presente no mosto, como uma espécie de extração, acentuando algumas das características do vinho, como a coloração e o teor de tanino (GAUTO; ROSA, 2013).

Outra etapa importante de separação de resíduo ocorre posteriormente na troca do recipiente de fermentação, na qual o sólido presente é separado do mosto e da mistura em si. É neste momento que são realizadas correções de pH, com a adição de ácido tartárico (tartaragem) e a correção do teor de sacarose (chaptalização) do mosto, que impactará diretamente no teor alcoólico do vinho. Após a completa fermentação, é realizado o descanso do mosto, quando ocorre a sedimentação de sólidos suspensos, sais menos solúveis e microorganismos, pois os movimentos de convecção gerados pelas bolhas de gás carbônico cessam. Este resíduo é chamado de borra (GAUTO; ROSA, 2013).

Figura 2 - Fluxograma do processo de fabricação de vinho com ênfase na geração de resíduos



Fonte: Amarante (2018), Aquarone et al. (2001), Gauto e Rosa, (2013).

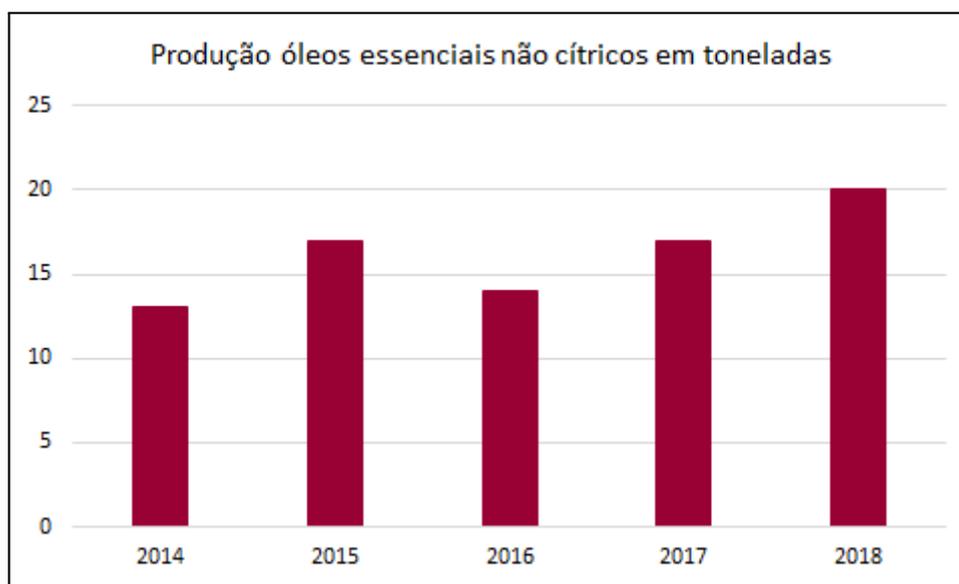
2.2.2 O óleo de semente de uva

Os tópicos mais reportados academicamente sobre semente de uva, estudam o perfil dos seus ácidos graxos e sua notável atividade antioxidante. O país que promove o maior número de estudos da semente de uva é a China, ou seja, este é o país

majoritariamente detentor do conhecimento tecnológico de beneficiamento do óleo derivado, sendo também o maior detentor de patentes sobre este assunto (cerca de 63 %). É inegável o potencial econômico, químico e nutricional deste óleo vegetal. (OLEGÁRIO, 2015).

O mercado de óleos essenciais e vegetais vem crescendo exponencialmente no Brasil. Os óleos de origem cítrica, como os extraídos da laranja e limão, são os dominantes no mercado, porém é possível visualizar uma tendência crescente de consumo dos óleo não cítricos também (SILVA, 2019). No entanto, a produção de óleos não vem acompanhando este crescimento de consumo, conforme os dados mais recentes apresentados pelo IBGE (Figura 3). Assim, a importação desses produtos acaba sendo favorecida. Bizzo e colaboradores (2009) comentam que “a produção de óleos essenciais no Brasil é não somente viável, mas rentável”.

Figura 3 - Produção de óleos essenciais não-cítricos em toneladas no Brasil



Fonte: IBGE/SIDRA (2018).

Conforme Amaral (2015), “os óleos vegetais são provenientes de plantas oleaginosas, podendo ser extraídos de grãos (milho, soja), de castanhas (castanha-do-pará, coco, amêndoa doce), de sementes (gergelim, girassol, uva) e de frutos (azeitona, abacate, argan)”, ou seja, o óleo extraído da semente de uva enquadra-se como óleo vegetal, e não como óleo essencial. No entanto, óleos essenciais e o óleo vegetal extraído de semente de uva estão no mesmo nicho de mercado, por conta de suas aplicações alimentícias e cosméticas.

O óleo de semente de uva é composto principalmente por triglicerídeos poli-insaturados, ou seja, é rico em antioxidantes como por exemplo os tocoferóis (ROCKEMBACH et al., 2014). Este óleo vem de um uso mais nobre das sementes presentes no resíduo das vinícolas, onde são separadas as sementes do resto do resíduo e realizada uma extração por prensagem a frio ou extração a quente com solvente. Ocorre então a obtenção de um subproduto de maior valor agregado (MENEZES, 2014).

Estudos anteriores (DALMOLIN, 2013) mostram que os ácidos graxos que compõem o óleo de semente de uva possuem cerca de 85 % de ácidos graxos insaturados, principalmente os ácidos linoléico (C18:2)¹ e oléico (C18:1). A outra pequena porcentagem é representada por outros ácidos graxos saturados, como o ácido láurico (C12:0), ácido mirístico (C14:0), ácido palmítico (C16:0), ácido esteárico (C18:0) e o ácido araquídico (C20:0). Caso o óleo de semente de uva vá ser utilizado para fins alimentícios, há uma resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 1999) que regulamenta quais os limites para o teor de cada ácido graxo (FREITAS, 2007).

Saber exatamente qual o perfil de ácidos graxos de qualquer espécie de óleo evita fraudes e indica um índice de qualidade ao óleo, além de indicar o conteúdo nutricional dos óleos ou gorduras de origem animal ou vegetal. Esta análise é realizada por determinação de ésteres metílicos de ácidos graxos, na qual é realizada uma metilação dos ácidos graxos para posterior análise em cromatógrafo gasoso com detector ionizador de chama (*GC - FID - Gas chromatography - Flame ionization detector*) e padrão interno a base de éster metílico tridecanóico (C13:0). Uma metodologia indicada no livro Métodos Físico-Químicos para Análises de Alimentos, publicado pelo Instituto Adolf Lutz (IAL 344/IV) é utilizada (ZENEON et al., 2008).

Outro índice de qualidade do óleo é o índice de iodo e o índice de peróxido, ambos indicam a presença de rancidez no óleo, ou seja, de radicais livres. Dalmolin (2013) também comenta que estes ensaios são “uma forma de avaliar condições de

¹ A nomenclatura padrão dos ácidos graxos indica o número de carbonos presentes na cadeia precedidas da letra C. Quando há uma ou mais insaturações na cadeia, a quantidade é indicada por um número após dois pontos, caso não haja insaturações é indicado o número zero. Por exemplo, o ácido linoléico (C18:2) é um ácido graxo composto de 18 carbonos, havendo duas insaturações em sua cadeia. (MOREIRA et al., 2002)

armazenamento e manipulação, visto que, os processos de degradação térmica e oxidação iniciam-se com a formação de compostos como peróxidos e voláteis responsáveis pelo forte odor”. Estes ensaios também estão especificados no livro do Instituto Adolf Lutz, podendo ser utilizada a metodologia para a determinação dos índices de peróxido em óleos e gorduras (326/IV) e índice de iodo pelo método de Wijs (329/IV).

Uma das principais vantagens da aplicação do óleo proveniente das sementes de uva é sua atividade antibacteriana e antioxidante, observada por Rotava (2021). Parte destas propriedades se deve ao resveratrol, um polifenol incluído na classe de antibióticos naturais, chamados de fitoalexinas (PEZZINI, 2017). A atividade antioxidante também foi observada por Jayaprakasha (2000) e , sendo esta atividade atribuída à alta concentração de flavonóides monoméricos nos extratos obtidos com diversas combinações de solventes orgânicos, tais como a catequina e a epicatequina.

