



# MAPEAMENTO DAS OPORTUNIDADES DE VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA PRODUÇÃO DO CAFÉ BRASILEIRO DESTINADOS À INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS

Nicole Gravino Figueiredo Stroub

Monografia em Engenharia Química

Orientadores

Prof. Armando Lucas Cherem da Cunha, D.Sc

Prof. Daniel Weingart Barreto, D.Sc

Junho de 2021

# MAPEAMENTO DAS OPORTUNIDADES DE VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA PRODUÇÃO DO CAFÉ BRASILEIRO DESTINADAS À INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS

*Nicole Gravino Figueiredo Stroub*

Monografia em Engenharia Química submetida ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Aprovado por:

---

Estevão Freire, D.Sc.  
Escola de Química, UFRJ

---

Marcelo Mendes Viana, D.Sc.  
Escola de Química, UFRJ

Orientado por:

---

Armando Lucas Cherem da Cunha, D.Sc.  
Escola de Química, UFRJ

---

Daniel Weingart Barreto, D.Sc.  
Escola de Química, UFRJ

Stroub, Nicole Gravino Figueiredo.

Mapeamento das oportunidades de valorização dos resíduos da produção do café brasileiro destinados à indústria de cosméticos/ Nicole Gravino Figueiredo Stroub. Rio de Janeiro, UFRJ/EQ, 2021.

ix, 57p.; il.

Monografia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2021.

Orientadores: Armando Lucas Cherem da Cunha e Daniel Weingart Barreto.

1. Indústria brasileira de café. 2. Valorização de resíduos. 3. Economia circular. 4. Monografia. (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Armando Lucas Cherem da Cunha e Daniel Weingart Barreto. I. Mapeamento das oportunidades de valorização dos resíduos da produção do café brasileiro destinados à indústria de cosméticos.

À minha amada família.  
*“Troque de folhas, mas nunca abandone suas raízes”*

*Les grands pas nous mènent aux grands rêves.*

## AGRADECIMENTOS

Costumo dizer que a vida é feita de ciclos, com início, meio e fim. No entanto, esses ciclos são eternizados pelas relações que construímos, pelos momentos especiais que se tornam lembranças e pelos aprendizados que se transformam em experiência. Por isso, em primeiro lugar agradeço àqueles que me presentearam com o ciclo mais especial: o da minha vida. Agradeço a Deus e aos meus amados pais por esse presente imensurável, e pelo amor e cuidado infinitos desde o meu primeiro dia.

Minha família é o meu bem mais precioso. Agradeço à minha irmã Milena por ser a minha melhor amiga. Agradeço aos meus padrinhos, tios, primos, afilhado e avós por serem parte dessa fortaleza. Em especial, à minha avó Marly, “vov”, e ao meu avô Jacob, pois sei que me acompanharam durante toda essa caminhada e estão do Céu vibrando por essa conquista.

Gostaria de agradecer àqueles que contribuíram para tornar meu ciclo da graduação inesquecível. Aos amigos que trouxe do querido Colégio Militar do Rio de Janeiro, aos amigos que fiz na querida EQ e aos amigos e amor que ganhei do duplo diploma na França.

Obrigada também a todos os professores que foram responsáveis pela minha formação pessoal e profissional. Em especial, aos meus orientadores, Prof. Armando Cherem e Prof. Daniel Barreto, e ao Prof. Sergio Machado, que se tornou um amigo e conselheiro para a vida. Agradeço também aos professores da AgroParisTech, onde realizei minha dupla diplomação, em especial ao Prof. Artemio, quem me abriu as portas para uma das melhores fases da minha vida.

Por fim, agradeço à Escola de Química e à Universidade Federal do Rio de Janeiro, ao seu corpo docente e a todos os funcionários, que contribuíram para a minha formação. Tenho orgulho de ter estudado em uma Universidade pública de qualidade, que me abriu portas e oportunidades, e me tornou uma pessoa e profissional capacitada para enfrentar novos desafios.

Resumo da Monografia apresentada à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para conclusão do curso de Engenharia Química.

## **MAPEAMENTO DAS OPORTUNIDADES DE VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DA PRODUÇÃO DO CAFÉ BRASILEIRO DESTINADOS À INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS**

Nicole Gravino Figueiredo Stroub

[\(nstroub@eq.ufrj.br\)](mailto:nstroub@eq.ufrj.br)

Junho, 2021

Orientador: Prof. Armando Lucas Cherem da Cunha, D.Sc.

Outros Orientadores: Prof. Daniel Weingart Barreto, D.Sc.

O café é a segunda bebida mais consumida no mundo. Estima-se que a sua produção chegue aos 208 milhões de sacas até 2030, acompanhando a demanda acelerada pelo crescimento populacional ao longo das últimas décadas. Juntamente com a produção, o volume de resíduos gerados pela cadeia do café vem aumentando ao longo dos anos. Calcula-se que a produção de 1 tonelada de café pode levar à geração de mais de 600kg de resíduos. A exposição direta desses resíduos ao meio ambiente representa uma das causas de poluição ambiental e também significa uma perda de biomassa, que poderia ser utilizada para a produção ou recuperação de diferentes metabólitos com valor comercial. Atualmente, parte dos resíduos é destinada à fabricação de adubo orgânico, à indústria de alimentação animal ou queimada para geração de energia. No entanto, o volume exacerbado de resíduos, aliado a um subaproveitamento dos mesmos, representa um risco para o meio ambiente. Nesse sentido, torna-se indispensável o desenvolvimento de novas tecnologias baseadas numa lógica de economia circular e de reaproveitamento de resíduos. Por outro lado, a crescente tendência de *upcycling* na indústria de cosméticos tem incentivado cada vez mais empresas do setor a desenvolverem produtos mais sustentáveis, visando substituir insumos derivados do petróleo por matéria-prima de fonte renovável. Surge, portanto, uma oportunidade de aliar o potencial de reaproveitamento dos resíduos do café com a crescente demanda da indústria de cosméticos por insumos mais sustentáveis. Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo mapear as oportunidades de valorização dos resíduos da produção do café brasileiro, destinados à indústria de cosméticos. Este estudo baseou-se em três etapas fundamentais. Primeiramente, por meio da revisão bibliográfica de bases de dados, analisou-se o mercado de café brasileiro, as etapas de sua cadeia produtiva e o setor de cosméticos no país. Com esses dados, identificou-se os principais resíduos gerados e a demanda por insumos para ingredientes cosméticos. Em seguida, realizou-se uma avaliação por meio da análise de artigos científicos. Por fim, efetuou-se análise de patentes a fim de compreender-se o nível de maturidade do desenvolvimento tecnológico do setor. Constatou-se, portanto, que a valorização de resíduos do café para fabricação de ingredientes cosméticos representa uma oportunidade a ser explorada. Identificou-se o potencial dos resíduos das etapas de beneficiamento e de torrefação para a fabricação de ingredientes bioativos, com foco em sua atividade antioxidante. Ainda, os resíduos gerados durante o beneficiamento apresentaram um potencial de aplicação como agentes espessantes e gelificantes. Por fim, os resíduos da produção de café solúvel apresentaram um potencial de reaproveitamento como agentes quelantes e esfoliantes.

## Sumário

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	3
<b>3.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	3
3.1.	Economia Circular e Desenvolvimento Sustentável - Conceitos .....	3
3.2.	Panorama da Produção de Café no Brasil .....	7
3.2.1.	Mercado de Café e Distribuição Geográfica .....	7
3.2.2.	Processamento do Café na Lavoura .....	8
3.2.3.	Processamento Industrial.....	12
3.3.	Resíduos gerados ao longo da cadeia produtiva do café.....	16
3.3.1.	Anatomia do Fruto de Café .....	16
3.3.2.	Resíduos Gerados durante o Beneficiamento.....	17
3.3.3.	Resíduos Industriais .....	19
3.4.	Panorama da Indústria de Cosméticos no Brasil .....	21
3.4.1.	Análise de Mercado.....	21
3.4.2.	Ingredientes para Cosméticos.....	22
3.4.3.	Atores da Indústria de Ingredientes para Cosméticos .....	24
3.4.4.	Upcycling na Indústria de Cosméticos .....	25
<b>4.</b>	<b>METODOLOGIA DE PESQUISA</b> .....	26
4.1.	Literatura Científica .....	26
4.1.1.	Análise Macro .....	27
4.1.2.	Análise Meso.....	27
4.1.3.	Análise Micro.....	28
4.2.	Pesquisa de Patentes .....	28
4.3.	Outras Bases de Dados .....	29
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	31
5.1.	Análise de Artigos .....	31
5.1.1.	Análise Macro .....	31
5.1.2.	Análise Meso.....	34
5.2.	Mapeamento das Oportunidades de Valorização dos Resíduos .....	36
5.2.1.	Produção de Ingredientes Bioativos e de Aditivos.....	36
5.2.2.	Potencial Antioxidante dos Resíduos .....	37
5.2.3.	Eficiência de Extração dos Resíduos.....	41
5.2.4.	Quantificação do Reaproveitamento dos Resíduos .....	44
5.3.	Análise de Patentes .....	46
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	48
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	50



## Lista de Figuras

Figura 1 - Formas de recirculação de recursos (CNI, 2019). .....	4
Figura 2 - 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. ....	5
Figura 3 - Evolução do consumo interno de café no Brasil (1990 - 2018) – ABIC, 2018	7
Figura 4 - Anatomia do fruto de café maduro (EMATER-MG, 2016) .....	8
Figura 5 - Exemplo de derriçadeira (CaféPoint, 2016) .....	9
Figura 6 - Diferença de secagem dos grãos em terreiro (EMATER-MG, 2016) .....	10
Figura 7 - Descascador de café (Silva, 2017).....	11
Figura 8 - Resumo do processo de café solúvel (ABICS, 2021 - adaptado).....	14
Figura 9 - Esquema ilustrativo dos componentes do fruto de café (Gibson & Newsham, 2018)(adaptado).....	17
Figura 10 - Evolução do mercado brasileiro de HPPC (Cosmetic Innovation, 2018 - adaptado) .....	22
Figura 11 - Total de publicações ao longo dos anos (base Science Direct) .....	31
Figura 12 - Distribuição de publicações sobre o tema "coffee residue" por área tecnológica (base Science Direct) .....	32
Figura 13 - Total de publicações ao longo dos anos (base Scopus ) .....	32
Figura 14 - Distribuição de publicações sobre o tema "coffee residue" por área tecnológica (base Scopus) .....	33
Figura 15 - Distribuição geográfica do total de publicações sobre o tema coffee residue (base Scopus).....	33
Figura 16 - Total de publicações sobre resíduos do café ao longo dos anos.....	34
Figura 17 - Distribuição de publicações sobre o tema resíduos do café por área tecnológica.....	35
Figura 18 - Distribuição geográfica do total de publicações sobre o tema resíduos do café.....	36
Figura 19 - Estrutura química do ácido clorogênico (Saber Atualizado, 2016).....	38
Figura 20 - Estrutura química da cafeína (TELO & VIEIRA, 1997).....	38
Figura 21 - Mecanismo de reação RAF - radical adduct formation da cafeína com radicais hidroxila (LEON-CARMONA & GALANO, 2011) .....	38
Figura 22 - Resultados de CE50 da análise de sequestro de radicais peroxila dos resíduos (PALOMINO et al, 2015) .....	40
Figura 23 - Variação do teor fenólico da casca de café durante fermentação fúngica - elaboração própria a partir de (PALOMINO & DEL BIANCHI, 2015).....	43
Figura 24 - Variação da atividade antioxidante do extrato aquoso da película prateada, em função da temperatura de extração (NARITA & INOUE, 2012).....	44
Figura 25 - Esquema dos principais resíduos da cadeia produtiva do café e oportunidades de reaproveitamento (elaboração própria) .....	45

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Grau de torrefação em função do tempo, a 205°C (GONZALEZ, 2004 - adaptado) .....	13
Tabela 2 - Composição mássica da casca e da polpa de café, em base seca (%) (MURTHY & NAIDU, 2012 – adaptado).....	18
Tabela 3 - Composição química dos resíduos do beneficiamento por via seca e por via úmida (g/100g de massa seca) (ECHEVERRIA & NUTI, 2016- adaptado).....	19
Tabela 4 - Composição química da película prateada (adaptado de NARITA & INOUE, 2012, NAPOLITANO et al, 2008, MUSSATTO et al, 2012).....	20
Tabela 5 - Composição química da borra de café (ZABANIOTOU et al, 2019 - adaptado) .....	21
Tabela 6 - Principais ingredientes utilizados na indústria de cosméticos. Fonte: (BEAUTYSTAT COSMETICS, 2021 - adaptado) .....	23
Tabela 7 - Total de artigos obtidos para cada base de dados, em variadas buscas macro .....	27
Tabela 8 - Total de artigos obtidos para a análise meso .....	28
Tabela 9 - Busca de artigos realizada na etapa de análise micro.....	28
Tabela 10 - Resumo das buscas de patentes realizadas e total de publicações encontradas na base INPI .....	29
Tabela 11 - 10 maiores indústrias de café associadas à ABIC em 2018, com base na quantidade de sacas produzidas no ano (ABIC, 2018 ).....	30
Tabela 12 - Composição fenólica dos resíduos do café (PALOMINO GARCÍA et al, 2015 - adaptado) .....	39
Tabela 13 - Análise de extrato aquoso da película prateada (NARITA & INOUE (2012) - adaptado) .....	41
Tabela 14 - Teor de fenólicos totais do extrato da casca de café em função do método de extração (PALOMINO & DEL BIANCHI, 2015 - adaptado) .....	42
Tabela 15 - Análise do potencial antioxidante de extratos de película prateada em função do método de extração (NARITA & INOUE, 2012 - adaptado).....	43
Tabela 16 - Lista de patentes selecionadas a partir de busca na base INPI.....	47

## 1. INTRODUÇÃO

A tendência de crescimento exponencial da população, iniciada na década de 1970 com o desenvolvimento de novas formas de explorar e produzir, trouxe ameaças e oportunidades numa perspectiva global. Estima-se que em 2050, a população mundial atingirá 9,7 bilhões de habitantes (ONU, 2019), e a população brasileira chegará a 232,9 milhões de habitantes (IBGE, 2021). Acompanhando esse crescimento, alguns indicadores traduzem-se em preocupações no que diz respeito à demanda global por alimentos, por energia e por matéria-prima, bem como o volume de resíduos gerados e os impactos ambientais atrelados a isso.

Nesse sentido, a demanda mundial acelerada vem movimentando cada vez mais o mercado de *commodities* agrícolas, dentre elas o café. À exceção da água, o café é a segunda bebida mais consumida do mundo, atrás apenas do chá (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2014). Segundo a Embrapa, o consumo mundial de café vem crescendo a uma taxa de 2% ao ano, e estima-se que a produção chegue aos 208 milhões de sacas até 2030. Em 2021 o valor do mercado mundial de café foi avaliado em 465,9 bilhões de dólares (RESEARCH AND MARKETS, 2021).

Embora o Brasil seja hoje o maior produtor e exportador do mundo, o café se originou na Etiópia, na região de Cafa. Foi no século XVIII que a planta chegou na Guiana Francesa, sendo posteriormente levada para a região norte do Brasil. Em Belém, a cultura não se difundiu devido ao clima da região. Foi então que mudas foram levadas para o Rio de Janeiro e demais estados das regiões Sudeste e Sul do país. O período de 1800 a 1930 foi, portanto, marcado pelo ciclo do café, em que seu cultivo no Vale da Paraíba – entre os estados Rio de Janeiro e São Paulo – e sua exportação passaram a desempenhar um papel de grande importância para a economia brasileira.

Desde então, o crescimento exponencial da população iniciado em 1970 contribuiu para o *boom* na produção de café. Acompanhando o mercado, cresce o volume de resíduos gerados ao longo de sua cadeia produtiva. De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), mais de 150 milhões de sacas de café foram produzidas no mundo no período de 2012-2013, o que equivale a 9Mt de grãos. Por outro lado, a USDA calcula que a produção de 1 tonelada de café pode levar à geração de mais de 600kg de resíduos, o que indica a geração de 5,4Mt de resíduos no período em questão. Estima-se, ainda, que cerca de 6Mt de resíduos de café são gerados por ano (ANASTOPOULOS et al, 2017).

De forma geral, parte dos resíduos obtidos no campo são utilizados como adubo orgânico. Já na indústria, a maior parte dos resíduos é destinada à incineração nas fornalhas a

fim de substituir a lenha na etapa de torrefação, enquanto parte do resíduo retorna às lavouras para também ser utilizado como adubo orgânico (GRAÇA & CALDAS, 2017).

Segundo Palomino & Del Bianchi (2015), o descarte dos resíduos gerados pela agroindústria no meio ambiente representa um importante impacto ambiental e também significa uma perda de biomassa, que poderia ser utilizada para a produção ou recuperação de diferentes substâncias com valor comercial. Nesse sentido, torna-se indispensável o desenvolvimento de novos modelos de negócio, de modo que se busque cada vez mais soluções baseadas em uma economia circular e de reaproveitamento de resíduos, substituindo o modelo baseado em produzir, consumir e descartar.

Por outro lado, tecnologias vêm sendo desenvolvidas a fim de explorar o potencial do café para além da indústria de alimentos. Com o objetivo de reforçar seu compromisso com a sustentabilidade, empresas do setor de cosméticos, por exemplo, vêm explorando o desenvolvimento de formulações compostas por derivados de café, a fim de encontrar substitutos de origem renovável para insumos tradicionalmente derivados do petróleo.

No entanto, deve-se atentar para que a produção de cosméticos derivados do café não vá de encontro com os desafios encontrados pelo setor de alimentos. De fato, é crescente a preocupação com a queda do volume de estoque de café. Apesar da safra recorde do Brasil em 2020/2021, os estoques caíram para o menor nível em 6 anos no país, devido a questões climáticas e problemas logísticos (CAFÉ POINT, 2021). Dessa forma, o reaproveitamento dos resíduos do café representa uma oportunidade ainda mais sustentável para o setor de cosméticos, de modo que o consumo não represente uma ameaça para o setor de alimentos.

O Brasil representa hoje o quarto maior mercado consumidor da indústria de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos (HPPC), movimentando US\$29,6 bilhões em 2019 (ABIHPEC, 2020). Se economicamente os números do setor são promissores, o seu impacto ambiental tem gerado crescente preocupação. A produção convencional de cosméticos utiliza mais de 10 mil Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs), substâncias altamente resistentes à degradação que permanecem no ambiente ou se acumulam no organismo humano, podendo causar problemas de saúde (G1, 2019).