O óleo de semente de uva é considerado um produto *business-to-business* (B2B), ou seja, é um produto que não é vendido diretamente ao consumidor final e sim, vendido a outra empresa para uso como matéria-prima em diversos outros produtos (SEIDER et al., 2017).

2.3 EXTRAÇÃO SÓLIDO - LÍQUIDO

A extração sólido - líquido é o fenômeno que ocorre quando há uma transferência de massa (dissolução) de um ou mais componentes da fase sólida para o solvente. Os solventes mais utilizados para a extração de óleos vegetais e essenciais são o hexano, a acetona e o éter etílico (TADINI et al., 2019).

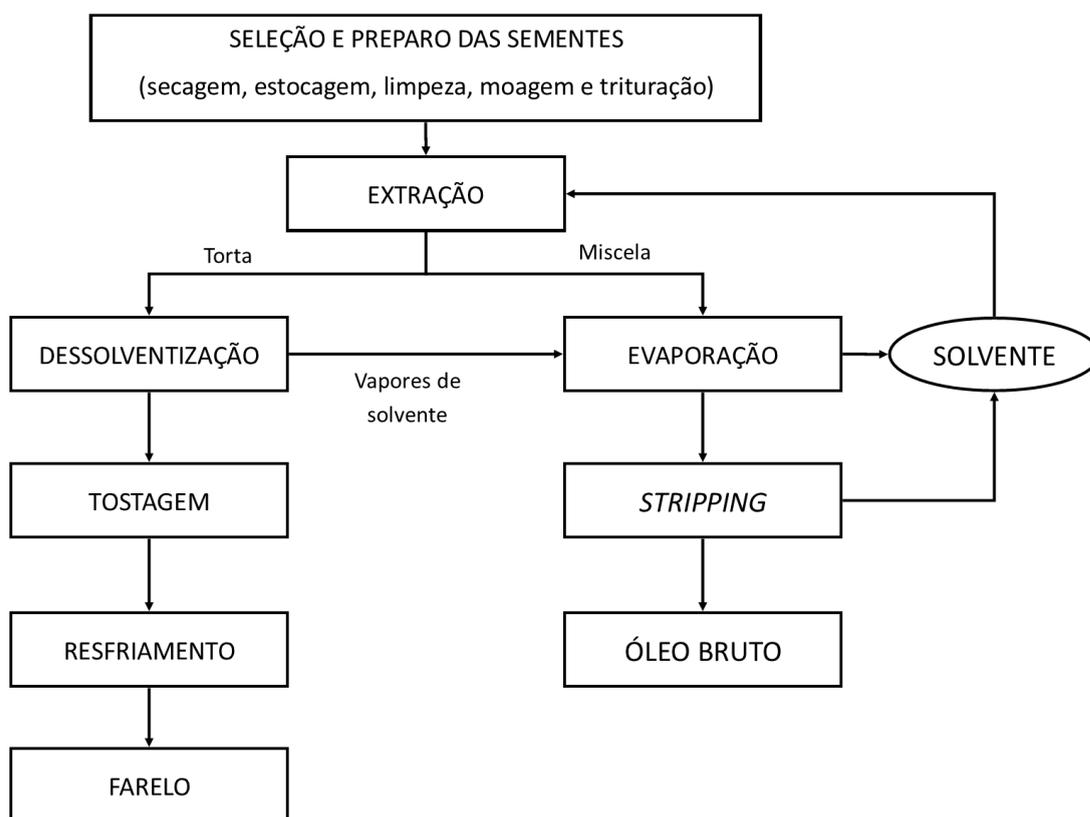
O início do processo de extração, que é exemplificado na Figura 4, deve ser o preparo adequado da matéria-prima para se garantir o rendimento máximo na produção de óleo. Deve-se observar o teor de umidade das sementes, pois a água pode isolar a superfície da partícula (encapsulamento), dificultando o contato com o solvente, principalmente pelo produto desejado ser lipossolúvel, ou seja, insolúvel em água. A etapa de secagem faz-se então necessária para a extração ocorrer de forma eficiente, porém com temperaturas controladas, para evitar a degradação dos compostos termossensíveis (TADINI et al., 2019), tal como os antioxidantes presentes neste extrato.

Tadini e colaboradores (2019) chamam a atenção para um dos pontos críticos do processo de extração, que é o tamanho da partícula a ser extraída:

A taxa de transferência de massa da da superfície do sólido é diretamente proporcional à área superficial desse sólido. Dessa maneira, a redução do tamanho das partículas resultará na obtenção de sólidos com maiores áreas superficiais e, com isso, haverá o aumento na taxa de extração. (TADINI *et al.*, 2018).

No entanto, existe um limite para o quão pequena a partícula pode ser, pois se esta é muito fina pode causar uma compactação ocasionando uma formação de caminhos preferenciais, diminuindo a eficiência da extração por diminuição da área superficial de contato entre o sólido e o solvente.

Figura 4 - Fluxograma simplificado da produção de óleo vegetal bruto via extração sólido - líquido



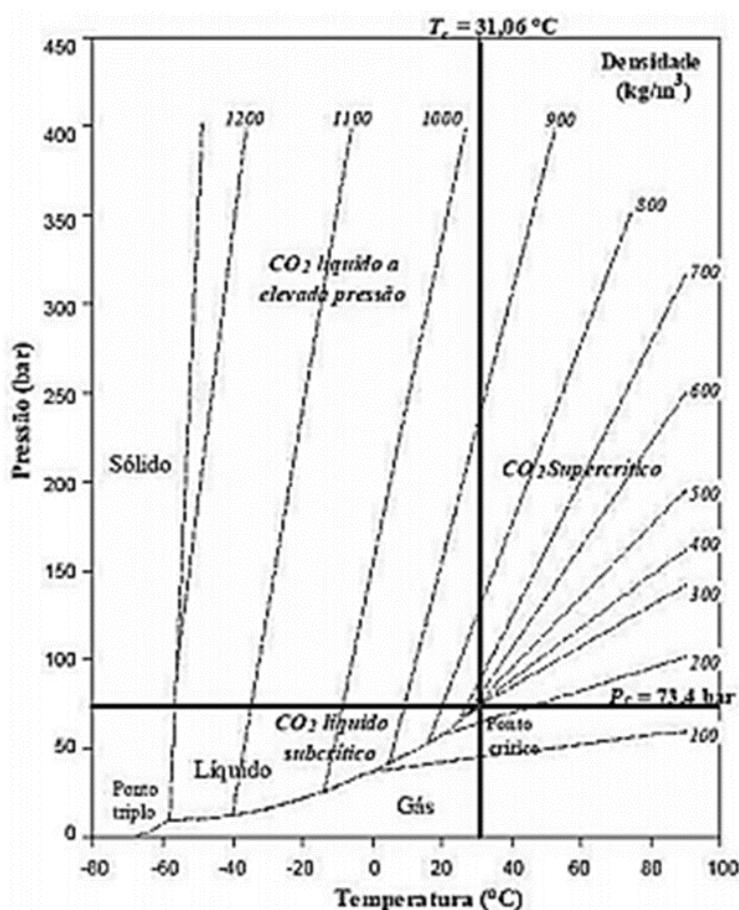
Fonte: A Autora (2021).

2.3.1 Extração com fluido supercrítico

O diagrama de fases de qualquer substância expõe informações importantes sobre algumas propriedades termodinâmicas. Há neste diagrama duas linhas, que

representam os equilíbrios de fases, chamadas de curva de ponto de vapor e curva de ponto de bolha (que indica respectivamente os fenômenos de liquefação e evaporação e ocasionalmente sublimação). A Figura 5 exibe este comportamento nas substâncias puras. Estas linhas dividem as regiões correspondentes ao estado físico daquela substância, como gás, líquido e sólido. Há também a região crítica, que encontra-se acima da temperatura crítica e pressão crítica (TAYLOR, 1996).

Figura 5 - Diagrama pressão-temperatura do dióxido de carbono com área supercrítica em destaque



Fonte: Campomanes (2012).

Segundo Sapkale et al. (2010), um fluido supercrítico é qualquer substância que se encontra acima da temperatura e pressão críticas. Pode-se difundir através de um sólido como um gás e dissolver materiais como um líquido. Por conta dessa facilidade em se difundir, o dióxido de carbono em estado supercrítico pode ser utilizado como solvente, porém o poder de solvatação é altamente dependente da temperatura e da pressão (TAYLOR, 1996).