Nesse sentido, órgãos governamentais como a Food and Drug Administration (FDA), nos Estados Unidos, vêm intensificando a regulamentação do uso de químicos na fabricação de cosméticos. Além disso, cresce a demanda por produtos de beleza “verdes e limpos”, devido a uma maior preocupação do consumidor com o impacto de produtos cosméticos na saúde e no meio ambiente (FUTURE MARKET INSIGHTS (FMI), 2019). De acordo com a FMI, o

mercado mundial de cosméticos orgânicos e naturais é um setor emergente e deve crescer 50% durante o período de 2018 a 2027. No Brasil, esse mercado cresce 20% ao ano e já movimentou mais de 3 bilhões de reais (G1, 2019).

Acompanhando o crescimento do setor, a produção de cosméticos a partir do grão de café vem sendo desenvolvida por grandes grupos, como por exemplo Chanel e Givaudan. Contudo, o emprego do grão de café verde (ou seja, grão de café não torrado) na preparação de ingredientes cosméticos ainda contribui para a geração de grandes quantidades de resíduos, uma vez que não é realizado o reaproveitamento dos mesmos. Surge, portanto, uma oportunidade de fomentar o *upcycling* na indústria de cosméticos, de modo a explorar o potencial dos resíduos da cadeia produtiva do café, a fim de encontrar soluções remediadoras do impacto ambiental gerado e que respondam à demanda da indústria de cosméticos por insumos mais sustentáveis.

## **2. OBJETIVOS**

Tendo em vista a importância do mercado de café para a indústria nacional, aliada à crescente demanda da indústria de cosméticos por insumos de origem renovável, o presente trabalho tem por objetivo mapear as oportunidades de valorização dos resíduos de produção do café no Brasil, destinados à indústria de cosméticos. Ainda, o trabalho tem por objetivo identificar os resíduos gerados ao longo da cadeia produtiva do café, a fim de propor um diagnóstico de seu potencial por meio da análise de sua composição. Por fim, o presente estudo visa propor alternativas que visem aumentar o valor agregado dos resíduos de café, por meio de seu emprego na indústria de cosméticos.

Como objetivos específicos, foi realizada análise de artigos em escalas macro, meso e micro, a fim de compreender as possibilidades de inovação para o uso de resíduos de café na indústria de cosméticos. Também foi realizada análise de patentes e de bases de dados, a fim de mapear tecnologias proeminentes desenvolvidas nesse segmento.

## **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1. Economia Circular e Desenvolvimento Sustentável - Conceitos**

Desde o surgimento das primeiras revoluções industriais, desenvolveu-se como modelo de negócio a economia linear, baseada em extrair, produzir e descartar. Na década de 1950, países desenvolvidos adotaram novas práticas agrícolas, utilizando fertilizantes e técnicas de irrigação que garantiriam aumentos no rendimento das safras. Essas mudanças impactaram num

crescimento exponencial dos indicadores de consumo, crescimento populacional e impacto no meio ambiente, fenômeno conhecido como “A Grande Aceleração” (STOCKHOLM RESILIENCE CENTRE, 2015).

Dessa forma, a partir dos anos 1970 constata-se cada vez mais que muitos dos recursos essenciais à sobrevivência humana são finitos, ou cujo tempo de renovação é limitado comparando-se com a demanda acelerada (WEETMAN, 2017). Em 1972, o Clube de Roma publicou o livro *Os Limites do Crescimento*, com o objetivo de modelar as consequências de uma economia linear e advertir a população sobre o consumo exacerbado de recursos naturais.

Como alternativa ao modelo de negócio descrito anteriormente, surge o conceito de economia circular. De acordo com a Universidade Tecnológica de Delft, este modelo visa movimentar em ciclos materiais e produtos valiosos, produzindo-os e transportando-os usando energia renovável. Globalmente, a economia circular baseia-se em três princípios: eliminar ou minimizar o descarte de lixo e a poluição, conservar o uso de produtos e materiais e regenerar sistemas naturais (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2021).

Na prática, a economia circular representa um novo conjunto de desafios e oportunidades para a indústria. Torna-se necessário inovar no desenho de produtos para maior circularidade, reduzir a dependência de matérias-primas virgens, reduzir perdas nos processos produtivos e construir canais para logística reversa e reciclagem. Acompanhando essa tendência, o mercado de trabalho requer cada vez mais profissionais especializados em automação, desenvolvimento de novos materiais, processos químicos e físicos de recuperação de materiais, dentre outros (CNI, 2019).

Ainda, é importante compreender a sequência de prioridades quanto às formas de recirculação de materiais e produtos. Considerando-se que quanto menor o ciclo, menor será a perda de valor do produto, deve-se buscar primeiramente a manutenção, em seguida o reuso, a remanufatura e finalmente a reciclagem dos recursos. A figura 1 apresenta um esquema da ordem de prioridades de recirculação a serem seguidas na economia circular:

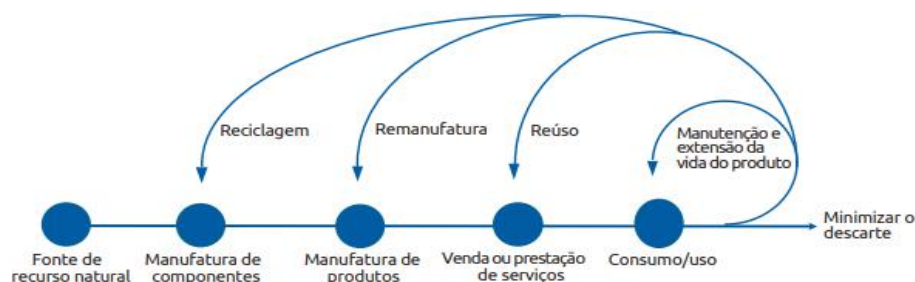


Figura 1 - Formas de recirculação de recursos (CNI, 2019).

A economia circular, portanto, consiste num caminho prático para atingir o desenvolvimento sustentável. De acordo com a Organização das Nações Unidas, este conceito baseia-se no desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades.

Dessa forma, considerando-se o cenário exposto anteriormente, a ONU definiu os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) - um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade (ONU, 2021). A figura 2 ilustra esses objetivos:



Figura 2 - 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU.

Nesse sentido, a valorização dos resíduos da produção de café vai ao encontro do modelo de economia circular e aos objetivos do desenvolvimento sustentável, satisfazendo especificamente os objetivos de fome zero e agricultura sustentável, indústria, inovação e infraestrutura e consumo e produção responsáveis.

Nesse contexto, torna-se importante destacar o conceito de bioeconomia, um modelo de produção industrial baseado no uso de recursos biológicos. Segundo a Embrapa (2021), seu objetivo é oferecer soluções para a sustentabilidade dos sistemas de produção com vistas à substituição de recursos fósseis e não renováveis. Um exemplo da aplicação da bioeconomia na realidade brasileira, encontra-se na implementação do programa Proálcool em 1970, que tornou o Brasil o maior exportador de etanol do mundo.

Como tem a maior biodiversidade de fauna e flora do planeta, o Brasil apresenta um grande potencial para crescimento da bioeconomia. Como tendência de mercado, observa-se o desenvolvimento de setores para além da bioenergia, como biopolímeros, biopesticidas, alimentos funcionais, fragrâncias e cosméticos (EMBRAPA, 2021). Segundo dados da

Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD, 2009), a bioeconomia movimenta no mercado mundial cerca de 2 trilhões de euros e gera cerca de 22 milhões de empregos.

Outro conceito relevante para o presente estudo é o *upcycling*, também conhecido como reutilização criativa. Consiste num processo de criar algo novo, a partir de materiais existentes que iriam ser descartados, para melhorar os originais (SEBRAE, 2019). Com origens na década de 1990, o termo difundiu-se no Brasil ao longo dos últimos anos, inicialmente na indústria da moda e de tecidos, ganhando cada vez mais relevância em setores como o de cosméticos. O crescimento da nova tendência deve-se principalmente a três motivações principais:

- Rentabilidade: baixo custo da matéria-prima;
- Sustentabilidade: evita o acúmulo de resíduos em aterros e reduz a pegada hídrica e de carbono, comparado à produção a partir de matéria-prima virgem;
- Criatividade e valor de mercado: Produtos obtidos a partir do *upcycling* são percebidos de forma positiva pelo consumidor, por conta de sua pegada inovadora, criativa, natural e de menor impacto no meio ambiente.

Por fim, com o objetivo de desenvolver um estudo pautado na valorização de resíduos, deve-se compreender este conceito e sua aplicação nas indústrias agrícola e de alimentos. Dessa forma, resíduos são as partes que sobram de processos derivados das atividades humanas e animal, e de processos produtivos, como a matéria orgânica, o lixo doméstico, os efluentes industriais e os gases liberados em processos industriais ou por motores (SEBRAE, 2020).

Em processos de transformação, os resíduos são produtos ou substâncias que não apresentam características conformes ao fim inicialmente proposto (MAPA, 2018).

Cabe ressaltar que os resíduos se diferenciam de coprodutos. Este último, por sua vez, consiste em um produto com valor agregado, obtido a partir de resíduos de um processo de transformação. Um exemplo de coproduto são os insumos destinados à alimentação animal obtidos a partir de resíduos sólidos provenientes de indústrias alimentícias (MAPA, 2018).

Portanto, a valorização de resíduos da produção de café visa torná-los coprodutos de alto valor agregado, baseando-se nos conceitos de economia circular, bioeconomia e *upcycling*, a fim de contribuir para o desenvolvimento sustentável. Retomando a figura 3, este trabalho visa atender ao primeiro ciclo da economia circular: estender a vida útil dos resíduos do café por meio de seu consumo/uso, conseqüentemente minimizando o seu descarte.



## 3.2. Panorama da Produção de Café no Brasil

A fim de estudarmos as oportunidades de valorização dos resíduos da produção do café brasileiro, é importante traçarmos um panorama de como tal produção se desenvolve no Brasil. Dessa forma, este capítulo visa descrever a exploração dos diferentes tipos de café no país, bem como os processos produtivos ao longo da cadeia, da cafeicultura até a etapa de produção industrial.

### 3.2.1. Mercado de Café e Distribuição Geográfica

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento – Conab, a safra de café 2020 no Brasil, se encerrou com a estimativa de superprodução de 63,08 milhões de sacas, a maior da história. Cabe ressaltar que uma saca de café equivale a 60kg (REVISTA CAFEICULTURA, 2013). O aumento foi de 27,9% sobre a colheita de 2019 e de 2,3% sobre o recorde anterior, de 2018 (61,7 milhões de sacas). A área colhida aumentou 3,9%, situando-se em 1,88 milhão de hectares.

O café é o 5º produto na pauta de exportação brasileira, movimentando US\$ 5,2 bilhões (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA, 2017). No que diz respeito ao consumo interno, a figura 3 ilustra o crescimento do consumo de café no Brasil ao longo das últimas décadas:

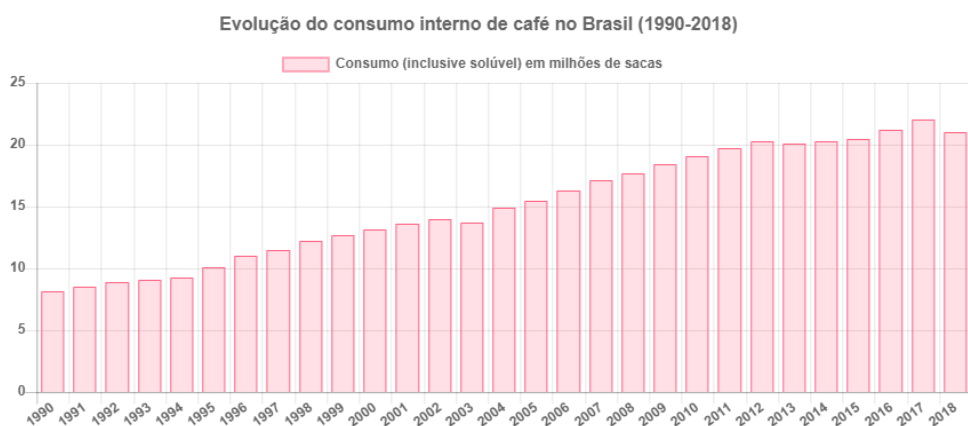


Figura 3 - Evolução do consumo interno de café no Brasil (1990 - 2018) – ABIC, 2018

Seguindo a tendência de crescimento constatada no gráfico, em 2020 o consumo interno chegou a 21,2 milhões de sacas, registrando um aumento de 1,34% segundo a ABIC (NOTÍCIAS AGRÍCOLAS, 2021).

O Brasil produz diversos tipos de grãos de café, graças às variadas condições de produção encontradas no país. De região para região, encontram-se diferentes tipos de relevo,

clima, altitude e latitude, o que permite atender às demandas do país, bem como de consumidores externos. As duas principais espécies plantadas são o arábica (80% da área) e o conilon (ou robusta).

Ambas as espécies se originam do continente africano. No entanto, os grãos de arábica vêm da Etiópia e os de robusta, do Congo e da Guiné. No que diz respeito ao aroma e sabor, a espécie arábica tende a ser mais aromática, suave e seca, com cerca de 1,2% de cafeína. Já a robusta possui sabor mais marcante e amargo, com cerca de 2,2% de cafeína. (CAFÉ POINT, 2017).

A produção de café se distribui no país por cerca de 1900 municípios, sendo os principais Estados: Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo, Bahia, Rondônia, Paraná, Rio de Janeiro, Goiás, Mato Grosso, Amazonas e Pará.

A produção da espécie arábica concentra-se nos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo e Bahia; a produção desses 4 estados representa cerca de 85% da produção desta espécie. Já a produção da espécie robusta se dá principalmente nos Estados do Espírito Santo, Bahia e Rondônia, representando 95% do total da produção nacional (MAPA, 2018).

Por fim, Minas Gerais é hoje o Estado com maior volume de produção de café no país, com 34,65 milhões de sacas em 2020. Em segundo lugar, encontra-se o Espírito Santo, com produção de 13,96 milhões de sacas em 2020 (CONAB, 2020). Dessa forma, o Sudeste é hoje a maior região produtora de café do país, responsável por 87,5% do total da produção nacional de 2020 (EMBRAPA, 2021).

### 3.2.2. Processamento do Café na Lavoura

No Brasil, a safra de café inicia-se geralmente em setembro/outubro e termina em agosto/setembro do ano seguinte (CAFÉPOINT, 2018). Dessa forma, a colheita inicia-se em média 7 meses após a floração, quando encontra-se maior uniformidade de maturação dos frutos. A figura 4 ilustra a anatomia do fruto de café maduro:



Figura 4 - Anatomia do fruto de café maduro (EMATER-MG, 2016)

Assim, o processamento do café na lavoura pode variar de acordo com o produto final desejado, sendo ele o café natural (também chamado café coco) ou o café verde, em que a casca e polpa são removidas por meio do processo de beneficiamento. Portanto, as etapas envolvidas na cafeicultura são a colheita, limpeza, secagem e beneficiamento, sendo a última considerada apenas no caso da produção de café verde.

### **3.2.2.1. Colheita**

O método de colheita a ser empregado depende de diversos fatores. Os mais relevantes para esta escolha são o tipo de relevo, o espaçamento entre os pés e a idade da lavoura.

#### **Colheita manual**

A colheita manual das cerejas de café pode ser feita por dois métodos: colheita seletiva ou por derriça. Na primeira, necessita-se de muitos profissionais para que se recolha os frutos maduros em detrimento dos verdes. Embora seja um processo muito penoso, garante um café de qualidade superior e conseqüentemente preços mais altos (UCOFFEE, 2019).

Já o método de derriça consiste na colheita dos frutos independente do seu estado de maturação, geralmente com o auxílio de uma derriçadeira. Esse equipamento consiste numa ferramenta em formato de mão humana, operada manualmente com o intuito de aumentar o rendimento da colheita do café (figura 5).



*Figura 5 - Exemplo de derriçadeira (CaféPoint, 2016)*

#### **Colheita Semi-mecanizada**

Neste tipo de colheita, os profissionais utilizam uma derriçadeira motorizada manual, com movimentos vibratórios. Esse equipamento permite uma maior seletividade da colheita, uma vez que os frutos maduros caem mais facilmente. Estima-se que um profissional utilizando uma derriçadeira motorizada pode substituir até 4 colhedores na colheita manual (CAFÉPOINT, 2016).

## Colheita Mecanizada

Neste tipo de colheita, utiliza-se grandes máquinas de propulsão própria ou puxadas por tratores. Podem ser colhedoras, que recolhem os frutos da totalidade do pé de café de uma só vez, ou derriçadeiras, que recolhem os frutos de um lado específico por vez.

### 3.2.2.2. Limpeza

Ao fim da colheita, o café passa por uma etapa de pré-limpeza para remoção de maiores impurezas (como galhos e folhas), e é em seguida transportado para pesagem e limpeza. Nesta etapa, utiliza-se abanadores mecânicos a fim de remover as impurezas remanescentes. Em seguida, é realizada a lavagem dos grãos e separação com o uso de água, onde os frutos verdes (mais leves), chamados “frutos bóias” são removidos e armazenados separadamente. (EMATER-MG, 2016).

Uma vez concluída a fase de limpeza dos frutos, o café é encaminhado para processamento, o qual pode ser realizado por via seca ou por via úmida.

### 3.2.2.3. Processamento por Via Seca

Processo mais simples e antigo, consiste na secagem do fruto de café até atingir teor de umidade de 10-11% (ECHEVERRIA & NUTI, 2016). Diversos métodos de secagem podem ser empregados, sendo eles naturais ou artificiais. A figura 6 ilustra o método natural de secagem em terreiro, contendo frutos de café com diferença de secagem de um dia. Esta etapa pode ser finalizada com o auxílio de secadores mecânicos ou mesmo no próprio terreiro.



Figura 6 - Diferença de secagem dos grãos em terreiro (EMATER-MG, 2016)

A secagem é considerada crucial para a qualidade dos grãos de café. Frutos muito secos podem gerar grãos quebradiços, que acabam sendo perdidos na etapa seguinte. Por outro lado,

frutos com excesso de umidade estão mais sujeitos à deterioração por fungos e bactérias (INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION, 2021).

Além disso, segundo Gonzalez (2004), o café processado por via seca tende a ter corpo e aroma pronunciados, uma vez que o grão absorve componentes presentes na polpa e na mucilagem durante a secagem do fruto.