A extração com fluido supercrítico pode ser definida como o processo de extração do componente de interesse da matriz, utilizando como solvente um fluido em estado supercrítico. É utilizada usualmente em matrizes sólidas e pode ser utilizada para a retirada de um componente não desejável na matriz (por exemplo, uma descafeinização), ou então para a coleta de um material desejado, como é o caso da extração de óleos vegetais e essenciais (SAPKALE et al., 2010).

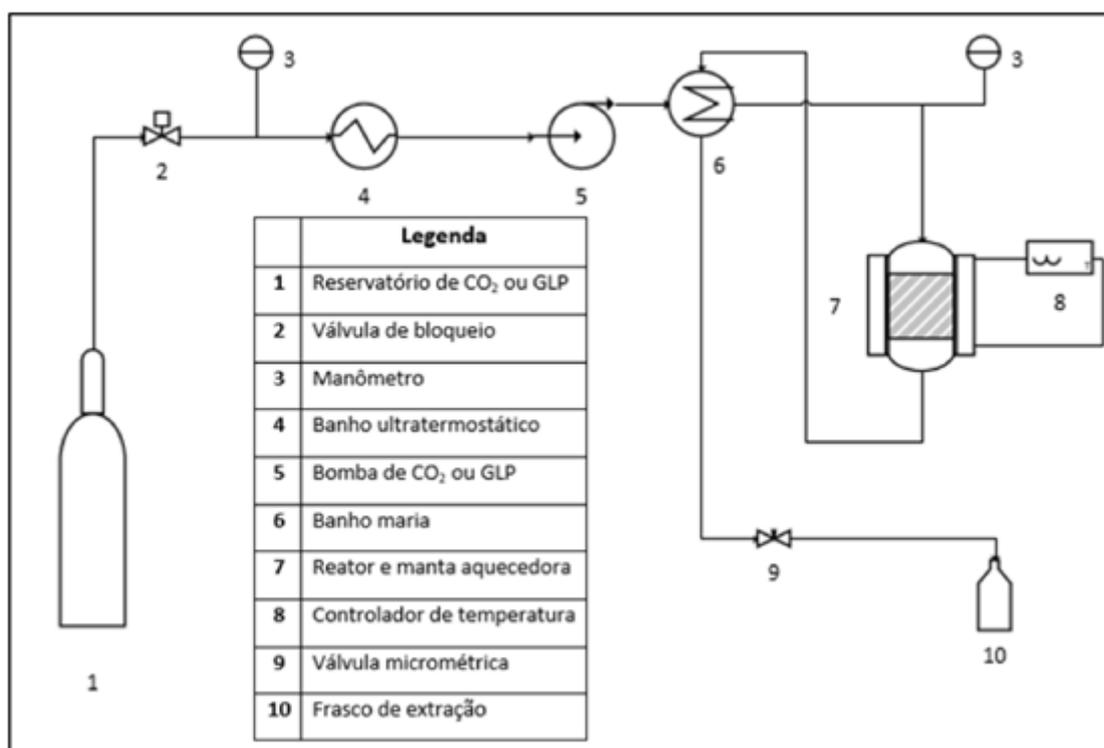
O fluido mais comumente utilizado é o dióxido de carbono (CO_2) que é atóxico, inerte, não inflamável, inodoro, disponível comercialmente com alta pureza (TAYLOR, 1996) e barato. Estas características fazem com que o CO_2 supercrítico seja adequado para o uso em escala industrial na extração em alimentos, aromas, óleo essenciais e vegetais e na indústria farmacêutica. Devido a sua forma supercrítica ser encontrada em baixa temperatura, cerca de 31 °C, o processo industrial torna-se mais barato. Além disso, em 200 bar, a sua viscosidade e interação química é semelhante à do hexano, ou seja, em extrações supercríticas, o CO_2 se comporta como um solvente apolar, sendo um ótimo substituto em escala industrial, já que a manipulação de solventes orgânicos traz riscos a planta industrial e onera os custos de produção e tratamento de resíduos (SAPKALE et al., 2010).

A extração é também seletiva de acordo com os parâmetros de pressão utilizados, por exemplo, para a extração da fração volátil de óleos botânicos pode ser utilizado uma extração de baixa pressão (100 bar), onde uma extração simples sólido-líquido, a baixa temperatura, também recuperaria da planta uma fração de lipídios e fosfolipídios. O processo de extração é rápido, levando entre 10 e 60 minutos, sendo baseado em um processo de difusão, onde o solvente necessita entrar nos poros da matéria-prima e depois, o material extraído precisa sair por difusão para a solução. Porém, sabe-se que a taxa de extração é influenciada positivamente pelo aumento de pressão do sistema (DUBA; FIORI, 2015). A difusão é mais veloz em fluidos supercríticos do que em líquidos, o que acelera o processo de extração. Além disso, a tensão superficial e a viscosidade são bem menores, de tal forma que o solvente poderá penetrar em poros pequenos na matriz, que seriam inacessíveis aos líquidos (SAPKALE et al., 2010).

Para a extração, conforme mostra a Figura 6, o sólido é colocado em um recipiente de formato cilíndrico que possui o fundo poroso, dentro da câmara de extração. Caso o sólido possua um teor de umidade acima de 18 % (MEIRELLES, 2003), pode ser adicionado na mistura, substâncias com propriedades dissecantes que

agem também como dispersantes, tal como celite, sulfato de sódio ou sílica (TAYLOR, 1996). Após programado no equipamento a temperatura e a pressão ideal, é iniciado o ciclo de circulação do fluido já em estado supercrítico, que prossegue até o final do processo de extração, quando a fração desejada estará em solução. O extrato é então transferido para um separador, onde lentamente, já abaixo do ponto supercrítico, o gás carbônico (ou outro fluido utilizado na extração) é lentamente transformado em gás. Sobra então o soluto, que é coletado. Isto significa que a extração supercrítica com dióxido de carbono pode gerar um extrato sem resíduos de solvente (SAPKALE et al., 2010). Para o reaproveitamento do gás, pode-se adicionar ao processo um trocador de calor, onde o gás é refrigerado e comprimido, liquefazendo novamente e retornando para o início do processo (MAUL et al., 1996).

Figura 6 - Diagrama do equipamento de extração por fluido supercrítico



Fonte: Ferreira (2020).

A extração supercrítica deve ser considerada como uma possível substituta para a extração com solventes (TAYLOR, 1996), como diclorometano e hexano, por geralmente ocorrer uma contaminação residual do produto proveniente da própria extração, pois é extremamente difícil ocorrer uma recuperação completa do solvente.

Sempre haverá também algum nível de contaminação ambiental e risco para os operadores da indústria (SAPKALE et al., 2010).

2.3.2 Extração de óleo de semente de uva com fluido supercrítico

As sementes de uva utilizadas para a extração do óleo essencial podem ser ou não misturadas com outro tipo de resíduo de vinícolas, como as cascas de uva (DUBA; FIORI, 2015). A granulometria ideal das sementes para a extração foi definida no intervalo de tamanho de partícula entre 0,18 mm e 1 mm (CAMPOMANES, 2012), apesar do rendimento da extração ser maior para os tamanhos de partícula menores (DALMOLIN, 2013). Entretanto, o limite inferior do diâmetro de partícula a ser utilizado deve seguir a recomendação do fabricante do extrator, já que partículas muito finas podem ocasionar um eventual entupimento do extrator supercrítico, que opera em altas pressões. O emprego de um co-solvente na extração, tal como o álcool etílico, com o dióxido de carbono, não é relevante para a taxa de rendimento da extração, no caso especificamente do óleo de semente de uva, sendo mais aplicado em extrações de compostos com maior momento dipolar (OLIVEIRA, 2010).

Duba e Fiori (2015) mostram que independente dos cultivares utilizados para a extração do óleo vegetal, sua similaridade é tal que qualquer cultivar é tido como representativo em termos de composição e características. O principal ácido graxo obtido nas extrações de semente de uva é o ácido linoléico (C18:2) e, os principais compostos que dão a característica antioxidante ao óleo, são os tocoferóis e tocotrienóis (DALMOLIN, 2013).

Há estudos que demonstram quais os parâmetros ideais do extrator. Nos testes de Dalmolin (2013), por exemplo, foi evidenciado que em 313 K a uma pressão de 35 MPa, obteve-se uma extração com rendimento comparável a uma extração convencional empregando o hexano como solvente. Obteve-se cerca de 11,88 % de rendimento em base úmida neste caso.

Mesmo a extração crítica sendo uma alternativa extremamente sustentável do ponto de vista ecológico, por não utilizar solventes orgânicos de difícil destinação, há ainda o resíduo do processo da matéria-prima após a extração. Dalmolin (2013) sugere que este resíduo que tem por característica ser pobre em umidade e gorduras,

e no caso da semente de uva, ser rico em fibras, pode ser remanufaturado como farinha de complementação na indústria de alimentação animal.

2.4 ANÁLISE DE CUSTO

Diante da globalização e da dificuldade de uma empresa no Brasil manter-se saudável, a importância de uma gerência de custos é imprescindível para o dia a dia das finanças e garantia de lucro. A análise de custos é uma ferramenta para decisões críticas de investimento em qualquer negócio, principalmente por conta de sua precisão na apuração, proporcionando assim análise e controle dos custos unitários. Alves (2018) destaca a importância dos custos na tomada de decisão interna de cada empresa:

Ao tomarem decisões sobre produtos, preço e redução de custos, que são de extrema relevância para qualquer organização, os gestores dependem da execução do controle total e eficaz relativa aos custos, já que, por meio de tais informações, é possível verificar a conduta dos gestores nas ações desempenhadas pela entidade (ALVES, 2018).

Na estrutura organizacional de uma empresa, é natural que haja um setor focado no planejamento e controle dos gastos. Com base nos dados deste setor, a organização está apta a definir metas e objetivos, bem como traçar estratégias para alcançá-los. Um sólido conhecimento de custos permite à empresa maximizar de modo saudável o seu resultado econômico e valor organizacional em curto, médio e longo prazo (ALVES, 2018).

Quando abordamos um aspecto contábil, é natural referimo-nos com os termos “ativo” e “passivo”. Um ativo é um bem físico ou não físico que pode ser utilizado pela empresa a fim de garantir um benefício econômico futuro. Ou seja, um ativo tem o potencial de contribuir, direta ou indiretamente, para o fluxo de caixa. Esses fluxos de caixa podem vir do uso de ativo ou de sua liquidação (PCC, 2011). O Pronunciamento do Comitê Contábil (2011) também define a palavra passivo como a “obrigação presente da entidade, derivada de eventos já ocorridos, cuja liquidação se espera e resulte em saída de recursos capazes de gerar benefícios econômicos.”

Cabe ainda neste contexto ilustrar a diferença entre custo e despesa, com o objetivo de simplificar o entendimento de termos contábeis a fim de evitar erros de interpretação. Custo é qualquer aplicação de recurso no processo que está envolvido

na produção do produto em si, por exemplo, custo de matéria-prima e insumos necessários para fabricação de algo. Já despesa é definida como: Lyrio e colaboradores (2017) definem como:

O decréscimo nos benefícios econômicos durante o período contábil, sob a forma da saída de recursos ou da redução de ativos ou assunção de passivos, que resultam em decréscimo do patrimônio líquido e que não estejam relacionados com distribuições aos detentores dos instrumentos patrimoniais como por exemplo, o gasto com marketing, salários e comissões (Lyrio *et al.*, 2007).

Lyrio e colaboradores (2017) ainda esclarecem a diferença entre o termo despesa e custo como “custos são todos os gastos realizados até que o produto fique pronto; a partir desse ponto, todos os gastos passam a ser despesas”. O custo total também pode ser encontrado na literatura com o nome de custo de manufatura (COM), ou também como custo de produção.

A matéria-prima pode ser considerada um ativo, ou seja, um investimento para a empresa quando a mesma se encontra estocada, ou então passar a ser um custo de operação, quando a matéria-prima entra no processo produtivo (ALVES, 2018). Já a depreciação de equipamentos deve ser considerada um custo. Há ainda uma divisão na categoria custo, onde pode-se diferenciar custo direto e indireto. Custo direto é quando conseguimos realizar a medida exata do quanto daquele insumo foi consumido, já os custos indiretos são obtidos através de rateios, por exemplo o consumo de energia elétrica (LYRIO *et al.*, 2017).

2.4.1 Custo direto

A matéria-prima representa uma fonte de renda para a empresa, mesmo quando estocada é contabilizada como um ativo, uma espécie de investimento ou então um crédito. É necessário distinguir a matéria-prima dos insumos necessários para a fabricação de um determinado produto. Alves (2018) esclarece o conceito de insumo: “os insumos correspondem a todo e qualquer tipo de material consumido para a produção de um produto específico, entretanto, não precisam, necessariamente, fazer parte desse produto”.

Para o custeio da matéria-prima normalmente usa-se uma técnica chamada de “custo direto”, onde pode-se mensurar diretamente e com baixo erro o custo real daquele item. Outro custo direto que pode ser mensurado é o da energia elétrica, mas

somente se cada equipamento tiver um medidor individual. Há ainda uma exceção, comentada por Alves (2018) dependendo da natureza da empresa.

Em algumas circunstâncias especiais, todos os custos poderão ser classificados como diretos. Isso ocorrerá em uma empresa em que, por exemplo, for produzido apenas um tipo de produto, não ocorrendo oscilações relativas à qualidade, ao tamanho ou a qualquer outro fator, ou ainda na empresa que for praticado somente um tipo de serviço, assim, poderá ser considerado que existem apenas custos diretos (ALVES, 2018).

Outro exemplo que deixa isso claro é o aluguel do galpão que abrigará a empresa, que poderá ser considerado como custo direto se nesta empresa for produzido apenas um produto. Ou seja, para resumir o conceito de custo direto podemos dizer que é todo custo que podemos mensurar a fração que foi aplicada em cada produto no instante de sua utilização.

Rocha-Uribe e colaboradores (2014) demonstram que o custo de manufatura do óleo pode ser determinado pelo somatório de custos diretos, custos fixos e despesas gerais. Os custos diretos estão interligados com a taxa de produção, custo de matérias-primas, trabalhos operacionais, utilidades, etc. Depreciação, impostos, aluguéis e taxas não estão diretamente ligados ao volume de produção e, portanto, são conhecidos como custos fixos. Nas despesas gerais estão incluídas despesas com administrativo, recursos humanos, vendas e pesquisa e desenvolvimento da empresa.

Para determinação do COM, é utilizada a Equação (1) de Rosa e colaboradores (2005) e Rocha-Uribe e colaboradores (2014), onde os três componentes são desmembrados em cinco termos principais: matéria-prima, custo operacional (mão de obra), utilidades (energia elétrica, água, internet), tratamento de efluentes e disposição de rejeitos e investimentos.

$$\text{COM} = 0,304 * \text{FCI} + 2,73 * \text{COL} + 1,23 * (\text{CUT} + \text{CWT} + \text{CRM}) \quad (1)$$

Na equação acima, FCI é a fração de investimento, COL é o custo operacional, CUT é o custo de utilidades, CWT é o custo de tratamento de efluentes e disposição de rejeitos e o CRM é o custo da matéria-prima.

No caso da extração supercrítica, o CWT é extremamente baixo, por se tratar de um processo que não produz efluentes e seu rejeito sólido é atóxico, podendo facilmente ser doado para ser utilizado como cobertura de solo e/ou na indústria de

farinhas, com destino a alimentação animal, por ser de origem vegetal com alto teor de fibras. Assim, não há resíduos tóxicos a serem tratados e o custo do tratamento de resíduos pode ser negligenciado.

O custo de matéria-prima deve considerar todos os materiais utilizados, inclusive no caso da extração supercrítica, o gás CO₂ perdido durante a extração. No caso deste trabalho, como a matéria-prima a ser extraída é um rejeito de outro ramo de negócio, e muitas vezes obtida sem custo algum, com a adição de algum valor para este insumo pode causar uma superestimação do COM, exigindo assim um olhar crítico quanto ao resultado obtido com a equação. Neste caso, o custo de preparo das sementes (como transporte, moagem, secagem e armazenamento) também deve ser considerado parte do CRM (ROCHA-URIBE et al., 2014).