Ao fim da secagem, obtém-se o café natural (ou café coco). De acordo com o produto final desejado, este pode ser diretamente comercializado ou enviado para beneficiamento.

Segundo o Manual de Segurança e Qualidade para a Cultura do Café (2004), o beneficiamento é uma operação pós-colheita que transforma, pela eliminação das cascas e separação dos grãos, o fruto seco (coco ou pergaminho) em grãos de café que passam a ter a denominação de café beneficiado ou café verde.

Nessa etapa, os frutos são enviados para descascadores mecânicos, em que por meio de fricção mecânica, a casca (epicarpo), a polpa (mesocarpo) e o pergaminho (endocarpo) são separados e eliminados por fricção. Nesta etapa, cerca de 50% da massa total do fruto seco se torna resíduo de produção (EMATER-MG, 2016).

#### 3.2.2.4. Processamento por Via Úmida

Diferentemente da via seca, no processamento por via úmida realiza-se diretamente a secagem dos grãos de café, já descascados. Dessa forma, após a colheita e limpeza dos frutos, estes são encaminhados para máquinas chamadas despulpadoras ou descascadoras, onde submete-se os frutos a uma pressão suficiente para que a casca e a polpa sejam eliminadas, com o auxílio de água. A figura 7 ilustra o funcionamento de uma descascadora de café.

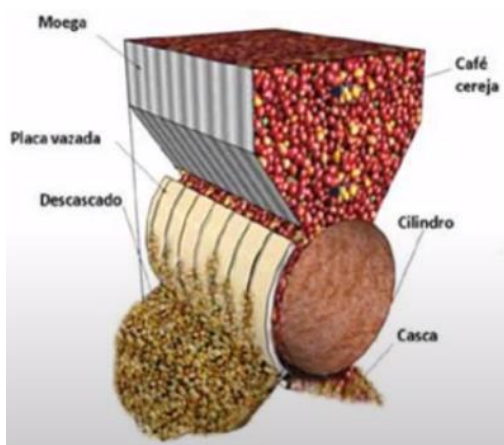


Figura 7 - Descascador de café (Silva, 2017)

De forma opcional, pode-se realizar a remoção da mucilagem dos grãos a fim de garantir uma secagem mais eficaz. Este processo se dá por remoção mecânica ou biológica, em tanque de fermentação. O processo mencionado denomina-se degomagem.

### **3.2.3. Processamento Industrial**

Os grãos de café oriundos da lavoura são destinados à indústria, responsável por produzir o café torrado em grãos ou moído, bem como o solúvel em pó ou granulado. Este capítulo visa explorar, portanto, as etapas de processamento industrial do café.

#### **3.2.3.1. Café Torrado**

Conforme a Resolução da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos – CNNPA nº 12, de 1978 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, o café torrado é o grão do fruto maduro de diversas espécies do gênero *Coffea*, principalmente de *Coffea arabica*, *Coffea liberica* e *Coffea robusta*, submetido a tratamento térmico adequado. De acordo com sua forma de apresentação, pode ser classificado como café torrado em grão, ou café torrado e moído. Em 2020, o consumo interno per capita de café torrado foi de 4,79kg/ano (NOTÍCIAS AGRÍCOLAS, 2021).

Segundo De Wit (2005) e o Grupo 3 Corações (2021), a produção do café torrado consiste nas seguintes etapas: classificação, torrefação e blend. Ao fim desse processo obtém-se o café torrado em grãos, que pode ser diretamente embalado ou encaminhado para uma etapa de moagem, para obtenção do café torrado e moído.

#### **Classificação**

Nesta etapa, realiza-se o novo beneficiamento dos grãos de café de modo a obter-se uma amostra mais homogênea. Assim, por meio da ventilação remove-se principalmente o pergaminho; por meio de catadores de pedra remove-se areia, torrões de terra ou vestígios de pedras. Em seguida, os grãos passam por uma etapa de peneiração para que sejam separados de acordo com o seu tamanho. Por fim, realiza-se a catação eletrônica do café com base nos princípios de colorimetria, permitindo a eliminação de grãos defeituosos que possam afetar a qualidade do café (DÍNAMO, 2021).

#### **Torrefação**

Segundo Bassetto & Santo (2016), o processo de torra consiste em submeter o grão à

elevação progressiva da temperatura, fazendo com que sua umidade interna chegue a cerca de 3%. Ao fim desta etapa obtém-se o café torrado a partir do café verde.

A torrefação ocorre no interior de um torrefador, cilindro rotatório em que o café é submetido à alta temperatura por meio da injeção de ar quente. O processo se inicia com a retirada da umidade dos grãos, seguida do aumento de temperatura até cerca de 190-240°C (NESCAFÉ, 2021). Nessa etapa ocorrem complexas reações como pirólise, reação de Maillard e de condensação, originando compostos fenólicos e nitrogenados de menor massa molecular e, concomitantemente, verifica-se a formação de pigmentos de elevada e variável massa que, no seu conjunto, formarão as características específicas da bebida do café (TRUGO & MACRAE, 1986).

Esta etapa é crucial para a determinação das características finais da bebida, em função do grau de torra do grão de café. O grau de torra, por sua vez, depende das variáveis de processo, tempo e temperatura. A tabela 1 associa o grau de torrefação em função do tempo, a uma temperatura fixa de 205°C:

*Tabela 1 - Grau de torrefação em função do tempo, a 205°C (GONZALEZ, 2004 - adaptado)*

<b>Grau de Torrefação</b>	<b>Tempo de torrefação a 205°C (min)</b>
Clara	7
Média	10
Escura	13
Muito Escura	19

Ao atingir-se o ponto certo do grau de torrefação, é realizado o resfriamento dos grãos utilizando-se ar ou água. Esta etapa é crucial para controlar a temperatura interna do grão e evitar reações indesejadas.

### ***Blend***

De acordo com o Grupo 3 Corações, o *blend* consiste na combinação de cafés produzidos em diferentes propriedades, regiões ou países. Embora não seja uma etapa obrigatória na produção de café torrado, o blend é comumente realizado a fim de combinar propriedades de diferentes tipos de café para gerar uma bebida com diferenciação no mercado (UCOFFEE, 2019).

## Moagem

No caso em que se deseja obter o café torrado e moído como produto final, realiza-se a moagem dos grãos de café após o resfriamento. Nesta etapa, utiliza-se moinhos de alta performance com capacidade de até 4t/h, de acordo com a granulometria desejada (GRUPO 3 CORAÇÕES, 2021).

### 3.2.3.2. Café Solúvel

Conforme a Portaria N° 130, de 19 de Fevereiro 1999 da Anvisa, café solúvel é o produto resultante da desidratação do extrato aquoso obtido exclusivamente do café torrado, através de métodos físicos, utilizando água como único agente extrator. Cerca de 50% da produção mundial de café é destinada à produção de café solúvel (ABRAHÃO, 2018).

As etapas do processo de obtenção do café solúvel são resumidas na figura 8. As duas etapas iniciais correspondem ao processo de obtenção do café torrado e moído, explorado anteriormente neste capítulo.

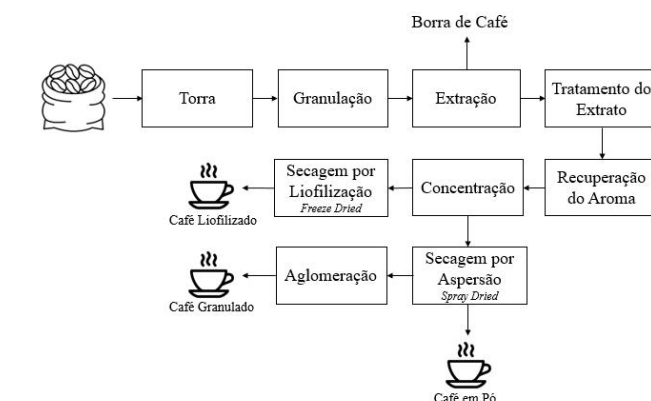


Figura 8 - Resumo do processo de café solúvel (ABICS, 2021 - adaptado)

## Extração

O objetivo da etapa de extração consiste em obter as substâncias solúveis do grão de café por infusão. Dessa forma, o café moído é enviado continuamente às extratoras, colunas conectadas que permitem a percolação de água a alta temperatura e pressão. No final desta etapa obtém-se o extrato de café, com concentração variável entre 6-32%, dependendo de fatores como o *blend* e a torra (ABICS, 2021). Nesta etapa, ocorre a produção da borra como resíduo gerado no processo.



## **Tratamento do Extrato**

O extrato de café obtido é encaminhado aos tanques de armazenamento para decantação de impurezas grossas e alcatrões (REVISTA CAFEICULTURA, 2006). Em seguida, realiza-se a centrifugação e filtração para remoção de partículas insolúveis.

## **Recuperação do Aroma**

Antes que o extrato seja enviado para concentração, o mesmo é processado no recuperador de aromas. Nesta fase, os componentes aromáticos do extrato são separados por meio da extração com vapor, são condensados e armazenados em um tanque hermético. O extrato é enviado ao evaporador para aumentar a concentração de sólidos solúveis. Após atingir a concentração definida, reincorpora-se a fração aromática do próprio café ao produto, que será enviado para a etapa de secagem (ABICS, 2021).

A coluna recuperadora pode ser usada de outra maneira que é extrair aromas indesejáveis de um extrato de café altamente hidrolisado, e desta maneira produzir um café solúvel com gosto neutro (ou seja, sem aroma) (REVISTA CAFEICULTURA, 2006).

## **Concentração**

Na etapa de concentração visa-se remover parte da água contida no extrato de café, para que ele atinja concentração de sólidos solúveis suficientemente elevada para a etapa de secagem (geralmente em torno de 60%) (ABICS, 2021).

A concentração é principalmente realizada por dois métodos distintos: evaporação e concentração a frio. Na evaporação, utiliza-se água a baixa temperatura a fim de não comprometer as propriedades do extrato de café. Já a concentração a frio consiste num método mais recente, em que a água presente no extrato é congelada em puros cristais de gelo que serão filtrados, derretidos e eliminados do processo. Este método é conhecido por apresentar performance superior em termos de retenção de aroma (REVISTA CAFEICULTURA, 2006).

## **Secagem**

Após a concentração, o extrato de café pode ser diretamente envasado para exportação, ou encaminhado para a etapa de secagem. Esta etapa é determinante para a classificação do produto final, que de acordo com a Anvisa pode ser:

- Café Solúvel em Pó ou "*Spray Dried*": é o produto obtido através de processo no qual o extrato de café, no estado líquido, é pulverizado em atmosfera aquecida, para através

da evaporação da água, formar partículas secas.

- Café Solúvel Granulado ou "Aglomerado": é o produto obtido por processamento, no qual as partículas de Café Solúvel "*Spray Dried*" são fundidas para formar partículas maiores (grânulos).
- Café Solúvel Liofilizado ou "*Freeze-Dried*": é o produto obtido por processamento no qual o Café no estado líquido é congelado e a água é removida por sublimação formando partículas secas de formas irregulares.

### **3.3. Resíduos gerados ao longo da cadeia produtiva do café**

Uma vez descrita a cadeia de produção do café da lavoura à indústria, serão apresentados os diferentes resíduos gerados ao longo do processo, bem como a composição fitoquímica dos mesmos.

O aumento da produção de café ao longo dos anos é acompanhado de maior geração de resíduos agroindustriais. Estes são fontes reconhecidas de poluição e, se dispostos inadequadamente, podem causar a contaminação de solos e águas (VEGRO & CARVALHO, 1994).

Como exemplo, na região sul de Minas Gerais (estado com maior volume de produção de café no Brasil), o resíduo do café beneficiado leva o nome de “pó de armazém” ou “resíduo de armazém” e vem se tornando um grande problema associado ao seu aumento em quantidade produzida, pois não há mercado que o absorva, nem um local apropriado para o seu descarte (MIRANDA et al., 2013).

Além disso, segundo Matos et al. (2000), o acúmulo das cascas dos frutos do café em locais inapropriados por pelo menos três anos pode causar a contaminação do solo e das águas subterrâneas, com elevadas concentrações de cátions amônio e potássio.

Os principais resíduos e coprodutos da produção de café consistem em grãos defeituosos, borra de café, além da casca, polpa, pergaminho e mucilagem, que constituem cerca de 60% do peso líquido do fruto fresco (ECHEVERRIA & NUTI, 2016).

#### **3.3.1. Anatomia do Fruto de Café**

A fim de analisarmos os diferentes resíduos gerados ao longo da cadeia, é importante compreendermos a anatomia do fruto de café. Nesse sentido, a figura 9 apresenta um esquema ilustrativo da estrutura do fruto e de seus componentes:

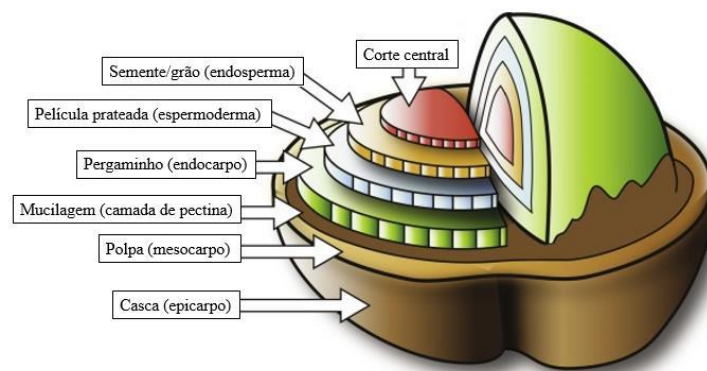


Figura 9 - Esquema ilustrativo dos componentes do fruto de café (Gibson & Newsham, 2018)(adaptado)

Como mostra a figura, a casca do café (epicarpo ou exocarpo) consiste na camada mais externa do fruto, responsável por cobrir a polpa (mesocarpo), caracterizada por apresentar alto teor de umidade. Internamente à polpa encontra-se a mucilagem, camada viscosa de 0,5 a 2mm de espessura, rica em açúcares (CAFÉ POINT, 2019). Em seguida, encontra-se o pergaminho (endocarpo), membrana mais interna de textura semelhante ao papel, responsável por proteger a semente. Após o pergaminho, encontra-se a película prateada (espermoderma), que consiste num tegumento fino, ou seja, invólucro natural da semente como se fosse a sua pele. Por fim, cada fruto de café possui duas sementes ou grãos (endosperma), que apresentam um corte central originário do próprio processo de formação dos grãos.

Cabe ressaltar que, além dos componentes do fruto mencionados, o termo “casca” pode representar outros dois significados. Por exemplo, é comum no setor cafeeiro dar nome de casca à totalidade do material eliminado nos descascadores durante o beneficiamento por via seca, sendo composto pela casca propriamente dita, polpa e pergaminho (em inglês *coffee husks*) (ECHEVERRIA & NUTI, 2016). Além disso, o pergaminho e a película prateada podem ser chamados de casca do grão do café, adicionando um terceiro significado para o termo “casca”.

### 3.3.2. Resíduos Gerados durante o Beneficiamento

Os principais resíduos gerados na etapa de beneficiamento são a casca e a polpa do fruto, representando cerca de 45% de massa seca da cereja do café (MURTHY & NAIDU, 2012).

Além disso, sabe-se que para 1 tonelada de grãos de café produzidos, cerca de 1 tonelada de casca de café (casca, polpa e pergaminho) é gerada no beneficiamento por via seca (ECHEVERRIA & NUTI, 2016).

A polpa do café representa cerca de 29% de massa seca da cereja. Ela é especialmente

rica em carboidratos, proteínas e minerais (em especial potássio). Também fazem parte de sua composição taninos, polifenóis e cafeína (BRESSANI, ESTRADA, & JARQUIN, 1972). Clifford e Ramirez-Martinez (1991) reportaram a presença de ácidos clorogênicos, cafeína e ácido protocatecuico na polpa de café Arabica, Robusta e de dois de seus híbridos.

Já a casca do café representa cerca de 12% de massa seca da cereja, sendo rica em carboidratos e proteínas, com traços de lipídios. Ela é formada por celulose, hemicelulose, lignina e cinzas (BEKALO & REINHARDT, 2010).

A tabela 2 apresenta de forma detalhada a composição em base seca (%) da casca e da polpa do café:

*Tabela 2 - Composição mássica da casca e da polpa de café, em base seca (%) (MURTHY & NAIDU, 2012 – adaptado)*

<b>Componente</b>	<b>Polpa</b>	<b>Casca</b>
Proteínas	11,5 ± 2,0	8,0 ± 5,0
Lipídios	2,0 ± 2,6	0,5 ± 5,0
Fibras totais	60,5 ± 2,9	24 ± 5,9
Cafeína	1,5 ± 1,0	1,0 ± 0,5
Polifenóis totais	1,5 ± 1,5	0,8 ± 5,0
Açúcares totais	14,4 ± 0,9	58,0 ± 20,0
Tanino*	3,0 ± 5,0	5,0 ± 2,0
Ácido clorogênico*	2,4 ± 1,0	2,5 ± 0,6

\*Tanino e ácido clorogênico são polifenóis, sendo contabilizados na linha “polifenóis totais”.

Com base na tabela acima, observa-se que a polpa e a casca de café são principalmente compostas por fibras, açúcares e lignina, mas também apresentam teor significativo de substâncias ativas como tanino, ácido clorogênico e cafeína.

Além disso, cabe ressaltar que a polpa e a casca do café não são geradas separadamente ao longo do beneficiamento. Nesse sentido, o tipo de processo empregado pode afetar a composição do resíduo gerado, seja por via úmida ou por via seca. A tabela 3 apresenta uma comparação da composição química dos resíduos gerados durante o beneficiamento por via seca e por via úmida do café.

Tabela 3 - Composição química dos resíduos do beneficiamento por via seca e por via úmida (g/100g de massa seca) (ECHEVERRIA & NUTI, 2016- adaptado)

<b>Componente</b>	<b>Casca, polpa e pergaminho (via seca)</b>	<b>Casca e polpa (via úmida)</b>
Glicídios	58-85	45-89
Proteínas	8-11	4-12
Lipídios	0,5-3	1-2
Minerais	3-7	6-10
Cafeína	Ca.* 1	Ca*. 1
Taninos	Ca.* 5	1-9

\*Ca. : Abreviação para o latim “Circa”, significa “cerca de”.

Dessa forma, observa-se que apesar de certa variação de composição entre um tipo de resíduo e outro, ambos apresentam os mesmos componentes em ordem de grandeza semelhante.

Por fim, como mencionado anteriormente, pode-se realizar de forma opcional a remoção da mucilagem do grão de café, ao final do beneficiamento por via úmida. Embora se trate de um resíduo em menor quantidade, a mucilagem também apresenta importante papel, sendo composta por compostos ativos como polifenóis, antocianinas e bioflavonóides (ECHEVERRIA & NUTI, 2016).

O descarte inapropriado de resíduos do cultivo de café implica na poluição da água e do solo da região. A polpa do café, em especial, gera maior dificuldade para seu estoque ou descarte devido à umidade elevada, que leva ao apodrecimento e risco de contaminação. Além disso, devido à presença de taninos, cafeína e polifenóis em sua composição, o que pode torná-la um material tóxico para a alimentação, a indústria de alimentação animal limita o uso de polpa de café como ingrediente ao nível de 10% (MURTHY & NAIDU, 2012). Soma-se a esse fator o volume exacerbado de resíduos gerados, o que torna essencial o desenvolvimento de aplicações alternativas para os resíduos de café.

### **3.3.3. Resíduos Industriais**

#### **3.3.3.1. Resíduos da Produção de Café Torrado**

Ao chegar na indústria, o grão de café já passou por remoção de sua casca, polpa, pergaminho e mucilagem, seja por meio do beneficiamento por via seca ou por via úmida. Portanto, a película prateada é o único resíduo gerado durante o processo de torrefação, sendo produzida em grande volume nas fábricas torrefadoras. Para cada tonelada de café torrado,

cerca de 7,5-8,3 kg de película prateada são gerados (GEMECHU, 2020). Contudo, ainda não foram desenvolvidos métodos claros a nível industrial para sua efetiva reutilização (NARITA & INOUE, 2014).

Diversos elementos de sua composição química fazem com que a película prateada seja um resíduo rico e com grande potencial de reaproveitamento. Primeiramente, seu alto teor em fibras alimentares permite seu emprego no tratamento de doenças crônicas como a diabetes, por meio da absorção de colesterol e o controle dessa taxa no corpo humano (NARITA & INOUE, 2014).

Além disso, foi detectada presença de cafeína na película prateada de café Arábica, em níveis de 0,81-1,37% (m/m) (NAPOLITANO et al, 2008). A tabela 4 apresenta de forma detalhada a composição da película prateada:

*Tabela 4 - Composição química da película prateada (adaptado de NARITA & INOUE, 2012, NAPOLITANO et al, 2008, MUSSATTO et al, 2012)*

<b>Componente</b>	<b>Composição (g/100g de película prateada)</b>
Proteínas	16,2 – 19,0
Lipídios	1,56 – 3,28
Fibras totais	53,4 – 69,2
Glicídios	34,6 – 80,5
Lignina	30,2
Cafeína	0,81 - 1,37
Minerais	7,0 ± 0,2

Embora a película prateada seja gerada em quantidades inferiores aos resíduos da etapa de beneficiamento, sua composição demonstra a potencialidade desse resíduo, que poderia ser submetido a um processo de extração para obtenção de cafeína e de outros componentes.

### **3.3.3.2. Resíduos da Produção de Café Solúvel**

Para cada tonelada de café solúvel produzido, cerca de 1,5 toneladas de borra de café (a 25% de umidade) são geradas durante a etapa de extração (ECHEVERRIA & NUTI, 2016).

A tabela 5 apresenta de forma detalhada a composição da borra de café.

Tabela 5 - Composição química da borra de café (ZABANIOTOU et al, 2019 - adaptado)

<b>Componente</b>	<b>Composição (g/100g de borra seca)</b>
Glicídios	14,1 – 65,9
Proteínas	4,9 – 17,0
Lipídios	9,0 – 16,0
Cafeína	0,096 – 0,790

Além disso, cabe ressaltar que a borra de café apresenta traços de meloidinas, compostos formados durante a etapa de torrefação por meio da reação de Maillard.

### **3.4. Panorama da Indústria de Cosméticos no Brasil**

Uma vez mapeada a oferta de resíduos gerados ao longo da cadeia produtiva do café, deve-se identificar a demanda por insumos por parte do setor de cosméticos. A fim de compreendermos a demanda dessa indústria, é importante traçar um panorama desse setor no país. Dessa forma, este capítulo visa descrever de forma global o mercado de cosméticos no Brasil, uma vez que o desempenho deste setor implica diretamente na movimentação do mercado de ingredientes para cosméticos.

#### **3.4.1. Análise de Mercado**

Primeiramente, é importante compreender no que consiste o setor de produtos cosméticos. Segundo a Resolução da Diretoria Colegiada da ANVISA (RDC) nº 211, de 14 de julho de 2005, os produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes são preparações constituídas por substâncias naturais ou sintéticas, de uso externo nas diversas partes do corpo humano, pele, sistema capilar, unhas, lábios, órgãos genitais externos, dentes e membranas mucosas da cavidade oral, com o objetivo exclusivo ou principal de limpá-los, perfumá-los, alterar sua aparência e ou corrigir odores corporais e ou protegê-los ou mantê-los em bom estado.

Sabendo-se disso, o Brasil representa hoje o quarto maior mercado consumidor da indústria de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos (HPPC), movimentando US\$29,6 bilhões em 2019 (ABIHPEC, 2020). Como ilustra a figura 10, o setor vem crescendo ao longo dos anos, apresentando taxa de crescimento anual (CAGR) de 8,2% entre 2008 e 2017.

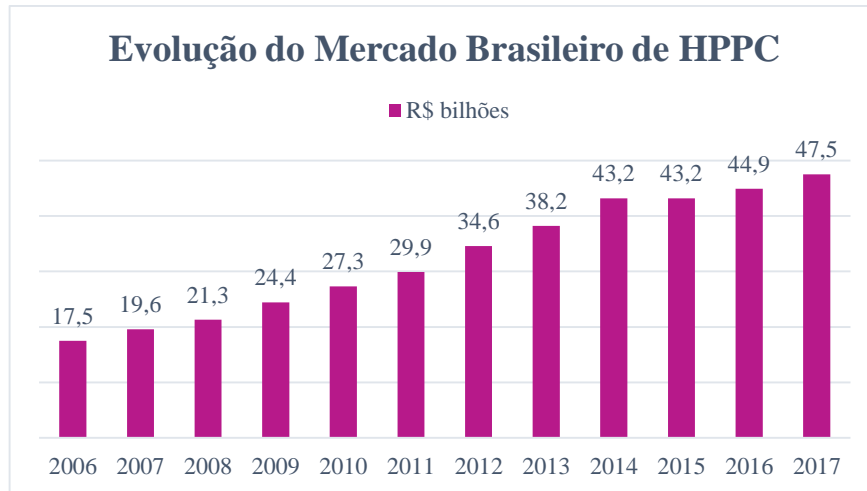


Figura 10 - Evolução do mercado brasileiro de HPPC (Cosmetic Innovation, 2018 - adaptado)

Entre os anos 2019 e 2020, o setor cresceu 7,0%, e gera hoje cerca de 6 milhões de oportunidades de trabalho no país.

Segundo estudo da ABIHPEC, em 2017 o setor contava com 15 empresas de grande porte responsáveis por 75% do faturamento total do país. Os principais *players* consistem em: Natura, líder do mercado, seguida por Unilever, O Boticário e L'Oréal. O total de empresas regularizadas pela Anvisa consiste em cerca de 2700, majoritariamente situadas na região sudeste (COSMETIC INNOVATION, 2018).

As categorias de produtos que apresentaram maior crescimento em 2019 foram as de fragrâncias, produtos masculinos e desodorantes.

### 3.4.2. Ingredientes para Cosméticos

Segundo a Anvisa, existem mais de 12 mil ingredientes utilizados em produtos cosméticos. Para designação de cada um deles, e visando proteger a saúde da população, foi desenvolvido um sistema internacional de codificação – Nomenclatura Internacional de Ingredientes Cosméticos (INCI).

Apesar da vasta gama de insumos existente, é possível encontrar na literatura as categorias de ingredientes para cosméticos mais comumente utilizados. A tabela 6 apresenta um resumo desses produtos, bem como suas aplicações na indústria de cosméticos:



Tabela 6 - Principais ingredientes utilizados na indústria de cosméticos. Fonte: (BEAUTYSTAT COSMETICS, 2021 - adaptado)

Nome	Substância Química	Função
Vitamina A	Palmitato de Retinol	Amacia textura da pele
Vitamina C	Ácido Ascórbico, Palmitato de Ascorbila	Antioxidante
Vitamina E	Tocoferol	Antioxidante, prevenção de danos por raios UV, hidratante para pele
Vitamina B5	Pantenol	Umectante da pele
-	Resveratrol, Hidroxitolueno butilado (BHT)	Antioxidante
Alfa Hidroxiácidos (AHAs)	Ácido cítrico, ácido láctico, ácido glicólico	Renovação e esfoliação da pele, facilitação da penetração de ingredientes ativos, redução de rugas, produtos anti-idade.
Beta Hidroxiácidos (BHAs)	Ácido salicílico	Esfoliação da pele seca, redução de oleosidade, combate à acne.
-	Caféina	Reduz olheiras e fortalece a pele, graças às suas atividades antioxidante e anti-inflamatória.
Lubrificantes	Álcool cetílico, álcool estearílico, iso-estereato de isopropila, Palmitato de Isopropila	Formação de filme sobre a pele e facilitação da penetração.
Emulsificantes	Oleato de glicerila, Estereato de glicerila, cocoato de glicerila	Estabilização de emulsões.

### **3.4.3. Atores da Indústria de Ingredientes para Cosméticos**

Em 2016, o mercado global de ingredientes para cosméticos foi avaliado em 29,89 bilhões de dólares (RIDDER, 2020). Acompanhando a venda de produtos cosméticos, a demanda por aditivos, auxiliares de processo e outros ingredientes atingiu recorde de volume nos últimos anos.

Devido ao elevado número de *major players*, a indústria de ingredientes para cosméticos consiste num mercado pulverizado, tanto numa escala global quanto nacional. No entanto, é possível destacar alguns atores principais, como Evonik, The Dow, Eastman e BASF. No Brasil, existem empresas relevantes para o setor principalmente com respeito à comercialização de compostos bioativos, detalhadas a seguir.

#### **3.4.3.1. Aqia**

Indústria química 100% nacional, responsável por criar, desenvolver e fabricar ingredientes para o mercado de cosméticos e higiene pessoal. Criada em 1984, está presente hoje em mais de 20 países. No Brasil, sua fábrica localiza-se em Guarulhos (SP). Desenvolve soluções alternativas aos petroquímicos, de fonte vegetal, como o silício orgânico, biopeptídeos, polímeros, bem como óleos e extratos vegetais (AQIA, 2021).

A empresa dispõe hoje em seu portfólio de três produtos derivados do café. São eles:

- *Cherry Coffee Oil*: Óleo extraído das sementes torradas da café cerejeja Arabica, é um potencial aromatizante e corante;
- *Green Coffee Oil*: Óleo extraído das sementes beneficiadas do café verde Arabica, concentrado em insaponificáveis;
- *Green Coffee MCT*: Concentrado lipofílico do café verde Arabica, rico em ácidos graxos essenciais, balanceado com ésteres graxos derivados do coco.

#### **3.4.3.2. Exsymol**

Grupo especializado na produção de ingredientes bioativos para cosméticos, teve origem em Mônaco em 1972. No Brasil, opera via parceria com o grupo Aqia, descrito anteriormente.

Em fevereiro de 2021, renovou a sua gama de produtos bioativos mais popular a fim de oferecer uma versão com alto índice de naturalidade, de acordo com a norma ISO 16128 (EXSYMOL, 2021). Cabe ressaltar que esta norma consiste num guia de definições para ingredientes e produtos cosméticos orgânicos e naturais (COSMÉTICA EM FOCO, 2017).

A Exsymol dispõe hoje em seu portfólio de um produto derivado do café: a Cafeisilane C. Este produto consiste na cafeína biovetorizada (associação da cafeína pura com o silício orgânico), que favorece a drenagem dos tecidos. Tal produto é comercializado para duas finalidades: ação anticelulite e redução de medidas, bem como redução de olheiras e inchaço ao redor dos olhos (AQIA, 2021).

### **3.4.3.3. Silab**

A Silab é uma empresa francesa de ingredientes bioativos de origem natural, destinados à indústria de cosméticos. Reconhecida mundialmente há mais de 35 anos, desenvolve e patenteia ingredientes inovadores de segurança e eficácia comprovadas.

Seu portfólio dispõe hoje de cerca de 100 ingredientes de origem natural, principalmente voltados para tratamento da pele e capilar (SILAB, 2021). Apesar disso, o café ainda não faz parte da sua lista de ingredientes. Presente no Brasil desde 2012, dispõe de centro de logística em São Paulo responsável pela operação de importação de seus produtos.

### **3.4.4. Upcycling na Indústria de Cosméticos**

Conforme exposto anteriormente, a tendência de *upcycling* vem crescendo no Brasil ao longo dos últimos anos, para além do setor da moda. Na indústria de cosméticos, as empresas buscam cada vez mais utilizar resíduos da indústria de alimentos como ingredientes, devido à crescente demanda por produtos sustentáveis e de origem natural (CBI, 2021).

Como exemplo, em 2020 o grupo Givaudan firmou uma parceria com a empresa Kaffee Bueno para lançar o *Koffee'Up*, uma alternativa ao uso do óleo de argan em produtos de cuidado com a pele. O produto consiste num óleo ativo anti-idade obtido a partir da borra de café Arábica, com a finalidade de reduzir sinais senis, atuar como antioxidante, bem como hidratar e proteger a pele (GIVAUDAN, 2021). Outro exemplo encontra-se na marca Le Prunier, que desde 2018 comercializa um único produto – o *Plum Beauty Oil*, óleo obtido a partir de prensagem a frio de resíduos de ameixa, destinado ao cuidado com a pele (COSMETICS DESIGN, 2020). Por fim, o grupo Full Circle é uma empresa especializada na produção de ingredientes cosméticos, obtidos a partir do *upcycling* de resíduos a base de plantas, como amora, blueberry, arroz e azeitonas (FULL CIRCLE, 2021).

A prática de *upcycling* na indústria de cosméticos promove a geração ou aumento de valor agregado dos resíduos da indústria de alimentos e de plantações de *commodities*. Em maio de 2020, a empresa Cirtus Extracts, especializada em resíduos alimentares, assinou um acordo

de investimento a fim de expandir os negócios do grupo para o setor de cosméticos (COSMETICS DESIGN, 2020).

Embora o *upcycling* na indústria de cosméticos seja uma tendência recente, a comercialização de produtos derivados do café já é amplamente difundida nesse setor. De fato, é conhecido mundialmente o potencial do café para a fabricação de compostos bioativos. A empresa Kapeh, nascida no Sul de Minas Gerais, é uma marca de cosméticos exclusivamente a base de café. Oferece produtos para cuidado com a pele, com o cabelo, para banho, perfumaria, dentre outros (KAPEH, 2021). A Chemyunion, indústria de ingredientes para cosméticos fundada no Brasil em 1992, também dispõe de produtos derivados de café em seu portfólio. Um exemplo é o Melscreen® Coffee EL Deo, que consiste basicamente no óleo de café verde (CHEMYUNION, 2021). Ainda, a marca de luxo Chanel oferece hoje o Blue Serum, concentrado revitalizante produzido a partir do óleo de café verde da Costa Rica (CHANEL, 2021).

Apesar da proposta de produtos naturais e sustentáveis, alternativos aos insumos petroquímicos não-renováveis, os exemplos acima mencionados consistem em produtos derivados do café verde virgem, e não de resíduos de sua produção. Portanto, eles não entram na lógica do *upcycling* e ainda representam um impacto no meio ambiente, pois sua produção gera da mesma forma resíduos ao longo da cadeia produtiva do café verde e da extração de seu óleo.

Dessa forma, o *upcycling* de resíduos de café para uso na indústria de cosméticos representa uma grande oportunidade para o setor. Por meio dele, as indústrias serão capazes de oferecer produtos ainda mais sustentáveis, bem como reduzir o custo da matéria prima e o impacto ambiental de seus próprios produtos.

## **4. METODOLOGIA DE PESQUISA**

### **4.1. Literatura Científica**

Para extração das informações necessárias para o estudo, a etapa de prospecção foi realizada de forma sistematizada, segmentada em três níveis: macro, meso e micro (BORSCHIVER & LEMOS, 2016). Cada um dos níveis possui um objetivo específico, conforme detalhado a seguir (FIERRO & ANTUNES, 2017):

- Macro – Contempla informações imediatas do documento, como o título, ano, autor e origem do autor;

- Meso – Neste nível é necessária a leitura do resumo do documento de forma a extrair suas informações principais. Em seguida, são criadas taxonomias de forma a definir o assunto do documento e o seu agrupamento antes de passar para o nível seguinte de análise;
- Micro – Dentro de cada classe meso podem-se extrair informações ainda mais detalhadas, que possibilitem a compreensão e caracterização mais aprofundada daquela taxonomia.

#### 4.1.1. Análise Macro

Inicialmente, realizou-se uma análise macro a fim de compreender o que tem sido desenvolvido a respeito da valorização de resíduos do café. O objetivo desta análise consiste em definir a base de dados a ser utilizada, avaliar a quantidade de artigos publicados ao longo dos anos, a distribuição geográfica das publicações e as áreas tecnológicas em que se estuda a aplicação dos resíduos.

Para a análise, as bases de dados ScienceDirect e Scopus foram utilizadas. A escolha das bases se justifica por ambas serem mundialmente reconhecidas pela comunidade científica. Mais especificamente, ambas são operadas pela empresa anglo-holandesa *Elsevier*, uma das 6 maiores empresas de publicação científica no mundo. A plataforma ScienceDirect permite hoje acesso a mais de 16 milhões de artigos, 2 mil revistas científicas e 39 mil livros. Já a plataforma Scopus consiste no maior banco de dados de resumos e citações da literatura com revisão por pares. Permite acesso a mais de 25 mil títulos, 210 mil livros e 71 milhões de registros com referências.