2.4.2 Custo indireto

O custo indireto é extremamente atrelado a um rateio por dentre os setores da empresa, pois não pode ser atribuído tão facilmente o custo especificado, conforme comenta Alves (2018), como por exemplo “[...] o funcionamento de uma fábrica. Nela, o salário do supervisor, por exemplo, é considerado como custo comum, uma vez que sua função é distribuída pela linha de produção, tendo seu custo rateado entre os produtos”. Os custos indiretos mais relevantes para serem levados em consideração são: salários de cargos de gestão, energia elétrica e depreciação de máquinas.

A depreciação de máquinas é um ponto extremamente relevante pois é um valor atrelado ao custo inicial do equipamento. Para obtenção deste valor para o desenvolvimento de um sistema de extração supercrítica pode-se utilizar inicialmente uma determinação heurística do valor, conforme sugere Rocha-Uribe e colaboradores (2014). A equação (2) pode ser utilizada levando em consideração um equipamento de valor já conhecido, a correção do custo pelo indicador econômico chamado de CEPCI (*Chemical Engineering Plant Cost Index*, ou em tradução livre, Índice de Custo de Plantas de Engenharia Química).

$$C_2 = C_1 \left(\frac{I_2}{I_1} \right) \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^n \quad (2)$$

Onde:

C_2 é o custo do equipamento desejado com a capacidade de V_2 , em litros, no tempo atual;

C_1 é o custo do equipamento utilizado como referência com a capacidade de V_2 , em litros;

I_2 é o índice de custo no tempo atual;

I_1 é o índice de custo no tempo que o equipamento utilizado como referência;

n é o expoente de custo (geralmente em torno de 0,6).

2.4.3 Valor presente líquido

O valor presente líquido, conceitualmente, é um somatório de fluxos de caixa descontados para um instante presente, a uma taxa de juros i , também chamada de taxa mínima de atratividade, ou ainda, TMA. “O VPL é uma “técnica de orçamento sofisticada, e o seu valor é determinado pela subtração do valor inicial de um projeto, do valor presente dos fluxos de entrada de caixa, descontados a uma taxa igual ao custo do capital da empresa.” (SVIECH, 2013). À luz destes conceitos, o VPL pode ser calculado conforme a Equação (3).

$$VPL = FC_0 + \sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1+TMA)^i} \quad (3)$$

Onde FC_0 é o investimento na data de hoje (como é uma saída de caixa, o sinal deste termo é sempre negativo), FC_i são os fluxos de caixa que acontecerão nos próximos períodos (i) e TMA é a taxa mínima de atratividade de um projeto, ou seja, é o custo do capital para levantar o investimento inicial FC_0 .

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta etapa do estudo apresenta as metodologias que foram utilizadas de modo a avaliar a viabilidade do processo de produção de óleo vegetal de semente de uva por extração supercrítica.

3.1 METODOLOGIA

Podemos resumir o processo de extração do óleo vegetal proveniente das sementes da uva em três etapas, conforme a Figura 7. O preparo resume-se na secagem das sementes para um preparo superficial do grão, com o objetivo de aumentar a eficiência da extração, numa posterior moagem para aumentar a área superficial que entrará em contato com o solvente e então na extração para a obtenção do óleo.

Figura 7 - Resumo do processo para extração do óleo vegetal da semente da uva



Fonte: A Autora (2021).

No entanto, para fins práticos e acadêmicos, neste trabalho será dada especial ênfase à etapa de extração por fluido supercrítico, cujo custo de implantação e operação é crítico para a avaliação da viabilidade econômica do projeto.

3.2.1 Parâmetros de extração supercrítica

A unidade de extração crítica, tomada como base para referência de parâmetros de extração, foi a estudada e descrita no trabalho de Coelho e colaboradores (2018), onde a maior recuperação de óleo obtida (na faixa de 12,0 - 12,7 %) foi obtida com a pressão de trabalho de 40 MPa, temperatura de 333 K e o tempo de extração de 100 minutos. Como neste estudo de Coelho e colaboradores (2018), foram utilizadas as vazões de CO₂ de $1,8 \times 10^{-3} \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$ e $2,3 \times 10^{-3} \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$ e, em ambas condições, os

resultados obtidos foram equivalentes, será utilizado o valor intermediário de $2,0 \times 10^{-3}$ kg.min⁻¹

3.3 ANÁLISE ECONÔMICA

Os custos envolvidos na análise econômica, direta e indiretamente, estão relacionados somente com a etapa de extração do óleo por se tratar do custo principal e majoritário do negócio.

Existem extratores disponíveis comercialmente no mercado com variada capacidade de processamento. Extratores comerciais têm a vantagem de contar com assistência técnica de montagem e operação, além de já obedecer normas de segurança essenciais em uma indústria que opera com CO₂ supercrítico. Como etapa da definição dos equipamentos, que serão adquiridos para constituir a empresa de extração de óleo de semente de uva, foram realizadas tentativas de levantamento de orçamentos para extratores de CO₂ supercrítico comerciais. Perante a falta de respostas, o valor deste item foi previsto de forma heurística conforme a Equação (2) apresentada por Rocha-Uribe e colaboradores (2014).

Foram realizados orçamentos e levantamento de custos de matéria-prima, insumos necessários, além de energia e recursos humanos para operação da empresa, de modo a calcular os custos iniciais de instalação e os custos de operação, além do custo final do óleo de semente de uva para fins de comparação do custo com outros métodos de extração.

Por fim, realizando a comparação do custo de manufatura obtida com a Equação (1), com o custo comercial do óleo, pode-se obter um indicativo de viabilidade do produto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PRECIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE EXTRAÇÃO SUPERCRÍTICA

Para o desenvolvimento de um sistema de extração supercrítica, pode-se utilizar inicialmente uma aproximação heurística de seu valor levando em consideração sua capacidade e a inflação. Essa aproximação deve ser revisitada, detalhada e acurada conforme o projeto avança para os estágios finais. No entanto, para estudos de custos de viabilidade econômica, saber a grandeza do valor do equipamento é o suficiente para determinar sua efetivação.

Para isto, foi utilizada a Equação (1) com base nos valores de C1, I1 e V1 encontrados por Rocha-Uribe e colaboradores (2014), conforme Tabela 1. Para o índice I2 foi procurado o mesmo utilizado por Rocha-Uribe e colaboradores (2014) atualizado, que é o Índice de Custo de Planta de Engenharia Química (CEPCI - Chemical Engineering Plant Cost Index) anual liberado pela Revista Chemical Engineering (MAWWELL, 2022).

Tabela 1 - Parâmetros utilizados para cálculo do valor do extrator supercrítico

Componente	Valor
C1	\$ 862.387,00
I2	776,3
I1	585,9
V1	100 L
n	0,6

Fonte: A autora (2022).

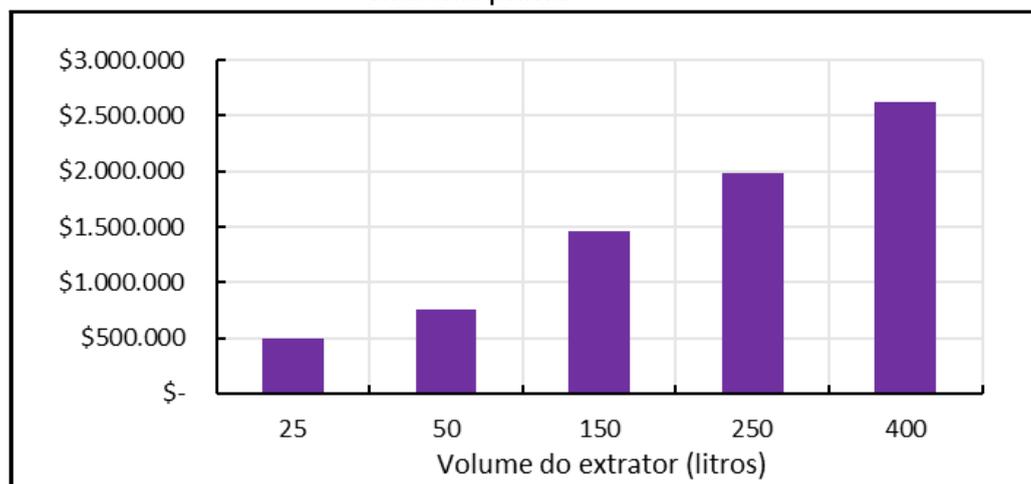
Para a aplicação desta equação, optou-se por escolher diferentes volumes de extrator, abrangendo assim diversos cenários de obtenção da matéria prima. Os dados da Tabela 1 serviram de base para a análise, feita com auxílio de planilhas Excel Microsoft Office, tal qual Rocha-Uribe e colaboradores (2014). A Equação (4) permite

calcular o custo do equipamento de acordo com seu volume em litros e custo em dólares (USD) no ano de 2021 com a CEPCI fixada em 776,3.

$$C_2 = 862.387 \left(\frac{I_{2021}}{I_{2014}} \right) \left(\frac{V_2}{100} \right)^{0,6} \quad (4)$$

Os custos obtidos para diversas capacidades produtivas estão relacionados no gráfico apresentado na Figura 8. Para este cálculo, foi considerado que um equipamento de porte industrial teria a mesma performance que Coelho e colaboradores (2018) obtiveram em seu estudo, com um equipamento de porte planta piloto.