Dessa forma, realizou-se inicialmente a busca dos termos *coffee residue*, para todos os tipos de publicações, à exceção de referências. A tabela 7 ilustra os dados obtidos para esta pesquisa:

*Tabela 7 - Total de artigos obtidos para cada base de dados, em variadas buscas macro*

<b>Base</b>	<b>Total de Artigos</b>
Science Direct	19926
Scopus	20191

#### 4.1.2. Análise Meso

Uma vez definida a base de dados e realizada análise sob uma perspectiva geral do tema,

conforme detalhado no capítulo 4 do presente estudo, buscou-se refinar a pesquisa com base nos objetivos deste trabalho. Inicialmente, buscou-se o mesmo termo – *coffee residue* – empregando-se aspas a fim de especificar a busca dos termos “coffee” e “residue” juntos.

Em seguida, com o intuito de buscarmos artigos cujo tema central consiste nos resíduos de café, alteramos o campo de busca de todos os campos para artigos que contenham os termos no título, resumo e palavras-chave. A tabela 8 apresenta um resumo das buscas realizadas:

*Tabela 8 - Total de artigos obtidos para a análise meso*

<b>Campo</b>	<b>Total de Artigos</b>
Todos os artigos	1986
Título, resumo e palavras-chave	183

O objetivo da análise meso realizada foi de constituir um funil a partir das buscas mais abrangentes realizadas anteriormente. Sendo assim, a aplicação do filtro “campo” permitiu selecionar artigos cujo tema central é o assunto de interesse.

#### **4.1.3. Análise Micro**

Com o intuito de analisar publicações específicas da área de interesse, refinou-se a busca realizada na análise meso definindo a aplicação na área de cosméticos. A busca realizada consistiu no seguinte:

*Tabela 9 - Busca de artigos realizada na etapa de análise micro*

<b>Termo de busca</b>	<b>Campo</b>	<b>Total de artigos</b>
“ <i>coffee residue</i> ” AND cosmetics	Article Title, Abstract and Keywords	3

Os resultados obtidos nessa busca permitiram uma análise mais aprofundada da composição dos resíduos de café, bem como do seu potencial de reaproveitamento. Ainda, as referências bibliográficas encontradas nos 3 artigos em questão permitiram o direcionamento para mais artigos e *reviews* relevantes para o estudo.

## **4.2. Pesquisa de Patentes**

A fim de compreender-se quais tecnologias têm sido potencialmente desenvolvidas a

nível industrial, realizou-se uma busca de patentes. A base de dados escolhida foi a do INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial, com o objetivo de mapear tecnologias patenteadas a nível nacional. A tabela 10 apresenta um resumo das buscas realizadas:

*Tabela 10 - Resumo das buscas de patentes realizadas e total de publicações encontradas na base INPI*

<b>Termo buscado</b>	<b>Campo</b>	<b>Total de publicações</b>
Café + resíduo	Resumo	24
Café + cosmético	Resumo	9
Café + cosmética	Resumo	2
Café + resíduo	Título	2
Café + cosmético	Título	4
Café + cosmética	Título	2

As patentes acima listadas foram analisadas com base no assunto do trabalho, sendo selecionadas as que mais se inseriam no objetivo do estudo. A análise crítica deste conteúdo será apresentada no capítulo 4 – Resultados e Discussão.

### **4.3. Outras Bases de Dados**

Alternativamente às plataformas que permitem acesso à literatura científica, utilizou-se fontes de pesquisa relevantes para a compreensão do panorama da cafeicultura no Brasil, das etapas envolvidas na colheita/manejo do café e no seu processamento, bem como do setor de cosméticos no Brasil.

Dessa forma, inicialmente mapeou-se os principais *stakeholders* (partes envolvidas) do setor cafeeiro no Brasil. Para este estudo, considerou-se a importância de órgãos públicos, das associações/cooperativas de produtores de café e das empresas privadas.

No que diz respeito aos órgãos públicos, as entidades mapeadas foram:

- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) - Órgão do governo federal responsável pela gestão das políticas públicas de estímulo à agropecuária, pelo fomento do agronegócio e pela regulação e normatização de serviços vinculados ao setor. (gov.br, 2019);
- Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) – Empresa pública vinculada ao Mapa, responsável por prover inteligência agropecuária e participar da formulação e execução de Políticas Públicas, contribuindo para a regularidade do abastecimento e formação de

renda do produtor rural (Conab, 2017);

- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) – Empresa pública de inovação tecnológica vinculada ao Mapa, focada na geração de conhecimento e tecnologia para agropecuária brasileira (Embrapa, 2021);
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) – Agência reguladora vinculada ao Ministério da Saúde;
- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (Emater–MG) – Maior empresa pública do setor rural no Brasil.

Além dos órgãos públicos, constatou-se a importância das associações/cooperativas de produtores de café como fonte de informação. Isso porque estes grupos compilam informações e manuais a respeito de práticas recomendadas, tecnologias do mercado, rankings de produtores e informações de empresas associadas às cooperativas. Dessa forma, os grupos listados constituem parte fundamental na compreensão das etapas relacionadas à colheita, manejo e processamento do café:

- Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC) – Entidade responsável por desenvolver a integração de indústrias, varejo e pontos de consumo do setor cafeeiro (ABIC, 1973);
- Associação Brasileira da Indústria de Café Solúvel (ABICS) – Entidade responsável por representar institucionalmente a indústria de café solúvel do Brasil (ABICS, 2021).

Ainda, buscou-se compreender a dinâmica do setor privado, bem como da produção industrial de café no Brasil. Assim, mapeou-se as principais empresas do setor, sendo que as 10 maiores se encontram listadas na tabela abaixo:

*Tabela 11 - 10 maiores indústrias de café associadas à ABIC em 2018, com base na quantidade de sacas produzidas no ano (ABIC, 2018 )*

<b>Classificação Atual</b>	<b>UF</b>	<b>EMPRESA</b>
1	CE	GRUPO TRES CORACOES
2	SP	JACOBS DOUWE EGBERTS BR COM. DE CAFES LTDA
3	SE	INDS. ALIMENTOS. MARATA LTDA./
4	SP	MELITTA DO BRASIL IND. E COM. LTDA.
5	SP	MITSUI ALIMENTOS LTDA.
6	PB	SAO BRAZ S/A IND. E COM. DE ALIMENTOS S.A
7	MG	COOP. REGIONAL DE CAFEICULTORES EM GUAXUPE LTDA. – COOXUPE
8	MG	CAFE BOM DIA LTDA.
9	SP	CAFE PACAEMBU LTDA.
10	GO	CAFE RANCHEIRO AGRO INDL. LTDA.



A relação das maiores indústrias de café do país permite compreender a concentração geográfica da produção industrial, e conseqüentemente dos resíduos gerados na região Sudeste. Também é possível analisar a variedade de produtos finais comercializados por meio do site das próprias empresas.

Por fim, para compreensão geral da indústria de cosméticos no Brasil, mapeou-se os principais atores do setor, sejam eles órgãos públicos ou privados. Primeiramente, a Anvisa (descrita neste capítulo) permitiu a caracterização de produtos cosméticos de um ponto de vista regulatório. Ainda no setor público, a Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC) foi fonte fundamental para traçar um panorama do mercado. Já no âmbito privado, foram consultados canais de comunicação do setor, como os portais Cosmetic Innovation, BeautyStat Cosmetics e Cosmética em Foco.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Análise de Artigos

#### 5.1.1. Análise Macro

A partir da metodologia de análise macro detalhada anteriormente, obteve-se resultados para as pesquisas nas bases Science Direct e Scopus. Primeiramente, com base na pesquisa realizada no Science Direct, observa-se um crescimento do número de publicações ao longo dos anos sobre o tema, como ilustra a figura 11:

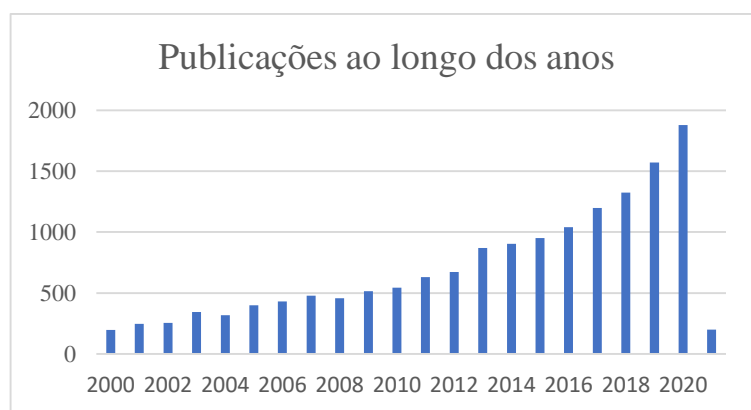


Figura 11 - Total de publicações ao longo dos anos (base Science Direct)

Além disso, nota-se a diversidade de áreas tecnológicas em que se estuda a aplicação dos resíduos de café. As áreas majoritárias consistem em Agricultura e Ciências Biológicas, Bioquímica, Genética e Biologia Molecular e Química, conforme ilustra a figura 12:

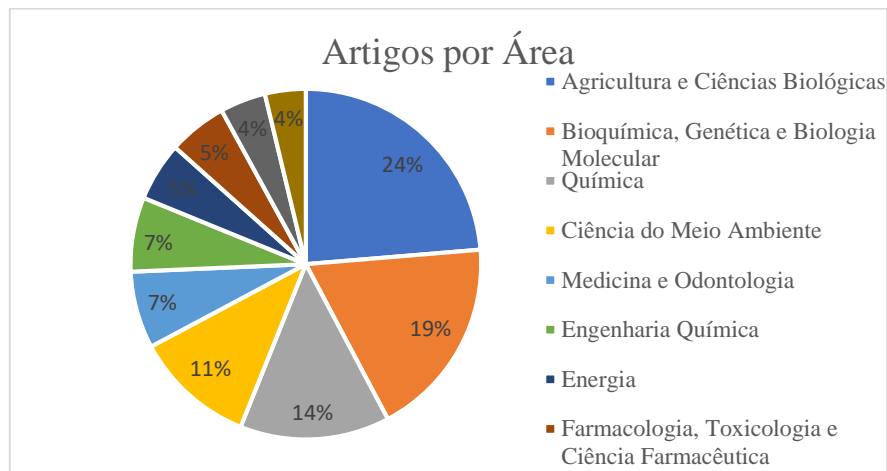


Figura 12 - Distribuição de publicações sobre o tema "coffee residue" por área tecnológica (base Science Direct)

Da mesma forma, a pesquisa realizada na base Scopus ilustra o crescimento do número de publicações sobre o tema ao longo dos anos:

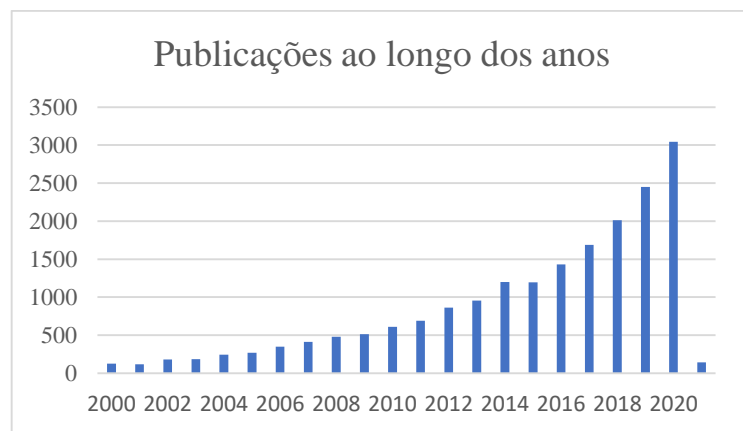


Figura 13 - Total de publicações ao longo dos anos (base Scopus )

A distribuição por áreas de estudo obtida também foi semelhante à busca realizada no Science Direct, com os 3 maiores contribuintes sendo Agricultura e Ciências Biológicas, Bioquímica, Genética e Biologia Molecular e Química:

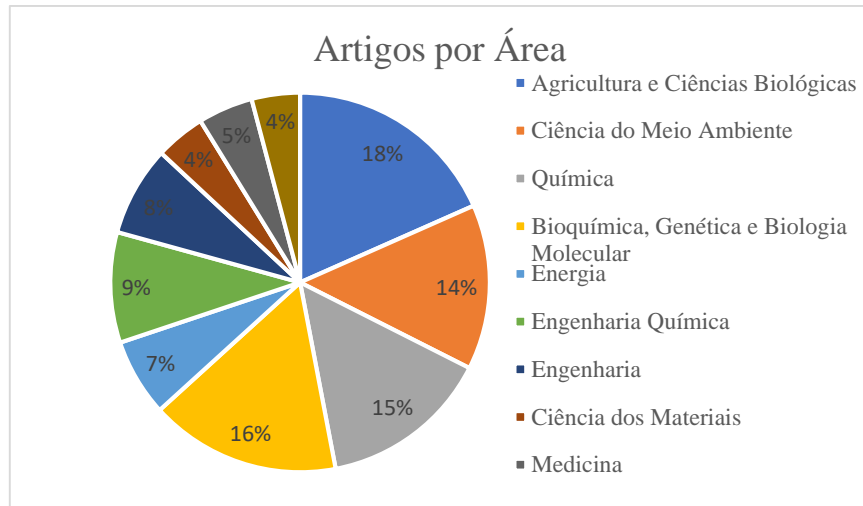


Figura 14 - Distribuição de publicações sobre o tema "coffee residue" por área tecnológica (base Scopus)

Por fim, observa-se na figura 15 os países com maior número de publicações sobre o tema. O país com maior número de publicações consiste nos Estados Unidos, com 3189 publicações. Em segundo, se encontra a China com 2963 publicações. Em terceiro, se encontra o Brasil, maior produtor de café do mundo, com 2145 publicações.



Figura 15 - Distribuição geográfica do total de publicações sobre o tema coffee residue (base Scopus)

Considerando-se a análise desenvolvida anteriormente, optou-se pela utilização da base de dados Scopus. Esta apresentou riqueza de informações semelhante à busca realizada no Science Direct, no que diz respeito a: quantidade total de publicações, número de artigos publicados ao longo dos anos, descrição das áreas de estudo. Além disso, a base Scopus fornece informações sobre a distribuição geográfica das publicações, diferencial que potencializou a

escolha da mesma.

### 5.1.2. Análise Meso

Analogamente à pesquisa macro descrita anteriormente, realizou-se análise dos resultados obtidos na etapa de pesquisa meso. A partir da definição de escolha da plataforma Scopus como base de dados, analisou-se as publicações que tratam como tema central os resíduos do café, a fim de tornar o estudo mais direcionado.

A figura 16 ilustra o número de artigos publicados ao longo dos anos, com um visível aumento do número de publicações a partir de 2012:

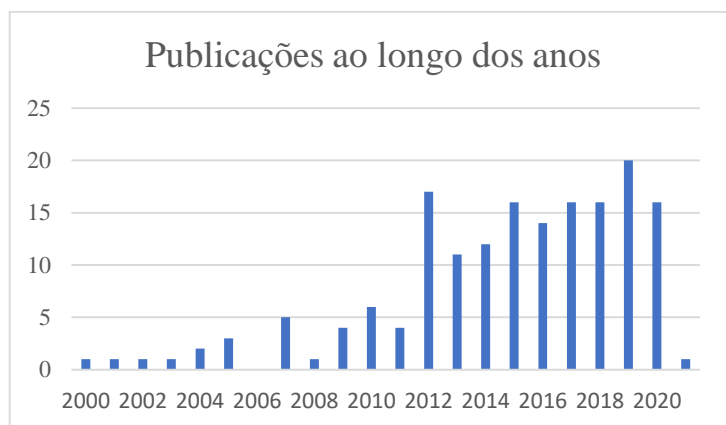


Figura 16 - Total de publicações sobre resíduos do café ao longo dos anos

Com relação às áreas de estudo, observa-se na figura 17 que as 3 áreas de maior contribuição já eram representativas mesmo em uma análise mais geral do tema. São elas: Agricultura e Ciências Biológicas (17%), Ciência do Meio Ambiente (14%) e Química (14%). Ainda em comparação com as análises iniciais, observa-se um aumento da participação da área de Energia (7% para 11%). Por fim, a contribuição de Bioquímica, Genética e Biologia Molecular caiu de 16% para 8%, mas ainda se manteve representativa.

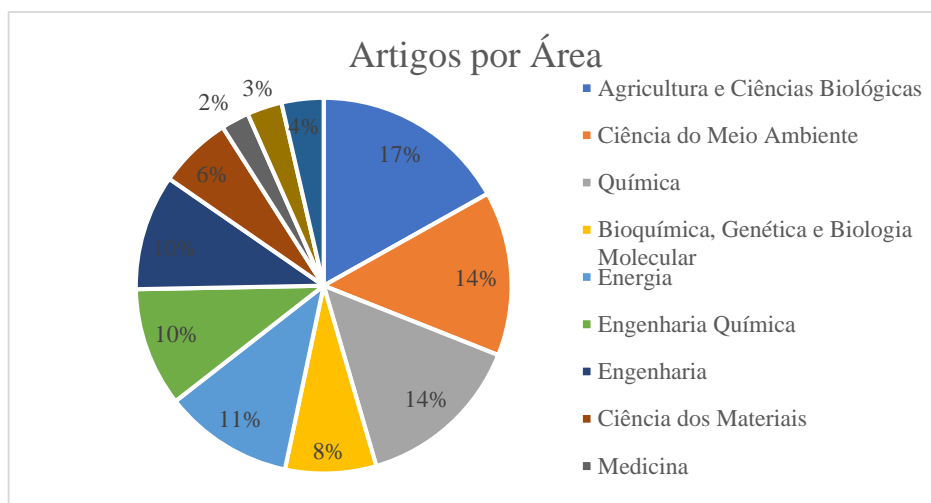


Figura 17 - Distribuição de publicações sobre o tema resíduos do café por área tecnológica

De fato, é justo que o tema Agricultura e Ciências Biológicas represente o maior número de artigos sobre “*coffee residue*”, uma vez que o item central do estudo se trata de uma matéria-prima agrícola. Os temas seguintes – Ciência do Meio Ambiente e Química – também não representam clara aplicação dos resíduos do café, uma vez que diversas aplicações podem ser desenvolvidas ao utilizarmos a química a nosso favor para explorarmos o meio ambiente.

Por isso, é importante também analisarmos a distribuição dos demais temas identificados, que aparecem em ordem decrescente de contribuição: Energia (11%), Engenharia Química (10%), Engenharia (10%), Bioquímica, Genética e Biologia Molecular (8%), Ciência dos Materiais (6%), Física e Astronomia (4%), Imunologia e Microbiologia (3%) e Medicina (2%).

Observa-se, portanto, que uma das aplicações mais pesquisadas para os resíduos de café está relacionada à geração de energia. Sabe-se, contudo, que os resíduos do café ao longo de sua cadeia produtiva contêm alto teor de compostos que podem ser valorizados a fim de aumentar o valor agregado de tais resíduos, antes de simplesmente queimá-los.

Dessa forma, sob uma ótica de economia circular, o intuito deste trabalho consiste em explorar a aplicação dos resíduos de café na indústria de cosméticos. Este trabalho também considera a crescente demanda do setor de cosméticos por matérias-primas renováveis e exploradas sob certificações de sustentabilidade.

Ainda, vale ressaltar que a busca mais refinada leva a uma nova distribuição geográfica de publicações. Observa-se que o Brasil passa a ser o país com maior número de publicações (32), seguido pelo Japão (19), Tailândia (18) e Portugal (17). A figura 18 ilustra essa distribuição:



Figura 18 - Distribuição geográfica do total de publicações sobre o tema resíduos do café

Uma hipótese para o destaque do Brasil com maior número de publicações sobre o tema consiste no potencial do agronegócio do país. Como comentado, o Brasil é o maior produtor de café do mundo, sendo essa potência também refletida no incentivo à pesquisa sobre o setor. Em 1999, o Governo Federal instituiu o Serviço de Apoio ao Programa Café (SAPC), unidade descentralizada da Embrapa também conhecida como Embrapa Café (Embrapa, 2021). Além disso, diversos programas vêm sendo implementados pelas Universidades, em especial aquelas da região Sudeste do país. Por exemplo, a Universidade Federal de Lavras (UFLA) é responsável pela Agência de Inovação do Café (InovaCafé), que articula diversos órgãos de apoio à tecnologia nacionais e do estado de Minas Gerais (InovaCafé, 2021).

Por fim, cabe ressaltar que a análise micro descrita no capítulo 3 teve como finalidade analisar detalhadamente os artigos específicos mais relevantes para o estudo, resultando em referências para o trabalho de revisão bibliográfica e de mapeamento das oportunidades de valorização dos resíduos.

## 5.2. Mapeamento das Oportunidades de Valorização dos Resíduos

### 5.2.1. Produção de Ingredientes Bioativos e de Aditivos

Ao longo do presente estudo, ressaltou-se a relevância de compostos bioativos para a indústria de ingredientes para cosméticos. Portanto, a fim de compreender-se as alternativas de uso dos resíduos do café como ingredientes bioativos, é importante definir esse conceito. Segundo Galanakis (2017), compostos bioativos podem ser definidos como fitoquímicos, que podem ser extraídos de alimentos ou de resíduos de alimentos, capazes de regular atividades metabólicas a fim de gerar efeitos benéficos para o corpo. Ainda, de acordo com Siriwardhana et al. (2013), possuem um potencial terapêutico capaz de influenciar no consumo energético,

enquanto reduzem o estado inflamatório, o stress oxidativo e desequilíbrios metabólicos.

Nesse sentido, compostos fenólicos constituem uma das principais classes de antioxidantes naturais. Além disso, também se atribui a esses compostos atividades antialérgica, anti-inflamatória, antimicrobiana, antitrombótica, cardioprotetora e vasodilatadora (PALOMINO & DEL BIANCHI, 2015).

No capítulo II, foram listados os principais componentes dos resíduos da produção de café. Nos estudos de Murthy & Naidu (2012) e de Echeverria & Nuti (2016), identificou-se nos resíduos do beneficiamento a presença de compostos fenólicos, como taninos e ácido clorogênico, que podem ser extraídos e utilizados como ingredientes bioativos. Além disso, segundo os estudos de Narita & Inouye (2012), Napolitano et al (2008) e Mussatto et al (2012), os mesmos compostos foram encontrados na película prateada, resíduo gerado na torrefação do café. A cafeína também foi identificada nos trabalhos mencionados e representa grande oportunidade de reaproveitamento.

Além disso, identificou-se a presença de minerais nos resíduos de café. Estes podem ser utilizados como aditivos, para dar cor aos produtos, bem como ingredientes base, como em sombras de olho. Uma vantagem do uso desse ingrediente se deve ao fato de os minerais serem uma alternativa natural a outros aditivos e fragrâncias (MINAS JR, 2019).

Portanto, pode-se constatar uma vasta gama de aplicações dos resíduos da produção de café na indústria de cosméticos. Minerais podem ser utilizados como aditivos ou ingredientes base, enquanto cafeína, ácido clorogênico, taninos e outros compostos fenólicos podem ser empregados na produção de ingredientes bioativos.

### **5.2.2. Potencial Antioxidante dos Resíduos**

Ainda com base no capítulo 2, uma das principais propriedades buscadas em ingredientes para cosméticos é a capacidade antioxidante. Os antioxidantes exercem um papel importante na saúde humana, por reduzirem o stress oxidativo. Este consiste no desbalanceamento entre radicais livres e antioxidantes no corpo, permitindo que os radicais promovam reações de oxidação e longas reações em cadeia, podendo gerar benefícios ou ameaças para a saúde humana (HEALTHLINE, 2018).

Ao longo do presente estudo, identificou-se os principais componentes de cada um dos resíduos gerados na cadeia produtiva do café – alguns deles com potencial atividade antioxidante. São eles:

- Ácido clorogênico: Segundo Luzia et al. (1998), a atividade antioxidante do ácido

clorogênico se deve principalmente ao grupo orto-di-hidroxila no anel aromático do ácido cafeico, que atua como receptor de radicais livres. A figura 19 apresenta a estrutura química desse ácido:

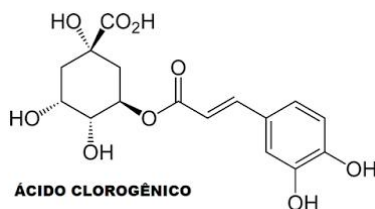


Figura 19 - Estrutura química do ácido clorogênico (Saber Atualizado, 2016)

- Cafeína: A cafeína consiste num alcaloide, ou seja, uma substância orgânica nitrogenada com caráter básico. Segundo Telo & Vieira (1997), sua capacidade antioxidante se deve principalmente à ligação dupla entre o Carbono 8 e o Nitrogênio 9. Designada pela IUPAC como 1,3,7-trimetilxantina, apresenta a seguinte fórmula química:

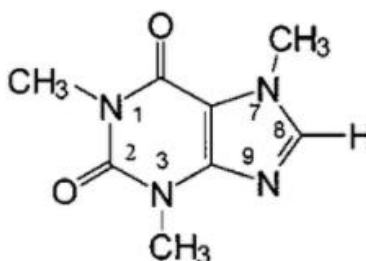


Figura 20 - Estrutura química da cafeína (TELO & VIEIRA, 1997)

Diversos estudos foram desenvolvidos a fim de compreender os mecanismos de reação e a atividade antioxidante da cafeína. León-Carmona & Galano (2011) modelaram a reação da cafeína com diferentes tipos de radicais livres, em meios polar e apolar. Eles constataram que independentemente do meio, a cafeína apresentou excelente atividade antioxidante com radicais hidroxila ( $\bullet\text{OH}$ ). Além disso, concluiu-se que o principal mecanismo envolvido na reação da cafeína com espécies reativas de oxigênio (ROS) foi o RAF - *radical adduct formation*, conforme ilustrado na figura 21:

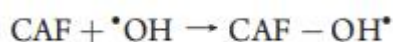


Figura 21 - Mecanismo de reação RAF - radical adduct formation da cafeína com radicais hidroxila (LEON-CARMONA & GALANO, 2011)

- Taninos: Consistem em polifenóis de origem natural, geralmente encontrados na parte



externa das plantas, pois servem como mecanismo de defesa contra predadores e pragas. Pessuto et al (2009) constatou a capacidade antioxidante de taninos extraídos da planta “espinheira-santa”, onde taninos extraídos em acetato de etila apresentaram capacidade antioxidante superior à da vitamina C. Ainda nesse estudo, concluiu-se que a atividade antioxidante do composto aumenta com o número de radicais hidroxila na estrutura do polifenol.

Dessa forma, considerando-se a composição fitoquímica dos resíduos mapeados no presente estudo, é possível que os mesmos representem uma potencial fonte de matéria-prima para a indústria de ingredientes para cosméticos devido ao seu potencial antioxidante. A fim de validar essa hipótese, será realizada uma análise crítica de artigos específicos, identificados na etapa de análise micro do levantamento bibliográfico.

No estudo de Palomino García et al. (2015), foi detectado e quantificado ácido clorogênico na casca e na polpa do café, onde o resíduo identificado com maior capacidade antioxidante foi a casca do café. Foi utilizada acetona como solvente para extração dos compostos fenólicos dos resíduos analisados. A tabela 12 ilustra as composições obtidas:

*Tabela 12 - Composição fenólica dos resíduos do café (PALOMINO GARCÍA et al, 2015 - adaptado)*

<b>Amostra</b>	<b>Teor de fenóis totais (mg Ácido Gálico/g Resíduo)</b>	<b>Concentração de ácido clorogênico (µg/mL)</b>
Casca + Acetona	159,50 ± 1,06	1927,63 ± 0,73
Polpa + Acetona	72,88 ± 0,71	516,83 ± 1,50
Borra + Acetona	77,25 ± 0,24	-

Cabe lembrar que se chama casca o resíduo gerado na etapa de beneficiamento por via seca, sendo composto por casca, polpa e pergaminho do café. Observa-se, portanto, que a borra de café não apresenta teor significativo de ácido clorogênico. Ainda, a casca de café é o resíduo que apresenta maior teor de fenóis totais e de ácido clorogênico.

Em seguida, analisou-se a capacidade antioxidante das amostras. Para isso, empregou-se dois métodos diferentes: o sequestro de radicais livres (DPPH - 2,2-difenil-1-picril-hidrazil) e o sequestro de radicais peroxila. Em ambos os métodos, a análise é baseada em valores de CE50 – concentração da amostra responsável pelo efeito em 50% dos organismos testados. Quanto menor a CE50, maior o consumo de DPPH• ou de radicais peroxila, e

consequentemente maior a atividade antioxidante.

Considerando a composição das amostras, ambos os testes apresentaram resultados esperados, indicando que a atividade antioxidante da casca de café é superior à da polpa, e que a borra apresentou a menor atividade.

No caso da análise DPPH•, os resíduos ainda apresentaram atividade inferior à dos padrões quercetina e rutina. No entanto, a análise de sequestro de radicais peroxila indicou que a casca e a polpa do café apresentaram atividade antioxidante superior à do padrão ácido gálico, conforme ilustra a figura 22:

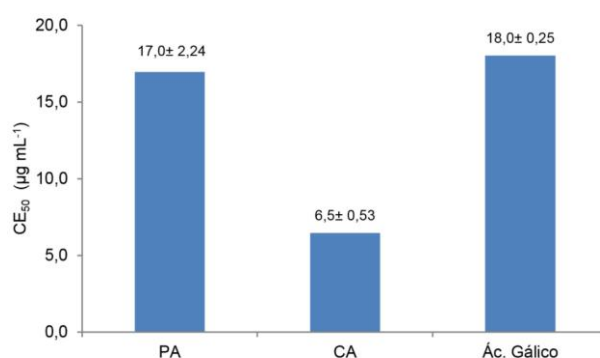


Figura 22 - Resultados de CE50 da análise de sequestro de radicais peroxila dos resíduos (PALOMINO et al, 2015)

Onde PA indica o extrato de polpa com acetona e CA indica o extrato de café com acetona. Sendo assim, os resultados obtidos no estudo em questão evidenciam a efetividade dos resíduos casca e polpa de café no sequestro de radicais peroxila, e consequente atividade antioxidante. Essa propriedade está relacionada com a elevada concentração de ácido clorogênico dos resíduos. Por fim, a borra de café não atingiu valores de CE50 significativos para evidenciar sua atividade antioxidante por meio dos dois métodos utilizados.

Além da casca e da polpa do café, a película prateada gerada durante o processo de torrefação apresenta potencial antioxidante. Narita & Inouye (2012) estudaram essa propriedade por meio da extração da película prateada com solventes variados. O estudo constatou uma correlação elevada entre a atividade antioxidante e a concentração de proteínas, bem como de fenólicos totais. A tabela 13 apresenta os resultados obtidos:

Tabela 13 - Análise de extrato aquoso da película prateada (NARITA & INOUE (2012) - adaptado)

	<b>Proteínas</b> (mg/g extrato)	<b>Fenóis totais</b> (mg/g extrato)	<b>H-ORAC</b> ( $\mu$ mol TE/g de extrato)	<b>DPPH</b> ( $\mu$ mol TE/g de extrato)
<b>Extração aquosa a 270°C</b>	544 $\pm$ 11	123 $\pm$ 9	2629 $\pm$ 193	379 $\pm$ 36

Conforme a tabela, o potencial antioxidante foi medido por meio dos testes de H-ORAC e DPPH. Como mencionado anteriormente, o método DPPH baseia-se no sequestro de radicais livres DPPH•. Já o método H-ORAC baseia-se na medição da capacidade de uma amostra de prevenir a formação de radicais hidroxila por meio de reações de oxidação, utilizando fluoresceína. A metodologia consiste em traçar a curva de decaimento da fluoresceína, em seguida calcular a atividade antioxidante por meio da integração de sua área. O ácido gálico é utilizado como padrão, portanto o resultado é inicialmente expresso em unidades de ácido gálico equivalente (OU et.al, 2002). Alternativamente, utiliza-se o solvente Trolox como padrão, obtendo-se o resultado em equivalentes de Trolox por grama (TE/g), conforme na tabela acima.

Dessa forma, Narita & Inouye (2012) constataram a significativa atividade antioxidante da película prateada, e concluíram que tal propriedade está possivelmente relacionada a dois fatores: presença de compostos fenólicos e de peptídeos obtidos a partir da hidrólise de proteínas durante a extração.

Sendo assim, os estudos analisados evidenciam o potencial antioxidante de alguns dos resíduos gerados ao longo da cadeia produtiva do café. Inicialmente, tal atividade foi constatada nos resíduos casca e polpa, sendo correlacionada à presença de fenóis totais em sua composição, com destaque para o ácido clorogênico. Ainda, a casca apresentou potencial superior à polpa. Além disso, também se evidenciou a atividade antioxidante da película prateada, gerada durante o processo de torrefação na indústria. Tal atividade está ligada à presença de fenóis totais, bem como de peptídeos obtidos a partir da hidrólise de proteínas. Por outro lado, a análise da borra de café não detectou quantidades significativas de ácido clorogênico, e sua atividade antioxidante também não pôde ser evidenciada ao longo dos estudos analisados.

### 5.2.3. Eficiência de Extração dos Resíduos

No capítulo anterior, analisou-se o potencial antioxidante dos resíduos e como ele se relaciona com a sua composição. É importante notar que para cada análise, identificou-se o

método de extração empregado, uma vez que este é fator determinante para os resultados finais. Sendo assim, este capítulo visa avaliar os métodos de extração dos resíduos e identificar as melhores oportunidades.

### **Alternativas de Extração da Casca e da Polpa de Café**

Palomino & Del Bianchi (2015) desenvolveram um estudo a fim de determinar um método ótimo de extração da casca e da polpa do café. Inicialmente, utilizou-se a casca do café obtida do beneficiamento por via seca (casca, polpa e pergaminho), que foi levada para secagem em estufa a 60°C. A extração foi realizada a 40°C, com os seguintes solventes: água destilada, etanol, metanol e acetona a 80% (v/v). Para cada uma das amostras obtidas, foi analisado o teor de fenólicos totais. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 14:

*Tabela 14 - Teor de fenólicos totais do extrato da casca de café em função do método de extração (PALOMINO & DEL BIANCHI, 2015 - adaptado)*

<b>Solvente</b>	<b>Teor de fenólicos totais (mg Ácido Gálico/g substrato)</b>
Acetona 80%	159,5 ± 1,1
Metanol 80%	125,0 ± 0,4
Etanol 80%	100,0 ± 2,9
Água destilada	96,9 ± 5,0

Dessa forma, constatou-se que o método de extração mais eficiente foi utilizando acetona a 80% (v/v).

Em adição a esta análise, o presente estudo também avaliou o potencial aumento do teor de compostos fenólicos por meio da fermentação em estado sólido (FES). Para tal, empregou-se o fungo *Penicillium purpurogenum*, que foi capaz de se multiplicar em casca de café umidificada com soro de queijo. A figura 23 indica a variação do teor de fenólicos totais a partir do início da fermentação fúngica:

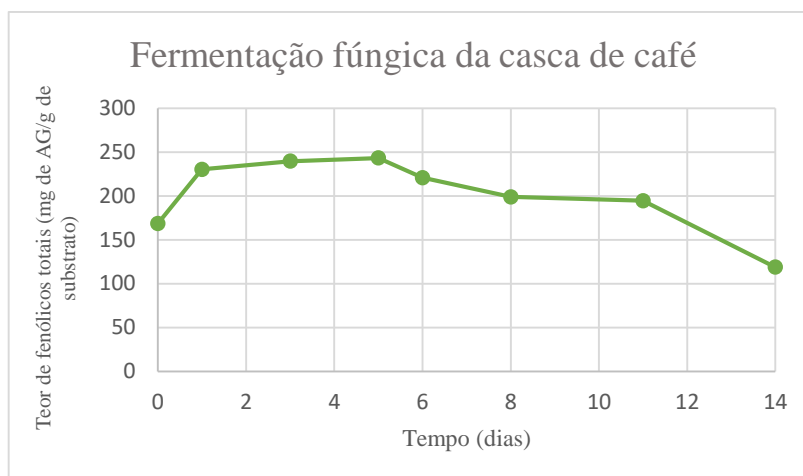


Figura 23 - Variação do teor fenólico da casca de café durante fermentação fúngica - elaboração própria a partir de (PALOMINO & DEL BIANCHI, 2015)

Identifica-se, portanto, uma oportunidade adicional de aumento do teor de fenólicos totais do resíduo da casca e da polpa de café, por meio do processo de fermentação fúngica. Observou-se um incremento de 52,4% no teor de fenóis dentro de um período de 3 a 5 dias após o início da fermentação, para o substrato obtido a partir de extração com acetona 80% (v/v).