Figura 8 - Custo de extrator supercrítico *versus* sua capacidade em termos de matéria-prima



Fonte: A Autora (2022).

Analisando o índice CEPCI pode-se observar que em 2014 seu valor estava em 585,96, comparando com o valor atual de 2021, onde seu valor sobe para 776,3, temos a razão $776,3/585,9 = 1,325$. Isto significa que em 7 anos o valor do custo médio de uma planta de engenharia química subiu 32,5 %. Ou seja, uma planta industrial que em 2014 teria o custo de 865.387 dólares, em 2021 teria o custo de 1.142.637 dólares.

4.2 CUSTO DE OPERAÇÃO

O FCI (fração de investimento) é calculada pela multiplicação entre o investimento total do equipamento de extração supercrítica pela taxa de depreciação,

este cálculo é chamado de “custo de depreciação com base no método linear”, conforme o estabelecido pela Receita Federal na Instrução normativa SRF nº 162 (RF, 1998). A taxa de depreciação para máquinas e equipamentos é de 10 % por ano. Outra parte do investimento é a quantidade inicial de dióxido de carbono que é necessário para encher o reservatório presente na empresa; no entanto, este custo é geralmente insignificante quando se compara ao custo unitário de extração.

Para o cálculo de COL (custo operacional) foi realizado o cálculo considerando 8 horas por dia trabalhadas, 22 dias úteis por mês, 12 meses por ano. Considerando o salário de 2 operadores químicos (R\$ 2.079,00 mensais/cada). Além disso, foi utilizada a conversão para dólares a relação do dólar médio de 2021, sendo 1 real equivalente a 5,42 dólares (BRASIL, 2021). As médias salariais foram obtidas de acordo com o site Glassdoor, consultadas dia 23 de maio de 2022. Devemos neste caso levar em consideração somente os operadores do processo por conta do volume de controle deste estudo, conforme comentado no Capítulo 3, tratar-se somente do extrator supercrítico. Em estudos posteriores sugere-se realizar um levantamento de todos funcionários necessários, tais como parte administrativa, financeira e vendas.

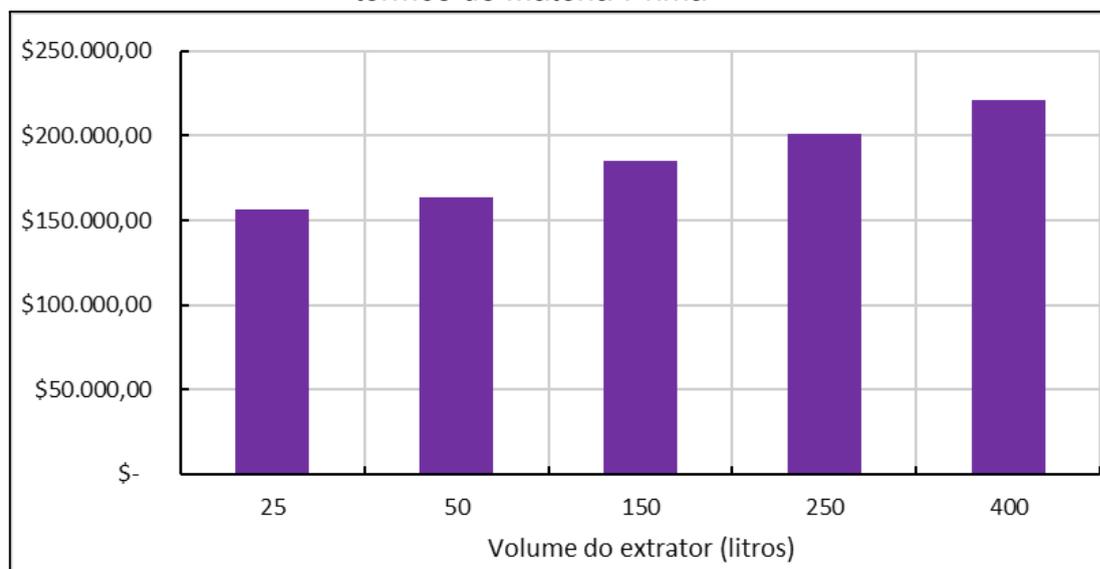
O custo de utilidades (CUT) baseia-se, no caso deste trabalho, no consumo elétrico do extrator. Para este cálculo, foi utilizado como referência o datasheet do equipamento de extração supercrítica do fornecedor ExtrateX, onde tem como requisito de estrutura para instalação uma rede que suporte 12,8 kW (EXTRATEX, 2020). Considerando uma carga horária anual de 2112 h/ano, temos um consumo mensal energético de 2,25 MWh. A tarifa da empresa fornecedora de energia elétrica na região da serra gaúcha é de R\$ 708,52/MWh (TARIFAS... 2022), totalizando um consumo anual de 3530 dólares.

Como o único resíduo proveniente deste processo é de interesse industrial de outros segmentos, tal como o ramo de alimentação animal, o custo de tratamento de resíduo pode ser desprezado, pois na falta de alguma empresa interessada em uma possível doação deste resíduo, pode-se destinar a semente desengordurada para cobertura de solo ou no sistema de coleta de resíduo orgânico particular.

Para o custo de matéria-prima foi considerado o preço no varejo de 9,76 dólares por quilo de semente de uva, embora provavelmente a aquisição direta com vinícolas seja com um custo menor.

A luz de todas estas considerações, os dados obtidos podem ser visualizados no gráfico apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Custo de operação Anual *versus* a capacidade do extrator em termos de Matéria-Prima



Fonte: Autora (2022).

4.3 PREÇO NO MERCADO

Atualmente, no mercado brasileiro, considerando apenas a venda para consumidor final, não é encontrada uma grande variedade de fornecedores de óleo vegetal de semente de uva. Podem ser divididos entre dois principais nichos de venda, para fins alimentícios e para fins cosméticos. A Tabela 2 apresenta uma relação entre os principais fornecedores atuantes nacionalmente, sua origem, o preço médio de venda do produto e seu mercado de atuação. Os fornecedores identificados com * deixam claro que seu produto passou pela extração por prensagem a frio. Nenhum fornecedor utiliza o método de extração supercrítica.

Tabela 2 - Relação de principais fornecedores de óleo vegetal de semente de uva

Fornecedor (Origem)	Preço médio do litro (R\$)	Mercado
Via Aroma (Brasil)	374,00	Cosmético
Harmonie (Chile)*	374,00	Cosmético
GranOils (Brasil)*	119,90	Cosmético
Pazze (Brasil)	97,00	Alimentício
Distrioil (Brasil)*	65,00	Alimentício e Cosmético

Fonte: Autora (2022).

Para fins comparativos, na seção 4.4 deste trabalho foi considerado o preço de venda médio igual a 13 dólares por litro.

4.4 VIABILIDADE FINANCEIRA

Segundo Reis (2018), na viabilidade financeira faz-se um levantamento do investimento necessário para iniciar o projeto e este é relacionado com os custos fixos e variáveis para manter o projeto, leva-se em conta também, os rendimentos que este irá gerar. Se as receitas forem maiores que os custos em um determinado período, o projeto será financeiramente viável.

Dessa forma, foi feita uma projeção de investimentos, custos e receitas. Conseguimos uma projeção para o fluxo de caixa e a análise econômica com dados baseados em três indicadores econômicos: Payback, taxa interna de retorno (TIR) e valor presente líquido (VPL).