### Alternativas de Extração da Película Prateada

Narita & Inouye (2012) realizaram um estudo de extração aquosa da película prateada, a diferentes temperaturas, utilizando-se os seguintes solventes: água, solução de ácido clorídrico (HCl) a 0,1M e solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1M. A tabela 15 apresenta os resultados obtidos:

Tabela 15 - Análise do potencial antioxidante de extratos de película prateada em função do método de extração (NARITA & INOUE, 2012 - adaptado)

Solvente	Temperatura (°C)	H-ORAC (µmol TE/g de extrato)	DPPH (µmol TE/g de extrato)
Água	25	354 ± 44	74 ± 13
Água	80	384 ± 58	75 ± 18
HCl 0,1M	25	289 ± 34	67 ± 9
HCl 0,1M	80	284 ± 37	71 ± 11
NaOH 0,1M	25	275 ± 22	61 ± 5
NaOH 0,1M	80	273 ± 20	63 ± 6

Com base na tabela acima, observa-se que os extratos obtidos utilizando-se a água como solvente apresentaram maior potencial antioxidante, para ambos os métodos H-ORAC e DPPH. Além disso, o aumento da temperatura da água resultou num ligeiro aumento da atividade antioxidante do extrato.

Dessa forma, analisou-se a variação da atividade antioxidante do extrato aquoso em função da temperatura de extração. A figura 24 indica os resultados obtidos para os testes H-ORAC e DPPH:

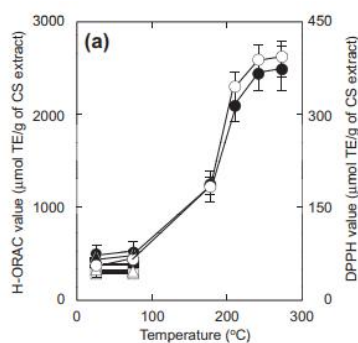


Figura 24 - Variação da atividade antioxidante do extrato aquoso da película prateada, em função da temperatura de extração (NARITA & INOUE, 2012)

Onde a curva marcada por círculos vazios representa a análise de H-ORAC e a curva marcada por círculos preenchidos representa a análise de DPPH. Portanto, constatou-se que a atividade antioxidante das amostras aumenta com a temperatura de extração, atingindo um ponto ótimo a 270°C. Nessa temperatura, a extração é realizada com água subcrítica, ou seja, água pressurizada a fim de ser conservada no estado líquido. Dessa forma, identificou-se como método ótimo de extração da película prateada a extração com água subcrítica a 270°C.

#### 5.2.4. Quantificação do Reaproveitamento dos Resíduos

Ao longo do presente estudo, mapeou-se os resíduos gerados ao longo da cadeia produtiva do café, na lavoura e na indústria. Com base nos dados obtidos na literatura, buscou-se quantificar o volume de resíduos gerados e o potencial da produção de ingredientes bioativos. A figura 25 apresenta um resumo das principais oportunidades mapeadas:

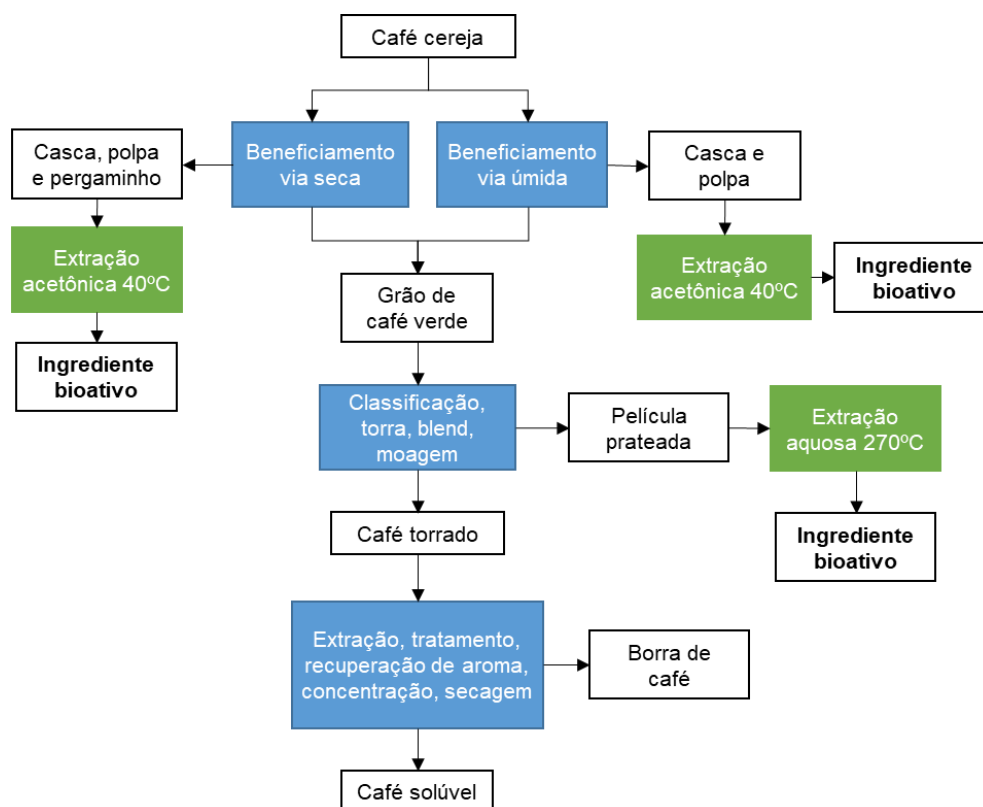


Figura 25 - Esquema dos principais resíduos da cadeia produtiva do café e oportunidades de reaproveitamento (elaboração própria)

Onde em azul encontram-se as etapas do processamento do café, e em verde encontram-se as etapas propostas visando o reaproveitamento dos resíduos. Vimos que a produção anual de grãos de café foi de 63,08 milhões de sacas em 2020, onde uma saca equivale a 60kg. Calcula-se então uma produção de aproximadamente 3,8 milhões de toneladas por ano de grãos de café. Também verificou-se na literatura que durante o beneficiamento, cerca de 45% (m/m) do fruto seco torna-se resíduo de produção. Dessa forma, a produção de 3,8Mt/ano de grãos de café equivale a 55% da massa total do fruto seco, o que permite estimarmos um total de resíduos de 3,1Mt/ano. Com base na tabela 12, o teor de fenólicos totais da casca do café (casca, polpa e pergaminho), resíduo obtido no beneficiamento por via seca, processo mais difundido no Brasil, equivale a  $159,50 \pm 1,06$  mgAG/g de resíduo, o que equivale a aproximadamente 16%. Estima-se, portanto, um potencial de produção de ingredientes bioativos compostos por fenólicos extraídos dos resíduos do beneficiamento do café de 493916 tAG/ano. A equação a seguir sintetiza o cálculo realizado:

Equação 1 - Cálculo da massa de fenólicos totais produzidos a partir dos resíduos do beneficiamento do café

$$\frac{\text{Fenólicos totais (tAG)}}{\text{ano}} = \frac{\text{Grãos de café produzidos (t)}}{\text{ano}} * A(\%) * B(\text{gAG/g})$$

Onde  $A = 45 / (100-45) (\%) =$  conversão da massa de resíduos produzidos a partir da massa de grãos de café;

e  $B = 0,16 (gAG/g) =$  teor de fenólicos totais da casca do café.

Além dos resíduos gerados na lavoura, identificou-se uma oportunidade de reaproveitamento dos resíduos industriais, gerados na etapa de torrefação do café.

Vimos que em 2020, o consumo interno per capita de café torrado foi de 4,79kg/ano, o que equivale a 1Mt/ano, considerando a população brasileira de 211,8 milhões de habitantes (IBGE, 2021). Além disso, segundo a literatura, para cada tonelada de café torrado cerca de 7,5-8,3 kg de película prateada são gerados, em média 0,8% (m/m). Calcula-se, portanto, uma geração anual de 8116,2t de película prateada no Brasil. Segundo Narita & Inouye (2012), a análise da composição da película prateada após extração aquosa a 270°C resultou num total de  $28 \pm 1$ mg de fenólicos totais por grama de película prateada, em média 3% (m/m). Dessa forma, estima-se uma produção de ingredientes bioativos compostos por fenóis de 227,25t/ano, a partir da película prateada gerada como resíduo na torrefação.

Vale ressaltar que as estimativas de cálculo acima foram desenvolvidas a fim de compreender-se a ordem de grandeza do potencial de produção de ingredientes bioativos a partir de resíduos do café. No entanto, o cálculo baseia-se em dados de laboratório, não considerando o aumento de escala industrial. Este, por sua vez, deveria ser testado em escala piloto a fim de compreender-se o volume de perdas inerentes ao processo, o que poderia levar a uma redução dos números estimados nesse estudo.

### **5.3. Análise de Patentes**

A partir da busca de patentes detalhada no capítulo 3 – Metodologia, foram selecionadas as patentes cujo assunto mais se inseria no objetivo deste trabalho. Na tabela 16 estão listadas as patentes priorizadas:



Tabela 16 - Lista de patentes selecionadas a partir de busca na base INPI

Nº	Título	Depositante	Data de depósito	Busca realizada
1	OBTENÇÃO E UTILIZAÇÃO DA PECTINA DE RESÍDUO AGRÍCOLA DO PROCESSAMENTO DO CAFÉ COMO AGENTE ESPESSANTE E GELIFICANTE	Universidade Federal do Paraná	07/08/2019	Café + resíduo em resumo
2	COMPOSIÇÃO COSMÉTICA COM BASE EM CAFÉ	Lutetia comércio atacadista de produtos para higiene ltda-me	14/02/2019	Café + cosmética em título
3	MÉTODO PARA A PRODUÇÃO DE UMA COMPOSIÇÃO COSMÉTICA DE CAFÉ-CEREJA	VDF Futureceuticals, inc.	03/11/2004	Café + cosmética em título

A invenção descrita na patente nº 1 evidencia o potencial de uso da polpa do café para a produção de agente espessante e gelificante, insumo também utilizado na indústria de ingredientes para cosméticos. Dessa forma, constata-se uma oportunidade de valorização adicional à produção de ingredientes bioativos. A patente propõe um processo de extração de pectinas, polissacarídeos da parede celular primária e de regiões intercelulares de plantas. O processo consiste em uma etapa inicial de extração, que pode ser feita utilizando-se solvente ácido ou orgânico polar de cadeia curta. Em seguida, realiza-se a precipitação, separação, lavagem, secagem e moagem da pectina. Cabe ressaltar que agentes espessantes são empregados a fim de aumentar a viscosidade de um líquido sem alterar demais propriedades. Já agentes gelificantes são um tipo de espessante específico, empregado na fabricação de géis.

Já a patente de número 2 explicita uma oportunidade de reaproveitamento da borra de café. Embora ao longo do presente estudo tenha-se constatado a baixa atividade antioxidante deste resíduo, existe um potencial de reaproveitamento da borra como agente esfoliante e quelante natural. Essas propriedades são importantes principalmente em grandes cidades, onde a poluição implica no depósito de metais pesados na pele, criando uma barreira para a produção e absorção de vitaminas. Nesse sentido, a invenção propõe uma composição cosmética para limpeza da pele e do couro cabeludo, que contém a borra do café como um de seus ingredientes. Para obtenção do material, é necessária uma etapa de lavagem alcalina da borra, a fim de

propiciar maior disponibilidade da cafeína.

Por sua vez, a patente nº 3 propõe a formulação de produtos compostos por extrato de café cereja. São eles: loção para o corpo, loção em gel, creme (5% de extrato); xampu e sabonete líquido para o rosto (10% de extrato); sabonete líquido para o corpo (7,5% de extrato). Embora a invenção não proponha especificamente o reaproveitamento de resíduos do café, pode-se avaliar a possibilidade da utilização de frutos eliminados na etapa de limpeza, anterior ao beneficiamento do café.

No entanto, a patente de número 3 também apresenta desafios para o uso do café como matéria-prima para a indústria de cosméticos, os quais devem ser considerados. Por um lado, constatou-se que a estabilidade química de extratos de café pode ser inferior ao desejável, sendo de suma importância seguir a formulação proposta com precisão.

Além disso, a colheita do café cereja maduro apresenta, reconhecidamente, um nível substancial de crescimento microbiano. Dessa forma, o material rejeitado geralmente apresenta contaminação por micotoxinas – o que torna essencial a desintoxicação antes do reaproveitamento. Como soluções, propõe-se o uso de cerejas submaduras (ou seja, que ainda não atingiram o estado maduro) ou a passagem por etapa de secagem rápida, de modo que o nível de contaminação seja inferior a 10ppb de ocratoxinas.

## **6. CONCLUSÕES**

A partir das informações e dados apresentados, foi possível mapear as oportunidades de valorização dos resíduos da produção de café no Brasil, destinadas à indústria de cosméticos. Identificou-se os diferentes tipos de resíduos gerados ao longo da cadeia produtiva, e evidenciou-se o seu potencial de reutilização na indústria de cosméticos, a fim de aumentar o valor agregado de tais resíduos e reduzir o impacto causado no meio ambiente.

Primeiramente, foram analisados os resíduos gerados nas etapas da cafeicultura, nas lavouras de café. Os resíduos identificados com maior potencial foram aqueles gerados na etapa de beneficiamento, seja ele por via seca ou por via úmida. Em ambos os casos, constatou-se o potencial de emprego desses resíduos na fabricação de ingredientes bioativos, com destaque para sua atividade antioxidante, devido à presença de compostos fenólicos em sua composição. Especificamente para a casca do café, o teor em fenóis pode ainda ser incrementado por meio de uma etapa de fermentação em estado sólido. Foi proposto, por fim, um método de extração desses compostos, baseado na extração acetônica a 40°C.

Vale ressaltar que a extração de compostos fenólicos dos resíduos do beneficiamento do

café representa uma oportunidade não apenas para a indústria de cosméticos, mas também para a indústria de alimentação animal. Sabe-se que hoje parte dos resíduos já é destinada a essa indústria, contudo em volume limitado devido à toxicidade desses compostos. Nesse sentido, embora a demanda da indústria de cosméticos não supra a totalidade do volume de resíduos gerados, essa oportunidade também permitirá um maior reaproveitamento por parte da indústria de alimentação animal.

Além da produção de ingredientes bioativos, identificou-se uma segunda oportunidade de valorização dos resíduos do beneficiamento. Essa consiste na fabricação de agentes espessantes e gelificantes, a partir de pectinas obtidas dos polissacarídeos encontrados nos resíduos. Por fim, constatou-se a possibilidade do emprego do extrato de café cereja em formulações cosméticas, representando uma oportunidade de valorização de cerejas eliminadas na etapa de limpeza do café.

Com relação ao processamento do café na indústria, o resíduo identificado com maior potencial de reaproveitamento foi a película prateada, gerada durante a torrefação dos grãos. Evidenciou-se sua capacidade antioxidante, ligada à presença de fenóis e de peptídeos em sua composição. Como método de extração eficiente, propõe-se a extração com água subcrítica a 270°C.

Por fim, constatou-se que a borra de café, resíduo gerado durante a produção de café solúvel, não apresenta atividade antioxidante significativa que justifique seu emprego na fabricação de ingredientes bioativos. No entanto, identificou-se um potencial de uso da borra como agentes quelante e esfoliante, utilizados em ingredientes cosméticos para limpeza da pele e do couro cabeludo.

Desta forma, conclui-se que o setor produtivo do café brasileiro apresenta um potencial a ser explorado, no que diz respeito à valorização de seus resíduos. O elevado número de publicações científicas sobre o assunto, contrabalanceado por um menor número de patentes, evidencia que o desenvolvimento de tecnologias nesse setor ainda não atingiu a maturidade, gerando uma perspectiva de crescimento desse setor. Nesse sentido, tais oportunidades representam soluções sustentáveis para as indústrias de café e de cosméticos, reduzindo o impacto dos resíduos no meio ambiente, aumentando seu valor agregado e fomentando a economia circular.

## 7. REFERÊNCIAS

3 Corações. **Grupo 3 corações mostra o processo de produção do café em 14 passos**, 2021. Disponível em: <https://www.3coracoes.com.br/materias/grupo-3coracoes-mostra-o-processo-de-producao-do-cafe-em-14-passos/>. Acesso em: 03/02/2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ (ABIC). **Café: não basta ser puro, tem que ter qualidade**, 1973. Disponível em: <https://www.abic.com.br/institucional/>. Acesso em: 07/02/2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ (ABIC). **Indicadores da Indústria de Café | 2018**, 2018. Disponível em: <https://www.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe-2018-2/>. Acesso em: 07/02/2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ SOLÚVEL (ABICS). **A Associação**, 2021. Disponível em: <https://www.abics.com.br/sobre.php>. Acesso em: 07/02/2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ (ABICS). **Café Solúvel**, 2021. Disponível em: ABICS: <https://www.abics.com.br/cafe-soluvel.php>. Acesso em: 03/02/2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ (ABICS). **MANUAL DE CAFÉ SOLÚVEL PARA BARISTAS - TÉCNICAS E PROCESSOS**, 2021. Disponível em: [https://www.abics.com.br/lib/docs/h090920201447\\_manualdobaristacafsolvelversoeletrnica.pdf](https://www.abics.com.br/lib/docs/h090920201447_manualdobaristacafsolvelversoeletrnica.pdf). Acesso em: 08/02/2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS (ABIHPEC). (2020). **A Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos - Essencial para o Brasil**.

ABRAHÃO, F. **TEOR DE COMPOSTOS BIOATIVOS E POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE EXTRATO DA BORRA DE CAFÉ EXPRESSO ENCAPSULADO POR SPRAY DRYING**. Universidade Federal de Lavras. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **RESOLUÇÃO Nº 12, DE MARÇO DE 1978**.

ANASTOPOULOS, L. et al. **A review for coffee adsorbents**, 2017. Journal of Molecular Liquids Vol 229, p. 555-565.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **PORTARIA Nº 130, DE 19 DE FEVEREIRO 1999**. Disponível em: [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs/1/1999/prt0130\\_19\\_02\\_1999.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs/1/1999/prt0130_19_02_1999.html). Acesso em: 08/02/2021.

AQIA. **Aqia Química Inovativa**, 2021. Disponível em: <http://aqia.net/quem-somos/>. Acesso em: 15/03/2021.

AQIA. **Exsymol Monaco**, 2021. Disponível em: <http://aqia.net/produtos/parceiros/exsymol/>.

Acesso em: 19/03/2021.

BASSETTO, P., & SANTO, R. S. **Processo produtivo do café torrado e moído**. X Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial, 2016.

BEAUTYSTAT COSMETICS. **The Most Common Ingredients Found In Makeup, Cosmetics, Skincare, Shampoos, Hair Conditioners And Other Beauty Products: Dictionary**, 2021. Disponível em: <https://www.beautystat.com/hair/the-most-common-and-popular-ingredients-found-in-makeup-cosmetics-skincare-shampoos-hair-conditioners-and-other-beauty-products-dictionary/>. Acesso em: 15/03/2021.

BEKALO, S. & REINHARDT, H. **Fibers of coffee husk and hulls for the production of particleboard**. Materials and Structures, p. 1049–60, 2010.

BORSCHIVER, S., & LEMOS, A. R. **Technology Roadmap. Planejamento Estratégico Para Alinhar Mercado-Produto-Tecnologia**. Interciência, 2016.

BRESSANI, R., ESTRADA, E., & JARQUIN, R. **Composicion quimica y contenido de aminoacidos de la proteina de la pulpa**. p. 299-304, 1972.

CAFÉ POINT. **Mucilagem do grão**, 2019. Disponível em: <https://www.cafepoint.com.br/noticias/tecnicas-de-producao/mucilagem-do-grao-212311/#:~:text=A%20mucilagem%20do%20gr%C3%A3o%20do,a%202%20mm%20de%20espessura>. Acesso em: 11/02/2021.

CAFÉ POINT. **Mãozinha quase milagrosa na colheita do café**, 2016. Disponível em: <https://www.cafepoint.com.br/noticias/tecnicas-de-producao/maozinha-quase-milagrosa-na-colheita-do-cafe-100517n.aspx>. Acesso em: 19/12/2020.

CAFÉ POINT. **Como funciona a safra do café?**, 2018. Disponível em: <https://www.cafepoint.com.br/noticias/giro-de-noticias/como-funciona-a-safra-do-cafe-209244/>. Acesso em: 10/12/2020.

CAFÉ POINT. **Especialistas se preocupam com estoque mundial de café**, 2021. Disponível em: <https://www.cafepoint.com.br/noticias/giro-de-noticias/especialistas-se-preocupam-com-estoque-mundial-de-cafe-224693/>. Acesso em: 07/06/2021.

CENTRE FOR THE PROMOTION OF IMPORTS FROM DEVELOPING COUNTRIES (CBI). **Upcycled ingredients: The new trend in cosmetics**, 2021. Disponível em: <https://www.cbi.eu/news/upcycled-ingredients-new-trend-cosmetics>. Acesso em: 21/03/2021.

CHANEL. **Blue Serum**, 2021. Disponível em: [https://www.chanel.com/pt\\_BR/perfumes-cosmeticos/tratamento/c/blue-serum.html](https://www.chanel.com/pt_BR/perfumes-cosmeticos/tratamento/c/blue-serum.html). Acesso em: 21/03/2021.

CHEMYUNION. **CUIDADOS PARA PELE MELSCREEN® COFFEE EL DEO ORG.**, 2021. Disponível em: <https://chemyunion.com/cuidados-para-pele/melscreen-coffee-el-deo-org>. Acesso em: 21/03/2021.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **ECONOMIA CIRCULAR - CAMINHO ESTRATÉGICO PARA A INDÚSTRIA BRASILEIRA**, 2019.

CONAB. **A Conab**, 2017. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/institucional>. Acesso em: 07/02/2021.

CONVÊNIO CNI/SENAI/SEBRAE/EMBRAPA. **Manual de Segurança e Qualidade para a Cultura do Café**, 2004.

COSMETIC INNOVATION. **Mercado brasileiro de HPPC volta a crescer**, 2018. Disponível em: <https://cosmeticinnovation.com.br/mercado-brasileiro-de-hppc-volta-a-crescer/>. Acesso em: 14/03/2021.

COSMÉTICA EM FOCO. (2017). **ISO 16128 DEFINE INGREDIENTES NATURAIS E ORGÂNICOS**, 2017. Disponível em: <https://cosmeticaemfoco.com.br/artigos/iso-16128-define-ingredientes-naturais-e-organicos/>. Acesso em: 19/03/2021.

COSMETICS DESIGN. **Waste no more: why upcycled ingredients are the compost heap in green beauty's backyard**, 2020. Disponível em: <https://www.cosmeticsdesign.com/Article/2020/09/25/Waste-No-More-why-upcycled-ingredients-are-the-compost-heap-in-green-beauty-s-backyard>. Acesso em: 21/03/2021.

DE WIT, J. **The Coffee Roast Process**. Technische Universiteit Eindhoven, 2005. P. 6-9.

DÍNAMO. **Catálogo eletrônico de café**, 2021. Disponível em: <http://www.dinamoag.com.br/catacao-eletronica-de-cafe#:~:text=O%20processo%20de%20cata%C3%A7%C3%A3o%20e%20letr%C3%B4nica,gr%C3%A3os%20maduros%2C%20secos%20e%20verdes.&text=e%20sem%20gerar%20atr%C3%94s%20que,processo%20de%20exporta%C3%A7%C3%A3o%20dos%20gr%C3%A3os>. Acesso em: 04/02/2021.

ECHEVERRIA, M. C. & NUTI, M. **Valorisation of the Residues of Coffee Agro-industry: Perspectives and Limitations**, 2016. The Open Waste Management Journal, 2017, 10, P. 13-22.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **What is a circular economy? A framework for an economy that is restorative and regenerative by design**, 2021. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept>. Acesso em: 20/03/2021.

EMATER-MG. **Manual do Café Colheita e Preparo**. Revista EMATER-MG, p. 6, 2016.

EMBRAPA. **Bioeconomia: a ciência do futuro no presente**, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-bioeconomia/sobre-o-tema>. Acesso em: 20/03/2021.

EMBRAPA. **Embrapa Café**, 2021. Disponível em: [https://www.embrapa.br/cafe/historia#:~:text=Por%20fim%2C%20para%20coordenar%20a,ao%20Programa%20Caf%C3%A9%20\(SAPC\)%2C](https://www.embrapa.br/cafe/historia#:~:text=Por%20fim%2C%20para%20coordenar%20a,ao%20Programa%20Caf%C3%A9%20(SAPC)%2C). Acesso em: 16/05/2021.

EMBRAPA. **Quem somos**, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/quem-somos>. Acesso em: 07/02/2021.

EMBRAPA. **Região Sudeste produz 87,5% dos Cafés do Brasil em 2020**, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/58778404/regiao-sudeste-produz-875-dos-cafes-do-brasil-em-2020>. Acesso em: 11/02/2021.

EXSYMOL. **EXSYMOL responds naturally to the needs of your skin**, 2021. Disponível em: <https://www.exsymol.com/en/actualites/#871515022021>. Acesso em: 19/03/2021.

FIA. **Mercado Mundial do Café: Consumo, Produção e Preço (atualizado)**, 2019. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/mercado-mundial-do-cafe/>. Acesso em: 21/04/2021.

FIERRO, I., & ANTUNES, A. M. (2017). **X ENCONTRO ACADÊMICO DE PROPRIEDADE INTELECTUAL, INOVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO**, 2017.

FULL CIRCLE. **UPCYCLED COSMETIC INGREDIENTS**, 2021. Disponível em: <https://www.upcycledbeauty.com/>. Acesso em: 21/03/2021.

Future Market Insights. **Natural Cosmetics Market**, 2019. Disponível em: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/natural-cosmetics-market>. Acesso em: 15/05/2021.

G1. **Cosméticos sustentáveis: conheça os desafios dessa indústria para diminuir impactos ambientais**, 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/especial-publicitario/falando-de-sustentabilidade/noticia/2019/01/07/cosmeticos-sustentaveis-conheca-os-desafios-dessa-industria-para-diminuir-os-impactos-ambientes.ghtml>. Acesso em: 15/05/2021.

GALANAKIS, C. **Nutraceutical and Functional Food Components: Effects of Innovative Processing Techniques**. Food Waste Recovery: Open Innovation Network, 2017.

GEMECHU, F. G. **Embracing nutritional qualities, biological activities and technological properties of coffee byproducts in functional food formulation**. Trends in Food Science & Technology, 2020.

GIBSON, M., & NEWSHAM, P. **The Anatomy of the Coffee Cherry**, 2018. Food Science and the Culinary Arts, 2018. p. 353-372.

GIVAUDAN. (2021). **Koffee'Up™ - The upcycled coffee oil for well-ageing**, 2021. Disponível em: <https://www.givaudan.com/fragrance-beauty/active-beauty/products/koffee-up>. Acesso em: 21/03/2021.

GONZALEZ. **Estudo da viabilidade de implantação de pequenas unidades de torrefação de café**. Trabalho final (Graduação em Bacharelado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estácio de Sá, 2004.

gov.br. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)**, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/orgaos/ministerio-da-agricultura-pecuaria-e-abastecimento>. Acesso em: 07/02/2021.

GRAÇA, C. H., & CALDAS, R. M. (2017). **ESTIMATIVA DA QUANTIDADE DE RESÍDUOS (CASCA E POLPA) PRODUZIDOS DURANTE O PROCESSO DE**



**BENEFICIAMENTO DO CAFÉ NO MUNICÍPIO DE VARGINHA –MG.** Revista Geonorte, p. 104-117, 2017.

GRÃO GOURMET. (2017). **Conheça a origem do café e sua história**, 2017. Disponível em: <https://www.graogourmet.com/blog/conheca-origem-do-caffe-e-sua-historia/#:~:text=O%20caf%C3%A9%20%C3%A9%20uma%20planta,originou%20o%20nome%20de%20Caf%C3%A9.&text=Saindo%20da%20Ar%C3%A1bia%2C%20o%20caf%C3%A9,mais%20tarde%2C%20chegou%20a%20Tur.> Acesso em: 21/04/2021.

HEALTHLINE. **Everything You Should Know About Oxidative Stress**, 2018. Disponível em: <https://www.healthline.com/health/oxidative-stress>. Acesso em: 12/02/2021.

IBGE. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação**, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>. Acesso em: 17/04/2021.

IGBP. **Global Change and the Earth System**, 2004. Em I. G.-B. Programme.

InovaCafé. **Quem somos**, 2021. Disponível em: [http://www.inovacafe.ufla.br/?page\\_id=6](http://www.inovacafe.ufla.br/?page_id=6). Acesso em: 16/05/2021.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION. **Processamento no campo**, 2021. Disponível em: [http://www.ico.org/pt/field\\_processing\\_p.asp](http://www.ico.org/pt/field_processing_p.asp). Acesso em: 03/02/2021.

JO, J. et al. **Optimization of hot-water extraction conditions of bioactive compounds from coffee residue extracts**. Korean Chemical Engineering Research, vol 55, issue 3, 2017. p. 358-362.

KAPEH. **Sobre a Kapeh**, 2021. Disponível em: <https://www.kapeh.com.br/sobre-a-kapeh>. Acesso em: 21/03/2021.

LEON-CARMONA, J., & GALANO, A. **Is Caffeine a Good Scavenger of Oxygenated Free Radicals?** The Journal of Physical Chemistry B, 2011. P. 4538–4546.

LUZIA, M. et al. **Effect of 5-Caffeoylquinic Acid in the Presence of Metal Chelators on Soybean Oil Oxidative Stability**. LWT - Food Science and Technology, 1998. P. 64-68.

MAPA. **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 81, DE 19 DE DEZEMBRO DE 2018**, 2018. Disponível em: <https://in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-81-de-19-de-dezembro-de-2018-56128060>. Acesso em: 20/03/2021.

MATOS, A., SANTOS, J., & FIA, R. (2000). **CONTAMINAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS DE DEPÓSITO DE CASCAS**. Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2000. P. 981-984.

MINAS JR. **Minerais em Cosméticos**, 2019. Disponível em: <https://www.minasjr.com.br/minerais-em-cosmeticos/#:~:text=A%20minera%C3%A7%C3%A3o%2C%20de%20fato%2C%20se,comp osi%C3%A7%C3%A3o%20do%20produto%20de%20beleza>. Acesso em: 16/04/2021.

MURTHY, P., & NAIDU, M. **Sustainable management of coffee industry by-products and value addition—A review**. Resources, Conservation and Recycling, 2012. P. 45-58.



MUSSATTO et al. **Sugars metabolism and ethanol production by different yeast strains from coffee industry wastes hydrolysates**. Applied Energy, 2012. P. 763-768.

MUSSATTO, S. et al. **Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues**. Food Bioprocess Technol, 2011. P. 661-672.

NAPOLITANO et al. **Natural Occurrence of Ochratoxin A and Antioxidant Activities of Green and Roasted Coffees and Corresponding Byproducts**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008. P. 10499–10504.

NARITA, Y. & INOUE, K. **High antioxidant activity of coffee silverskin extracts obtained by the treatment of coffee silverskin with subcritical water**. Food Chemistry, 2012. P. 943-949.

NARITA, Y., & INOUE, K. **Review on utilization and composition of coffee silverskin**. Food Research International, 2014. P. 1-7.

NATIONAL GEOGRAPHIC. **The World's Top Drink**, 2014. Disponível em: <https://www.nationalgeographic.com/culture/article/the-worlds-top-drink>. Acesso em: 21/04/2021.

NESCAFÉ. **Torrefação do Café - Do grão à Torra**, 2021. Disponível em: <https://www.nescafe.com/br/torra>. Acesso em: 06/02/2021.

NOTÍCIAS AGRÍCOLAS. **ABIC divulga dados de consumo e perfil da indústria do café no Brasil**, 2021. Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/cafe/282330-abic-divulga-dados-de-consumo-e-perfil-da-industria-do-cafe-no-brasil.html#.YHr-1GdKjIU>. Acesso em: 17/04/2021.

ONU. **Growing at a slower pace, world population is expected to reach 9.7 billion in 2050 and could peak at nearly 11 billion around 2100**, 2019. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2019.html>. Acesso em: 19/04/2021.

ONU. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**, 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 20/03/2021.

OU et.al. **Novel Fluorometric Assay for Hydroxyl Radical Prevention**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002. P. 2772-2777.

PALOMINO L. R. G. & DEL BIANCHI V. L. **Efeito da fermentação fúngica no teor de compostos fenólicos em casca de café robusta**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 36, n. 2, 2015. P. 777-786.

PALOMINO GARCÍA et al. **Antioxidant capacity in coffee industry residues**. Brazilian Journal of Food Technology 2015., vol 18, issue 4, p. 307-313.

PESSUTO, M. et al. **Atividade antioxidante de extratos e taninos condensados das folhas**

de *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss. Quím. Nova vol.32 no.2, 2009.

RESEARCH AND MARKETS. **Global \$465.9 Billion Coffee Market (Value, Volume) Analysis and Forecast to 2026**, 2021. Disponível em:

<https://www.globenewswire.com/news-release/2021/02/09/2172014/0/en/Global-465-9-Billion-Coffee-Market-Value-Volume-Analysis-and-Forecast-to-2026.html#:~:text=Global%20Coffee%20Market%20was%20valued,the%20culture%20of%20premium%20coffee>. Acesso em: 21/04/2021.

REVISTA CAFEICULTURA. **Como é o Processamento do Café Solúvel**, 2006. Disponível em: <https://revistacafeicultura.com.br/?mat=5937>. Acesso em: 08/02/2021.

RIDDER, M. **Market size of cosmetic ingredients worldwide 2016-2025**, 2020. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/627786/market-size-of-cosmetic-ingredients-worldwide/#:~:text=Market%20size%20of%20cosmetic%20ingredients%20worldwide%202016%2D2025&text=In%202016%2C%20the%20global%20cosmetic,the%20end%20of%20th at%20year>. Acesso em: 19/03/2021.

SABER ATUALIZADO. **Café verde e as promessas de emagrecimento**, 2016. Disponível em: [https://www.saberatualizado.com.br/2016/04/cafe-verde-e-as-promessas-de\\_25.html](https://www.saberatualizado.com.br/2016/04/cafe-verde-e-as-promessas-de_25.html). Acesso em: 24/11/2020.

SEBRAE. **Upcycling: Você conhece a nova moda?**, 2019. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/semanadomei2019/conteudos/upcycling-voce-conhece-a-nova-moda,c100103bc7d1b610VgnVCM1000004c00210aRCRD>. Acesso em: 20/03/2021.

SEBRAE. **O que são resíduos (e o que fazer com eles)**, 2020. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-que-sao-residuos-e-o-que-fazer-com-eles,ca5a438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD>. Acesso em: 20/03/2021.

SILAB. **About us**, 2021. Disponível em: [https://www.silab.fr/silab-en-quelques-mots\\_usa.html](https://www.silab.fr/silab-en-quelques-mots_usa.html). Acesso em: 19/03/2021.

SILVA, J. D. UFV – CEAD, 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=YzYztlM7a54>

SIRIWARDHANA et al. **Modulation of adipose tissue inflammation by bioactive food compounds**. The Journal of Nutritional Biochemistry, vol 24, issue 4, 2013. P. 613-623.

STOCKHOLM RESILIENCE CENTRE. **New planetary dashboard shows increasing human impact**, 2015. Disponível em: <https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2015-01-15-new-planetary-dashboard-shows-increasing-human-impact.html>. Acesso em: 20/03/2021.

TELO, J., & VIEIRA, A. **Mechanism of Free Radical Oxidation of Caffeine in Aqueous Solution**. Lisboa, Portugal: Instituto Superior Técnico, Laboratório de Química Orgânica, 1997.

TRUGO, L. C., & MACRAE, R. **An investigation of coffee roasting using high performance liquid chromatography**. Food Chemistry, v. 19, 1986. p1-9.

UCOFFEE. **COLHEITA DE CAFÉ: COMO FUNCIONA E QUAIS SÃO OS MELHORES MÉTODOS**, 2019. Fonte: uCoffee: <https://blog.ucoffee.com.br/colheita-de-cafe/>. Acesso em: 10/12/2020.

UCOFFEE. **BLEND DE CAFÉ: SAIBA O QUE É E O PASSO A PASSO PARA FAZER O SEU!**, 2021. Disponível em: <https://blog.ucoffee.com.br/blend-de-cafe/>. Acesso em: 06/02/2021

WEETMAN, C. **Economia Circular – Conceitos e Estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente, sustentável e lucrativa**, 2017.

WIKIPEDIA. **Cafeína**, 2019. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Cafe%C3%ADna>. Acesso em: 31/03/2021.

ZABANIOTOU et al. **Food waste valorization advocating Circular Bioeconomy - A critical review of potentialities and perspectives of spent coffee grounds biorefinery**. Journal of Cleaner Production, 2019. p. 1553-1566.