Os principais indicadores para realizar a análise de viabilidade econômica são: Payback, que demonstra o tempo necessário para que o investimento se pague, TMA (Taxa Mínima de Atratividade) é a rentabilidade mínima para o investimento ser atrativo, quando comparado ao que está disponível no mercado, Valor Presente Líquido (VPL) são os fluxos de caixa para uma mesma data descontados da Taxa Mínima de Atratividade e Taxa Interna de Retorno (TIR) que é quanto o projeto irá render. Espera-se que a TIR seja maior que a TMA para que o projeto tenha viabilidade econômica.

Analisando estes dados com o aporte financeiro para o equipamento sendo feito de maneira integral no tempo zero ($FC_{(0)}$), obtemos uma resposta desfavorável à viabilidade do projeto em todos volumes de produção estudados, com o VPL retornando um valor negativo no tempo de 10 anos, conforme pode ser observado na Tabela (3). Na prática isto significa que 10 anos não são o suficiente para o empreendimento retornar o aporte inicial e ainda gerar lucro.

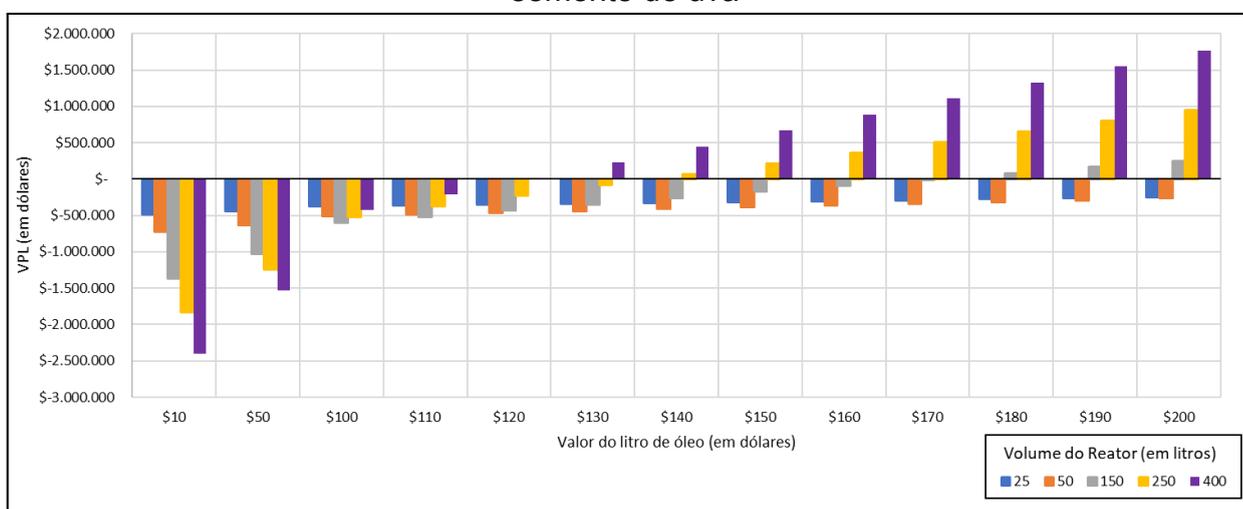
Tabela 3 - Relação do volume do extrator em litros e o VPL (10 anos)

VOLUME DO EXTRATOR EM LITROS	VPL (10 ANOS) EM USD
25	-459.262,05
50	-677.660,09
150	-1.190.650,05
200	-1.522.837,19
400	-1.939.297,73

Fonte: A Autora (2022).

Para fins de comparação, para tornar o projeto viável alterando somente a variável preço do produto, temos que a planta com capacidade do reator de 400 litros trás um VPL positivo somente quando o preço do óleo passa de 120 dólares, enquanto as plantas de 25 e 50 litros não retornam valores favoráveis nem quando o preço do óleo ultrapassa os 200 dólares. Estes dados são representados na Figura 10.

Figura 10 - Variação do VPL em relação a diferentes valores por litro do óleo de semente de uva



Fonte: A autora (2022)

Uma das sugestões para tornar o projeto viável seria aproveitar do fato que a semente de uva é um resíduo sazonal, tendo seu pico de produção junto com o pico da produção de vinho e aproveitar a infraestrutura construída no local, para a extração de óleos vegetais e essenciais que possuam um maior valor agregado, como por exemplo, o óleo essencial de laranja que é extraído de sua casca (outra matéria-prima

provinda de resíduo) e diversos outros exemplos, que podem diversificar o portfólio da empresa trazendo mais robustez ao negócio.

Outra sugestão seria a realização de um financiamento de baixa taxa de juros, como por exemplo, através do BNDES (Banco Nacional do Desenvolvimento) existente no Brasil, para aquisição do equipamento de extração supercrítica, desta forma diluindo o aporte inicial ao longo do tempo e, talvez, viabilizando o projeto devido a diminuição do termo TMA na Equação (3).

5 CONCLUSÕES

A extração do óleo vegetal proveniente da semente de uva é uma ótima alternativa de aproveitamento de resíduos de vinícolas com valor agregado. Atualmente a maior destinação deste resíduo é para cobertura de solo e adubagem, desperdiçando este potencial produto.

Uma planta de extração supercrítica apresenta diversas vantagens frente a outras modalidades de extração, tal como prensagem a frio e solvente a quente, principalmente por não submeter o óleo a altas temperaturas, ser de alto rendimento extrativo e a operação ser de baixo custo. É um método de extração que não envolve solventes orgânicos inflamáveis e de difícil destinação, o que torna a operação da planta menos danosa aos operadores industriais e ao meio ambiente. Seu único resíduo é a matéria-prima desengordurada, podendo facilmente ser destinada à indústria alimentícia animal ou adubagem.

Embora o óleo seja bastante utilizado para fins cosméticos e alimentícios, devido a sua capacidade antioxidante, os estudos de viabilidade econômica não apresentaram resultados viáveis para a extração supercrítica, mesmo com diversos valores de capacidade produtiva ou com alto valor de venda do produto. Isso se dá principalmente pelo alto custo inicial de compra do equipamento.

Uma possibilidade para tornar o projeto viável seria a variação de produtos extraídos pela planta, desta forma aumentando o portfólio da empresa e trazendo robustez e saúde ao negócio. Outra opção seria a obtenção do equipamento de extração via financiamento, onde os baixos juros possibilitam um pagamento a longo prazo, possivelmente viabilizando o projeto.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Aline. Aspecto introdutório. *In*: ALVES, Aline. **Gestão de custo**. Porto Alegre, RS: Sagah, 2018. Cap. 1, p. 18.
- AMARAL, Fernando. **Técnicas de aplicação de óleos essenciais**. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2015.
- AMARANTE, José Osvaldo Albano do. **Os segredos do vinho para iniciantes e iniciados**. 5. ed. São Paulo, SP: Mescla, 2018.
- ANVISA. Resolução nº 482, de 23 de setembro de 1999. **Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 1999.
- AQUARONE, Eugênio *et al.* **Biotechnologia industrial**: biotecnologia na indústria de alimentos. 7. ed. São Paulo, SP: Blucher, 2001. 4 v.
- BALBINOT FILHO, Clóvis Antônio. **Equilíbrio de fases a alta pressão de sistemas contendo dióxido de carbono, etanol, quercetina e nicotinamida**. 2020. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2020.
- BIZZO, Humberto R. *et al.* Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 588-594, jan. 2009.
- BRASIL, Lei Federal nº 7678/88, de 08 de novembro de 1988. Dispõe sobre a produção, circulação e comercialização do vinho e derivados da uva e do vinho, e dá outras providências. **Diário Oficial da União** de 09 de novembro de 1988. p. 21561. Brasília, 1988. Disponível em <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=7678&ano=1988&ato=1ecg3ZU1UNBpWTfc1>. Acesso em: 19 mar. 2021.
- BRASIL. Receita Federal. Ministério da Economia. **Tabelas de conversão para reais do dólar dos EUA**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/assuntos/orientacao-tributaria/tributos/tabelas-de-conversao-para-reais-do-dolar-pessoa-fisica-IRPF-2021>. Acesso em: 23 maio 2022.
- CAMPOMANES, Angela María Farías. **Recuperação de compostos bioativos via extração supercrítica convencional dos resíduos de uva provenientes do processamento do pisco**. 2012. 251 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.
- COELHO, José P. *et al.* Recovering value from organic waste materials: supercritical fluid extraction of oil from industrial grape seeds. **The Journal of Supercritical Fluids**, [S.l.], v. 141, p. 68-77, Nov. 2018.

[CPC] COMITÊ DE PRONUNCIAMENTOS CONTÁBEIS. Disponível em: <http://www.cpc.org.br/CPC>. Acesso em: mai. 2021. [Pronunciamentos consultados; CPCPMER1 rev. 14]

DALMOLIN, Iredé Angela Lucini. **Uso de sementes de uva, um resíduo da agroindústria vinícola, empregando tecnologias supercríticas**. 2013. 170 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas, 2013.

DUBA, Kurabachew Simon; FIORI, Luca. Supercritical CO₂ extraction of grape seed oil: effect of process parameters on the extraction kinetics. **The Journal of Supercritical Fluids**, [S.l.], v. 98, p. 33-43, Mar. 2015.

EXTRATEX: Datasheet: SFE:100L/2X100L supercritical CO₂ equipment. Eletronic publication. 2020. Disponível em: <https://www.extratex-sfi.com/media/pdf/sfe-100l-extratex-sfi.pdf>. Acesso em: 27 maio 2022.

FERREIRA, Renan de Oliveira *et al.* Montagem, testes operacionais e validação de uma unidade laboratorial para extração de compostos de matrizes vegetais utilizando fluidos pressurizados ou supercríticos como solventes. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 42, p. 22-45 fev. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/rt/printerFriendly/40591/html>. Acesso em: 30 maio 2021.

FREITAS, Lisiane dos Santos. **Desenvolvimento de procedimento de extração do óleo de semente de uva e caracterização química dos compostos extraídos**. 2007. 227 f. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.

GAUTO, Marcelo; ROSA, Gilber. **Química industrial**. Porto Alegre, RS: Bookman, 2013. (Tekne).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE/ SIDRA, Pesquisa Industrial Anual - Sistema IBGE de Recuperação de Dados Automática. 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pia-produto/tabelas>. Acesso em 15 jun 2021..

JAYAPRAKASHA, G. K. Antioxidant activity of grape seed (*Vitis vinifera*) extracts on peroxidation models in vitro. **Food Chemistry**, Mysore, v. 73, n. 73, p. 285-290, Out. 2000

LYRIO, Eduardo Felissimo *et al.* **Análise de Custo**: uma abordagem simples e objetiva. São Paulo, SP: Manole, 2017.

MAUL, Aldo Adolar *et al.* Extração por fluído supercrítico. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 2, n. 5, p. 185-200, 1996.

- MAXWELL, Charles. **Cost Indices**. 2022. Disponível em: <https://www.toweringskills.com/financial-analysis/cost-indices/>. Acesso em: 11 maio 2022.
- MEIRELES, M. Angela A. Supercritical extraction from solid: process design data (2001-2003). **Current Opinion in Solid State and Materials Science**, [S.l.], v. 7, n. 4-5, p. 321-330, Aug. 2003.
- MELLO, Loiva Maria Ribeiro de. Vitivinicultura brasileira: panorama 2018. **Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 210**, Bento Gonçalves, v. 1, n. 1, p. 2020-2020, 18 out. 2019. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/203100/1/Comunicado-Tecnico-210.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2021.
- MENEZES, M. L. de *et al.* Estudo do processo de extração por soxhlet do óleo de semente de uva. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 20., 2014, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: Blucher Chemical Engineering Proceedings, v. 1, 2015, p. 5831-5838, ISSN 2359-1757.
- MOREIRA, Nara Xavier *et al.* Ácidos graxos: uma revisão: fatty acids: a review. **Nutrire: Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**, São Paulo, v. 24, p. 105-123, dez. 2002.
- OLEGÁRIO, Lary S. *et al.* Estudo prospectivo sobre óleo de semente de uva. *In*: ISTI - INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TECHNOLOGICAL INNOVATION, 2015, Aracaju. **Anais [...]**. Aracaju: Proceeding of ISTI- ISSN:2318-3403, v. 3, n. 1, p. 306-316, 2015.
- OLIVEIRA, Daniela Alves de. **Caracterização fitoquímica e biológica de extratos obtidos de bagaço de uva (*Vitis vinifera*) das variedades merlot e syrah**. 2010. 211 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.
- PASSOS, Gilvan. **Sobre os taninos do vinho**. 2019. Coluna Saberes do Vinho. Disponível em: <https://revistadeguste.com/colunas/sobre-os-taninos-do-vinho/>. Acesso em: 06 jun. 2021.
- PEZZINI, Vania. **Produção de extratos enriquecidos com flavonóides a partir de co-produtos da elaboração de suco de uva**. 2017. 69 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) - Instituto de Biotecnologia, Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/3325/Dissertacao%20Vania%20Pezzini.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 mar. 2021.
- PRADO, Juliana M. *et al.* Supercritical fluid extraction of grape seed: process scale-up, extract chemical composition and economic evaluation. **Journal of Food Engineering**, [S.l.], v. 109, n. 2, p. 249-257, Mar. 2012.
- PROTAS, José Fernando da Silva. A produção de vinhos finos: um *flash* do desafio brasileiro. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 21, n. 1, p. 17-19, mar. 2008.

RABACHINO, Roberto. **Vocabulário do vinho**. 3. ed. Caxias do Sul: EducS, 2018

REIS, Tiago. Por que fazer a análise de viabilidade de um negócio é tão importante? **Suno**, 2018. Disponível em: <https://www.suno.com.br/artigos/analise-de-viabilidade/>. Acesso em: 21 nov. 2021.

ROCHA-URIBE, José Antonio *et al.* Cost estimation for CO₂ supercritical extraction systems and manufacturing cost for habanero chili. **The Journal of Supercritical Fluids**, [S.l.], v. 93, p. 38-41, Sept. 2014.

ROCKEMBACH, Caroline T. *et al.* Synthesis of biodiesel from grape seed oil using ultrasound irradiation. **Revista Virtual de Química**, Niterói, v. 6, n. 4, p. 884-897, fev. 2014.

ROSA, Paulo T.V.; MEIRELES, M. Angela A.. Rapid estimation of the manufacturing cost of extracts obtained by supercritical fluid extraction. **Journal of Food Engineering**, [S.l.], v. 67, n. 1-2, p. 235-240, Mar. 2005.

ROTAVA, Rui. Atividade antibacteriana, antioxidante e tanante de subprodutos da uva. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 941-944, 23 out. 2021.

SAPKALE, Geeta N. *et al.* Supercritical fluid extraction: a review. **International Journal Chemical Science**, [S.l.], v. 8, n. 2, p. 729-743, Jan. 2010.

SEIDER, Warren D. *et al.* **Product and process design principles: synthesis, analysis, and evaluation**. 4. ed. New York: Wiley, 2017.

SILVA, Luana Nascimento *et al.* Indústria de óleos essenciais no Brasil: uma perspectiva a partir do programa de modernização das estatísticas econômicas. *In: CONAPESC*, 4., 2019. Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/56922>. Acesso em: 15 jun 2021.

SRF. **Instrução Normativa SRF nº 162, de 31 de dezembro de 1998**.

SVIECH, Vinicius. **Análise de investimentos: controvérsias na utilização da TIR e VPL na comparação de projetos**. Percurso, Curitiba, v. 13, n. 1, p. 1-28, jun. 2013.

TADINI, Carmen Cecília *et al.* **Operações unitárias na indústria alimentícia**. Rio de Janeiro: LTC, 2019. (Volume 2).

TARIFAS - RGE. 2022. CPFL. Disponível em: <https://www.cpfl.com.br/empresas/tarifas-rge#230548828-3499326644>. Acesso em: 25 maio 2022.

TAYLOR, Larry T. **Supercritical fluid extraction**. New York: John Wiley & Sons, 1996.

UTGIKAR, Vivek. **Introdução à engenharia química: conceitos, aplicações e prática computacional**. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

VALDUGA, Paula. **Circuito das uvas de mesa**. 2022. Disponível em: <https://www.guiadecaxiasdosul.com/turismo/passeios/circuito-das-uvas-de-mesa/circuito-das-uvas-de-mesa>. Acesso em: 22 maio 2022.

ZENEON, Odair *et al* (org.). **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4. ed. São Paulo, SP: Instituto Adolf Lutz, 2008. 1000 p. 1ª edição digital. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf. Acesso em: 05 abr. 2021.